

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

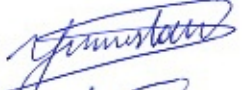
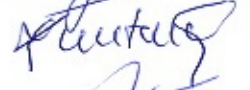
OTOMOTİV ENDÜSTRİSİNDE KULLANILAN NOKTA
DİRENÇ KAYNAK UYGULAMALARINDA İŞLEM
PARAMETRELERİNİN ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Makine ve Endüstri Müh. Onur YILDIRIM

FBE Makine Mühendisliği Anabilim Dalı İmal Usulleri Programında
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Selahattin YUMURTACI

Prof. Dr. Selahattin YUMURTACI 
Prof. Hürrettin Gültekin 
Doç. Dr. Ahmet KARAASLAN 

İSTANBUL, 2010

İÇİNDEKİLER

ŞEKİL LİSTESİ	vi
ÇİZELGE LİSTESİ	x
KISALTMALAR VE SEMBOL LİSTESİ	xi
ÖNSÖZ	xii
ÖZET	xiii
ABSTRACT	xiv
1. GİRİŞ	1
2. GÖVDE İMALAT MALZEMELERİ	4
2.1 Otomobillerde Kullanılan Malzemeler	4
2.1.1 Metal Malzemeler	4
2.1.1.1 Metallerin Özellikleri	4
2.1.1.2 Metallerin Kristal Yapısı	5
2.1.1.3 Metallerin Elastik ve Plastik Deformasyonu	5
2.1.1.4 Özgül Kütle	6
2.1.1.5 Metaller ve Isı	7
2.1.1.6 Demir ve Çeliğe Uygulanan Isıl İşlemler	7
2.2 Metal Malzeme Tipleri	9
2.2.1 Demir Esaslı Metalsel Malzemeler	9
2.2.1.1 Karbon Çeliği	10
2.2.1.2 Özel Alaşımli Çelik	11
2.2.2 Demir Dışı Metalsel Malzemeler	12
2.2.2.1 Bakır ve Bakır Alaşımları	12
2.2.2.2 Alüminyum ve Alüminyum Alaşımları	12
2.2.3 Alüminyum Alaşım Çeşitleri	13
2.2.4 Diğer Demir İçermeyen Malzemeler	14
2.2.4.1 Kalay	14
2.2.4.2 Kurşun	14
2.2.4.3 Çinko	14
2.2.5 Metal Olmayan Malzemeler	14
2.2.5.1 Metal Olmayan Malzemelerin Sınıflandırılması	15
2.2.5.2 Reçine	15
2.2.5.3 Kauçuk	17
2.2.5.4 İnorganik Metal Olmayan Malzemeler	19
2.3 Otomobillerde Kullanılan Çelik Levhalar	19
2.3.1 Sıcak Haddeli Çelik Levhalar	19
2.3.2 Soğuk Haddeli Çelik Levhalar	20
2.3.3 Yüksek Dayanımlı Çelik Levhalar	21

2.3.3.1	Alaşımlamayla Dayanımı Arttırılmış Çelik Levhalar	22
2.3.3.2	Çökelme Yöntemi ile Dayanımı Arttırılmış Çelik Levhalar	22
2.3.3.3	İki Aşamalı Dayanımı Arttırılmış Çelik Levhalar	22
2.3.3.4	Fırında Sertleştirilmiş Çelik Levhalar	22
2.3.4	Korozyon Dayanımı Arttırılmış Çelik Levhalar	22
2.3.4.1	Çelik Levhaların Çinko ile Kaplanma Prensibi	23
2.3.4.2	Korozyon Dayanımı Arttırılmış Çelik Levha Tipleri	24
2.3.5	Özel Çelik Levhalar	25
2.3.5.1	Paslanmaz Çelik	25
2.3.5.2	Titreşim Önleyici Çelik Levhalar	25
2.4	Sacın Presleme İşlemi Sırasındaki Özellikleri	25
2.4.1	Presleme	26
2.4.2	Presleme İşlemi	27
2.4.3	Panel Sağlamlığı ve Ezilmeye Karşı Dayanım Özelliği	27
2.4.3.1	Panel Sağlamlığı	27
2.4.3.2	Göçmeye Dayanım Özellikleri	28
3.	NOKTA DİRENÇ KAYNAĞI	29
3.1	Tanım	30
3.2	Nokta Direnç Kaynağının Oluşumu	33
3.3	Kaynak Çevrimi	34
3.4	Kaynak Değişkenleri	35
3.4.1	Elektrod Baskı Kuvveti	36
3.4.2	Kaynak Akımı	36
3.4.3	Kaynak Süresi	36
3.5	Nokta Direnç Kaynağı Makineleri	37
3.5.1	Nokta Direnç Kaynak Makinelerinin Sınıflandırılması	38
3.5.2	Nokta Direnç Kaynak Makinesi Sistemleri	40
3.6	Nokta Direnç Kaynağında Kullanılan Elektrodlar	42
3.6.1	Elektrod İmalinde Kullanılan Malzemeler	43
3.6.2	Elektrod Dizayını	44
3.6.3	Farklı Metallerin Kaynağında Elektrod Tipleri	45
3.6.4	Elektrodların Bakımı	45
3.6.5	Elektrod Taşıyıcıları	46
3.7	Kaynak Akımı	46
3.8	Farklı Kesitli Malzemelerin Direnç Kaynağı	47
3.9	Farklı Kalınlıktaki Sacların Elektrik Direnç Kaynağı İle Birleştirilmesi	48
3.10	Elektrod Kuvveti	49
3.11	Kaynak Zamanı	49
3.12	Kaynak Edilecek Parçaların Yüzey Durumları ve Kaplanmış Çelikler	50
3.12.1	Yüzey Durumları	50
3.12.2	Kaplanmış Çelikler	51
3.13	Yan Devre Etkisi	52
3.14	Kaynak Edilecek Parça Bileşenleri	53
3.15	Nokta Kaynaklarının Kontrolü	53
3.15.1	Kaynak Kalitesinin Tespitinin Dayandığı Faktörler	54
3.15.2	Kaynaklı Birleştirmelerin Muayenesi	55
3.16	Kaynak Hataları	55

4.	OTOMOTİV ENDÜSTRİSİNDE ELEKTRİK DİRENÇ KAYNAĞI.....	57
4.1	Otomotiv Endüstrisi İçin Birleştirme Tekniği	57
4.2	Otomotiv Endüstrisinde Kullanılan Kaynak Tipleri	57
4.3	Otomotiv Endüstrisinde Kullanılan Kaynak Yöntemlerinin Özellikleri	58
4.4	Otomobil Gövdesinin Kaynağı	59
4.5	Nokta Direnç(Punta) Kaynağı	60
4.5.1	Nokta Direnç(Punta) Kaynağının Uygulama Özellikleri	60
4.5.2	Kaynak Şartları	60
4.5.2.1	Basınç	60
4.5.2.2	Kaynak Akımı	61
4.5.2.3	Kaynak Süresi	61
4.5.2.4	Elektrod Uç Durumu	61
4.5.2.5	Kaynak Parçası Şartları	62
4.5.2.6	Nokta Direnç(Punta) Kaynağı Pozisyonları	62
4.5.3	Nokta Direnç Kaynağı Alet ve Ekipmanları	63
4.5.3.1	Nokta Direnç Kaynağı Makinesi	63
4.5.3.2	Punta Kaynağı Pastası	64
4.5.3.3	Anti-Pas Maddeleri	65
4.5.4	Nokta Direnç Kaynağı İşlem Sırası	65
5.	OTOMOTİV ENDÜSTRİSİNDE DİRENÇ KAYNAĞI KULLANIMI.....	75
5.1	Otomotiv Üretiminde Nokta Direnç Kaynağı Kullanımı	75
5.1.1	FF Tip Araçların Özellikleri	75
5.1.2	FF Tip Araçların Alt Gövde Ön Bölüm Yapısı	76
5.1.2.1	Beşik Metodu	76
5.1.2.2	Motor Traversi Metodu	77
5.1.2.3	Direkt Montaj Metodu	79
5.2	Otomotiv Endüstrisinde Onarım Kaynaklı Panel Değişimi	80
5.2.1	Panel Değişiminin Amacı	80
5.2.2	Panel Değiştirme Çeşitleri	81
5.2.2.1	Komple Değiştirme	81
5.2.2.2	Kesip Birleştirerek Değiştirme	82
5.2.3	Panel Değiştirmenin Onarım Kalitesi	84
5.2.4	Panel Değiştirme İşlemi	85
5.2.5	Punta Kaynağı Ekipmanının Performansındaki Farklılıklar	86
5.2.6	Kaynak Noktasında Anormallikler ve Sebepleri	86
6.	DENEYSEL ÇALIŞMALAR	88
6.1	Toyota Hakkında	88
6.2	Deneysel Çalışmalarda Kullanılacak Malzemelerin Etüdü	91
6.2.1	Galvanize/Galvanile Çelikler	91
6.2.1.1	Galvanize/Galvanile Çeliklerin Diğer Malzemelere Göre Avantajları	92
6.2.1.2	Galvanize/Galvanile Çeliklerin Genel Uygulama Alanları	93
6.2.2	Standartların Belirlenmesi	93
6.2.3	Kimyasal Bileşim ve Mekanik Özellikler	95
6.2.4	Elektrot Malzeme Seçimi	96
6.3	Nokta Direnç Kaynağı Uygulaması	97
6.3.1	Nokta Direnç Kaynak Makinesi Özellikleri	98

6.3.2	Kaynak Numunelerinin Hazırlanması	100
6.3.3	Direnç Nokta Kaynağı Makinesi Hazırlıklarının Yapılması	101
6.3.4	Nokta Direnç Kaynağı Deneysel Çalışması	103
6.3.5	Direnç Nokta Kaynağı Deneysel Çalışması Sonuçları	109
6.3.6	Deneysel Çalışma Gözle Muayene Sonuçları.....	114
6.4	Nokta Direnç Kaynağı Numuneleri Çekme Testi.....	117
6.5	Kaynak Numuneleri Metalografik Muayenesi	123
6.5.1	Muayene Gruplarının Hazırlanması	123
6.5.2	Metalografik Muayene	128
7.	SONUÇ VE DEĞERLENDİRMELER	155
	KAYNAKLAR.....	162
	ÖZGEÇMİŞ.....	165

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1: Otomotiv Endüstrisinde Nokta Direnç Kaynağı Uygulamaları	1
Şekil 2.1: Otomotiv Endüstrisinde Kullanılan Malzemelerin Sınıflandırılması.....	4
Şekil 2.2: 3x3x3 Atomdan Oluşan Kübik Kafes Yapısına Sahip Metal Kristalinde Deformasyon Tipleri	6
Şekil 2.3: Isıl İşlem Türleri.....	8
Şekil 2.4: Çelikten İmal Edilmiş Araç Gövde Panelleri ve Süspansiyon Parçaları	10
Şekil 2.5: Dökme Demirden İmal Edilmiş Otomobil Parçaları.....	10
Şekil 2.6: Özel Alaşımlı Çelikten İmal Edilmiş Otomobil Parçaları	11
Şekil 2.7: Endüstride Kullanılan Alüminyum Alaşımlarının Ana Hatları	13
Şekil 2.8: Metal Olmayan Malzemelerin Sınıflandırılması.....	15
Şekil 2.9: Bir Otomobilde Kullanılan Plastik Kısımlar ve Malzemeleri.....	16
Şekil 2.10: Otomobillerden Kullanılan Kauçuğun Çeşitleri ve Uygulama Alanları	18
Şekil 2.11: Otomobillerde Kullanılan Çelik Levhalar ve Sınıflandırılması	20
Şekil 2.12: Araç Gövdesinde Kullanılan Yüksek Dayanımlı Çelik Levhalar	21
Şekil 2.13: Çelik Levhalarda Oksidasyon ve Redüksiyon Adımları	23
Şekil 2.14: Metallerde Redüksiyon Prensibi	23
Şekil 2.15: Paslanması Önlenmiş Çelik Levha Tipleri	24
Şekil 2.16: Tek Katlı ve Çok Katlı Çinko Kaplama	25
Şekil 2.17: Mekanik Pres Makinesi ve 1300 Tonluk Panel Sacı Basan Komatsu Marka Pres	26
Şekil 2.18: Bir Pres Kalıbı ve Kısımları	27
Şekil 2.19: Kapı Dış Panelinin Şekillendirilmesinde 4 Pres Kademesi	27
Şekil 3.1: Elektrik Direnç Kaynağıyla Kaynak Edilmiş Çeşitli Malzemeler	29
Şekil 3.2: Nokta Direnç Kaynak Makinesi Temel Bileşenleri ve Kaynak Bölgesi Detayı	30
Şekil 3.3: Direnç Nokta Kaynağında Elektrodların ve İş Parçalarının Düzenlenmesi.....	31
Şekil 3.4: Akım Uygulanması Sırasında Oluşan Direnç Bileşenleri	33
Şekil 3.5: Kaynak Çevrimi	35
Şekil 3.6: Ayakla Çalıştırılan Mekanik Nokta Kaynak Makinesi ve Mekanizması	37
Şekil 3.7: Nokta Direnç Kaynak Makinelerinin Sınıflandırılması	38
Şekil 3.8: Nokta Kaynak Makinelerinin Sınıflandırılması	39
Şekil 3.9: Nokta Direnç Kaynağı Elektriksel Bileşenleri	40
Şekil 3.10: TS EN 2582'e Göre Nokta Kaynağı Elektrod Başlıklar	42
Şekil 3.11: Standart Elektrod Şekilleri	44
Şekil 3.12: Akım Yoğunluğu İle Temas Yüzeyi Arasındaki İlişki	47
Şekil 3.13: Farklı Kalınlıktaki Malzemelerin Kaynağında Isı Balansının Ayarlanması	48
Şekil 3.14: Yan Devre Akımları	52
Şekil 4.1: Otomotiv Endüstrisinde Gövde Onarım İşlemlerinde Kullanılan Kaynak Metodları	58
Şekil 4.2: Otomobil Üreticileri Tarafından Kullanılan Kaynak Metodları	59
Şekil 4.3: Nokta Direnç Kaynağı Makinesi ve Kaporta Onarım Amaçlı Bir Örneği.....	63
Şekil 4.4: Punta Kaynağı Pastası Uygulaması.....	64
Şekil 4.5: Püskürtme Tabancası ve Sprey Tip Anti-Pas Uygulamaları.....	65
Şekil 4.6: Nokta Direnç Kaynağı İşlem Sırası.....	65
Şekil 4.7: Boyanın Panel Üzerinden Havalı Taş Motoru ile Kaldırılması	66
Şekil 4.8: Panel Yüzeylerinin Punta Kaynak Pastası İçin Hazırlanması	66
Şekil 4.9: Kaynak Edilecek Yüzeye Punta Kaynak Pastasının Fırça ile Uygulanması.....	67
Şekil 4.10: Panel Pozisyonunun Ayarlı Penseler Kullanılarak Sabitlenmesi	67
Şekil 4.11: Panellerin Kaynaklanmasında Uygun Kaynak Kollarının Seçilmesi.....	68

Şekil 4.12: Elektrod Uçlarının Pozisyon Ayarlaması ve Örnek Durumlar.....	68
Şekil 4.13: Elektrod Uçlarının Durumu.....	69
Şekil 4.14: Elektrod Ucunun Açılması ve Eğe ile Düzeltilmesi	69
Şekil 4.15: Kaynak Şartlarının Kontrol Yöntemi	70
Şekil 4.16: Elektrod Ucunun Yüzeyle Yaptığı Açık ve Çeşitli Etkileri	71
Şekil 4.17: Uygun Olmayan Hatve ve Kenarlara Olan Mesafe Örneği.....	72
Şekil 4.18: Kaynak Elektrodlarının Soğutulması	72
Şekil 4.19: Ayrılma Testinin Uygulanması	74
Şekil 5.1: FF Tip Otomobil Örneği-Toyota Corolla (ZZE121).....	75
Şekil 5.2: Motor Desteklenmesinde Beşik Metodu ve Lexus ES 300.....	77
Şekil 5.3: Lexus ES 300 Modeli Ön Şasi Kollarının Taban Yan Kolları ve Alt Takviyelere Puntalarla Bağlanması.....	77
Şekil 5.4: Motor Desteklenmesinde Travers Kullanımı ve Toyota Camry	78
Şekil 5.5: Toyota Camry Şasi Kollarının Taban Yan Kollarına Puntalarla Bağlanması.....	78
Şekil 5.6: Motor Desteklenmesinde Direkt Montaj Metodu ve Toyota Tercel(üstte) ile Toyota Starlet(alta).....	79
Şekil 5.7: Toyota Tercel Şasi Kollarının Direksiyon Dişli Kutusu Destek Elemanına Puntalarla Bağlanması.....	79
Şekil 5.8: Kaynaklanmış Panellerden Oluşan GOA Gövde	80
Şekil 5.9: Komple Panelin Orijinal Yedek Parça ile Değiştirilmesi.....	81
Şekil 5.10: Arka Çamurluk Sacının Yan Panelden Kesilen Parça ile Değiştirilmesi.....	82
Şekil 5.11: Toyota Corolla'nın(ZZE120) Tüm Yedek Parça Panelleri	83
Şekil 5.12: Tek Parça Olarak Çerçeve Şeklinde İmal Edilen Araç Yan Gövdeleri.....	83
Şekil 5.13: Panel Değiştirme İşlem Sırası	85
Şekil 6.1: Toyota Prius(3. Nesil) ve Toyota FCHV	88
Şekil 6.2: Toyota 'nın Ülkemizde Satışa Sunduğu Modellerden Bazıları.....	90
Şekil 6.3: İstanbul 'da Bulunan Toyota Türkiye Merkez Yerleşkesi	91
Şekil 6.4: Otomotiv Endüstrisi İçin Önemli Bir Yarı Mamul Olan Yassı Galvanile Çelikler	92
Şekil 6.5: Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Elektrot ve Tutucu Mekanizmalar	97
Şekil 6.6: Toyota Eğitim Merkezi	97
Şekil 6.7: Kaporta Uygulama Sınıfı ve Kısımları.....	98
Şekil 6.8: Elektron MULTISPOT M80 Kaynak Makinesi Enerji ve Hava Girişleri	99
Şekil 6.9: Elektron MULTISPOT M80 Nokta Kaynak Makinesi ve Pnömatik Kaynak Ünitesi	100
Şekil 6.10: Hazırlanan Numunelerin Ölçüleri ve Standart Karşılıkları.....	100
Şekil 6.11: Numune Çelik Plakaların Hazırlanması ve Kullanılan Ekipmanlar.....	101
Şekil 6.12: Elektrotların Sökülmesi ve Tutucuların Kontrol Edilmesi	102
Şekil 6.13: Elektrotların Uç Açma Matkabı ile Açılması ve Elektrotların Son Hali	103
Şekil 6.14: Kaynak Makinesi ve Tüm Girdi Parametrelerinin Kontrolü Amacıyla Yapılan Deneme Direnç Nokta Kaynakları	103
Şekil 6.15: Birinci ve İkinci Kademe Kaynak Şekilleri	104
Şekil 6.16: Birinci Kaynak ve İlk Kontrol Yöntemi.....	105
Şekil 6.17: İkinci Kaynak ve Kaynak Numunelerin İlk Serisinin Tamamlanması	106
Şekil 6.18: İkinci Kaynak ve Kaynak Numunelerin İlk Serisinin Tamamlanması	106
Şekil 6.19: Çeneleri Ayrılmış Pnömatik Kaynak Ünitesi ve Elektrotların Zımparalanması..	107
Şekil 6.20: Kaynak İşlemlerinde Kullanılan Elektrot Uç Formları ve Ölçüleri	108
Şekil 6.21: 411 Kalite Çeliklerin G Tipi Elektrot Uç Formu ile Kaynak Edilmesi	108
Şekil 6.22: Direnç Nokta Kaynağı Uygulamalarında Parametre Değişimi ve Numune Şartları	109

Şekil 6.23: 0,8 mm Kalınlığındaki 430 Kalite Çeliklerin Kaynak Zamanı ve Akım Süresi İlişkisi	112
Şekil 6.24: 0,8 mm Kalınlıktaki 430 Kalite Çeliklerin B Tipi Elektrot Uç Formu ile Kaynak Edilmesinde Kaynak İşlem Parametreleri ve İlk Kontrol Sonuçları	114
Şekil 6.25: 0,8 mm Kalınlıktaki 430 Kalite Çeliklerin E Tipi Elektrot Uç Formu ile Kaynak Edilmesinde Kaynak İşlem Parametreleri ve İlk Kontrol Sonuçları	115
Şekil 6.26: 430 Kalite Çeliklerin B Tipi ve E Tipi Elektrot Uç Formu ile Kaynak Edilmesinde Kaynak İşlem Parametreleri ve İlk Kontrol Sonuçlarının Karşılaştırılması	115
Şekil 6.27: 1,5 mm Kalınlıktaki 411 Kalite Çeliklerin G Tipi Elektrot Uç Formu ile Kaynak Edilmesinde Kaynak İşlem Parametreleri ve İlk Kontrol Sonuçları	116
Şekil 6.28: Zwick Z050 Lehva Çekme Cihazı	117
Şekil 6.29: Kaynak Numunelerine Çekme Testi Uygulanması ve Kayıtların Alınması	118
Şekil 6.30: Çekme Testi Uygulanan B ve E Serisi Kaynak Numuneleri Sonuçlarının Karşılaştırılması	121
Şekil 6.31: Kaynak Numunelerine Çekme Testi Uygulanması	121
Şekil 6.32: Çekme Testi Uygulanan G Serisi Kaynak Numuneleri Sonuçları	122
Şekil 6.33: Muayene Gruplarının Hazırlanmasında Kesme İşlemi ve Reçine İçine Gömülen Bağlantı Numuneleri	124
Şekil 6.34: Muayene Gruplarının Kademeli Olarak Zımparalanması	125
Şekil 6.35: Çuhalama İşlemi İçin Cihazın Hazırlanması	125
Şekil 6.36: Çuhalama İşlemi ve Otomatik Tutucu Mekanizması	126
Şekil 6.37: Son Parlatma İşleminde Cihaz Ayarları ve Kullanılan Silika Süspansiyonu	127
Şekil 6.38: Kaynak Numunelerinin ve Metalografik Muayene İçin Hazırlanan Muayene Grubunun Son Hali	127
Şekil 6.39: A1 Kaynak Numunesi Ana Metal Görünümü(400X)	129
Şekil 6.40: A2 Kaynak Numunesi Ana Metal Görünümü(400X)	129
Şekil 6.41: A3 Kaynak Numunesi Ana Metal Görünümü(400X)	130
Şekil 6.42: B1 Kaynak Numunesi Ana Metal Görünümü(400X)	130
Şekil 6.43: B2 Kaynak Numunesi Ana Metal Görünümü(400X)	131
Şekil 6.44: B3 Kaynak Numunesi Ana Metal Görünümü(400X)	131
Şekil 6.45: A1 Kaynak Numunesi İçin Geçiş Bölgesi(200X)	133
Şekil 6.46: A1 Kaynak Numunesi İçin Geçiş Bölgesi(100X)	133
Şekil 6.47: A1 Kaynak Numunesi Üst Kaynak Bölgesi(100X)	134
Şekil 6.48: A1 Kaynak Numunesi Kaynak Bölgesi Merkezi(100X)	134
Şekil 6.49: A1 Kaynak Numunesi Kaynak Alt Bölgesi(100X)	135
Şekil 6.50: A2 Kaynak Numunesi İçin Geçiş Bölgesi (100X)	135
Şekil 6.51: A2 Kaynak Numunesi İçin Geçiş Bölgesi (200X)	136
Şekil 6.52: A2 Kaynak Numunesi İçin Geçiş Bölgesi (400X)	136
Şekil 6.53: A2 Kaynak Numunesi Üst Kaynak Bölgesi(100X)	137
Şekil 6.54: A2 Kaynak Numunesi Kaynak Bölgesi Merkezi(100X)	137
Şekil 6.55: A2 Kaynak Numunesi Kaynak Alt Bölgesi(100X)	138
Şekil 6.56: A3 Kaynak Numunesi İçin Geçiş Bölgesi-1 (100X)	138
Şekil 6.57: A3 Kaynak Numunesi İçin Geçiş Bölgesi-2 (100X)	139
Şekil 6.58: A3 Kaynak Numunesi İçin Geçiş Bölgesi (200X)	139
Şekil 6.59: A3 Kaynak Numunesi İçin Kaynak Bölgesi (100X)	140
Şekil 6.60: B1 Kaynak Numunesi İçin Geçiş Bölgesi-1 (100X)	142
Şekil 6.61: B1 Kaynak Numunesi İçin Geçiş Bölgesi-2 (100X)	142
Şekil 6.62: B1 Kaynak Numunesi İçin Kaynak Bölgesi (100X)	143
Şekil 6.63: B1 Kaynak Numunesi İçin Kaynak Bölgesi (200X)	143

Şekil 6.64: B2 Kaynak Numunesi İçin Geçiş Bölgesi (100X)	144
Şekil 6.65: B2 Kaynak Numunesi İçin Geçiş Bölgesi (200X)	144
Şekil 6.66: B2 Kaynak Numunesi İçin Kaynak Bölgesi (100X)	145
Şekil 6.67: B2 Kaynak Numunesi İçin Kaynak Bölgesi (200X)	145
Şekil 6.68: B3 Kaynak Numunesi İçin Geçiş Bölgesi-1 (100X)	146
Şekil 6.69: B3 Kaynak Numunesi İçin Geçiş Bölgesi-2 (100X)	146
Şekil 6.70: B3 Kaynak Numunesi İçin Geçiş Bölgesi (200X)	147
Şekil 6.71: B3 Kaynak Numunesi İçin Kaynak Üst Bölgesi (200X)	147
Şekil 6.72: B3 Kaynak Numunesi İçin Kaynak Bölgesi Merkezi (200X)	148
Şekil 6.73: B3 Kaynak Numunesi İçin Kaynak Alt Bölgesi (200X)	148
Şekil 6.74: B3 Kaynak Numunesi İçin Kaynak Bölgesi (100X)	149
Şekil 6.75: A1 Muayene Numunesi İçin Kaynak Bağlantısı Genel Durum (40X)	151
Şekil 6.76: A2 Muayene Numunesi İçin Kaynak Bağlantısı Genel Durum (40X)	152
Şekil 6.77: A3 Muayene Numunesi İçin Kaynak Bağlantısı Genel Durum (40X)	152
Şekil 6.78: B1 Muayene Numunesi İçin Kaynak Bağlantısı Genel Durum (40X)	153
Şekil 6.79: B2 Muayene Numunesi İçin Kaynak Bağlantısı Genel Durum (40X)	153
Şekil 6.80: B3 Muayene Numunesi İçin Kaynak Bağlantısı Genel Durum	153
Şekil 7.1: Kaynak Robotunun Yaptığı Nokta Direnç Kaynağı ve Fabrika Ortamında Nokta Direnç Kaynak Robotu	159
Şekil 7.2: Toyota Prius Modeli(3. Nesil) ve Alüminyumdan Yapılmış Motor Kaputu ve Bagaj Kapağı	160
Şekil 7.3: Şasi Alt Gövdesine Lazer Nokta Kaynağı Yapılması ve Robot Ünitesi ile Kaynak Pozisyonunu Ayarlayan Fikstür Ünitesi	161

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1: Saf Metallerin Özgöl Ağırlıkları	6
Çizelge 2.2: Alüminyum, Demir ve Bakırın Özelliklerinin Karşılaştırılması	12
Çizelge 2.3: Alüminyum Alaşımları Tiplerinin Özellikleri ve Kullanım Alanları	13
Çizelge 2.4: Bir Otomobilde Kullanılan Plastik Malzemeler ve Uygulama Alanları	17
Çizelge 2.5: Elementlerin İyonizasyon Eğilimlerin Karşılaştırılması	24
Çizelge 2.6: Panel Örnekleri ve Yan Kesitlerine Göre Dayanıklılık Değerleri	28
Çizelge 3.1: Kalınlığı 1 mm Olan Saclar İçin Gerekli Ortalama Kaynak Değerleri	49
Çizelge 4.1: Sac Panellerin Nokta Direnç Kaynağında Optimum Kaynak Şartları	62
Çizelge 4.2: Nokta Direnç Kaynağında Kaynak Yerinin İş Parçasına Göre Pozisyonu	63
Çizelge 4.3: Nokta Direnç Kaynak Makinesi Özellikleri	64
Çizelge 4.4: Kaynak Basıncının Ayarlanması	70
Çizelge 4.5: Panel Örnekleri ve Yan Kesitlerine Göre Dayanıklılık Değerleri	70
Çizelge 4.6: Kontrol Sonucu Değerlendirme	71
Çizelge 4.7: Puntaların Görünüş Kalitesinin Tespiti	73
Çizelge 4.8: Ayrılma Testi İçin Kullanılan Kamanın Ölçüleri	73
Çizelge 5.1: Kaynak Noktasında Anormallikler ve Sebepleri	87
Çizelge 6.1: Global Toyota'nın(Lexus Dahil) Sürekli Gelişimini Gösteren Satış Bilgileri	89
Çizelge 6.2: 411 ve 430 Kalite Galvanile Çeliklerin Standart Karşılıkları	94
Çizelge 6.3: 411 ve 430 Kalite Galvanile Çelikler İçin Eski ve Benzer Standart Karşılıkları ..	94
Çizelge 6.4: Soğuk Şekillendirmeye Uygun Galvanile Çelikler İçin Kimyasal Bileşim	95
Çizelge 6.5: Galvanile Çeliklerin Mekanik Özellikleri	96
Çizelge 6.6: Elektrot Malzemesi Kimyasal Bileşimi ve Özellikleri	96
Çizelge 6.7: Elektron MULTISPOT M80 Teknik Bilgileri	99
Çizelge 6.8: B Tipi Elektrot Uç Formu ve 0,8+0,8 mm Malzeme Kalınlığı İçin Kaynak İşlemi Sonuçları	110
Çizelge 6.9: E Tipi Elektrot Uç Formu ve 0,8+0,8 mm Malzeme Kalınlığı İçin Kaynak İşlemi Sonuçları	111
Çizelge 6.10: G Tipi Elektrot Uç Formu ve 1,5+1,5 mm Malzeme Kalınlığı İçin Kaynak İşlemi Sonuçları	113
Çizelge 6.11: Zwick Z050 Çekme Cihazı Teknik Özellikleri	118
Çizelge 6.12: B Serisi Seçilen Kaynak Numuneleri ve Çekme Testi Sonuçları	119
Çizelge 6.13: E Serisi Seçilen Kaynak Numuneleri ve Çekme Testi Sonuçları	119
Çizelge 6.14: G Serisi Seçilen Kaynak Numuneleri ve Çekme Testi Sonuçları	120
Çizelge 6.15: Metalografik Muayene Gruplarının İçerdiği Kaynak Numuneleri	124
Çizelge 6.16: Metalografik Muayene İçin Kullanılan Mikroskoplar ve Teknik Özellikleri ..	128

KISALTMALAR VE SEMBOL LİSTESİ

MAG	:	Metal Aktif Gaz Kaynak Yöntemi
PVC	:	Polivinil klorür
PUR	:	Termoset poliüretan
AAS	:	Akrilonitril akrilik kauçuk stiren kopolimer
PP	:	Polipropilen
PMMA	:	Polimetil metaakrilat (akrilik)
PC	:	Polikarbonat
ABS	:	Akrilonitril bütadien stiren kopolimer
TSOP	:	Toyota Süper Olefin Polimer
BH	:	Fırında sertleşebilir
R / Q	:	Direnç
I	:	Akım
t	:	Zaman
TS	:	Türk Standartları
A	:	Elektrot temas alanı
j	:	Akım yoğunluğu
CO ₂	:	Karbondiyoksit
MIG	:	Metal İnert Gaz Kaynak Yöntemi
FF	:	Motoru önde ve önden çekişli otomobil
FR	:	Motoru önde ve arkadan itişli otomobil
TMC	:	Global Toyota Motor Şirketi
FCHV	:	Yakıt hücresel ve hidrojenli araç
TTMS	:	Toyota Türkiye – Toyota Pazarlama ve Satış A.Ş.
TMMT	:	Toyota Otomotiv Sanayi Türkiye
R _e	:	Akma dayanımı
R _m	:	Çekme dayanımı
A ₈₀	:	Uzama (L ₀ =80 mm)
r	:	Kalıcı uzama oranı
n	:	Uzama sertleşmesi üssü

ÖNSÖZ

Metaller insanlar tarafından binlerce yıldan beri kullanılmaktadır. İnsanlar geçmişten günümüze malzemeleri birbirine bağlama yöntemlerini sürekli aramışlardır. Günümüzde pek çok sayıda birleştirme tekniği olmasına rağmen, bunlardan hangisinin sunulan koşullar için daha uygun olduğunun araştırmaları hali hazırda devam etmektedir. Hiç şüphe yok ki kaynakla birleştirme tekniği, bu yöntemler arasında en çok kullanılanlarından biridir. Özellikle otomotiv endüstrisi için basınç esaslı kaynaklı birleştirmelerinden direnç nokta kaynağı yöntemi ayrı bir öneme sahiptir.

Hazırlanan bu çalışmada; otomotiv endüstrisinin lideri olan TOYOTA 'nın araç üretiminde kullandığı direnç nokta kaynağı parametreleri baz alınarak kullanılan malzemeye göre optimum kaynak şartları bulunmaya çalışılmıştır. Bu amaçla referans değerlere göre çeşitlendirilen basınç kuvveti, akım ve zaman parametreleri ile elektrot uç formu ve malzeme kalınlığı parametreleri kullanılarak oluşturulan kombinasyonların nokta direnç kaynağı işlemi sonuçlarına etkileri incelenmiştir. Otomotiv endüstrisinde Toyota marka araçların üretiminde kullanılan malzemelerin direnç nokta kaynağı ile birleştirilmesi sonucu elde edilen numunelere ayırma testi uygulanmıştır. Yapılan testin güvenilirliği seçilen örnek kümelere uygulanan çekme testi ve metalografik muayene ile tespit edilmeye çalışılmıştır.

Direnç esaslı kaynak uygulamaları uzun yıllardır kullanılmasına rağmen günümüzün gelişen teknolojinin gereklilikleri ve farklı malzeme yapıları nedeniyle belli periyotlarda optimum koşullarının güncellenmesi zorunluluk haline gelmiştir. Bu çalışma; dünyanın lider araç üreticisi olan Toyota'nın kullandığı nokta direnç kaynağı koşullarını ve bu koşulları oluşturan parametreleri içermekte olup, gerek yüksek öğrenimde gerekse sanayide bu alanda çalışanlara yararlı olacağı kanısındayım.

Bu çalışmanın hazırlanmasında beni yönlendiren ve desteğini esirgemeyen tez danışmanım Sn. Prof.Dr. Selahattin YUMURTACI'ya, çalışmanın deneysel çalışma aşamasında bana destek olan TOYOTA-Eğitim Bölümü'nden Sn. Erhan GİRİT, Sn. Ozan BORAY'a, desteklerinden dolayı TMMT Planlama Bölümü'nden Sn. Kamil ÖLMEZ'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca, özellikle deneysel çalışmalar için bana imkanlarını açan Assan Alüminyum-Arge Bölümü'nden özellikle Sn. Murat DÜNDAR'a ve Sn. Onur BİRBAŞARLAR'a çok teşekkür ederim.

Projemin hazırlanması için geçen uzun çalışma devresinde bana büyük bir sabır gösteren ve koşulsuzca destek olan sevgili eşime ve TOYOTA Yedek Parça Bölümü'nde ki iş arkadaşlarıma ve yöneticilerime ayrıca teşekkür ederim.

Makine ve Endüstri Müh. Onur YILDIRIM

F.B.E. Makina Mühendisliği Anabilim Dalı

İmal Usulleri Programı

İstanbul, 2010

ÖZET

Günümüzde otomotiv endüstrisinde hali hazırda birçok birleştirme yöntemi kullanılmaktadır. Bir otomobil fabrikasının kaynak atölyesinde gövdenin imali için kullanılan belli başlı kaynak yöntemleri; direnç nokta kaynağı, direnç dikiş kaynağı, MAG kaynağı, saplama kaynağıdır. Bu yöntemlerin içerisinde ise nicelik bakımından farklı kalınlıkta, farklı metallerin bağlantılarının hızlı bir şekilde ve en az deformasyonla gerçekleştirilmesini sağlayabilen nokta direnç kaynağı öne çıkmaktadır.

Nokta direnç kaynak yöntemi ile ikiden fazla metal sacın, kimyasal bileşimi ve kalınlıkları farklı metallerin veya başka bir metalle kaplanmış sacların birleştirilerek otomobil gövde parçaları ve karoseri imalatı yapılmaktadır. Modern otomobil imalatında yaklaşık 700 adet preslenmiş ve kesilmiş parça ile 400 adet talaş kaldırılarak işlenmiş parça kullanılmaktadır. Bu parçalar çeşitli birleştirme tekniklerinin(cıvata, perçin, lehimleme, yapıştırma... vb.) yanı sıra en çok(~5000 adet) nokta direnç kaynağı ile birbirine bağlanmaktadır. Bu örnek bize nokta direnç kaynağının, otomotiv endüstrisi için ne denli önemli ve etkin olduğunu açıkça göstermektedir.

Bu çalışmada; otomotiv endüstrisinde üretim ve onarım amaçlı kullanılan nokta direnç kaynağı yönteminde basınç, akım, zaman, elektrot uç formu ve malzeme kalınlığı parametrelerinin etkileri, malzeme cinsi ve diğer faktörler sabit tutularak deneysel olarak incelenecektir.

Anahtar Kelimeler: Nokta direnç kaynağı, Otomotiv endüstrisi, Ayırma testi.

ABSTRACT

In these days, there are lots of methots which are being used for combining currently in automotive industry. The main welding methots for manufacturing main body of automobile in welding plants of automobile factories are spot welding, line welding, MAG welding and pin welding. Among these welding methots, spot welding is excellent about combining metal sheets which have different thicknesses or sheets of different metal kinds in most quick way and also has less distorsion as comparison to others.

By using spot welding methot, it is possible to combine metal sheets which have different chemical combination or thicknesses and also it is so efficient to combine metal sheets which were covered with different metals in order to manufacture automobile body parts and car chassises. More or less, 700 pieces of laminated/scrapped parts and 400 machined parts are being used for the manufacturing process of a modern car. These parts are manufactured by using several combining methots(like bolt-nut, clinching, brazing, sticking ...etc) of which most widely used one is spot welding.(~5000 times) This example clearly proves the efficiency and the importance of spot welding methots for whole automobile industry.

In this study; the effects of pressure, current, time, shape of electrodes and sheet thicknesses will be analized with the results of experiments that we accept the kind of metal and other parameters as constants.

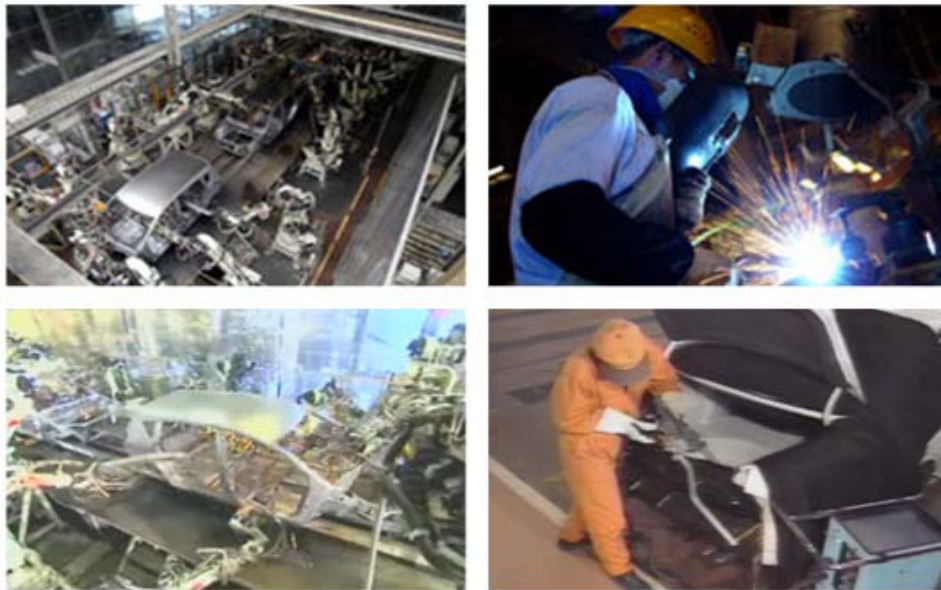
Keywords: Resistance spot welding, Automotive industry, Detaching test.

1. GİRİŞ

Otomotiv sanayi, gelişen teknolojiyi yakından takip eden ve her türlü gelişmeyi bünyesine adapte edebilme kolaylığına sahip bir endüstridir. Bir otomobilin üretilmesinde binlerce parça kullanılmakta ve yüzlerce farklı tipte işlem gerçekleştirilmektedir. Bu işlemlerden belki de en önemlisi, araç kalitesini % 40 oranında etkileyen, aracın gövdesinin ortaya çıkarıldığı kaynak işlemleridir.

Bir otomobil fabrikasının kaynak atölyesinde gövdenin imali için kullanılan belli başlı kaynak yöntemleri; direnç nokta kaynağı, direnç dikiş kaynağı, MAG kaynağı, saplama kaynağıdır(Anık vd., 2002).

Modern otomobillerde yaklaşık olarak 5000 adet nokta kaynağı bulunmaktadır. Özellikle araçların karoserleri, takviye sacları ve şase bağlantılarında elektrik direnç nokta kaynağı kullanımı tercih edilmektedir. Nokta direnç kaynağı, metal sacları birleştirmek için kullanılan en etkin ve ucuz yöntemdir(Satoh vd., 1996) (Anık vd., 1999).



Şekil 1.1 Otomotiv Endüstrisinde Nokta Direnç Kaynağı Uygulamaları[2]

Otomobil şasesinin montaj ve imalatında en temel birleştirme yöntemi olarak öne çıkan elektrik direnç nokta kaynağında uygulamada çeşitli sıkıntılar ile karşılaşılmaktadır. Otomotiv endüstrisinde kaplanmamış düşük karbon çeliklerinin kaynak esnasında ergimesi onların kaynak proseslerinin doğru belirlenip belirlenmediğine dair görsel ipuçları verir(Ma vd.,

2007) (Zhang, 1999). Bununla beraber, kaplama uygulanmış yüksek mukavemetli çelikler için aynı durumda ise kaynak bölgesinde metal kayıpları, boşluk, gözenek ve porozite gibi süreksizliklerden dolayı kaynak mukavemetinde düşüş gözlenir. Ayrıca kaynak yüzeyi kolayca korozyona uğrayabilir. Bundan başka laboratuvar ve işletmelerde kaliteli olmayan kaynak dikişlerini ayırmaya yarayan test ve kriterler farklılık gösterebilir. Kaynak kalitesini etkileyen voltaj dalgalanmaları, elektrot uyumsuzluğu... vb. pek çok faktör vardır. Bu parametrelerin mekanik biçimde iyi kontrol edilmesi gerekir(Zhang vd., 2008) (Tang vd., 2003). Fakat elektrot aşınması daha büyük bir öneme sahiptir. Son yıllarda özellikle yüksek korozyon dirençleri nedeniyle galvanizli çelik saclar modern otomobillerde kaplanmamış çelik sacların yerini almıştır. Yapılan kaynak işlemi sayısı arttıkça elektrottaki aşınma miktarı da artacaktır. Bu da elektrot-sac ara yüzeyindeki elektriksel, termal ve mekanik temas koşullarını değiştirecektir. Özellikle çinko kaplanmış(galvanizli) sacların elektrik direnç nokta kaynağında diğer saclara oranla daha çok akıma ve tutma zamanına gereksinim vardır. Çinko kaplamalar bakır elektrotlara karşı hassastır, elektrotun çapı arttıkça boyunun kısalması ve üzerinde oyuklanma olması kaçınılmaz olacaktır, bu da ciddi oranlarda elektrot aşınması anlamına gelecektir(Holiday vd., 1996) (Vural ve Akkuş, 2006).

Otomobil yapılarındaki bağlantılar işletme sırasında dinamik ve statik zorlanmalara maruz kaldıkları için, çoğu hasar ve çatlaklar bu kaynaklar etrafında ve özellikle de ısıнын tesiri altında kalan bölgelerinde(ITAB) oluşmaktadır. (Vural ve Akkuş, 2007).

Özellikle otomotiv endüstrisinde kullanılan nokta kaynaklı bağlantılar, işletme şartlarından dolayı sürekli olarak dinamik zorlamalara maruz kaldıklarından, bu tip bağlantılarda en önemli konulardan biri de yorulmadır. Bir yorulma çatlağı, kaynaklı sacların ara yüzeyinde ve ITAB(Isının Tesiri Altındaki Bölge)'da başlar. Kaynak bölgesinde oluşan bir çatlağın ilerleme hızını tespit etmek ve böylece de kırılma meydana gelmeden önce, kaynaklı bağlantının güvenli çalışma süresini belirlemek son derece büyük önem taşımaktadır(Vural ve Akkuş, 2006).

En başta otomotiv endüstrisi olmak üzere birçok alanda çok önemli bir paya sahip direnç nokta kaynağı üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Çimen ve Akkuş, levha kalınlıklarının ve akım şiddetinin, soğuma hızı ve sıcaklık dağılımı üzerine etkisini incelemişlerdir(Çimen ve Akkuş, 1999). Anık, Oğur ve Aslanlar ise; 1,2 mm et kalınlığında galvaniz kaplanmış, kromatlı mikro alaşımlı çelik sacların elektrik direnç nokta kaynağında, kaynak akım şiddetinin kaynak bağlantısına ve buna bağlı olarak bağlantının çekme-makaslama

dayanımına etkileri araştırmışlardır(Anık vd., 1999). Tang,, Hou ve Hu; nokta direnç kaynak ünitesinin mekanik özelliklerinin kaynak prosesi ve kaynak kalitesine dair detaylı bir araştırma yapmışlardır(Tang vd., 2003).

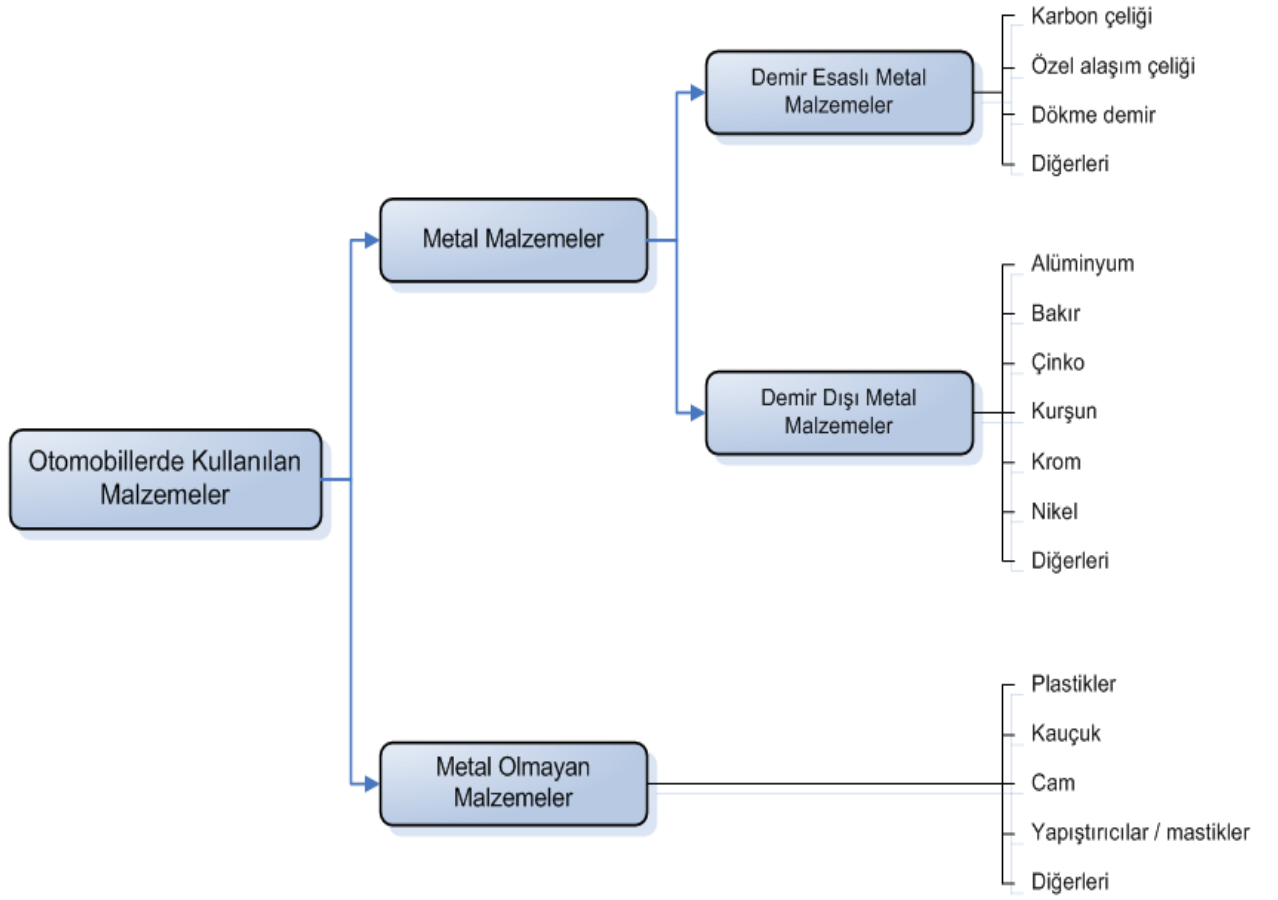
Diğer bir çalışmada Akkuş ve Vural ise; kaynak çekirdek çapının kaynak bölgesinin yorulma dayanımını etkileyen en önemli parametrelerden biri olduğu ortaya koymuş ve bağlantının güvenliği açısından bu parametrenin sürekli olarak kontrol altında tutulmasının gerekliliğini irdemişlerdir(Vural ve Akkuş, 2005). Son olarak elektrik direnç nokta kaynağı yönteminde karşılaşılan problemlerden biri olan elektrot aşınması konusunda Zhang, direnç nokta kaynağında elektrot aşınmasının karakteristik özelliklerini incelemiştir(Zhang, 1999).

Bu çalışmada; Toyota marka araçların üretiminde kullanılan SCGA 270C-Erdemir TY05 ve SCGA 270C-Erdemir TY06 standartlarında galvanile çelik saclarından hazırlanan belirli ölçülerdeki parçaların direnç nokta kaynağı ile birleştirilmesi, proses parametreleri değiştirilerek gerçekleştirilmiştir. Kaynak edilmiş numunelerde çeşitli incelemeler ve mekanik testler yapılarak otomotiv endüstrisi için en optimum kaynak parametreleri tespit edilmeye çalışılmıştır. Böylece otomotiv endüstrisinde galvanile çelik sacların nokta direnç kaynağı ile birleştirilmesinde işlem parametrelerinin saptanması için gerçek bir kılavuz ortaya çıkmıştır.

2. GÖVDE İMALAT MALZEMELERİ

2.1 Otomobillerde Kullanılan Malzemeler

Otomobiller yaklaşık 30.000 veya daha fazla parçadan oluşurlar. Bu parçaların malzemeleri yaygın olarak Şekil 2.1. 'deki gibi sınıflandırılabilir;



Şekil 2.1 Otomotiv Endüstrisinde Kullanılan Malzemelerin Sınıflandırılması (Toyota Kaporta Eğitim Kitabı, S2/B4)

2.1.1 Metal Malzemeler

2.1.1.1 Metallerin Özellikleri

Metallerin bazı önemli özellikleri aşağıda verilmiştir:

- ❖ Civa dışında, yaklaşık 20°C 'lik bir hava sıcaklığında metaller katıdır ve kristal yapıları vardır.
- ❖ İnce folyo veya tel haline getirilebilirler.
- ❖ Büyük bir özgül ağırlıkları vardır.
- ❖ Maden parlaklığına sahiplerdir.
- ❖ Elektrik ve ısı iletkenlikleri yüksektir.

2.1.1.2 Metallerin Kristal Yapısı

Metallerin içindeki atomlar kristalleri oluştururlar. Kristallerin yapısı metalden metale göre değişiklik gösterir. Demir ve çelik için, kristallerin yapı ve şekli, sıcaklığa ve malzemenin bükülme veya çekiçlenme şekline bağlıdır.

2.1.1.3 Metallerin Elastik ve Plastik Deformasyonu

Elastik deformasyon, nesneye kuvvet uygulanması sonucu meydana gelir. Kuvvet kesildikten sonra nesne eski haline döner.

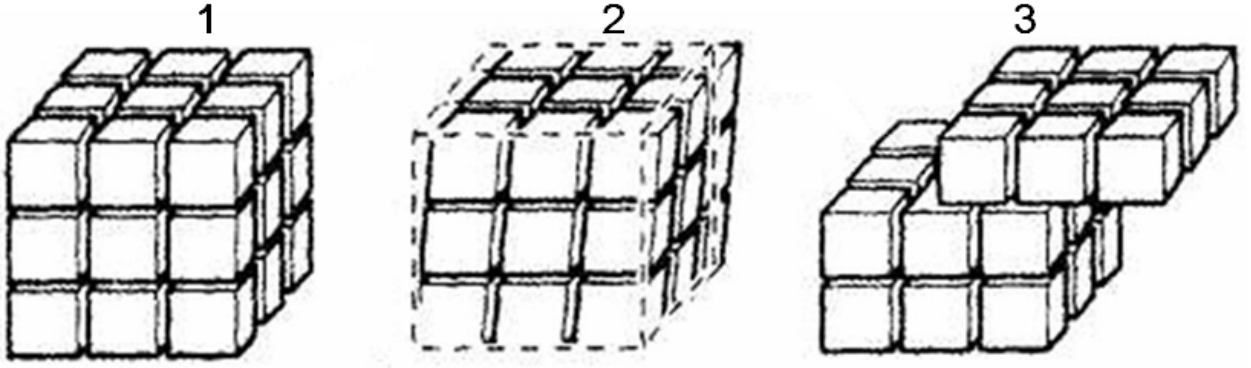
Plastik deformasyon da elastik deformasyona benzer şekilde nesneye kuvvet uygulanması sonucu meydana gelir. Ancak plastik deformasyonda kuvvet kesildikten sonra nesnenin şekli kalıcı olarak deforme halde kalır.

Metallerin elastik deformasyonunda malzemenin kristal yapısı(atom grubu) bozulur, fakat kuvvet kesildikten sonra orijinal durumuna geri döner. Metallerin plastik deformasyonunda ise, kristaller kristal yapısının içine kaydıkları için, kuvvet kesilse bile orijinal durumlarına geri dönemezler.

Kristalleri arasında güçlü atomik bağlar(bağlantılar) olan metaller plastik deformasyona uğramazlar; kristalleri arasında zayıf atomik bağları(bağlantıları) olan metaller ise plastik deformasyona uğrarlar.

Tam bir kristal yapısı olan metaller kayma eğilimi göstermezler; tam olmayan bir kristal

yapısı olan metaller ise kayma eğilimi gösterirler.



1 Deforme olmamış kristal

2 Elastik deforme olmuş kristal

3 Plastik deforme olmuş kristal ve kayan yüzey

Şekil 2.2 3x3x3 Atomdan Oluşan Kübik Kafes Yapısına Sahip Metal Kristalinde Deformasyon Tipleri(Toyota Kaporta Eğitim Kitabı, S2/B4)

2.1.1.4 Özgül Kütle

Özgül ağırlık, maddenin yoğunluğu ile bir referans maddenin(4 °C sıcaklıkta demineralize su) yoğunluğu arasındaki oran olarak tanımlanmaktadır.

Metalik malzemelerde özgül ağırlık saflık(alaşım veya saf madde) ve sıcaklığa(hacimsel genişleme) bağlı olarak değişir.

Çizelge 2.1 Saf Metallerin Özgül Kütleleri(20°C) (Toyota Kaporta Eğitim Kitabı, S2/B4)

Element	Elementin Sembolü	Özgül Kütle (g/cm ³)
Alüminyum	Al	2,69
Titanyum	Ti	4,50
Çinko	Zn	7,13
Krom	Cr	7,19
Demir	Fe	7,87
Bakır	Cu	8,96
Gümüş	Ag	10,49
Kurşun	Pb	11,36

Altın	Au	19,30
Platin	Pt	21,45

2.1.1.5 Metaller ve Isı

- ❖ Sıcaklık arttıkça metaller yumuşarlar ve buna bağlı olarak kırılma mukavemetleri azalır.
- ❖ Sıcaklık arttıkça iç yapılar değişir.
- ❖ Isıtarak ve soğutarak ısıl işlem yapmak mümkündür. (su verme demiri daha sert ve gevrek yapar; temperleme ise daha dayanıklı yapar).
- ❖ Metaller oksitlenirler.

Mümkün olduğunca otomobil gövdelerini ısıtarak onarmaktan kaçınılmalıdır. Özellikle şasiler ısı ile onarılmamalıdır. Bunun sebepleri aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- ❖ Isı sonucu meydana gelen oksidasyon korozyona yol açar.
- ❖ Isı, paslanma direncini azaltır ve çinko kaplamalara hasar verir.
- ❖ Panel mukavemeti değişiklik gösterecektir. Paneller aşırı sert, gevrek veya yumuşak olabilirler.
- ❖ Panel mukavemeti oksit zarları oluştuğunda kalınlık azalacağından azalma gösterecektir.

2.1.1.6 Demir ve Çeliğe Uygulanan Isıl İşlemler

Genel olarak, demir ve çeliğe dört tip ısıl işlem uygulanabilir:

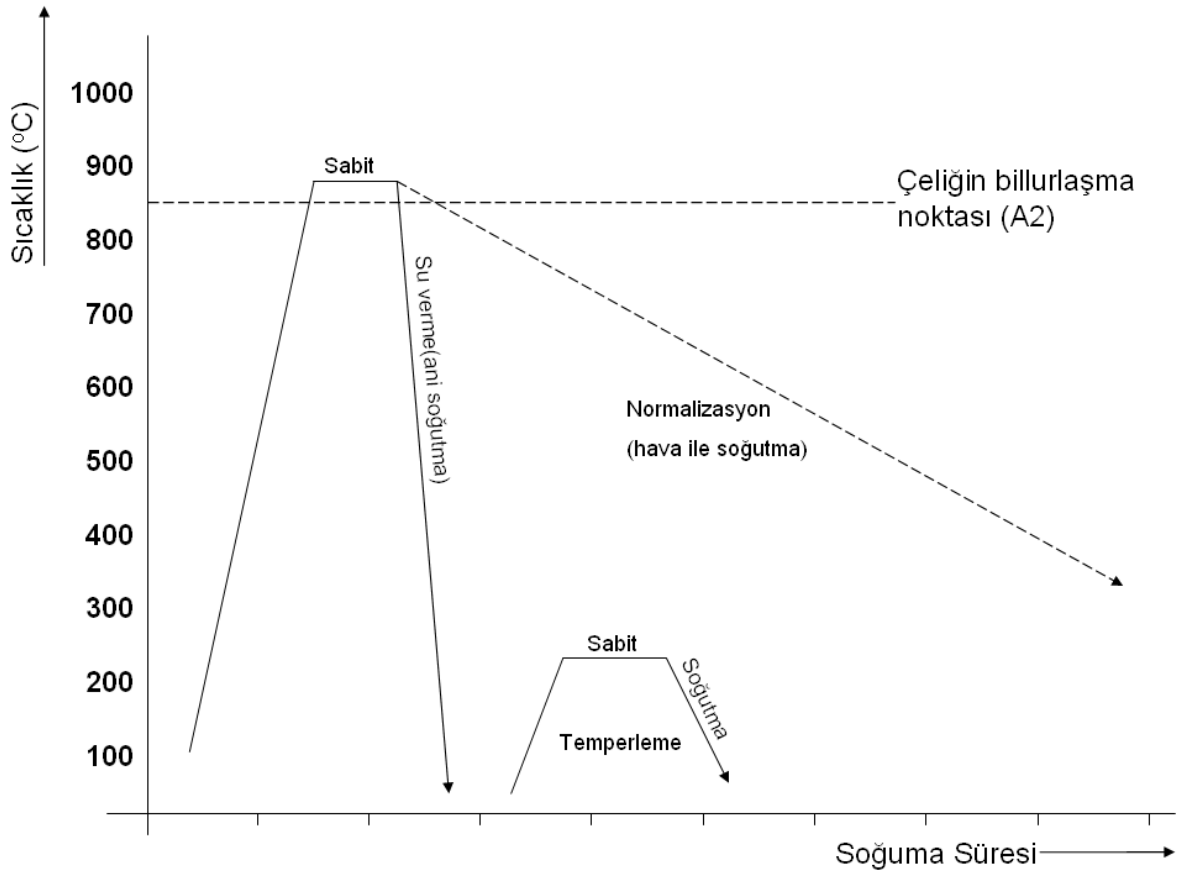
- ❖ **Homojenleştirme:** İç yapıyı normal hale getirir.
- ❖ **Su verme:** Sertliği (gevrekliği) artırır.
- ❖ **Temperleme:** Dayanıklılığı artırır.
- ❖ **Yumuşatma:** Sünekliği artırır.

Demir ve çelik üzerinde uygulanan ısıl işlemler, ısıtma sıcaklığı ve soğuma hızı ayarlanarak kontrol edilmelidir.

Homojenleştirme

Homojenleştirme, malzemeleri yaklaşık 850°C 'ye kadar ısıtıp havada soğutarak gerçekleştirilen bir işlemdir.

Talaşsız şekil verme ile demir ve çeliğe plastik deformasyon uygulandığında, iç yapıları karmaşık hale gelecektir. Bu da malzemelerin öncül mukavemetini her yerde farklı yapacaktır. Malzemelerin iç yapıları, daha iyi mekanik özellikler için homojenleştirme tavı uygulanarak kontrol edilebilir.



Şekil 2.3 Isıl İşlem Türleri(Toyota Kaporta Eğitim Kitabı, S2/B4)

Su verme

Su verme, yaklaşık % 0,4 oranında karbon içeren demir ve çeliğin yaklaşık 850°C 'ye kadar ısıtılıp hızla soğutulması işlemidir. Sertliği artırsa da, su verme işlemi aynı zamanda gevrekliği de artırır.

Temperleme

Temperleme, malzemeler yaklaşık 200°C 'ye kadar ısıtıldıktan sonra soğutmak için kullanılır. Bu işlemi su verme ile gevrek hale gelen malzemelere mukavemet kazandırır.

Yumuşatma

Yumuşatma, malzemeleri ısıttıktan sonra yavaşça soğutmak için kullanılır. Isıtma sıcaklığı belirli gereksinimlere göre değişiklik gösterir.

1. Gerilim giderme (Sıcaklık: 150 - 600°C) ile talaşlı şekil verme sırasında malzemede meydana gelen gerilimler giderilir.
2. Yumuşatma (Sıcaklık: 600 - 700°C) ile boru veya tellerin imalat sırasında talaşsız şekil verme kabiliyeti artar.
3. Yapısal şartlandırma (Sıcaklık: 800°C veya daha fazla) sayesinde malzeme iç yapısı şartlandırılır.

Otomobil imalatçılarından tedarik edilen parçalar zaten belirli gereksinimlere uygun olarak uygun ısıtılma işlemlerinden geçmişlerdir. Çelik ve otomobil imalatında, demir ve çeliğe ısıtılma işlemi uygulanırken elektronik kontrol ile hassas bir ısıtma ve soğutma yapılmaktadır.

Şasi çekirme işlemi sırasında, eğer hasarlı şase oksijen kaynağı ile ısıtılırsa, şasinin şekli kolayca onarılabilir. Ancak, iç yapıları ısıtmadan dolayı hasar görecektir. Bu da parçaların hatalı bir ısıtılma işlemi görmüş olduğu anlamına gelir.

2.2 Metal Malzeme Tipleri

2.2.1 Demir Esaslı Metallsel Malzemeler

Demir günlük yaşamımızda sıkça kullanılır ve çeşitli tipleri vardır.

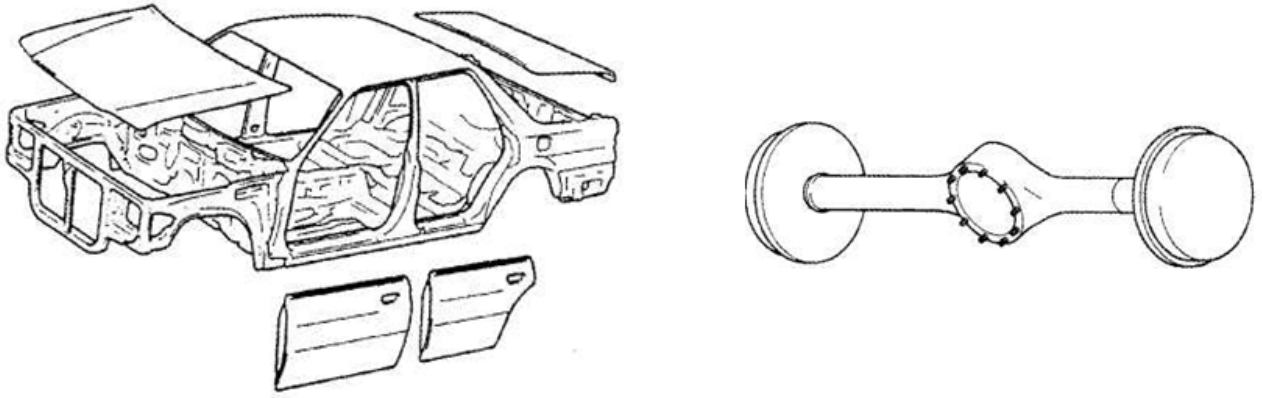
Demir nadiren saf demir olarak kullanılır. Metal, daha iyi performans özellikleri (oksidasyon

direnci, mukavemet, ısı direnç ve yorulma direnci) sağlamak için başka metaller ile alaşım yapılır.

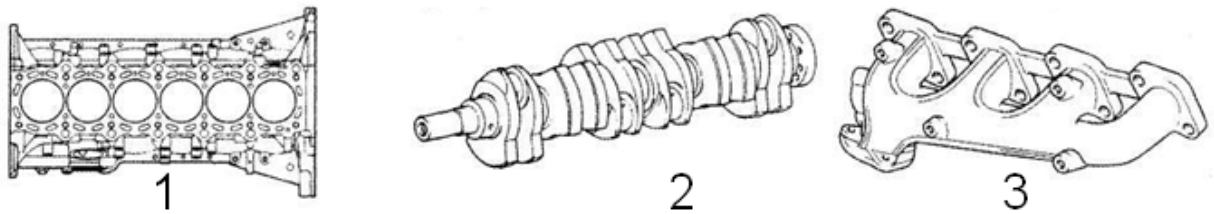
2.2.1.1 Karbon Çeliği

Karbon çeliği, demir ve karbon alaşımıdır. Demirin özellikleri karbon miktarı ile değişiklik gösterir. Demirde % 6,67 'den daha fazla karbon bulunamaz.

Çelik, % 2,0 'dan daha az karbon içeren karbon çeliğidir. Bu metal, otomobillerin gövde panellerinde ve süspansiyon parçalarında kullanılır. Çelik, karbon çeliğinin en sık kullanılan tiplerinden biridir.



Şekil 2.4 Çelikten İmal Edilmiş Araç Gövde Panelleri ve Süspansiyon Parçaları(Toyota Kaporta Eğitim Kitabı, S2/B4)



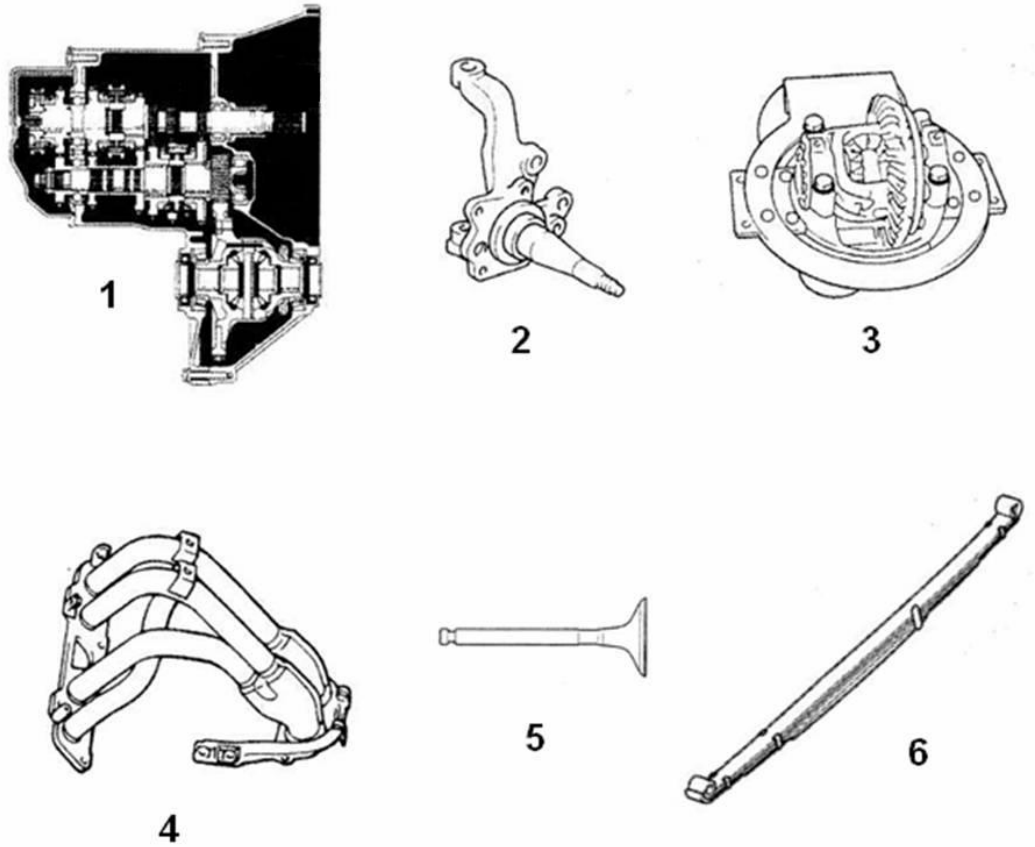
1 Motor silindir bloğu (Gri dökme demir) 2 Krank mili (Küresel grafitli dökme demir)
3 Egzoz manifoldu (Küresel grafitli dökme demir)

Şekil 2.5 Dökme Demirden İmal Edilmiş Otomobil Parçaları(Toyota Kaporta Eğitim Kitabı, S2/B4)

Dökme demir, % 2,0 veya daha fazla ve %6,67 'den daha az karbon içeren karbon çeliğine denir. Bu metal genellikle motor parçalarında kullanılır. İstenen şekilde döküm yapılır.

2.2.1.2 Özel Alaşımli Çelik

Özel alaşımli çelik, performans özelliklerini (oksidasyon direnci, mukavemet, ısıl direnç ve yorulma direnci) iyileştirmek için karbon çeliği ile başka metalleri karıştırarak elde edilir. Başka metallerle karbon çeliği yerine dökme demir karıştırılırsa, elde edilen malzemeye “alaşımli dökme demir” adı verilir.



- 1 Vites dişlileri(Kromlu çelik = Karbon çeliği + Krom)
- 2 Süspansiyon parçaları(Krom-Molibden çeliği = Karbon çeliği + Krom + Molibden)
- 3 Diferansiyel dişlileri(Mangan-Krom çeliği = Karbon çeliği + Krom + Mangan)
- 4 Egzoz manifoldları(Paslanmaz çelik = Karbon çeliği + Krom + Nikel + Molibden)
- 5 Motor subapları(Isıya dayanıklı çelik = Karbon çeliği + Krom + Nikel + Azot)
- 6 Makas yayları(Yay çeliği = Karbon çeliği + Krom + Mangan)

Şekil 2.6 Özel Alaşımli Çelikten İmal Edilmiş Otomobil Parçaları(Toyota Kaporta Eğitim Kitabı, S2/B4)

2.2.2 Demir Dışı Metalsel Malzemeler

Otomobil gövdeleri çoğunlukla demir esaslı metalsel malzemeden yapılmış olsa da, motor ve süspansiyon parçalarında çeşitli demir dışı metalsel malzemeler kullanılmaktadır.

2.2.2.1 Bakır ve Bakır Alaşımları

Bakırın elektrik ve ısı iletkenliği çok yüksektir. Bu metal elektriksel bağlantılarda ve bağlantı noktaları ve borularda kullanılır. Bakır alaşımları, pirinç (bakır ve çinko alaşımı) ve bronzdur. (bakır ve kalay alaşımı)

Pirinç, otomobillerin gövde panellerinin birleştirilmesinde kaynak maddesi olarak ta kullanılmaktadır.

2.2.2.2 Alüminyum ve Alüminyum Alaşımları

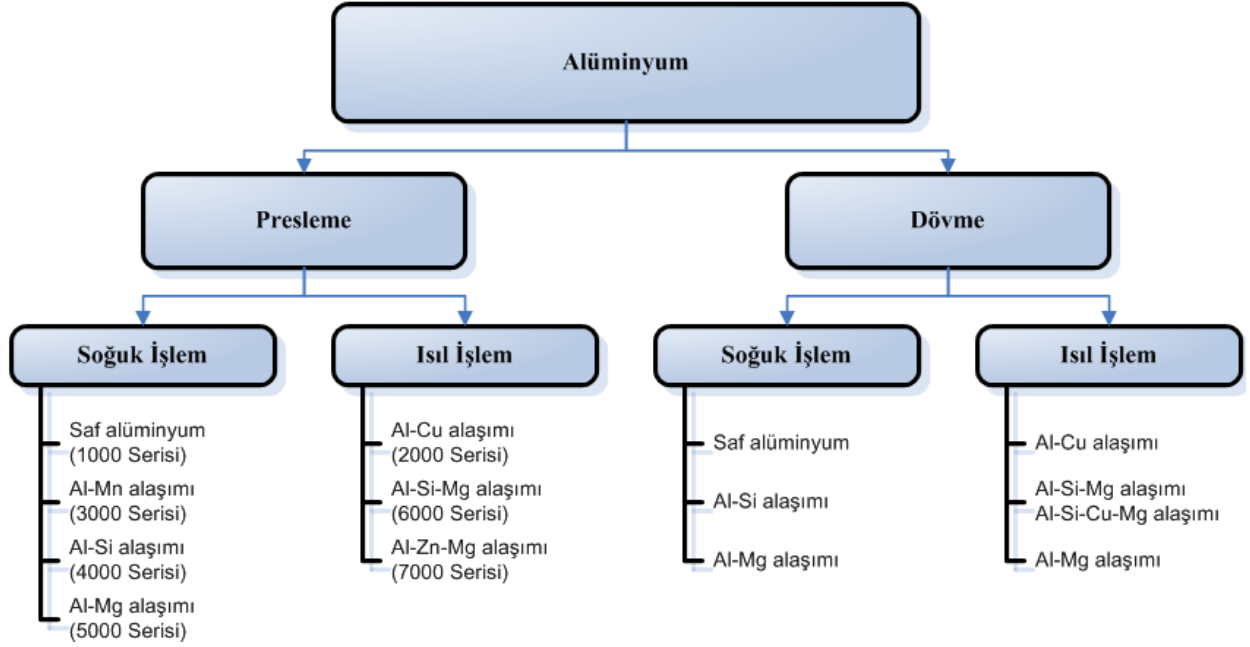
Alüminyum çok hafiftir ve elektrik iletkenliği yüksektir. Bu metal genellikle otomobillerin motor ve süspansiyon parçalarında kullanılır. Aynı zamanda, bazı belirli araç modellerinde motor kaputu, tavan paneli, bagaj kapağı ve tampon takviye elemanı olarak da kullanılır.

Çizelge 2.2 Alüminyum, Demir ve Bakırın Özelliklerinin Karşılaştırılması(Toyota Kaporta Eğitim Kitabı, S2/B4)

	Alüminyum	Demir	Bakır
Atomik sembol	Al	Fe	Cu
Özgül ağırlık (g/cm ³)	2,69	7,87	8,96
Erime noktası(°C)	660	1535	1084
Mıknatıslık	Yok	Kazanabilir	Yok
Isıl iletkenlik (Cal/°C.s)	0,4	0,1	0,5
Elektrik direnci (10 ⁻⁶ Ω.cm)	2,75	9,8	1,72
Pas rengi	Beyaz	Kırmızı veya siyah	Yeşil

2.2.3 Alüminyum Alaşım Çeşitleri

Alüminyum sadece otomobillerde değil, çeşitli uygulamalarda da kullanılır.



Şekil 2.7 Endüstride Kullanılan Alüminyum Alaşımlarının Ana Hatları(Toyota Kaporta Eğitim Kitabı, S2/B4)

Çizelge 2.3 Alüminyum Alaşımaları Tiplerinin Özellikleri ve Kullanım Alanları(Toyota Kaporta Eğitim Kitabı, S2/B4)

Alüminyum alaşımı tipi	Özellikler
Saf Alüminyum (1000 serisi)	%99 veya daha saf alüminyum. Bu alüminyumun işlenmesi kolaydır ancak mukavemeti düşüktür. Ev uygulamalarında ve elektrik ekipmanında kullanılır.
Al-Cu alaşımı (2000 serisi)	Genellikle “duralumin” adı verilir. Bu alaşım çelik kadar dayanıklıdır fakat kaynak yapılabilirliği düşüktür. Uçak gövdelerinde kullanılır.
Al-Mn alaşımı (3000 serisi)	Bu alüminyum, saf alüminyumun mukavemetini artırarak elde edilebilir. Binalarda, yemek tavaalarında ve tencerelerde kullanılır.

Al-Si alaşımı (4000 serisi)	Bu alaşım, silikon eklendiği için yüksek yorulma dayanımına sahiptir. Bakır, mangan veya nikel içeren alaşımların ısı direnci yüksektir. Bu alaşımlar, dövme işlemi gerektiren pistonlarda kullanılır.
Al-Mg alaşımı (5000 serisi)	Bu alaşımın mukavemeti, soğuk işlem uygulanan bütün alaşımlar içinde en yüksektir. Kaynak yapılabilirliği ve pas dayanımı da yüksektir. Bu alaşım, yapı malzemelerinde, gemilerde ve kaynak işlemi gerektiren otomobil malzemelerinde kullanılır.
Al-Si-Mg alaşımı (6000 serisi)	Bu alaşımın mukavemeti, pas dayanımı ve kuvveti yüksektir. Binaların pencere kenarlarında kullanılır.
Al-Zn-Mg alaşımı (7000 serisi)	Bu alaşım, alüminyum alaşımları içinde en yüksek mukavemete sahiptir. Otomobil ve motosikletlerin gövde ve tampon takviye elemanlarında kullanılır.

2.2.4 Diğer Demir İçermeyen Malzemeler

2.2.4.1 Kalay

Kalay, gümüş rengine parlak ve demire göre paslanmaya karşı daha dayanıklıdır. Kalay ile kaplı elik levhalar teneke kutu olarak kullanılır. Kalay ve kurşunun alaşımı ile lehim elde edilir.

2.2.4.2 Kurşun

Kurşun, gri, yumuşak ve ağır bir metaldir. Çok yüksek pas dayanımı vardır. Kurşun alaşımları, akülerin elektrot levhaları ve motorların krank mili yataklarında kullanılır. Radyografi sırasında giyilen ceketler kurşundan yapılmıştır.

2.2.4.3 Çinko

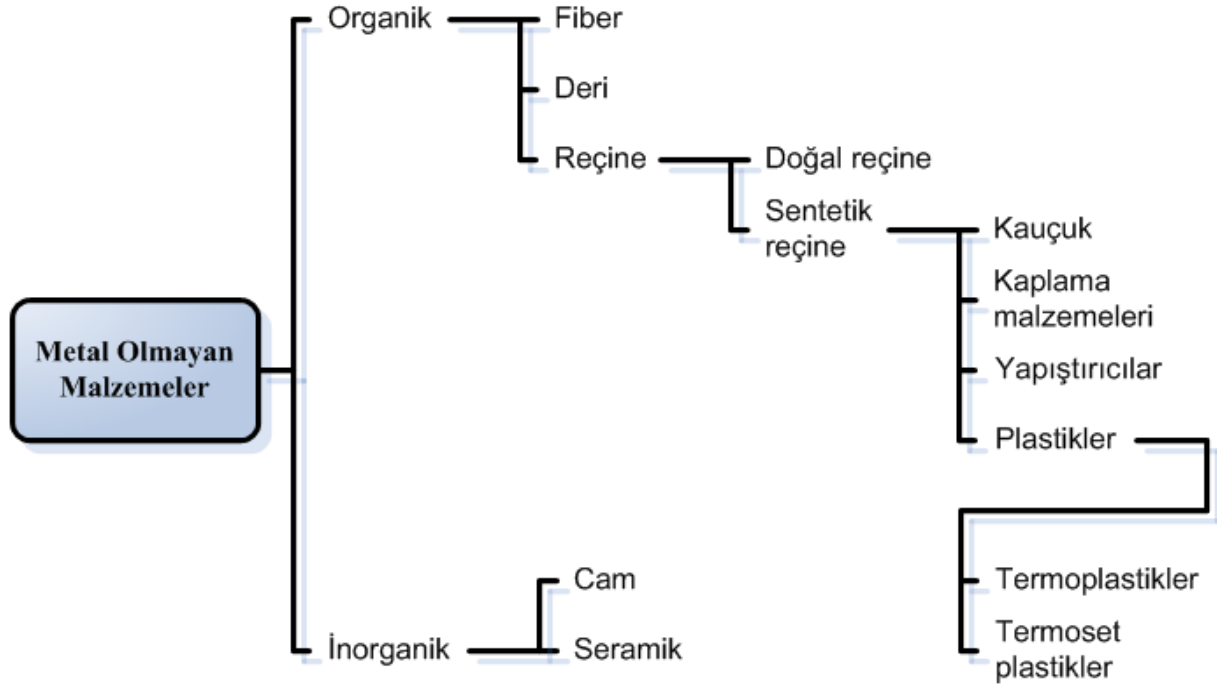
Çinko, gümüş rengine parlak ve paslanmaya demirden daha yatkındır. Çinko ile kaplı elik levhalar, otomobil gövdelerinde kullanılır. Karbratrler dövme çinko alaşımından yapılır.

2.2.5 Metal Olmayan Malzemeler

Metallerin dışındaki malzemelere metal olmayan malzemeler adı verilir. Bu malzemeler çeşitli elementlerden oluşurlar.

2.2.5.1 Metal Olmayan Malzemelerin Sınıflandırılması

Metal olmayan malzemeler organik ve inorganik olmak üzere başlıca iki grupta sınıflandırılmaktadır.



Şekil 2.8 Metal Olmayan Malzemelerin Sınıflandırılması(Toyota Kaporta Eğitim Kitabı, S2/B4)

Metal olmayan malzemeler, otomobillerin iç ve dış kısımlarında, aynı zamanda motor ve süspansiyon kısımlarında kullanılırlar.

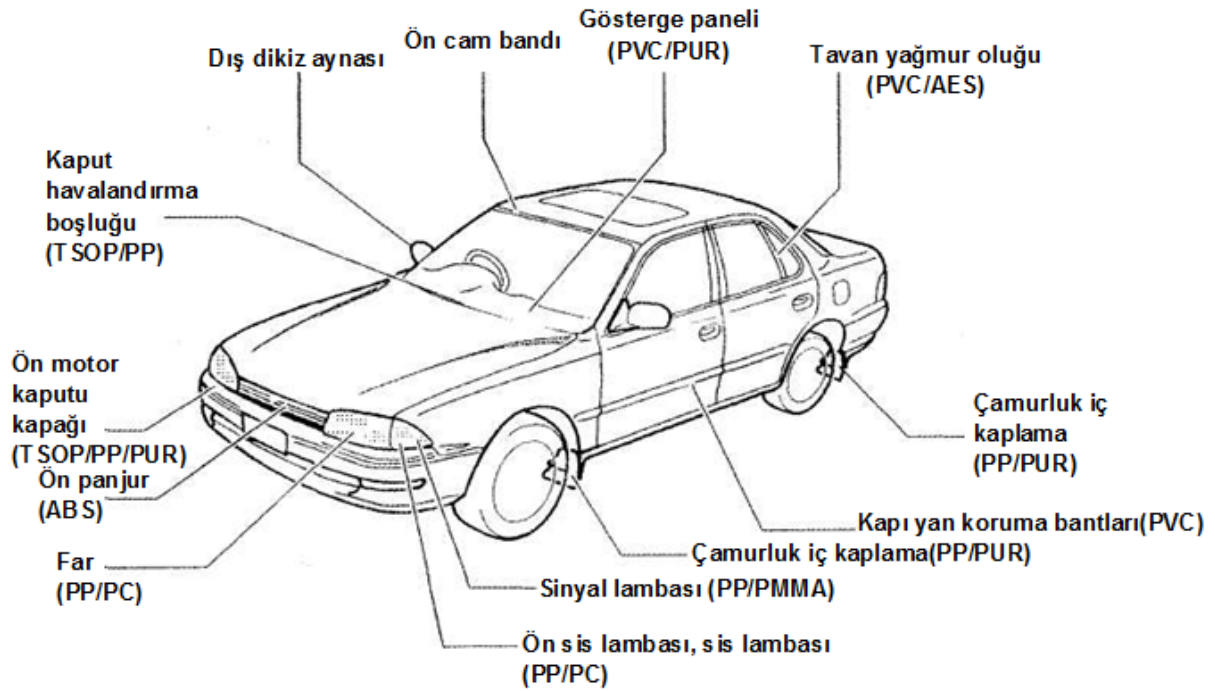
2.2.5.2 Reçine

Reçine, bitkiler ve hayvanlar tarafından salgılanan doğal reçine ve petrolden elde edilen sentetik reçine olarak sınıflandırılabilir. Reçine(çam katranı), sınıır kehribar ve doğal kauçuk doğal reçine sınıfına girmektedir. Otomobillerde kullanılan reçinenin büyük bir kısmı sentetik reçinedir.

Sentetik reçineye aynı zamanda plastik adı da verilir ve çok sayıda plastik, azot, klor, flor ve kükürt ekleyerek elde edilebilir. Sentetik reçine yapısı itibari ile doğal reçineden çok farklıdır. Reçinelerin(sentetik) genel özellikleri şu şekilde sıralanabilir;

- ❖ Yandıkları zaman geriye karbon kalıntıları kalır.
- ❖ Özgül ağırlıkları düşüktür.
- ❖ Kolayca döküm yapılabilirler.
- ❖ Üstün yalıtım özelliğine sahiptirler. Bazı belirli malzemeler ile iletkenlik özelliği kazanabilirler.
- ❖ Suyu ve oksitlenmeye karşı yüksek direnç gösterirler. Ancak bazı tiplerinin yapısı suda çözünmektedir.
- ❖ Isıl dirençleri düşüktür.
- ❖ Yüzey sertlikleri düşüktür.
- ❖ Organik çözücülere karşı dirençleri düşüktür. Ancak bazı malzemeler organik çözücülere dayanabilmektedir.

Toyota, kullanılmayan araçların malzemelerini geri dönüşümde kullanmak amacıyla, plastik parçaları malzeme kodlarıyla tanımlar. Şekil 2.10.'da bir otomobilde kullanılan sentetik reçineden parçalar ve malzemeleri verilmektedir.



Şekil 2.9 Bir Otomobilde Kullanılan Plastik Kısımlar ve Malzemeleri (Toyota Kaporta Eğitim Kitabı, S2/B4)

Çizelge 2.4 Bir Otomobilde Kullanılan Plastik Malzemeler ve Uygulama Alanları(Toyota Kaporta Eğitim Kitabı, S2/B4)

Kod	Adı	Maksimum dayanabildiği sıcaklık(°C)	Esas uygulama alanı
AAS	Akrilonitril akrilik kauçuk stiren kopolimer	80	Dış dikiz aynaları
ABS	Akrilonitril bütadien stiren kopolimer	80	Ön panjur
BMC	Hacimli kalıp macunu	150	Arka spoylerler ve motor kaputu
PC	Polikarbonat	160	Ön far mercekleri
PMMA	Polimetil metaakrilat (akrilik)	80	Arka stop lambası
PP	Polipropilen	80	Tamponlar
PE	Polietilen	80	Çamurluk kenarları
PUR	Termoset poliüretan	80	Tamponlar
PVC	Polivinil klor	80	Gösterge panelleri
SMC	Sac kalıp macunu	180	Çamurluk kaplaması
TSOP (TPO)	Toyota Süper Olefin Polimer Olefin bazlı termoplastik elastomer	80	Tamponlar
TPU	Üretan bazlı termoplastik elastomer	80	Yan koruma çıtaları

Günümüzde, Toyota plastik tamponlarında üç tür malzeme kullanılmaktadır;

- ❖ Termoset poliüretan (PUR)
- ❖ Polipropilen (PP)
- ❖ Toyota Süper Olefin Polimer (TSOP)

2.2.5.3 Kauçuk

Kauçuk, bitkilerden çıkartılan doğal kauçuk ve petrolden elde edilen sentetik kauçuk olarak sınıflandırılabilir. Kauçuk, bir yay gibi elastiktir.

Doğal Kauçuk

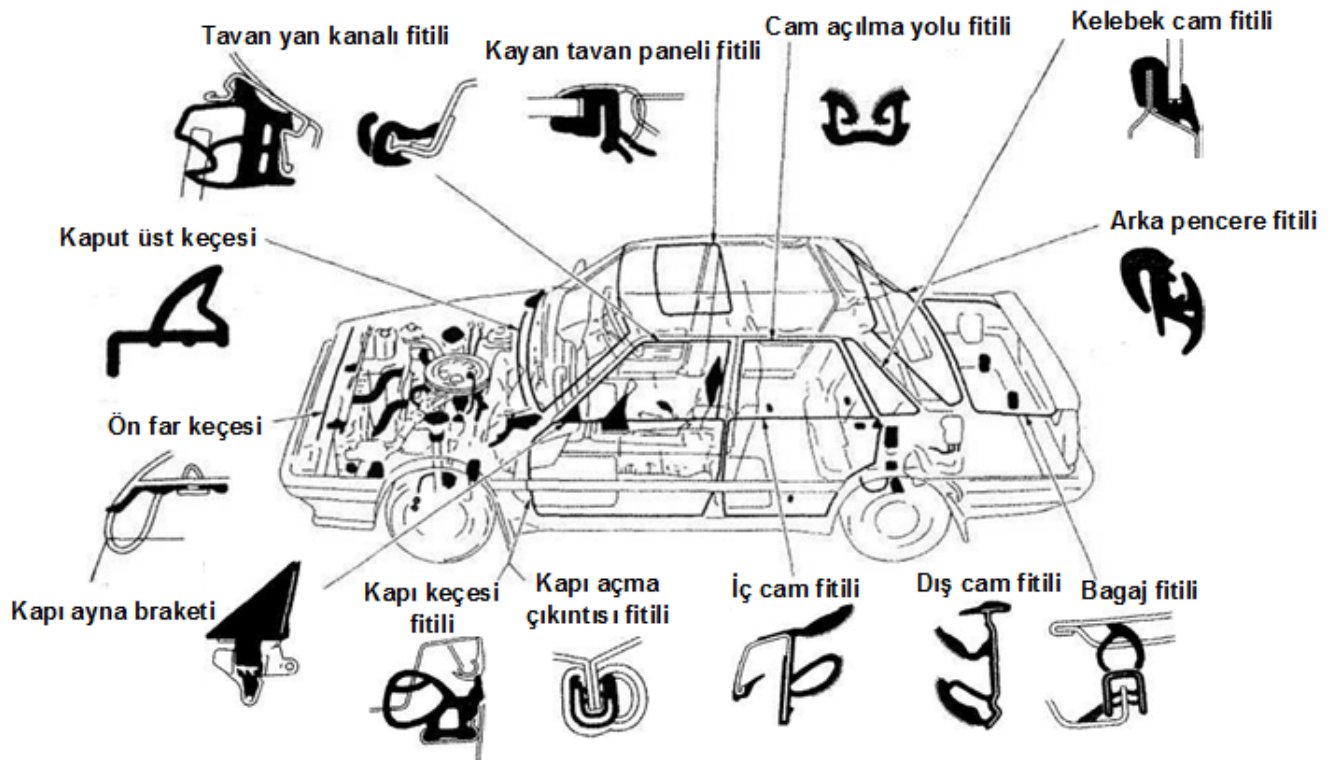
Doğal kauçuk, kauçuk bitkilerinden çıkartılan lateksi asitle işleyerek elde edilebilir. Doğal kauçuk, kükürt eklendiğinde elastik hale gelir.(vulkanizasyon) Kullanımdan önce doğal kauçuğa çeşitli kimyasal katkı maddeleri eklenir.

Sentetik Kauçuk

Sentetik kauçuk, elastikiyete sahip sentetik ve çok moleküllü bir bileşiktir.

Sentetik kauçuğun bazı belirli çeşitleri, yağa dayanıklılık, ısıya dayanıklılık ve yorulmaya dayanıklılık bakımından doğal kauçuktan üstündür.

Kauçuk otomobillerde özellikle lastiklerde, sileceklerde, kayışlarda, hortumlarda, yağ keçelerinde ve fitillerde kullanılır. Lastikler ve silecekler dışındaki kauçuk parçaların neredeyse tümü sentetik kauçuktan yapılır.



Şekil 2.10 Otomobillerden Kullanılan Kauçuğun Çeşitleri ve Uygulama Alanları(Toyota Kaporta Eğitim Kitabı, S2/B4)

Otomobillerde kullanılan fitiller çoğunlukla etilen-propilen kauçuktan yapılır.(Şekil 2.10) Fitillerde kullanılan malzemelerin elastik, hava geçirmez ve ozona dayanıklı olmaları gerekir. Fitillerin yüzeyleri, yapışkanlığı ve yorulmayı önleyici özelliklerin iyileştirilmesi için bazı işlemlerden geçirilmektedir.

2.2.5.4 İnorganik Metal Olmayan Malzemeler

Cam ve seramikler, inorganik metal olmayan malzemeler olup yapılarında karbon bulunmamaktadır. Bu malzemelerin genel özellikleri şu şekilde sıralanabilir;

- ❖ Özgül ağırlıkları metallere nispeten daha düşüktür.
- ❖ Döküm yöntemi ile şekillendirilmeye yatkın değildirler.
- ❖ Bazı türleri elektrik iletkenliğine sahip olsa da genel anlamda üstün yalıtım özelliklerine sahiptirler.
- ❖ Suyu ve dolayısıyla oksidasyona karşı yüksek direnç gösterirler.
- ❖ Isıl dirençleri yüksektir.
- ❖ Yüzey sertlikleri yüksektir.
- ❖ Organik çözücülere karşı yüksek direnç gösterirler.

2.3 Otomobillerde Kullanılan Çelik Levhalar

Otomobillerde kullanılan çelik levhalar, Şekil 2.11.'deki gibi sınıflandırılmaktadır.

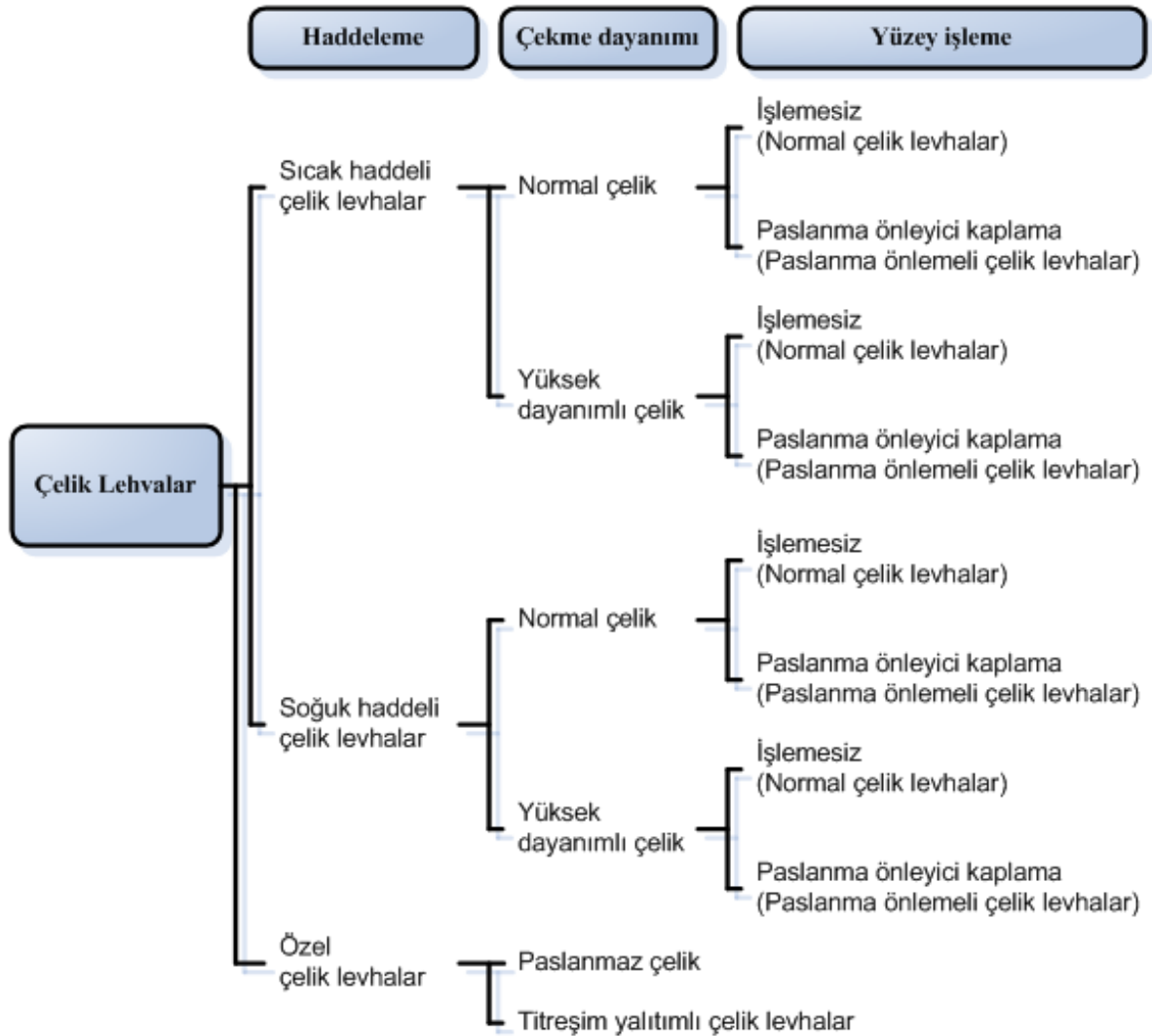
2.3.1 Sıcak Haddeli Çelik Levhalar

Sıcak haddeli çelik levhalar, çelik kütüklerinin 800°C ve üzeri yüksek sıcaklıktaki bir ortamda haddelenmesi yoluyla elde edilir. Yüzey, sıcak haddeleme nedeniyle bir oksit zarla kaplanır. Söz konusu çelik levhaların kalınlığı, genellikle 1,6 mm kadar olur.

Yüzeydeki oksit zar, gerektiğinde asit kullanarak veya bilyelerle aşındırma yoluyla çıkarılabilir.

Sıcak haddeli çelik levhalar otomotiv endüstrisinde ağırlıklı olarak aşağıdaki bölümlerde kullanılır;

- ❖ Şasiler
- ❖ Araç gövdelerinin iç kısımları
- ❖ Süspansiyon parçaları
- ❖ Süspansiyon elemanları
- ❖ Binalar (H kanalları veya L kanalları)



Şekil 2.11 Otomobillerde Kullanılan Çelik Levhalar ve Sınıflandırılması (Toyota Kaporta Eğitim Kitabı, S2/B4)

2.3.2 Soğuk Haddeli Çelik Levhalar

Soğuk haddeli çelik levhalar, oksit zarları asit kullanılarak çıkarılmış sıcak haddeli çelik

levhaların haddelenmesi yoluyla elde edilir. Haddeleme iç yapılarını sertleştirdiği için, bu tür çelik levhalar, tavlama yoluyla yumuşatılır.

Söz konusu çelik levhaların kalınlığı, genellikle 0,4 ila 1,4 mm arası olur. Son derece düzgün bir yüzeye sahiptirler. Soğuk haddeli çelik levhalar, ağırlıklı olarak araç gövdelerinin hemen hemen tüm parçalarında kullanılmaktadırlar.

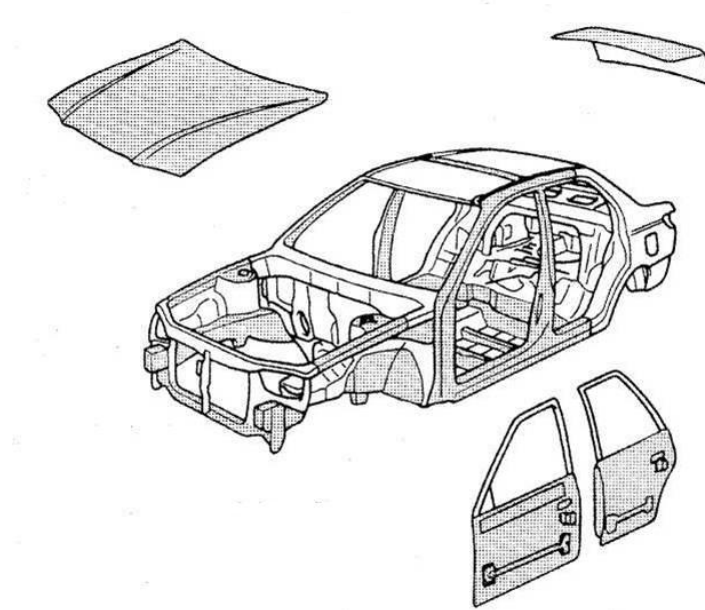
2.3.3 Yüksek Dayanımlı Çelik Levhalar

Yüksek dayanımlı çelik levhalar, çekme dayanımını artırmak amacıyla, demir ile başka metallerin karıştırılması yoluyla elde edilir.

340 N/mm² veya üzeri çekme dayanımına sahip soğuk haddeli çelik levhalar ile 490 N/mm² ve üzeri çekme dayanımına sahip sıcak haddeli çelik levhalar, yüksek dayanımlı çelik levhalar olarak adlandırılır.

Yüksek dayanımlı çelik levhaların çekme dayanımı normal çelik levhalardan(270 N/mm²) daha yüksektir. Normal çelik levha ile aynı çekme dayanımı, normal çelik levhadan daha düşük bir kalınlıkla elde edilebilir.

Yüksek dayanımlı çelik levhalar, gövde ağırlıklarının azaltılması ve dayanımın artırılması için son zamanlarda yaygın bir biçimde kullanılmaya başlamıştır.



Şekil 2.12 Araç Gövdesinde Kullanılan Yüksek Dayanımlı Çelik Levhalar(Toyota Kaporta Eğitim Kitabı, S2/B4)

2.3.3.1 Alaşımlamayla Dayanımı Arttırılmış Çelik Levhalar

Alaşımlama ile dayanımı arttırılmış çelik levhalar, demirin karbon, silikon, manganez ve/veya fosforla karıştırılması yoluyla elde edilen alaşımlar olup, bu elementlerin atomları ile demir atomları, boyut bakımından birbirinden farklıdır. Genel çekme dayanımı 340 ila 440 N/mm² arasındadır.

2.3.3.2 Çökeltme Yöntemi ile Dayanımı Arttırılmış Çelik Levhalar

Çökeltme yöntemi ile dayanımı arttırılmış çelik levhalar, demirin karbonlu veya nitratlı titanyum, niyobyum ve/veya vanadyum ile karıştırılması yoluyla elde edilen alaşımlardır. Genel çekme dayanımı 440 ila 680 N/mm² arasındadır.

2.3.3.3 İki Aşamalı Dayanımı Arttırılmış Çelik Levhalar

Bu tip çelik levhalar, dayanımın artırılması için çelik levhalara su verme yoluyla elde edilir. Genel çekme dayanımı 390 ila 1180 N/mm² arasındadır.

2.3.3.4 Fırında Sertleştirilmiş Çelik Levhalar

Fırında sertleştirilmiş çelik levhalar, yaklaşık 170°C 'ye ısıtıldıktan sonra çelik levhaların sertleştirilmesi yoluyla elde edilir. Fırında sertleştirilmiş çelik levhalar, kapılarda ve motor kaputlarında kullanılır.

Sertleştirme öncesi yumuşak olmaları nedeniyle kolayca damgalanırlar. Sertleştirme sonrasında darbelere karşı direnç artar. Genel çekme dayanımı 340 N/mm² civarındadır.

2.3.4 Korozyon Dayanımı Arttırılmış Çelik Levhalar

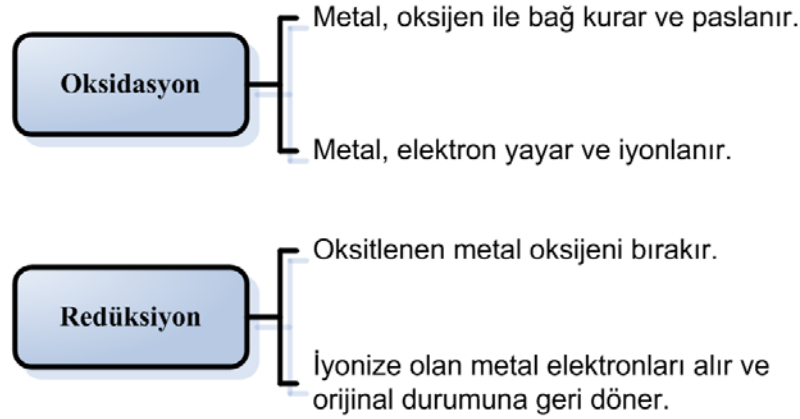
Korozyon dayanımı arttırılmış çelik levhaların yüzeyleri kaplanmıştır. Genel kaplama çeşitleri, çinko kaplama, alüminyum kaplama ve kalay kaplamadır.

İki tip korozyon dayanımı arttırılmış çelik levha vardır: çinko veya alüminyum ile kaplanmış levhalar. Bunların ikisi de saf demire daha kolay oksidasyona uğrarlar. Kalayla kaplananların oksidasyon direnci ise demirden daha iyidir.

Çinko ile kaplanmış çelik levhalar, gövde panellerinde ve alüminyum kaplı çelik levhalar egzozdaki ısı yalıtıcılarında kullanılırlar. Kalayla kaplanmış çelik levhalar ise yakıt depoları ve teneke kutularda kullanılır.

2.3.4.1 Çelik Levhaların Çinko ile Kaplanma Prensibi

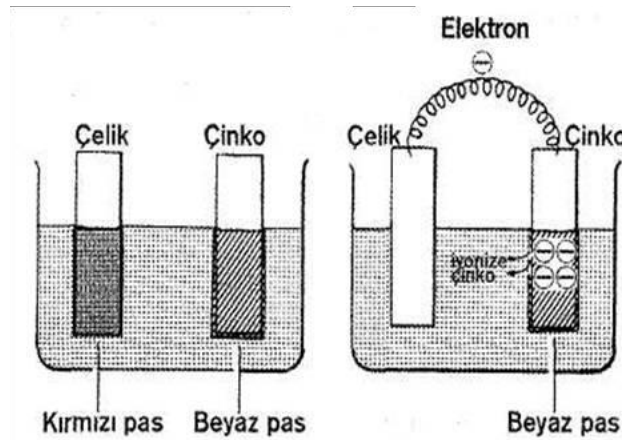
Bir çelik levha ve çinko levha tuzlu suya batırıldıklarında, iki levha da elektron yaydıkları için oksidasyona uğrayacaktır.



Şekil 2.13 Çelik Levhalarda Oksidasyon ve Redüksiyon Adımları(Toyota Kaporta Eğitim Kitabı, S2/B4)

Elektriksel olarak bağlı bir çelik levha ve çinko levha tuzu suya batırıldığında ise sadece çinko levha oksidasyona maruz kalır; çünkü çelik elektronları alarak redüksiyona uğrar.

İki farklı metal elektriksel olarak bağlandıklarında, sadece daha çok iyonizasyon eğilimi olan metal, yani korozyona daha eğilimli olan metal aşınacaktır.

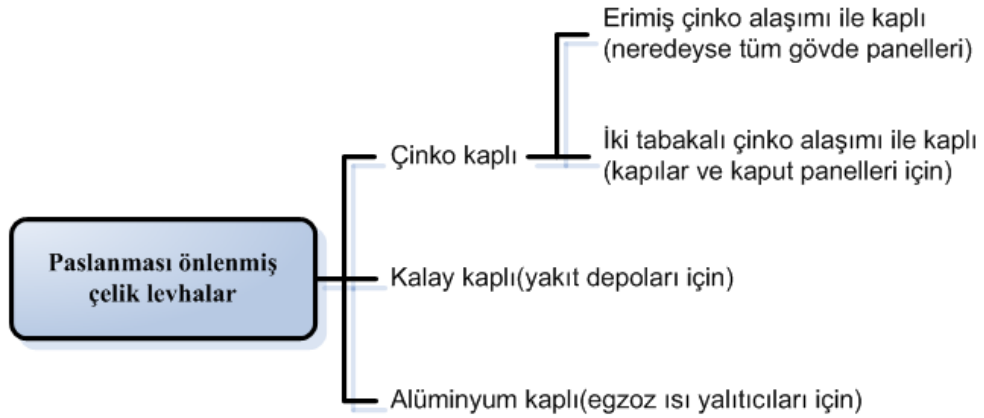


Şekil 2.14 Metallerde Redüksiyon Prensibi(Toyota Kaporta Eğitim Kitabı, S2/B4)

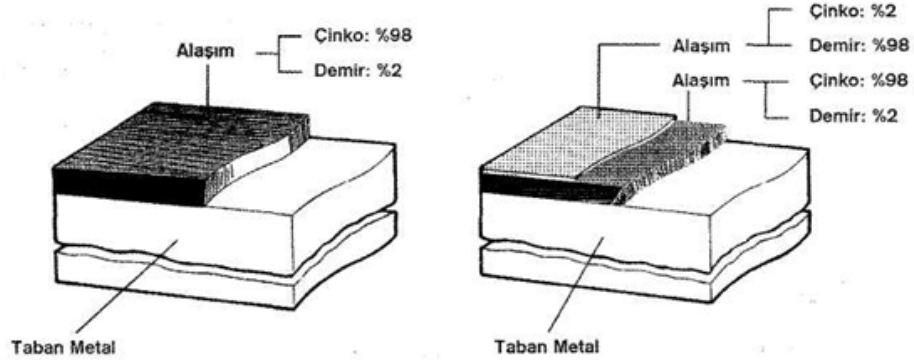
Çizelge 2.5 Elementlerin İyonizasyon Eğilimlerin Karşılaştırılması(Toyota Kaporta Eğitim Kitabı, S2/B4)

Kolay	Potasyum
	Sodyum
	Kalsiyum
	Magnezyum
	Alüminyum
	Çinko
	Demir
İyonizasyon Eğilimi	Nikel
	Kalay
	Kurşun
	Bakır
	Civa
	Gümüş
	Altın
Zor	Platin

2.3.4.2 Korozyon Dayanımı Artırılmış Çelik Levha Tipleri



Şekil 2.15 Paslanması Önlenmiş Çelik Levha Tipleri(Toyota Kaporta Eğitim Kitabı, S2/B4)



Şekil 2.16 Tek Katlı ve Çok Katlı Çinko Kaplama(Toyota Kaporta Eğitim Kitabı, S2/B4)

2.3.5 Özel Çelik Levhalar

Paslanmaz çelik levhalar ve titreşim geçirmeyen çelik levhalar, otomobillerde özel çelik levha olarak kullanılırlar.

2.3.5.1 Paslanmaz Çelik

Paslanmaz çelik, karbon çeliği, krom ve nikel içeren bir alaşımdır. Karbon çeliği %12 veya daha fazla krom ihtiva eder. Paslanmaz çelik, yüksek paslanma direncinden ötürü pervazlarda ve egzoz borularında kullanılır.

2.3.5.2 Titreşim Önleyici Çelik Levhalar

Titreşim önleyici çelik levhaların yüzeyleri veya orta kısımları plastik ile kaplıdır. Birinci durumda, plastik ince bir tabaka olarak kaplanmıştır ve ikinci durumda kalın bir tabaka olarak kaplanmıştır.

Titreşim önleyici çelik levhalar, titreşim enerjisini ısı enerjisiye dönüştürerek titreşimi bastırırlar. Plastik titreşimleri emebilir; çünkü çelikten daha yüksek mukavemeti vardır. Titreşim önleyici çelik levhalar, ön göğüs paneli ve arka oda kısmı panellerinde kullanılırlar.

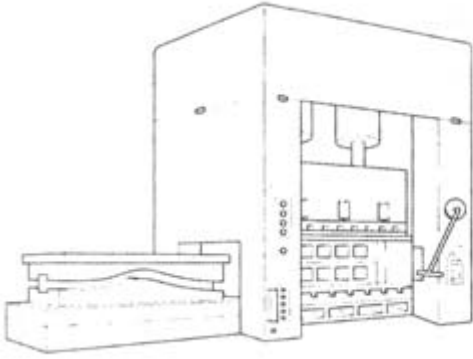
2.4 Sacın Presleme İşlemi Sırasındaki Özellikleri

Presleme işlemi, üst ve alt metal kalıpların arasına bir sac yerleştirilerek ve saca büyük bir kuvvet uygulayarak gerçekleştirilen bir şekil verme işlemidir. Bu yöntemin döküm ve dövme işlemlerine göre sacların şekillendirilmesinde birçok avantajları bulunmaktadır.

2.4.1 Presleme

Uygulamaya ve yapıya göre değişiklik gösteren bir çok pres makinesi çeşidi bulunmaktadır. Yaygın olarak mekanik pres ve hidrolik pres olarak ikiye ayrılabilirler. Mekanik pres, üretkenliği daha yüksek olduğu için yaygın olarak kullanılan yöntemdir. Burada otomobillerin imalatında kullanılan saca şekil verilmesinde kullanılan mekanik preslerin üzerinde durulacaktır.

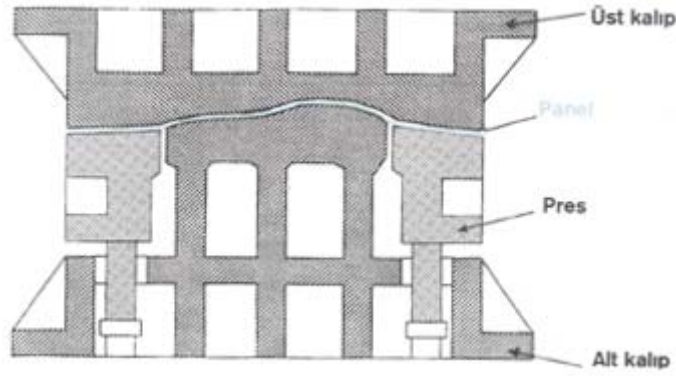
En uygun pres makinesinin seçimi, panellerin boyut ve şekline bağlı olarak değişir. Bilezik gibi basit şekillendirme işlemleri için tek kademeli pres kullanılır; iki kademeli presler daha derin ve kompleks biçim verme işlemleri içindir. Genellikle bir pres makinesi 10-15 metre yüksekliğindedir ve baskı kuvveti de yaklaşık 500 - 1300 tondur.



Şekil 2.17 Mekanik Pres Makinesi ve 1300 Tonluk Panel Sacı Basan Komatsu Marka Pres(Taşocak, 2008)

Pres makinesi genelde şu üç kısımdan meydana gelmektedir;

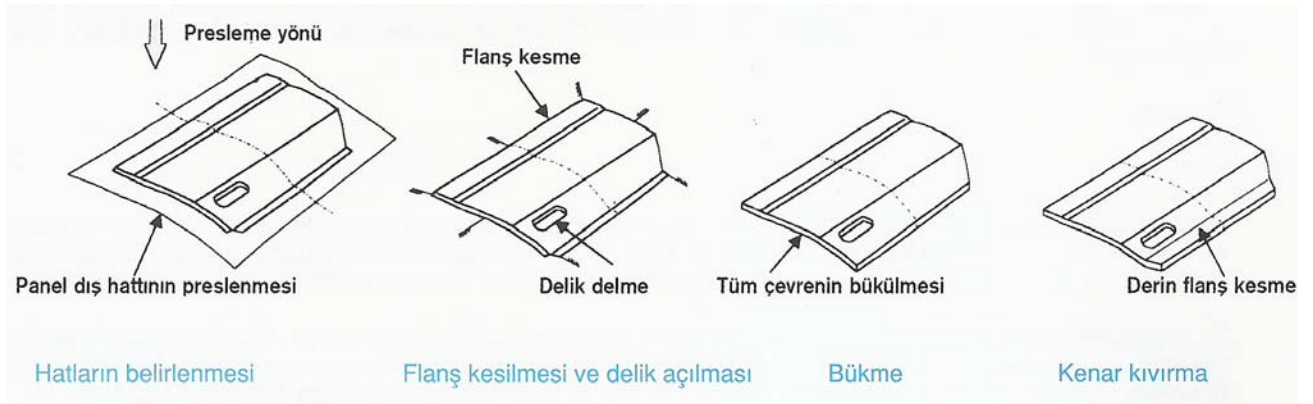
- ❖ Kalıplar
- ❖ Zimba
- ❖ Pres



Şekil 2.18 Bir Pres Kalıbı ve Kısımları(Toyota Kaporta Eğitim Kitabı, S2/B1)

2.4.2 Presleme İşlemi

Malzeme, üst ve alt kalıpların arasına yerleştirilir ve şekillendirilir. Fakat çoğu parça sadece tek kademe presleme ile tamamlanamaz. Örneğin kapı dış paneli 4 kademedeki preslenerek son şeklini alır.



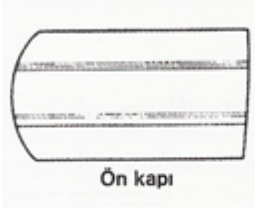
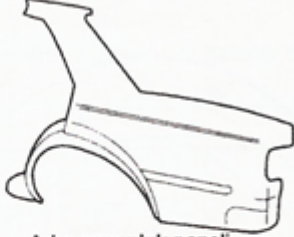
Şekil 2.19 Kapı Dış Panelinin Şekillendirilmesinde 4 Pres Kademesi(Toyota Kaporta Eğitim Kitabı, S2/B1)

2.4.3 Panel Sağlamlığı ve Ezilmeye Karşı Dayanım Özelliği

2.4.3.1 Panel Sağlamlığı

Panel sağlamlığı, kapı, motor kaputu veya bagaj kapağı dış panelini ittiğinizde hissettiğiniz karşı koyma kuvveti anlamına gelir. Panel sağlamlığı, sac kalınlığına ve sac malzemesine yada panelin eğriliğine ve pres çizgisine bağlıdır.

Çizelge 2.6 Panel Örnekleri ve Yan Kesitlerine Göre Dayanıklılık Değerleri(Toyota Kaporta Eğitim Kitabı, S2/B1)

Örnek	 Ön kapı	 Ön çamurluk	 Arka çamurluk paneli
Panel yan kesitleri	 Yüksek Alçak Yüksek	 Yüksek Alçak Yüksek	 Yüksek Alçak Yüksek

Panel sağlamlığı her bölge için farklıdır; çünkü gövde panelleri farklı eğimli yüzeyler ve pres hatları ile düzenlenmiştir. Her bölgenin panel sağlamlığını bilmek gövde panelini onarırken önemli bir etkindir.

2.4.3.2 Göçmeye Dayanım Özellikleri

Göçmeye dayanım özelliği, dış panelin parmakla itildiğinde veya panele bir taş çarptığındaki içe göçme direnci özelliğidir.

Toyota, göçmeye dayanım özelliğini geliştirmek için motor kaputu, kapılar ve bagaj kapağı gibi dış panellerde yüksek mukavemetli sac kullanmaktadır. Bazı kısımlarda “BH tipi yüksek mukavemetli sac” kullanılır.(BH: Bake Hardenability-fırında sertleşebilir) Bu özellikteki saclar, boya kurutma işleminde tatbik edilen ısıdan dolayı sertleşir.

3. NOKTA DİRENÇ KAYNAĞI

Otomotiv sektörü, uzay ve uçak teknolojileri, çelik yapılar, çelik eşya imalatı, hassas cihazların imalatı, elektroteknik, boru üretimi, makine sektörü gibi pek çok alanda kullanılan ince kesitli metal malzemelerin kaynağında yaşanan sorunlar, farklı kaynak türlerinin gelişimini sağlamıştır. İnce kesitli malzemeler yüksek ısı altında kaldıklarında kalıcı şekil bozukluklarına neden olur. Bu nedenle kaynaklama işleminin asgari ısıda ve en kısa sürede gerçekleştirme zorunluluğu ortaya çıkmaktadır. Kaynaklı bağlantıların hızlı bir şekilde en az deformasyonla gerçekleştirilmesi, ekonomik ve kaynak mukavemetinin yüksek olması istenilen yerlerde, elektrik direnç kaynağı ilk seçim olarak karşımıza çıkmaktadır.

Elektrik direnç kaynağı, metal parçalardan geçirilen elektrik akımına karşı, bu parçaların gösterdiği dirençten oluşan ısı yardımıyla yapılan birleştirmedir. Parçalar kısmi olarak ergitilerek kaynak için gerekli kaynak banyosu oluşturulur. Kaynak banyosunun oluşumundan itibaren elektrik akımı kesilerek iş parçalarına basınç uygulanır ve bu basınç altında soğuma gerçekleştirilerek sökülemeyen türden bir birleşim sağlanmış olur. Bu yöntemle yapılan kaynak işleminin genel adı elektrik direnç kaynağı olarak adlandırılır(Anık vd., 2000).



Şekil 3.1 Elektrik Direnç Kaynağıyla Kaynak Edilmiş Çeşitli Malzemeler(Anık vd., 2000)

Elektrik direnç kaynağı yapılış şekillerine ve sektörlerde en fazla kullanım alanlarına göre şu

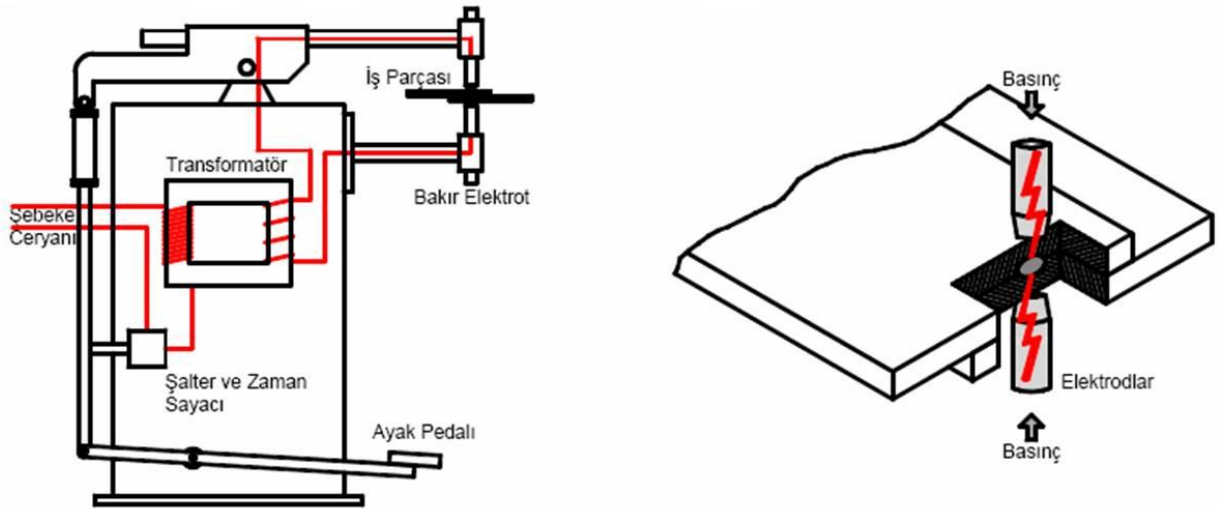
şekilde sınıflandırılmaktadır;

- ❖ Nokta(punta) direnç kaynağı
- ❖ Kabartılı nokta kaynağı
- ❖ Dikiş direnç kaynağı
- ❖ Direnç alın kaynağı(Zhang, 1999)

Bu çalışmada otomotiv endüstrisinde sıklıkla kullanılan nokta direnç üzerinde durulacaktır.

3.1 Tanım

Nokta kaynağı, direnç kaynağı türleri içerisinde en çok kullanılan türdür. Kaynatılacak parçalar iki bakır elektrod arasına alınır ve belirli bir baskı uygulanmasıyla elektrik akımının geçişi sağlanır.



Şekil 3.2 Nokta Direnç Kaynak Makinesi Temel Bileşenleri ve Kaynak Bölgesi Detayı(Anık vd., 2000)

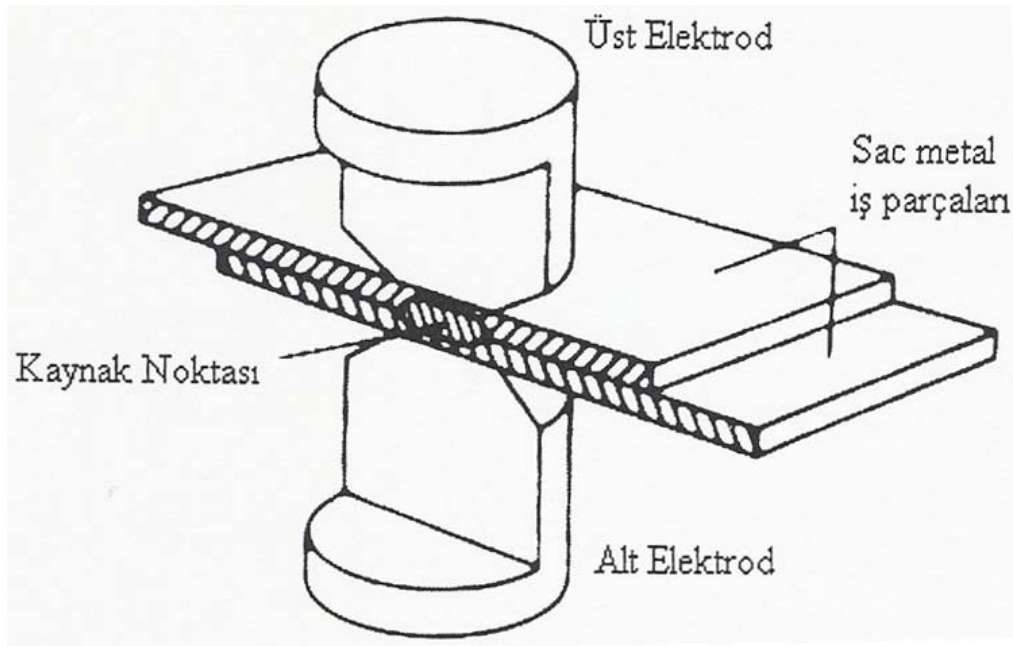
Nokta direnç kaynağı, ikiden fazla metal sacın, bileşimi ve kalınlıkları farklı metallerin veya başka bir metalle kaplanmış sacların birleştirilmesinde de kullanılır.

Kaynak işlemi boyunca, elektrodların birleştirilen parçalara baskı tatbik etmesi sağlanır. Metaller arasından geçirilen elektrik akımı kesilince eriyen metal hızla soğur ve katılaşır. Bu

sırada elektrodlar kaynak edilen parçaları sıkı bir şekilde tutmaya devam eder. Gerekli basınç, kaynak işlemi boyunca sabit tutulabilir veya kaynak kalitesini yükseltmek ve poroziteli katılaşmaya imkan vermemek için kaynaktan sonra atırılabilir. Kaynak işlemi genelde 1 saniyeden daha kısa bir sürede tamamlanır(Mert, 2004).

Elde edilen kaynağın şekli ve boyutu, elektrod ucunun boyutu ve çevresiyle belirlenir. Kaynak çekirdeği, iki parçanın temas yüzeylerinde meydana gelir ve dış yüzeylere erişmez. Uygun bir kaynak çekirdeğinin kesiti oval biçimindedir.

Kaynak noktaları, parçaların elektrod kuvveti ile çarpılması sonucu kaynak edilen noktadan eriyik metalin kıvılcım şeklinde sıçramasını önlemek için kenarlardan yeterince uzak olmalıdır. Ayrıca, parça üzerinde kaynak edilen noktanın haricinde paralel akım geçişlerini(yan devre etkisi) önlemek için ardışık kaynak noktaları arasındaki mesafe yeteri kadar büyük olmalıdır(Mert, 2004).



Şekil 3.3 Direnç Nokta Kaynağında Elektrodların ve İş Parçalarının Düzenlenmesi(Mert, 2004)

Nokta direnç kaynağında, birbiri üzerine bindirilmiş parçalar elektrodlar yardımıyla baskı altındadırlar. Gerekli olan yüksek akım gücü ve düşük gerilim, yüksek şebeke geriliminin çalışma gerilimine(örneğin 5V) dönüştürülmesi ile elde edilir. Transformatörün sekonder

devresinden geçen yüksek akım(örneğin 10.000 A) birbiri üzerine bindirilmiş parçaların temas yerlerinde yüksek ısı oluşumuna sebep olur. Bu, malzemenin o bölgede erimesini ve kaynak çekirdeğinin oluşmasını sağlar. Kaynak için gerekli ısı, malzemelerin elektrik akımına olan dirençleri çok düşük, ısı iletiminin de yüksek olması dolayısıyla ısı randımanının yükseltilmesi amacı ile yüksek kaynak akımları kullanılarak elde edilir. Özellikle alaşımsız ve yüksek alaşımlı çeliklere ve alüminyum malzemelere uygun bir yöntem olmasına rağmen birçok malzeme, özel önlemlerle bu yöntemle kaynak edilebilir(Sarı, 2002).

Genellikle kullanıldığı malzeme kalınlıkları 0,5–3,0 mm arasındadır. Yöntemin avantajları şu şekilde sıralanabilir;

- ❖ Ekonomik ve hızlı bir yöntemdir.
- ❖ Pek çok malzeme kombinasyonu kaynak edilebilir.
- ❖ İş parçası hazırlığı ihtiyacı düşük düzeydedir.

Öte yandan yöntemin dezavantajları ise şunlardır;

- ❖ Kaynağın tamiri zordur.
- ❖ Bindirme kaynağı, alın kaynağına göre ağırlık ve malzeme maliyetini beraberinde getirir.
- ❖ Makine maliyeti yüksektir.
- ❖ Yüksek verimli akım beslemesi gereklidir.
- ❖ Alüminyum ve Cr-Ni çeliklerin kaynağı için olan makine kumanda sistemi pahalıdır. Kısa sürede yüksek akım üretilmesini sağlayacak güç kaynakları özel nitelikte olup yüksek maliyetlere sahiptirler.
- ❖ Yüksek alaşımlı çeliklerin kaynağı için çok yüksek basma kuvvetleri gereklidir.
- ❖ Alüminyumun kaynağı için çok yüksek kaynak akımı gereklidir.
- ❖ Nokta kaynağı ile yapılan birleştirmeler, çekirdeğin etrafındaki çentik etkisi nedeniyle çekme ve yorulmaya karşı düşük dayanımlıdır.
- ❖ Tahribatsız muayenesi pek mümkün değildir.

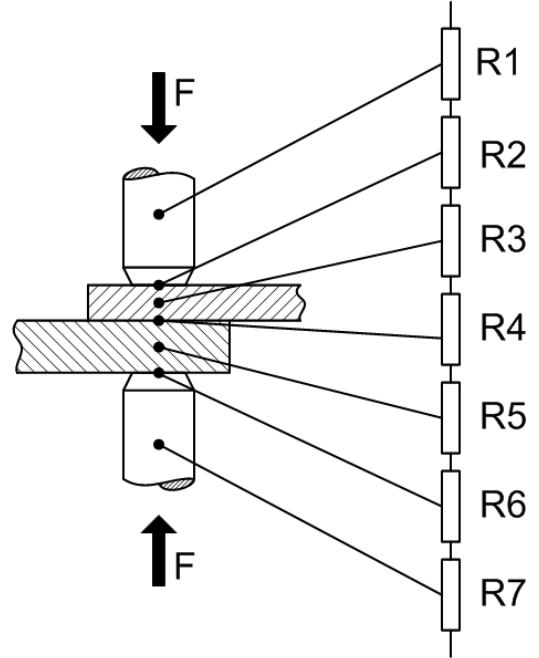
Başlıca uygulama alanları ise ana başlıklar ile aşağıda belirtilmektedir;

- ❖ Otomobil, beyaz eşya ve cihaz imalat endüstrisinde kullanılan ince sacların kaynağı
- ❖ Elektronik endüstrisinde lehimlemeye alternatif birleştirme yöntemi
- ❖ Mikro kaynak tekniği(Sarı, 2002)

3.2 Nokta Direnç Kaynağının Oluşumu

Nokta direnç kaynağı; iki elektrod arasına sıkıştırılan parçaların, düşük gerilimde ve yüksek akım şiddetinde geçirilen akımın, Joule kanununa göre ısıya dönüşmesi sonucu meydana gelen bölgesel ergime neticesinde birleştirilmesidir. Isının oluşum hızı çevreye yayılma hızından fazla olmalıdır. Parçalardan geçirilen elektrik akımı, karşılaştığı direnç sonucu yüksek ısıya erişerek parçaları o bölgede eriterek, birleştirir. Ayrıca bir dış ısı kaynağı yoktur. Eriyen bölge her iki sacda da ortaktır. Akım şiddeti, elektrod kuvveti ve zamanlamanın otomatik kontrolü ile yüksek imalat hızlarında, birbirinin aynı özellikte nokta kaynakları elde edilebilir(Çimen ve Akkuş, 1999).

- | | |
|----|--|
| R1 | Üst elektrod direnci |
| R2 | İş parçası-Üst elektrod arasındaki direnç |
| R3 | Üst parçanın malzeme direnci |
| R4 | Temas yüzeyi direnci |
| R5 | Alt parçanın malzeme direnci |
| R6 | İş parçası- Alt elektrod arasındaki direnç |
| R7 | Alt elektrod direnci |



Şekil 3.4 Akım Uygulanması Sırasında Oluşan Direnç Bileşenleri(Sarı, 2002)

Nokta direnç kaynağı için gerekli alçak gerilim(5-20 Volt) ve yüksek akım şiddetindeki(5000-

20000 A) elektrik gücü kaynak transformatörlerinden; basınç ise hidrolik, mekanik ve pnömatik donanımlarla sağlanır. Yaklaşık 3 mm kalınlığına kadar olan sac lar üst üste bindirilerek birleştirilebilir. Özel yöntemlerle 6 mm ve daha kalın sac ların birleştirilmesinde de kullanılabilir olmasına karşın bu durumlarda yöntem ekonomikliğini yitirebilir.

Elektrodlar arasındaki direnç $R(Q)$ ise, kaynak akımı $I(A)$, $t(s)$ zamanı kadar uygulanmasıyla açığa çıkacak ısı enerjisi aşağıdaki formül ile elde edilir(Sarı, 2002).

$$Q = R \cdot I^2 \cdot t \quad (3.1)$$

R direnci, elektrodlar arasındaki toplam dirençtir ve (3.2) eşitliğindeki direnç bileşenleri Şekil 3.4'te detaylı olarak verilmektedir.

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6 + R_7 \quad (3.2)$$

3.3 Kaynak Çevrimi

Nokta direnç kaynağını beş ana safhaya ayırmak mümkündür. Şekil 3.5'te bu safhalar şematik olarak gösterilmiştir.

❖ Ön tutma

Elektrodlar yardımıyla iş parçaları üzerine belli bir kuvvet uygulanır ve parçalar birbirine bastırılır.

❖ Ön ısıtma

Bu sırada sac ların pürüzlülük uçlarında plastik şekil değişimi oluşur. Yüzeyleri düzleşir. Geçiş direnci düşer.

❖ Kaynak

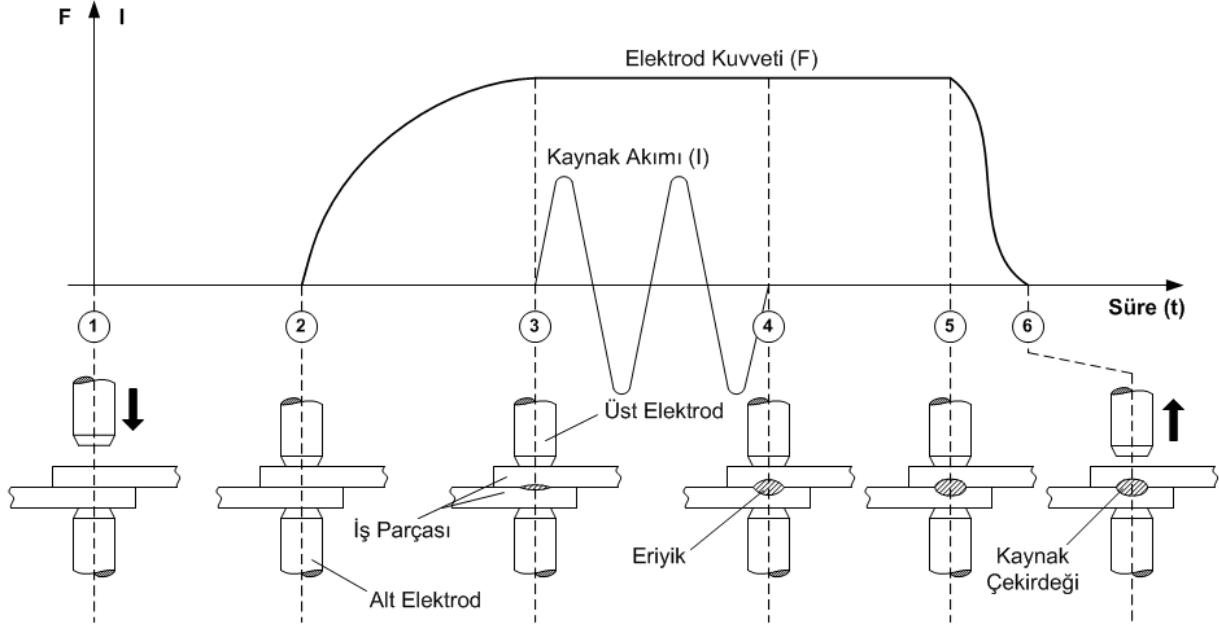
Akım belirli bir süre verilir, bu sırada elektrod kuvveti düşer ve buna bağlı olarak direnç yükselir. Kaynak akımı gerekli yükseklikte oluşur.

❖ Kaynak sonrası tutma

Akım kesildikten sonra da belirli bir süre elektrodlar iş parçasına basmaya devam eder sonra kaldırılır. Bu şekilde çekirdekte katılma kusurlarının oluşması ve sıcakta şekil değiştirmesi engellenerek kaynak noktasının hatasız olması sağlanır.

❖ Kaynak sonrası tavlama

Kaynağı hassasiyeti olan çeliklerde ($C > \% 0,15$) soğuma hızı azaltılarak olası sertleşme engellenir.



Şekil 3.5 Kaynak Çevrimi(Sarı, 2002)

Bu basamaklardan ön ısıtma ve kaynak sonrası tavlama basamakları malzemeye bağlı olarak uygulanır veya uygulanmaz. Ayrıca bazı malzemeler(ve belirli kalınlıklar) için, kaynak akımının birden fazla verilmesi ve akım-basma kuvveti programlarının uygulanması da gerekebilir.

Mercimek şeklinde oluşan kaynağın çapı, kaynağın dayanıklılığı konusunda bir fikir verir. Nokta çapı arttıkça kaynağın dayanımı artar. Ancak belirli bir nokta çapı değerinden sonra dayanım fazla artmaz(Çimen ve Akkuş, 1999).

3.4 Kaynak Değişkenleri

Kaynak işlemi sırasında kuvvet, akım ve akım geçen süre çok önemlidir. En iyi kaynak, bu üç değişken arasında en iyi uyumun sağlanması ile elde edilecektir. Kaynak makinelerinde değişkenlerin kontrolü ve makinenin otomasyonu için elektronik kontrol ünitesi kullanılır. İstenilen kaynak çekirdeği çapı, akım şiddeti ve zamanın uygun bir şekilde ayarlanmasıyla

elde edilir. Zaman kısa tutulursa kaynak çapı küçülür; aksine uzun tutulursa eriyen hacim fazlalaşır ve eriyik dışarı çıkar.

Bu parametreler, yavaş ve hızlı kaynak diye iki grup kaynak anlayışını ortaya çıkarmıştır. İlk zamanlarda yüksek güçte elektrik enerjisi olmadığı için uzun süreli düşük akım, düşük kuvvetli kaynaklar yapılmıştır. Bu tür kaynakta düşük kuvvet uygulanmasına rağmen elektrod fazla batar ve kaynak civarındaki renk değişim bölgesi çok geniştir. Nokta başına enerji de daha çoktur. Teknolojinin ilerlemesi ile yüksek kuvvet ve akım uygulanmasıyla kaynak teknikleri gelişmiştir. Puntalar daha sağlam, daha kısa sürede ve daha az enerji ile yapılabilir olmuştur.

3.4.1 Elektrod Baskı Kuvveti

Elektrodlar birbirine yaklaşır ve sıkıştırma sağlandıktan sonra kuvvetin düzenli hale gelmesiyle kaynak işlemi başlatılır. Kaynak için gerekli direnci genellikle kuvvetle ters orantılıdır. Baskı kuvveti arttırılınca, temas direnci düşer. Düşme eğilimi malzemeye göre değişir. Bu nedenle direnç çok küçülürse, gerekli ısı oluşmamaktadır. Kaynak türüne göre (hızlı, orta, yavaş) optimum kuvvet değeri uygulanır.

Ergimiş çekirdek tamamen katı metalle çevrili olduğundan, hemen basıncın kalkacağı düşünülürse, o anda kaynakta boşluk ve çatlama tehlikesi oluşur. Bundan dolayı ergimiş malzeme üzerinde elektrodların basıncı soğuma sırasında devam ettirilir veya arttırılarak ısıнын çabuk dağılmasına ve aynı zamanda kısmen ergimiş bölgenin basınç altında soğumasına imkan tanınır.

3.4.2 Kaynak Akımı

Isıyı, kaynak edilecek noktada oluşturan en önemli büyüklüktür. Kaynak akımı az olursa uzun süreli kaynak türü olur ve ısıtılan bölge genişler, yeterli ısıya erişilemez. Kaynak akımı fazla olursa elektrodlardan malzemeye akım geçişindeki zorluktan dolayı ark ve kıvılcımlar oluşabilir ve bu da o bölgenin yanması anlamına gelir.

3.4.3 Kaynak Süresi

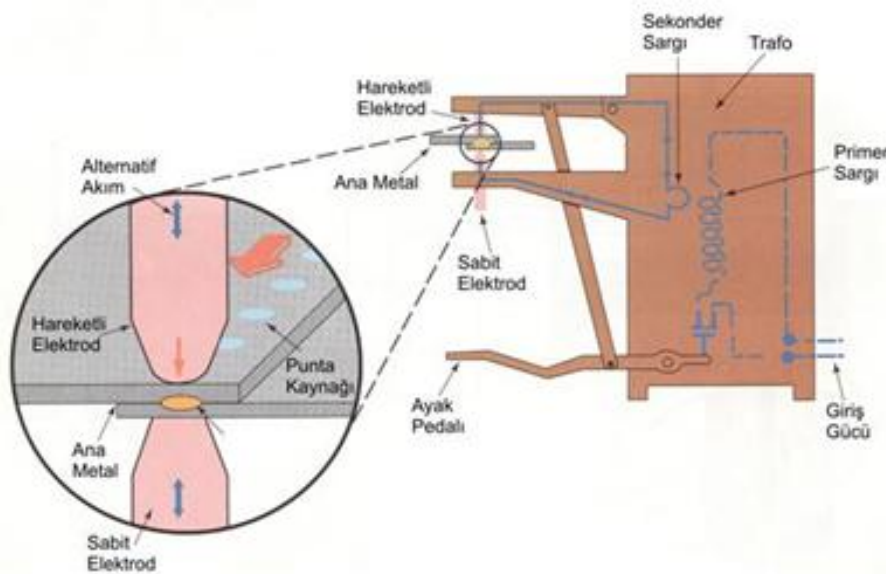
Kaynak süresi çok kısa olursa kaynak tutmayabilir veya kaynak çekirdeğinin çapı çok küçük kalabilir. Kaynak süresi uzun olunca da ergimiş bölge fazla büyüyeceği için baskı altında patlar, aradan malzeme fişkirir ve çok derin izler oluşur.

Kaynak esnasında lokal bir bölgenin eritilmesi söz konusu olduğundan, eriyik civarında malzeme kristal yapısında önemli değişiklikler olur. Kaynak işleminden sonra elektrodlar hemen kaldırılsa kaynak bölgesindeki ısı alınamadığı için geniş bir halka şeklinde etrafa yayılır ve elektrod temas yüzeyi siyah olabilir. Kaynaktan sonra elektrod bir süre bekletilirse (tutma zamanı), malzemedeki ısı, su ile soğutulan elektrodlar tarafından uzaklaştırılacağı için kaynak izi küçük ve beyaz olur.

3.5 Nokta Direnç Kaynağı Makineleri

Nokta kaynağı için kullanılan makineler sabit veya taşınabilir olabilir. Sabit kaynak makineleri ince sacların kaynağı için kullanılan küçük ünitelerden, yüksek akım çıkışına sahip büyük makinelere kadar değişir. Bunlar temelde elektrodla uygulanan kuvvetin uygulama tarzına göre farklılıklar gösterir. Küçük basit makinelerde ayakla çalıştırılan bir pedal üst elektrodu tutan, mafsallı bir kola bağlanmıştır.(Şekil 3.6) Elektrodla uygulanan kuvveti arttırmak, operatöre yardımcı olmak için yaylar ve ağırlıklar kullanılır.

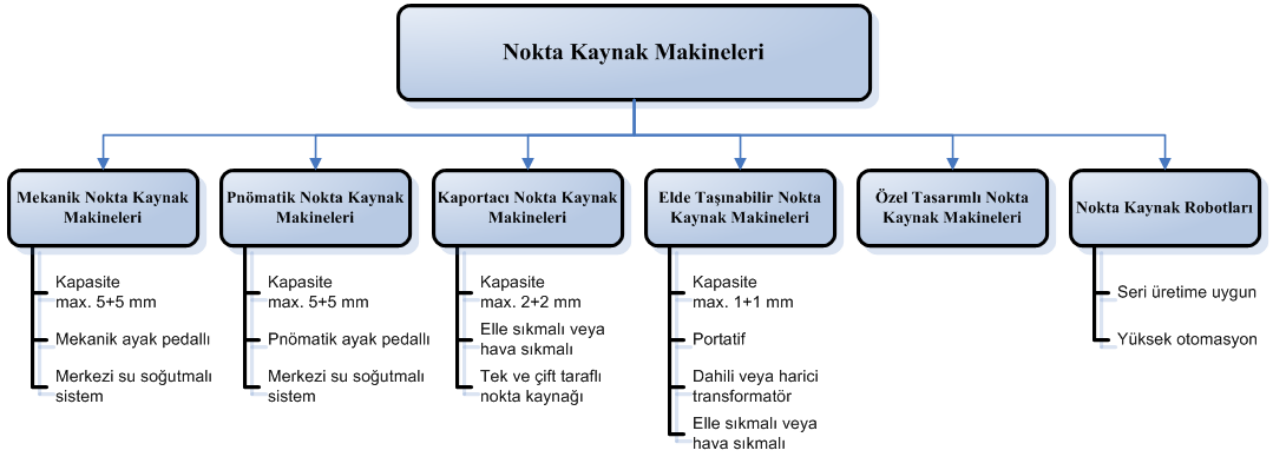
Bu üniteler kılbutörlü makineler olarak adlandırılır. Bu konstrüksiyonun en önemli sakıncası üst elektrodun bir yay çizerek ilerlemesidir. Bu, elektrodların hassas bir şekilde aynı hizaya getirilmesini zorlaştırır ve elektrodların ucunda sık sık düzgün olmayan bir aşınma meydana gelir; bu da biçimsiz kaynak noktaları oluşturur. Daha büyük kuvvetler ve daha hassas hizalamalar, pnömatik veya hidrolik silindirlerle elde edilir.



Şekil 3.6 Ayakla Çalıştırılan Mekanik Nokta Kaynak Makinesi ve Mekanizması[3]

3.5.1 Nokta Direnç Kaynak Makinelerinin Sınıflandırılması

Nokta direnç kaynak makineleri kullanıldığı sektörlerde değişen farklı istekler doğrultusunda farklı tipte, kapasitede ve donanımda nokta kaynak makineleri olabilmektedir.



Şekil 3.7 Nokta Direnç Kaynak Makinelerinin Sınıflandırılması(Anık vd., 2000)

Şekil 3.7’de farklı amaçları gerçekleştirmek için üretilmiş nokta kaynak makineleri sıralanmaktadır. Bu sınıflandırma içerisinde kaportacı nokta kaynak makinesi(Şekil 3.8) ile özellikle kaporta düzeltme, tek ve çift taraflı nokta kaynağı, vida saplama, çekirme işleri gibi otomotiv endüstrisinde sıklıkla yapılan uygulamaları gerçekleştirebildiği için bu alanda geniş kullanım olanağı bulmaktadır.

Taşınabilir üniteler de kaportacı nokta kaynak makinelerine paralel olarak otomotiv endüstrisinde geniş ölçüde kullanım olanağı bulmaktadır. Transformatör kaynak tabancasına yerleştirilir veya uzakta bir yere monte edilir. İkinci çözüm tabancayı daha hafif yapmakla birlikte, bu sekonder devredeki kayıplardan kaçınmak için elektrod kollarına gelen kabloların büyük olacağı anlamına gelir. Küçük tabancaların çoğunda elektrodla kuvvet uygulamak için elle çalışan manivela kolu kullanılır. Daha büyük üniteler ve özellikle tekrarlanan işlerde kullanılanlar daha yüksek basınçların uygulanabilmesi ve operatörün yorulmaması için pnömatik silindirlerle donatılmaktadır.

Otomotiv endüstrisinde gelişen otomasyon ve kısalan çevrim zamanları ile birlikte otomatik nokta kaynak makinesi ve kaynak robotlarının kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Şekil

3.8’de görülen özel tasarımı tam otomatik nokta kaynak makinesi otomobil fabrikalarında kaporta imalatı seri üretiminde kullanılmaktadır.



- | | | | |
|---|--|---|--|
| 1 | Mekanik nokta kaynak makinesi | 2 | Pnömatik nokta kaynak makinesi |
| 3 | Kaportacı nokta kaynak makinesi | 4 | Elde taşınabilir nokta kaynak makinesi |
| 5 | Özel tasarımı tam otomatik nokta kaynak makinesi | | |
| 6 | Kaynak Robotu | | |

Şekil 3.8 Nokta Kaynak Makinelerinin Sınıflandırılması(Anık vd., 2000)

3.5.2 Nokta Direnç Kaynak Makinesi Sistemleri

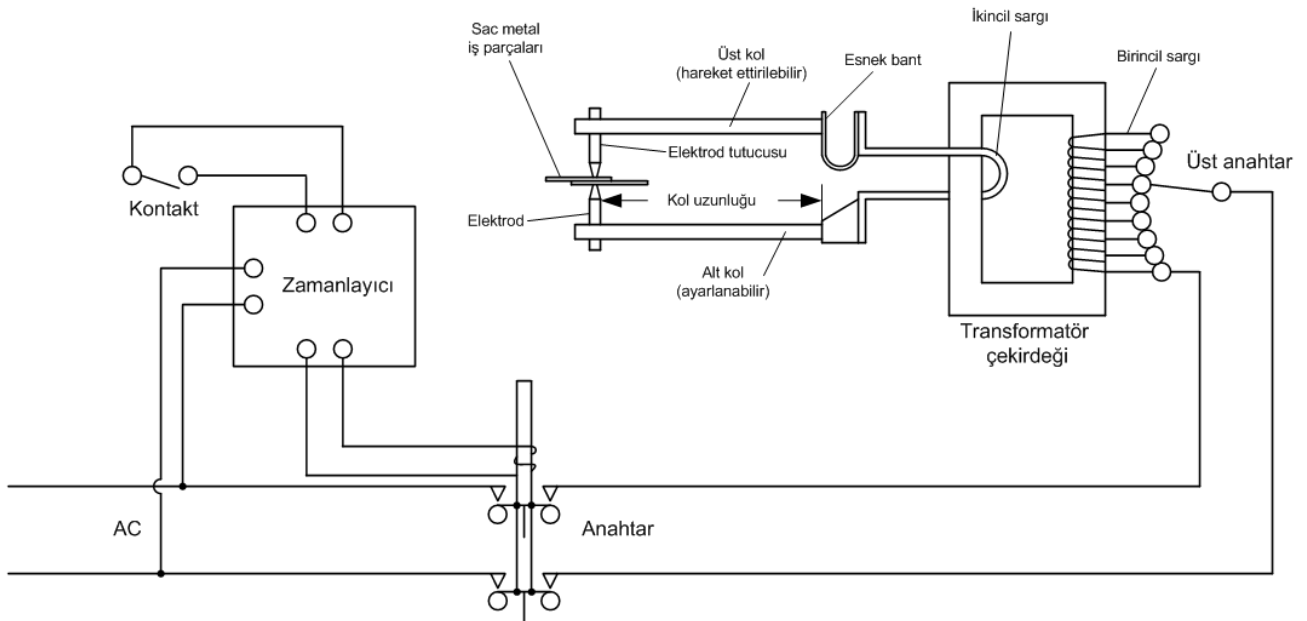
Nokta direnç kaynağında kullanılan makineler otomasyon derecesine bağlı olarak basit-ucuz veya kompleks-pahalı olabilir. Kaynak makinesi sistemleri üç kısma ayrılabilir;

- ❖ Elektrik devresi
- ❖ Kontrol cihazı
- ❖ Mekanik kısım

Elektrik Devresi

Nokta direnç kaynağı makineleri mono veya trifazlı şebekeden alınan alternatif akımı, 2-20 V gibi düşük bir gerilime indirirler. Makinenin mono veya trifazlı olarak seçiminde; makinenin kapasitesi, ilk yatırım, işletme ve bakım masrafları göz önüne alınır. Mono fazlı makineler, trifazlı makinelere göre daha çok kullanılırlar. Daha basit ve ucuzdurlar.

Monofazlı makineler, elektrik şebekesinden yüksek güç çekerler. Çalışma esnasında dengesiz olarak çekilen bu güç, şebekedeki diğer cihazları etkileyebilir. Mono fazlı makineler, daha düşük çalışma faktörüne sahiptirler. Mono fazlı makinelerde bu değer %50 civarında iken, trifazlı makinelerde %85'ler mertebesindedir. Bu nedenle trifazlı makinelerin şebekeden çektikleri güç daha azdır. Ayrıca dengesiz güç kullanımı da indirgenmiştir. Ancak trifazlı makineler, ince sacların kaynağı için uygun değildir.



Şekil 3.9 Nokta Direnç Kaynağı Elektriksel Bileşenleri(Mert, 2004)

Kaynak transformatörü, yüksek gerilimdeki şebekeden alınan gücü, düşük gerilimdeki yaklaşık eşdeğer bir güce çevirir. Bir transformatör devresi esas olarak; bir manyetik devre, şebekeye bağlanmış primer sargı ve elektrodla kaynak için gerekli gücü sağlayan sekonder sargıdan ibarettir. Transformatör, ince silisyumlu saclardan kesilerek üst üste dizilmiş sac paketidir. Bu kısma çekirdek denir. Çekirdeğin üzerinde bakır ve alüminyum tel sargılar sarılmıştır.

Sekonder devre, yüksek değerdeki kaynak akımını transformatörden elektrodla dolayısıyla kaynak edilecek saca iletir. Sekonder devrenin voltajı 5-20 V arasındadır. Yeterli kaynak akımı elde edebilmek için sekonder devre direncinin mümkün olduğunca küçük olması gerekir. Bu nedenle sekonder kabloların açık ve gereğinden fazla olmamasına, ek veya birleşim yerlerinin temiz olmasına özen gösterilmelidir.

Bir kaynak makinesi çok değişik kalınlıklardaki sacı kaynak etmek için kullanılır. Bu durum kullanılan kaynak akımının şiddetinin ayarlanabilir olmasını gerektirir. Kaynak akımının ayarlanmasında kullanılan yollardan biri de primer devrenin sargı sayısının değiştirilmesidir. Bunun için primer devre üzerine bir ayar anahtarı yerleştirilir. Bu anahtar çevrilerek, primer devredeki sargı sayısı değiştirilebilir.

Kontrol Cihazı

Bu cihaz, kaynak akımının başlatılmasını, işlemlerin sürelerinin belirlenmesini ve bu işlemlerin belirli bir sıra içerisinde gerçekleşmesini sağlar. Ayrıca yukarıda bahsedilen primer sargı sayısını değiştirme anahtarı yerine veya beraberce kaynak akımının şiddetinin ayarlanmasında kullanılabilir. Kontrol cihazları üç ana gruba ayrılabilir:

❖ Kaynak kontaktları

Bu kontaktlar elektrik güç devresinin açılıp kapanmasını sağlarlar. Genel olarak primer devre üzerindedirler. Kaynak makinelerinde; mekanik, manyetik ve elektronik olmak üzere üç tip kontak kullanılabilir.

❖ Zaman ayar cihazları

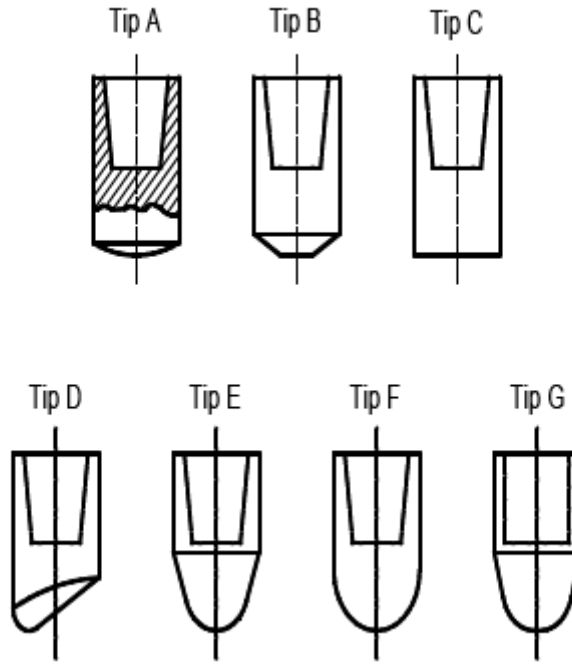
Kaynak işlemlerinin birbiri ardına devam etmesini ve bu işlemlerin sürelerinin ayarlanmasını sağlar. Bunlar, senkronize veya non-senkronize olmak üzere iki tiptirler. Bütün kaynak çevrimleri için gerekli olan 4 ana işlem zamanının (yaklaşma, kaynak, tutma, ayrılma zamanları) ayarlanmasında kullanılırlar.

❖ Akım kontrol ve ayarlayıcıları

Primer devre üzerindeki sargı sayısı değiştirme anahtarı, kaynak akımının ana ayarı için kullanılır. Ara veya hassas ayarlar için elektronik faz kaydırma cihazları kullanılır. Bu cihazlar, senkronize tip zaman kontrol cihazları kullanıldığı takdirde standart bir ekipman olup non-senkronize sistemlere ise sonradan eklenebilir.

3.6 Nokta Direnç Kaynağında Kullanılan Elektrodlar

Nokta direnç kaynağında parça kalınlığına, türüne göre elektrod seçimi kaynağın kalitesini belirleyen önemli bir unsurdur.



Şekil 3.10 TS EN 2582'e Göre Nokta Kaynağı Elektrod Başlıklar(Anık vd., 2000)

Elektrod, kaynak edilecek parçaya elektrik akımını aktaran sekonder devrenin en uçtaki elemanlarıdır. Elektrodların gördüğü işlevleri şöyle sıralamak mümkündür;

- ❖ Kaynak edilecek metallere elektrik akımını taşımak
- ❖ Kaynağın yapıldığı noktada, kaynak edilen metaller üzerinde gerekli kuvveti tatbik etmek

- ❖ Kaynak edilen levha yüzeylerinden ısıнын hızlı bir şekilde uzaklaştırılmasını sağlamak

3.6.1 Elektrod İmalinde Kullanılan Malzemeler

Elektrod üretiminde kullanılan malzemelere aşağıdaki özellikleri taşınmalıdır;

- ❖ Elektrodun kaynak edilen metal ile alaşım oluşturmamalıdır.
- ❖ Yüksek ısı ve elektrik iletkenliğine sahip olmalıdır.
- ❖ İşlem sıcaklığı ve kuvvetinde deformasyona uğramaması için yeteri kadar dayanıklı olmalıdır.
- ❖ Ani sıcaklık değişimlerine uygun dayanımı sağlamalıdır.
- ❖ Yeterli sertliğe sahip olmalıdır ve yüksek sıcaklıklarda elektrod sertliğini kaybetmemelidir.

Yapılacak çalışmaya bağlı olarak seçilecek alaşımlarda son sertlik, genellikle ısıl işlemlerle elde edilir. Elektrod malzemeleri şu şekilde gruplandırılmıştır;

- ❖ A-grubu: Bakır alaşımları
- ❖ B-grubu: Refraktör metal bileşimleri
- ❖ Özel alaşımlar

Elektrodlar, elektrod ısını en ufak düzeyde tutabilmek için yüksek elektrik iletkenliğine, düşük temas direncine ve yüksek ısı iletkenliğine sahip olmalıdır. Ayrıca tekrarlı yüksek kaynak kuvvetlerinin neden olduğu deformasyonlara dayanabilecek kadar dirençli olmaları gerekir.

Genelde alaşım sertliği arttıkça ısı ve elektrik iletkenliği azalmaktadır. Dolayısıyla en uygun alaşımın seçiminde; elektriksel, ısısal ve mekaniksel özelliklerin kombinasyonu dikkate alınmalıdır. Saf bakır, mükemmel bir elektriksel iletkenliğe sahip olmasına karşın tavlama sıcaklığının ve sıkıştırma kuvvetlerine karşı direncinin düşük olması nedeniyle elektrod malzemesi olarak tek basma kullanılamaz.

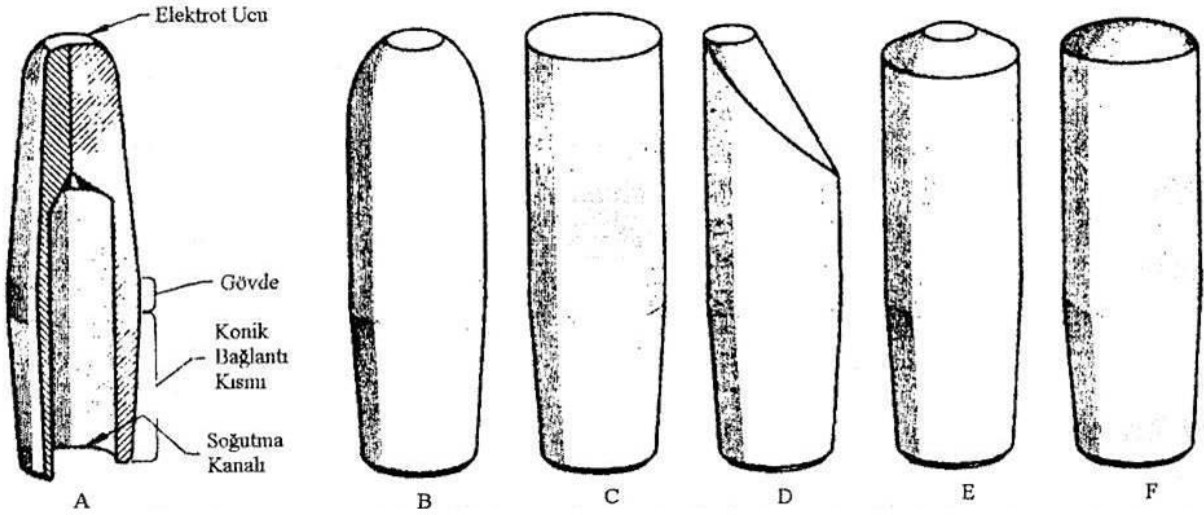
Kaynak çekirdeğinin çapı, yaklaşık elektrodun temas yüzeyinden biraz küçüktür. Elektrodun ucu aşındıkça veya mantarlaşıma nedeniyle büyüdükçe, kaynak çekirdeğinin çapı artar. Uç

çapının büyümesiyle akım yoğunluğu azalacak ve açığa çıkan ısı iyi bir kaynak meydana getirmeye yeterli olamayacağı için kaynak kalitesi etkilenecektir.

3.6.2 Elektrod Dizaynı

Elektrod dizaynında; elektrodun dört yapısal özelliğinden söz etmek gerekir. Bunlar; elektrod ucu, gövdesi, elektrod taşıyıcıya bağlantı şekli ve soğutma sistemi olarak sayılabilir. Elektrodların soğutma delikleri ya dairesel ya da yiv açılmış şekildedir. Yiv açılmış delikler, dairesel deliklere göre daha büyük bir soğutma alanı sağlarlar. Soğutma deliği, elektrodun mukavemetini azaltmayacak şekilde mümkün olduğu kadar elektrod ucuna yakın olmalıdır. Şekil 3.11’de çeşitli elektrod tipleri görülmektedir.

A tipi elektrodlar, tam çaptaki ucun çok büyük olduğu hallerde kullanılırlar. D tipi elektrodlar, köşelerde ve yukarı doğru kıvrılmış kenarlarda kullanılırlar. F tipi olanlar ise, kaynak edilecek parçalara dik olarak basmanın zor olduğu durumlarda uygundur. Kötü merkezlemeden kaynaklanabilecek hataları gidererek, parçaların birbirine en iyi biçimde temasını sağlarlar. Elektrod uç formunu oluşturan kürenin yarıçapı, kaynak edilecek sacın kalınlığına ve yapısına bağlıdır.



A Sivri uçlu elektrod

B Kesik küresel uçlu elektrod

C Düz uçlu elektrod

D Eksantrik elektrod

E Kesik koni uçlu elektrod

F Küresel uçlu elektrod

Şekil 3.11 Standart Elektrod Şekilleri(Sarı, 2002)

Elektrod uçları, kaynak edilecek metaller ile yüksek sıcaklıklarda temas halindedir. Elektrodlar, kaynak edilecek metallerin erime sıcaklıklarında basınca maruz kalırlar. Bu bakımdan elektrod malzemesinin seçiminde, elektrodun alaşımlanması, kaynak edilen metaller üzerinde çökmesi durumunda maruz kalacağı deformasyonlar göz önüne alınmalıdır.

Elektrod uçlarının boyutları; kaynak çekirdeğinin boyutu, kaynak edilecek metallerinin kalınlığı, şekli ve boyutları ile belirlenir. Elektrod ucunun çapı çok küçük olursa, elde edilen nokta kaynağı zayıf olabilir. Ufak çaplı elektrodlar, aşırı ısı yoğunluğuna ve yüzeylerde izlere neden olabilirler. Büyük çaplı elektrodlar ise; yüksek kaynak akımlarında yetersiz elektrod basıncı nedeniyle boşluklara veya kötü yüzey görünümüne neden olabilirler.

A,B,D ve E tipi elektrodlar için uç çapları şu formüllerden biriyle hesaplanabilir;

$$d_{uç} = 2,54 + 2.s \quad (3.3)$$

$$d_{uç} = 2,54 + 1,5.s \quad (3.4)$$

3.3 ve 3.4 bağıntılarında s, mm cinsinden elektrod uçları ile temas eden sacın kalınlığını göstermektedir.

Şekil 3.11’de görülen elektrodlar, her uygulamada kullanılmayabilir. Kare, dikdörtgen, dışı veya erkek uçlu özel elektrodlar da mevcuttur.

3.6.3 Farklı Metallerin Kaynağında Elektrod Tipleri

Aynı bileşimde ve aynı kalınlıktaki parçaların nokta kaynağında, karşı elektrodların uç çapları eşit olmalıdır. Eğer kaynak edilecek parçaların kalınlıkları farklı ise kalın parça ile temas edecek elektrodun uç çapının, uygun ısı dengesini sağlayabilmesi amacıyla, diğerine göre daha büyük olması gerekebilir. Farklı metallerin kaynağında, eğer metallerden birinin elektriksel direnci diğerinden büyük ise aynı durum geçerlidir. Bu farklılık, yüksek dirençli parça ile temasta olan elektrodun uç çapının arttırılarak veya düşük dirençli parça ile temasta olan elektrod için yüksek dirençli malzeme kullanılarak giderilebilir(Sarı, 2002).

3.6.4 Elektrodların Bakımı

Elektrod uçlarının şekli, boyutları ve yüzey şartları kaynak kalitesi açısından çok önemlidir. Elektrod uçları, mekanik aşınmaya ve deformasyonlara maruz kalarak mantar şeklini alabilirler. Bozulma hızları; elektrodun malzemesine, şekline, kaynak sıcaklığına, elektrod

kuvvetine, ısınma-soğuma hızlarına göre değişir.

Kaynak edilen parçalara ile elektrod malzemesinin alaşımlanması, elektrod ucunun bozulmasını hızlandırır. Örneğin; bakır alaşımlı elektrodlar, kalay, çinko veya alüminyumun kaynağında kullanıldığında kolaylıkla alaşımlanırlar ve elektrodun aşınması hızlı olur.

Aşınmış çap, ilk çapın 1/3'ü oranında arttığı takdirde elle veya elektrod frezesiyle tekrar elektrod ucu açılmalıdır. Zayıf ve tutmamış, düzgün olmayan ve girintili kaynak noktaları; yanma veya metalin renk değiştirmesi; elektrodun kaynak edilen parçalar üzerine çökmesi gibi hatalara meydan vermemek için elektrod uçlarının sürekli kontrol edilmesi, düzeltilmesi ve gerekirse değiştirilmesi gerekmektedir(Sarı, 2002).

3.6.5 Elektrod Taşıyıcıları

Elektrodlar, kaynak makinelerinin kollarına taşıyıcıları vasıtasıyla bağlanırlar. Taşıyıcılar, elektrodların parçalara göre pozisyonlarının ayarlanmasını sağlarlar. Elektrodun takılacağı kısım, kullanılacak elektroda uygun olarak konik yapılmıştır. Taşıyıcılar, elektrik iletkenliği yüksek ve darbelere dayanıklı malzemelerden yapılırlar.

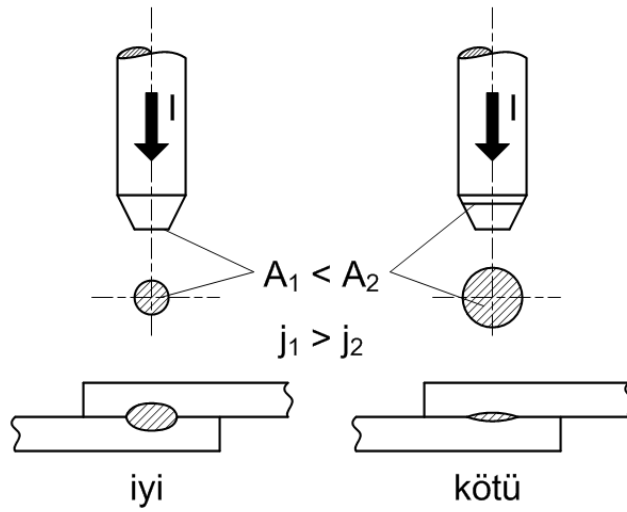
3.7 Kaynak Akımı

Erimenin olmadığı bir alt akım yoğunluğu sınırı vardır. Bu sınırdaki akım yoğunluğu; kondüksiyon ile elektrodların içine, havaya ve parçada kaynak edilen noktanın dışındaki kısımlara olan ısı kayıplarını karşılayabilecek kadar ısı meydana getirmelidir.

Eğer kaynak akımı çok yüksek ise kaynak bölgesi erime sıcaklığına erişir ve kaynak edilen bölgede plastik saha parça yüzeyine kadar çıkar. Bunun sonucunda elektrodlar, plastik bölgeye kadar ısıtılmış parça yüzeylerine gömülür.

Elektrodların yüzeyleri aşın ısınabilir ve yanabilir. Elektrod kuvveti ile akım yoğunluğu da birbiriyle yakından alakalıdır. Eğer akım yoğunluğunun üst sınırı aşılsa elektrodlar kaynak edilen metale gömülür, metal yüzeyinden sıcak metal tanecikleri sıçramaya başlar ve dolayısıyla kaynak kalitesi düşer.

Nokta kaynağının maksimum direnci, metal yüzeyinden sıcak metal tanecikleri sıçramasına neden olan, maksimum akım şiddetinin hafifçe altındaki akım yoğunluklarında elde edilir.



I	Toplam akım (A)
A_1, A_2	Elektrodların temas düzlemleri (mm^2)
j_1, j_2	A_1 ve A_2 deki akım yoğunlukları (A/mm^2)

Şekil 3.12 Akım Yoğunluğu İle Temas Yüzeyi Arasındaki İlişki(Sarı, 2002)

Elektrodun temas düzlemi büyüdükçe, akım yoğunluğu ve kaynak ısısı, dolayısıyla da, kaynağın boyutu ve dayancı düşer. Deforme olarak temas alanı genişleyen elektrodlar veya başlıkları kaynak kalitesinde bozulmalara sebep olur. Bu nedenle elektrodlar, kaynak ısısında ve dolayısıyla da kaynak kalitesinde azalmaya sebep olmamaları için, belirli süre kullanıldıktan sonra değiştirilmelidir. Akım yoğunluğu arttıkça nokta çapı ve dayancı artar. Ancak aşırı akım yoğunluğu da fişkırmaya sebep olur, gözenek oluşumu ve dayanç düşmesi gerçekleşir. Şekil 3.12’de akım yoğunluğunun azalışı ile çekirdek çapının artmasına rağmen mercer formundan uzaklaşmayı ve istenmeyen çekirdek şeklinin eldesi görülmektedir.

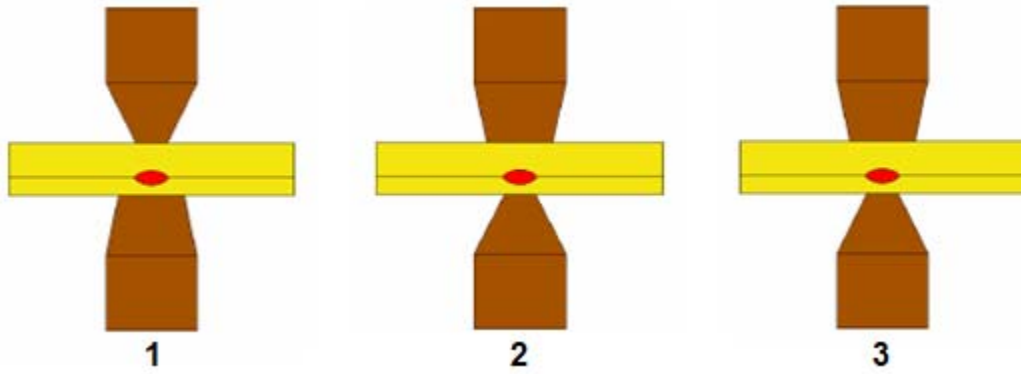
3.8 Farklı Kesitli Malzemelerin Direnç Kaynağı

Kabartılı nokta kaynağı veya nokta direnç kaynağı ile farklı kesitli ve farklı türde malzemeler birbirlerine kaynak yapılabilir. Yuvarlak kesitli bir malzeme saca veya yine kendisi gibi yuvarlak kesitli bir malzemeye kaynatılabilir. Kaynatılacak malzeme kesiti yuvarlak, kare, dikdörtgen, bombeli vb. olabilir. Farklı kesite sahip malzemelerin kaynaklanmasın da elektrod çeşidi, amper ve zaman ayarlaması önem kazanmaktadır(Sarı, 2002).

3.9 Farklı Kalınlıktaki Sacların Elektrik Direnç Kaynağı İle Birleştirilmesi

Elektrik direnç kaynak yöntemlerinde kaynatılacak parçaların aynı özellikte ve aynı kalınlıkta olması, ısıнын dengeli dağılımı sonucunda kaliteli bir kaynak birleşimini sağlar. Ancak kaynağı yapılacak malzemelerin özellikleri veya kalınlıkları farklı olduğunda elektriksel direnç farklılıklarından dolayı kaynak istenilen kalitede olmaz. Bu durumda kaynak kalitesini belirleyen en önemli unsurlardan biri olan ısıyı, elektrodlar yoluyla dengeli bir şekilde dağıtmak zorunlu hale gelmektedir. Bunu sağlayabilmek için de geometrik şekilli elektrodlar ve değişik malzemelerden üretilmiş elektrodlar kullanmak gerekir.

Aynı özellikte, farklı kalınlıkta iki malzemenin kaynağında kalın parçaya elektrod daha az temas yüzeyi ile basarak elektrik akımının balansı oluşturulmuştur. Şekil 3.13-1’de verilen durumda eşit bir ısı dağılımı sağlanarak kaliteli bir kaynak elde edilebilir.



Şekil 3.13 Farklı Kalınlıktaki Malzemelerin Kaynağında Isı Balansının Ayarlanması(Anık vd., 2000)

Aynı özellikte, farklı kalınlıkta iki parçanın kaynağında elektrod malzemesinin yapıldığı malzeme farklı olarak seçilmiş ve daha dirençli bir elektrod seçimi ile 1 numaralı durumun tersi gerçekleştirilmiştir.(Şekil 3.13-2)

Farklı özellikte, farklı kalınlıkta iki malzemenin kaynağında kaynatılacak malzemelerin elektrik dirençlerinin bilinmesi ve buna göre elektrod tercihi yapılması gerekir. Direnci yüksek kalın malzemeye, daha geniş temas yüzeyi olan elektrod tercih edilerek ısı balansı dengelenmiş kaynak işlemi sonucunda iyi bir sonuç elde edilebilir(Anık vd., 2000).(Şekil 3.13-3)

3.10 Elektrod Kuvveti

Kaynak edilecek parçalar, kaynak edilmek istenen noktadan akım geçmesini sağlamak için iyi bir şekilde temas etmelidir. Bununla beraber elektrod kuvveti, kaynak edilecek metallerin temas direncini azaltır. Aşırı elektrod kuvveti, kaynak akımının temas yüzeylerinde meydana getireceği ısıyı azaltacaktır. Elektrod kuvvetinin artması veya azalması, parçalar arasındaki direnç ve dolayısıyla oluşan ısıda değişikliklere neden olacaktır.

Parçalar birbiri ile iyi temas sağlayamıyorsa, elektrod kuvveti yüksek seçilebilir. Bazen, parçaları sıkı temasa getirmek için yaklaşma zamanı normalden daha uzun tutulur.

Çizelge 3.1 Kalınlığı 1 mm Olan Saclar İçin Gerekli Ortalama Kaynak Değerleri(Sarı, 2002)

	Elektrod Kuvveti (daN)	Kaynak Akımı (kA)	Kaynak Süresi (Periyot)
Alaşımsız Çelik	200	8	13
Paslanmaz Çelik	300	5,2	8
Galvanizli Çelik	280	11	8
Alüminyum	140	22,5	5

Parçaların yaylanmasına engel olarak kaynak noktasının katılaşmasını sağlamak için tutma zamanı da uzatılabilir. Yüksek mukavemetli çeliklerde geri yaylanma, normal karbonlu çeliklere göre daha fazla olduğundan dolayı, kaynak metalinin katılaşması için tutma zamanı yeteri kadar uzun olmalıdır.

3.11 Kaynak Zamanı

Kaynak edilecek parçaların temas yüzeyleri arasında açığa çıkan ısı zaman ile doğru orantılıdır. Oluşan ısıya bağlı olarak, uygun bir zaman diliminde uygun boyutlarda kaynak çekirdeği meydana gelmektedir. Aksine, kaynak akımın uzun tutulması neticesinde, birleştirilecek parçaların temas yüzeyleri de plastik sahaya geçecek ve uygun olmayan kaynak kalitesi elde edilecektir.

Kaynak akımı, yaklaşma basıncı ve ezme basınçları arttırılarak kaynak zamanı bir miktar azaltılabilir. Kaynak akımı arttırıldığı takdirde, kıvılcım sıçramasını önlemek için yaklaşma basıncı arttırılmalıdır. Kaynak katılaşınca kadar parçaları sıkı bir temasta tutmak için ezme basıncı ve bu basıncın meydana geliş hızını da arttırmak gerekir.

3.12 Kaynak Edilecek Parçaların Yüzey Durumları ve Kaplanmış Çelikler

Kaynak edilecek parçaların yüzey durumlarının da ısı üretimi üzerinde etkisi vardır. Yüzeyin işleme tarzı, oksit, yağ veya pislik tabakası da ısıyı etkiler. Bunun yanında kaplamanın da etkisi göz ardı edilmemelidir.

3.12.1 Yüzey Durumları

Yüksek kalitede ve tekrarlanabilir nokta kaynaklan elde edilebilmesi için elektrotların temas dirençleri düşük tutulmalıdır. Düşük elektrot temas direnci, temiz parçalar kullanılarak ve elektrot kuvveti kontrol edilerek sağlanır.

Gerçekte, metal sacların yüzeyleri muntazam bir şekilde düzgün değildir. Elektrot basıncı uygulandığında, metaller arası gerçek temas yüzeyi, bütün temas eden kısımların ufak bir yüzdesidir. Elektrot kuvveti arttırıldıkça metaller arası gerçek temas alanı artar ve böylece elektrik direnci azalır. Kaynak edilecek parçalar arasındaki temas direnci, elektrot kuvveti ile ters orantılıdır. Direncin düşmesiyle, oluşacak ısı değeri de düşecektir(Sarı, 2002).

Kaynak edilecek parçaların temas yüzeyleri temizlenmelidir. Böylece elektrotların kullanma ömürleri artar. Bunun yanında, elektrotlarla temasa geçebilecek istenmeyen maddeler, pas ve oksit tabakaları kaynak noktasının yüzey görünümünü bozar. İstenmeyen maddeler veya yağ tabakaları kimyasal banyolarla veya silme ile uzaklaştırılabilir. Oksit filmleri ise mekanik yollarla uzaklaştırılır.

Soğuk haddelenmiş yüzeyler veya asit ile temizlenmiş sıcak haddelenmiş ve yağlanmış yüzeyler üzerindeki ince yağ filminin kaynak kalitesi üzerinde etkisi oldukça küçüktür. Bu konuda yapılan testler, üzerinde ince bir yağ filmi bulunan metaller üzerinde yapılan nokta kaynaklarının dayanımlarının, aynı metallerin yağı alındıktan sonra yapılanlara göre 2-3 % daha düşük olduğunu göstermiştir. Genelde parçaların üzeri, depolama ve taşınma esnasında korozyonu önlemek için ince bir yağ tabakası ile kaplıdır. Ancak parça yüzeyleri üzerindeki ince yağ tabakası üzerine yapışan istenmeyen maddeler zayıf kaynakların elde edilmesine

neden olur. Nokta kaynağı işleminden sonra saclar korozyondan korunmak amacıyla fosfatlanır ve iki kat boya atılır.

Paslanmış veya ısı etkisiyle oluşmuş oksit filmleri ihtiva eden çelikler, nokta direnç kaynağı ile kaynak edilebilirler. Fakat kaynak kalitesi ve sürekliliği daha düşük olur. Düşük elektrik direncine sahip olan, düzgün ve ince filmlerin kaynak üzerine etkisi azdır. Oldukça kaim ve düzgün olmayan oksit filmleri içeren çelikler, bu tabaka uzaklaştırılmadan seri imalat şartlarında kaynak edilemezler. Bunlar ancak, düşük bir değerden orta bir değere doğru artan kaynak akımı tatbik edilerek ve oldukça yüksek elektrot kuvveti kullanılarak kaynak edilebilir. Bu tabakaların elektriksel iletkenlikleri, sıcaklık arttıkça iyileşir ve böylece akımın geçişine imkan verirler. Bu şekilde yapılan kaynak sonucu, kaynak bölgesinde boşluklar, kalıntılar ve iç yapı hataları meydana gelir.

3.12.2 Kaplanmış Çelikler

Çinko, galvaniz, alüminyum veya kalay kaplanmış çelikler, nokta direnç kaynağı ile birleştirilebilir. Genelde kaplanmış çeliklerin kaynağında, kaynak zamanı ve akımı normal çeliklere göre daha yüksek uygulanır.

Kaplanmış çeliklerde, kaplama tabakası nedeniyle iki parça arasındaki temas direnci neredeyse sıfıra iner. Isı etkisiyle yumuşayan kaplamanın, parça yüzeyleri arasındaki kaynak noktasından uzaklaştırılması gerekmektedir. Böylece kaynak metalinin kaplama malzemesi ile alaşımlanması önlenmiş olur. Kaynak, kaplamaların birleşmesi şeklinde olursa çok zayıf bir bağlantı oluşacağı için istenmez. Bunları sağlamak için kaynak zamanı ve elektrot kuvveti yüksek tutulur. Bazen ön ısıtma da gerekebilir.

Elektrot uçları ile temas eden parça yüzeylerindeki kaplama tabakasının erimesi, elektrotların parça yüzeylerine yapışmasına ve alaşımlanmasına, dolayısıyla elektrot ömrünün kısılmasına neden olur. Bunu önlemek için elektrotların kaynak sonrası tutma zamanı uzun tutularak kaplama tabakasının soğutulması sağlanır. Artan ve azalan akım şiddetleri yöntemi kullanılması ile de istenen kaynak özellikleri sağlanabilir.

Fosfat kaplanan çelikler, kaplama tabakaları uzaklaştırılmadan normal bir şekilde kaynak edilemezler. Kaplama kalınlığı ve tipine bağlı olarak yüksek elektrik direncine sahiptirler. Kaynak esnasında elektrot kuvveti yüksek tutulur ve aşırı kıvılcım sıçraması görülür. Elektrotların bozulması daha çabuk olur.

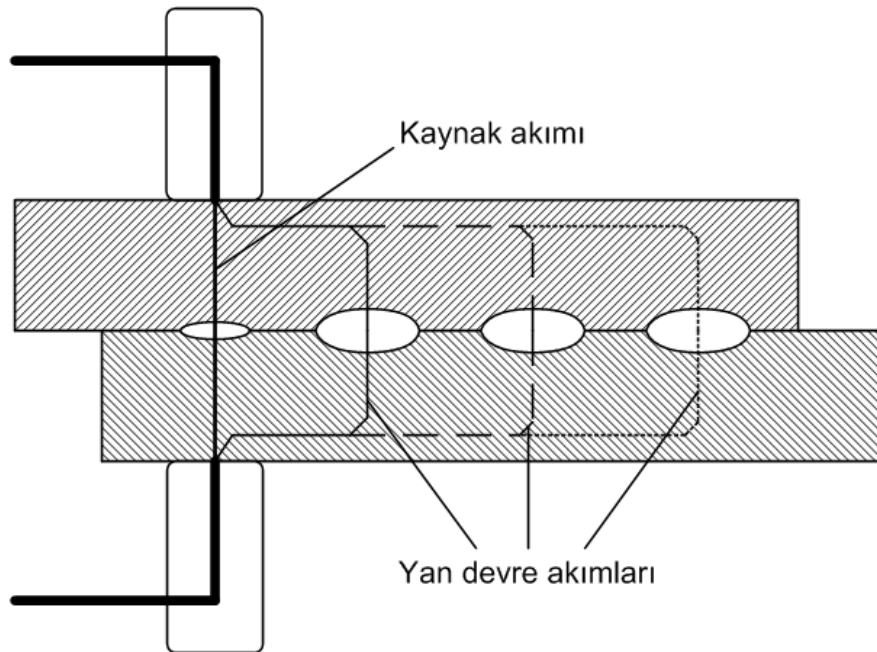
Plastik kaplanmış çeliklerin kaynağında, kaynak edilecek nokta yüzeyi önce ısıtılarak, yumuşatılır ve kaplama o bölgeden uzaklaştırılır.

3.13 Yan Devre Etkisi

Daha önce yapılmış bir nokta kaynağına çok yakın ikinci bir nokta kaynağı yapıldığı takdirde yan devre akım geçişi olur. Kaynak akımının bir kısmı daha önce yapılmış olan kaynak noktasından diğer kısmı ise yapılmakta olan ikinci kaynak noktasından geçer. Bu iki devreden geçen akımların miktarı, bu devrelerin direnci ile ters orantılıdır.

Yapılmakta olan nokta kaynağı, daha önce yapılmış olan nokta kaynaklarından yeteri kadar uzaksa, daha önceki nokta kaynaklarında oluşan devrenin direnci, yapılmakta olan nokta kaynağının direncinden oldukça büyüktür. Bu durumda yan devreler ihmal edilebilir.

Nokta kaynakları arasındaki minimum mesafe, elektrot ucunun ve kaynak çekirdeğinin çapını belirleyen parça kalınlığına bağlıdır. Eğer kaynak edilecek nokta parça kenarına çok yakın olursa, esas metal elektrot basıncına ve kaynak sıcaklığına dayanamaz. Bunun sonucunda da eriyik metal kaynak edilen noktadan dışarı akar.



Şekil 3.14 Yan Devre Akımları(Sarı, 2002)

Kısa mesafe aralıkları ile yapılan kaynak noktalan, bu yan devre etkisi nedeniyle, etkili kaynak akım değerinin (akım yoğunluğunun) azalmasına sebep olur. Bu nedenle noktalar arasındaki mesafenin nokta çapının 4 katından az olmaması istenir. Ayrıca kaynak noktalarının kenara olan mesafeleri de nokta çapının 1,3 katından daha fazla olmalıdır(Çimen ve Akkuş, 1999).

Elektrik direnci yüksek olan metaller, düşük olanlara göre daha az yan devre olayından etkilenirler. İki parça arasındaki bindirme alanı yine elektrod ucunun ve kaynak çekirdeğinin çapını belirleyen parça kalınlığına bağlıdır.

3.14 Kaynak Edilecek Parça Bileşenleri

Çeliklerin kaynak kabiliyetini etkileyen en önemli bileşen, kaynak bölgesinin sertliğini arttıran karbondur. Yüksek sertlik ise kaynak bölgesinin gevrekleşmesine ve çatlaklara neden olur. Karbon oranı yüksek, sertleşme eğilimli çeliklerin nokta kaynağında son ısıtma yöntemi uygulanmaktadır.

Parça yüzeyleri üzerindeki yağ tabakalarının yeterince temizlenmemesi nedeniyle hidrojen, kaynak bölgesinin çatlama olasılığını artırır.

Nokta kaynağı yapılmış titanyum içeren çeliklerde, çekirdek çapının küçüldüğü ve makaslama, çekme dayanımının azaldığı görülmüştür. Titanyum oranı % 0,18'i geçmemelidir. Titanyum içeren çeliklerin nokta kaynağında, daha büyük boyutlu elektrodlar ve daha yüksek elektrod kuvveti gerekebilmektedir.

Azot içeren soğuk haddelenmiş çeliklerde çatlak oluşması ihtimali yüksektir. Bunu önlemek için azot oranı düşürülmeli veya çelikteki azot alüminyum ile etkisiz hale getirilmelidir.

Kaynak noktasındaki oksijen, sıcak çatlaklara ve gevrekleşmeye neden olur. Bunu önlemek için temiz olmayan oksitli yüzeylerin kaynağından kaçınılmalıdır. Fosfor ve kükürt segregasyonları teşvik ettiğinden %0,025'den düşük oranlarda olmalıdır.

3.15 Nokta Kaynaklarının Kontrolü

Kalite güvencesiyle üretim sırasında hatanın önlenmesine, hatanın sonradan tespit edilmesinden daha fazla konsantre olunması endüstride yaygın bir şekilde ön plana çıkmıştır. Ama bu da üretimle sıkı bir ortak çalışmayı gerektirir. Kaynak noktalarının tahribatsız

muayenesi pek mümkün olmadığından, tüm kaynak parametrelerinin kontrolü, oluşan hataların başlangıçta belirlenmesi ve uygun tedbirlerle önlenmesi açısından çok önemlidir.

Nokta kaynağında her şeyden önce kaynak akımı, kaynak süresi ve elektrod basma kuvveti parametreleri kontrol edilir. Optimum ayar değerleri (olması gereken değerler) ön deneylerle belirlenir. Ölçülen değerlerle (gerçek değerlerle) olması gereken değerlerin karşılaştırılması kaynağın kalitesi hakkında bir fikir verir. Oluşan sapmalar daha sonra kaydedilir veya uygun ayar düzeneğiyle doğrudan eşitlenir.

İşlem parametrelerinin kontrolü için özel ölçüm cihazları vardır. Bunlar makine kontrol sistemine entegre edilmiş veya dışarıdan bağlanmış olabilir. Kaynak akımı, kaynak gerilimi ve kaynak süresinin kontrolü için uygun özel kombine ölçüm cihazları tüm bu değerleri aynı zamanda kaydedebilir ve gösterebilirler. Çoğunlukla son derece kısa kaynak sürelerinden dolayı bu tür cihazlarda yüksek ölçüm hızları gereklidir(Sarı, 2002).

Kaynak akımı genellikle “Rogovvski-Kuşağı” ile ölçülür. Kaynak gerilimi miktarı doğrudan iki elektrod üzerinden alınabilir. Tutucu çeneler arasındaki mesafe mümkün olduğunca kısa tutulmalıdır. İndüksiyon etkisinin oluşturduğu parazit gerilimlerin azaltılması için izole edilmiş ölçüm kabloları kullanılmalıdır. Kaynak süresi ise; modern cihazlarla periyodik hassasiyette ölçülebilir. Özellikle faz kesit kontrollü makinelerde süreye bağlı akım ilerlemesinin hassas kaydı akım ilerleme açılarının belirlenmesi ve bununla efektif akım şiddetlerinin belirlenmesi gereklidir(Sarı, 2002).

3.15.1 Kaynak Kalitesinin Tespitinin Dayandığı Faktörler

- ❖ Yüzey görünüşü
- ❖ Kaynak boyutu
- ❖ Nüfuziyet
- ❖ Dayanım ve süneklilik
- ❖ İç süreksizlikler(hatalar)
- ❖ Fıskırma

3.15.2 Kaynaklı Birleştirmelerin Muayenesi

Kaynak noktalarının muayenesi için tahribatlı ve tahribatsız muayene yöntemleri vardır.

Tahribatlı muayene olarak aşağıdakiler uygulanabilir;

- ❖ Kıvrırma deneyi
- ❖ Ayırma deneyi
- ❖ Keski deneyi
- ❖ Burma deneyi
- ❖ Kesme deneyi

Tahribatsız muayene yöntemleri ise şu şekilde sıralanabilir;

- ❖ Röntgen muayenesi
- ❖ Ultrasonik muayene

Yüzeyde oluşabilecek çatlakların kontrolü için sıvı penetran ve manyetik muayene yöntemleri kullanılabilir.

3.16 Kaynak Hataları

Nokta kaynağında oluşabilecek hata çeşitleri ve bunların olası sebepleri aşağıda belirtilmiştir. Her şeyden önce, böyle tabloların genelleme yapmak için kullanılamayacağı bilinmelidir. Bunlar belirli sınır koşullarında geçerlidirler ve farklı makine tiplerinde veya yapı elemanı geometrilerinde değişik sonuçlar elde edilebilir.

Noktanın ortalarında olan çatlaklar dayancı çok önemsiz ölçüde etkiler. Ama bunlar yüzeye kadar ilerlemişse korozyon ortaya çıkabilir.

Kaynak noktasının merkezindeki hatalardan ve gözeneklerden çok, kaynak noktasının çevresindeki hatalar, özellikle de çatlaklar kritiktir. Kaynaklı bağlantılar yük altında çalışırken noktaların kenarlarında yüksek yoğunlukta gerilimler oluşur. Buna karşın merkezdeki gerilimler ihmal edilebilir ölçülerde küçüktür. Nokta kenarları çentik etkisi yarattığından dinamik yüklere dikkat etmek gerekir.

Nokta kaynağı ile yapılan birleştirmeler özellikle kesme yüklemelerine karşı dayanıklıdır. Sac

düzlemine dik şekilde etkiyen kuvvetlerin olduğu çekme veya ayırma yüklemelerinden ise olabildiğince kaçınmak gerekir. Nokta kaynaklarının bazı uygulamalarında(örneğin elektroteknikte) noktaların dayancı ikinci derecede önemlidir.

Düşük kuvvet, yüksek kaynak akımı, parçaların kötü teması, çok kısa veya çok uzun kaynak süreleri, elektrodların parçaların üzerinden çabuk kaldırılması gibi sebeplerden dolayı kaynak noktasının iç kısmında hatalar oluşabilir.

Kaynak süresinin çok uzun olması, temasın iyi olmaması, basma kuvvetinin çok az veya çok fazla olması, kaynak akımının çok fazla olması, yüzeyin veya elektrodların kirli olması gibi sebepler fişkırtma olmasına sebep olur.

4. OTOMOTİV ENDÜSTRİSİNDE ELEKTRİK DİRENÇ KAYNAĞI

4.1 Otomotiv Endüstrisi İçin Birleştirme Tekniği

Metalleri birbirine birleştirmenin otomotiv endüstrisi için iki temel metodu vardır;

- ❖ Mekanik metod
- ❖ Metal ergitme metodu

Mekanik metodun uygulamaları perçinli ve cıvata-somunlu bağlantılar olmaktadır. Metal eritme metodunun uygulamaları ise, kaynak veya lehimleme ile yapılmış bağlantılar olmaktadır.

Bu çalışmanın asıl konusu olan kaynak, istenilen şekli oluşturmak için malzemelerin ısıtılarak birbiri içinde erimenin olduğu bir birleştirme metodu olarak tanımlanabilir(Toyota Kaporta Eğitim Kitabı, S1/B5).

4.2 Otomotiv Endüstrisinde Kullanılan Kaynak Tipleri

Otomotiv endüstrisinde kaynak üç ana kategoriye ayrılır;

- ❖ Basınç kaynağı

Bir metalin ısıtılarak yumuşatıldığı, basıncın uygulandığı ve metalin birleştirildiği bir metoddur. Basınç kaynağının bir tipi, elektrik nokta direnç kaynağı(punta kaynağı) otomobil imalatında kullanılan son derece önemli, onarım işlemlerinde daha az derecede kullanılan önemli kaynak metodudur.

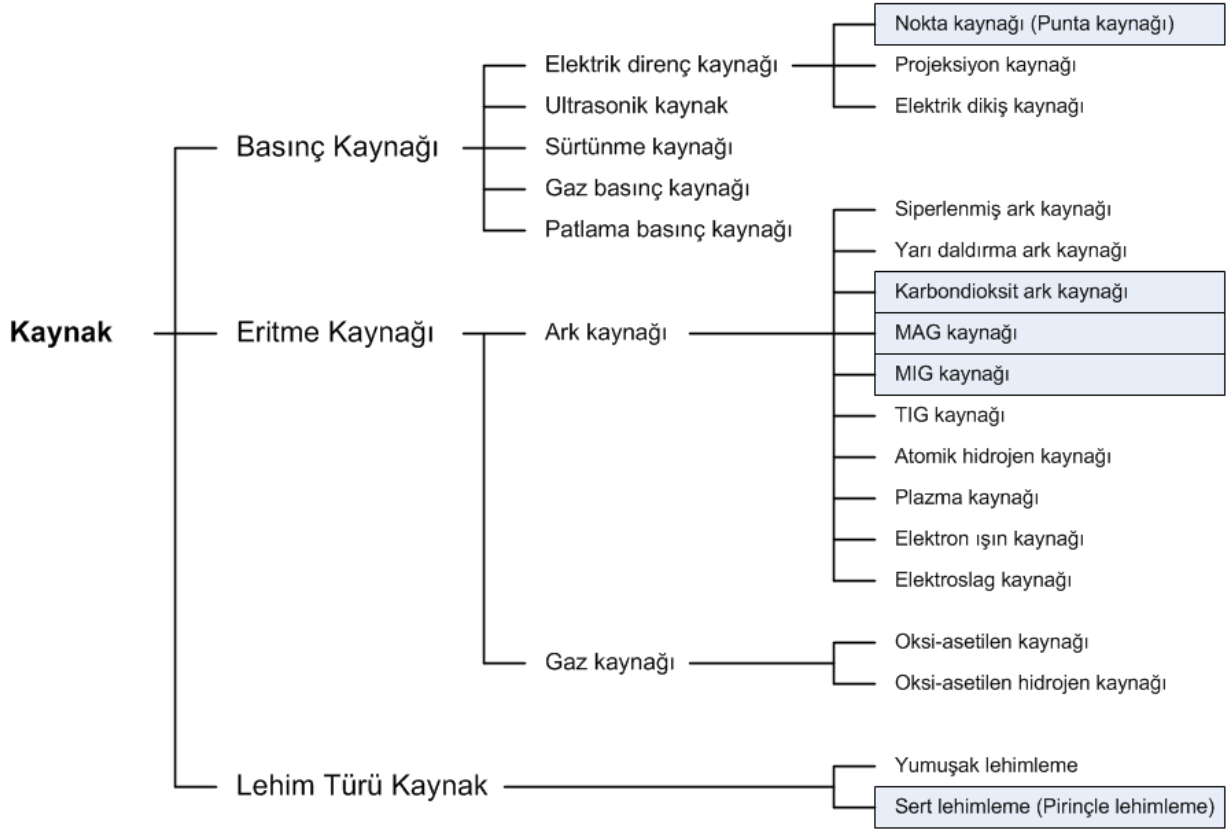
- ❖ Ergitme kaynağı

Birleştirilecek parçalar ergime noktasına kadar ısıtılır, birbirine birleştirilir (genellikle elektrod ile) ve soğutulur. Elektrik ark kaynağı ve gaz kaynağı ergitme kaynağının temel tipleridir.

- ❖ Sert lehimleme

Birleştirilecek metal parçalarından daha düşük ergime noktalı metal, kaynaklanacak parçaların ek yeri üzerinde eritilir.(ana metal parçalarını eritmeden) Lehimleme, lehim malzemelerinin ergime sıcaklığına bağlı olarak ya yumuşak ya da sert

lehimleme olarak sınıflandırılır. Yumuşak lehimleme 450°C altındaki sıcaklıklarda, sert lehimleme ise 450°C üzerinde sıcaklıklarda ergiyen lehim malzemesiyle yapılan lehimleme olarak tanımlanmaktadır(Tang vd., 2003).



Şekil 4.1 Otomotiv Endüstrisinde Gövde Onarım İşlemlerinde Kullanılan Kaynak Metodları(Toyota Kaporta Eğitim Kitabı, S1/B5)

4.3 Otomotiv Endüstrisinde Kullanılan Kaynak Yöntemlerinin Özellikleri

Hemen hemen bütün endüstrilerde yaygın olarak kaynak kullanılır ve gövde onarımlarında da vazgeçilmez bir birleştirme şeklidir. Ana özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- ❖ Kaynak bağlantılarının şekli sınırsızdır ve gövdenin birleştirilmesi için mükemmel bir metoddur.
- ❖ Ağırlık düşürülebilir.
- ❖ Hava ve su sızdırmazlığı mükemmeldir.

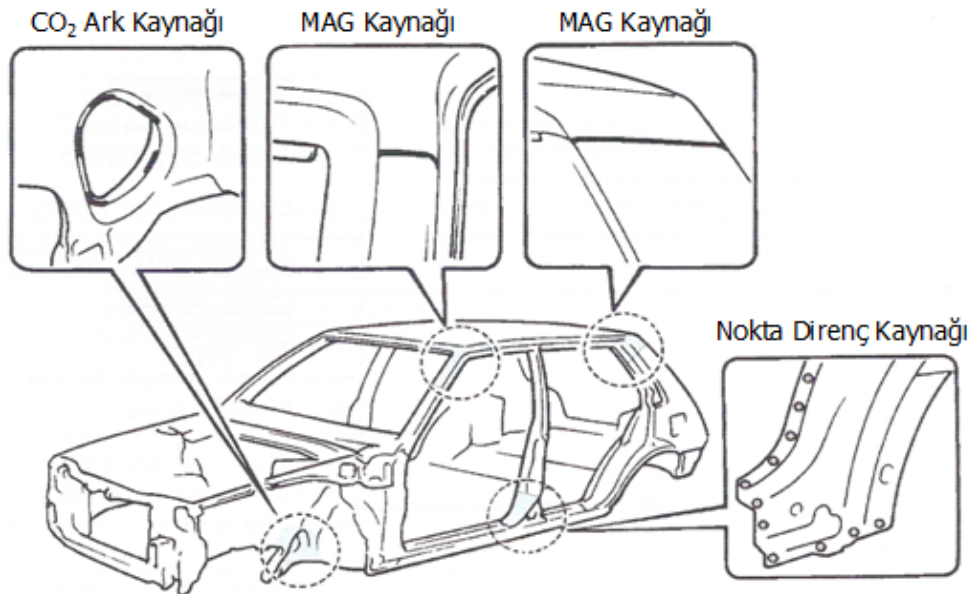
- ❖ Ürün verimi çok yüksektir.
- ❖ Kaynaklı bağlantının dayanımı operatörün becerisine büyük ölçüde bağlıdır.
- ❖ Çok fazla ısı kullanılırsa yan saçlarda çarpılma olacaktır.

4.4 Otomobil Gövdesinin Kaynağı

Dayanıklılık ve mukavemet gereksinimleri gövdeye kaynaklanacak parçanın yerine bağlı olarak farklıdır. Fabrikalar parçaların araç gövdesi üzerindeki yerini, kullanılma amacını ve fiziksel özelliklerini göz önünde bulundurarak kaynak metodlarını belirlerler.

Onarım yaparken gövdenin orijinal dayanımı ve mukavemetini etkilemeyen uygun kaynak metodu gereklidir. Aşağıdaki temel noktalar gözleendiğinde bu şartlar sağlanmış olacaktır;

- ❖ Kullanılan kaynak metodu nokta direnç(punta) kaynağı, CO₂ ark kaynağı veya MIG kaynağı olmalıdır.
- ❖ Fabrikada sarı kaynağı yapılan yerlerin haricinde gövde bileşenine sarı kaynağı yapılmamalıdır.
- ❖ Oksi-asetilen kaynağını kesinlikle kullanılmamalıdır(Toyota Kaporta Eğitim Kitabı, S1/B5).



Şekil 4.2 Otomobil Üreticileri Tarafından Kullanılan Kaynak Metodları(Toyota Kaporta Eğitim Kitabı, S1/B5)

4.5 Nokta Direnç(Punta) Kaynağı

4.5.1 Nokta Direnç(Punta) Kaynağının Uygulama Özellikleri

- ❖ Kısa kaynak süresi ve lokal(sınırlı alanda) ısı uygulandığından sacda hemen hemen hiç buruşma olmaz.
- ❖ Bu kaynak 0,7 - 1,4 mm kalınlıktaki ince sacların kaynağında çok iyi sonuç verir.
- ❖ Bu kaynakta iyi sonuçlar almak için teknisyenin beceri ve tecrübesine fazla ihtiyaç yoktur.
- ❖ Fazla elektrik akımına ihtiyaç olduğundan, cihazın ağırlığı fazladır.
- ❖ Kaynağın geniş bir bölümü iki sac parçası arasında olduğundan, dış görünümünden kaynağın doğruluğu hakkında karar vermek zordur(Toyota Kaporta Eğitim Kitabı, S1/B5).

4.5.2 Kaynak Şartları

İyi bir punta kaynağını elde etmede pek çok faktör etkilidir. Uç basıncı, kaynak akımı ve kaynak süresi kaynak verimi üzerinde güçlü bir etkiye sahiptir. Elektrot ucunun durumu, kol ve kaynaklanacak metal gibi diğer faktörlerde kaynak üzerinde benzer etkiye sahiptir.

4.5.2.1 Basınç

Uygulanan basıncın, elektrot uçlarındaki akımı yüzeyde kıvılcım yaratmadan metale transfer edilmesini sağlamak gibi bir fonksiyonu vardır. Ayrıca kaynak metali katılaşana kadar, birbirleri arasında metalin sıkı temas halinde olmasını sağlar. Eğer basınç çok küçük olursa, akım elektrotlardan ana metale transfer edilirken tüketilir ve metalleri birbirine sağlam kaynatmak için yeterli akım kalmaz. Ayrıca bu basıncın eksik olması ana metal ile elektrot ucu arasında yüzeyler üzerinde bir takım çapaklar yaratacak olan kıvılcımların ortaya çıkmasına yol açar.

Elektrik akımı uygun basınçla birlikte uygulandığında, en büyük dirence sahip olan birleşim bölgesinde akım tüketilir. Bu da metalin istenilen şekilde bir punta oluşumunu sağlar.

Eğer basınç çok fazla ise, ana metaller birbiri ile daha geniş yüzeyde temas ederler. Bu

durumda, elektrik akımı ve ardından ortaya çıkan ısı yüzey boyunca dağıtılır. Sonuç olarak, erime noktasının üzerindeki kaynaklı bölge sınırlı olur. Bu da oluşan topağın küçülmesine ve kaynak direncinin zayıf olmasına yol açar(Toyota Kaporta Eğitim Kitabı, S1/B5).

4.5.2.2 Kaynak Akımı

Uygulanan kaynak akımı arttırıldığında oluşan topak çapı artar sonuç olarak kaynak mukavemeti arttırılmış olur. Eğer kaynak akımı daha da arttırılırsa kıvılcım oluşması gerçekleşebilir. Bu esnada uygulanan basınç arttırılırsa kaynak alanı içinden akımın geçmesiyle genişleme ve kıvılcım meydana gelmeyecektir. Akım basınca göre çok olduğunda veya basınç akıma göre küçük olduğunda kıvılcım oluşacaktır. Akım ve basınç arasında karşılıklı bir ilişki olduğundan, bu iki faktör arasında uygun bir denge sağlamak çok önemlidir(Toyota Kaporta Eğitim Kitabı, S1/B5).

4.5.2.3 Kaynak Süresi

Kaynak zamanı ne kadar uzun olursa elde edilen ısı ve oluşan topakta o oranda geniş olur. Ancak, elektrodla yayılan ısı miktarı ve kaynaklı alanın etrafındaki ısı da ayrıca kaynak zamanı ile birlikte artar. Kaynak sıcaklığının dayanma noktasına ulaşabileceği bir nokta vardır. Eğer kaynak zamanı dayanma noktasının ötesine uzatılabilirse oluşan topak daha fazla büyük olmaz ve ısı sapmaları oluşur. Bunlarda birleşim yerinin görüntüsünü etkiler (Toyota Kaporta Eğitim Kitabı, S1/B5).

4.5.2.4 Elektrod Uç Durumu

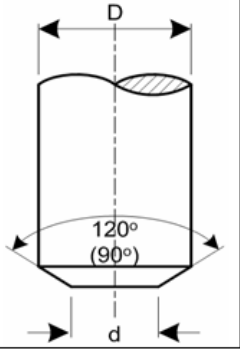
İyi kaynak elde etmek için kaynatılacak metalin kalınlığına göre uygun elektrod tiplerini seçmek gereklidir. Elektrod uçları kullanılma sırasında yanarlar ve kirlenirler. Eğer uçlar aşırı kirlenirse, elektrod uçları ile metal arasındaki direnç metalin üzerinden akması gereken akım oluşan direnç nedeniyle azalacaktır.

Eğer elektrod uçları kirli vaziyette kullanılırsa, uçlar fazla ısınır ve aşınır (yani deforme olur), ayrıca elektrik direnci de artar. Sonuçta uygun bir kaynak direnci elde edilemez.

Bu nedenle elektrodların durumu punta kaynağı sırasında sürekli olarak gözlemlenmelidir. Bir kalemtırış(uç şekillendirme aleti) gerekmesi halinde uygun çapta uçları şekillendirmek için kullanılır.

Ayrıca belli sayıda punta kaynağı yapıldıktan sonra elektrod uçlarını hava veya su ile soğutmak için kaynağı durdurmak zorunludur(Toyota Kaporta Eğitim Kitabı, S1/B5).

Çizelge 4.1 Sac Panellerin Nokta Direnç Kaynağında Optimum Kaynak Şartları(Toyota Kaporta Eğitim Kitabı, S1/B5)

Sac Kalınlığı (mm)	Optimum Şartlar			Elektrod Çapı		Sonuç Kesme Kuvveti (kg)	
	Akım Geçiş Süresi (çevrim)	Baskı kuvveti (kgf)	Akım Şiddeti (A)	d (mm)	Min. D (mm)		
0,6	7	150	6600	4,0	10	300	
0,8	8	190	7800	4,5	10	440	
1,0	10	225	8800	5,0	10	610	
1,2	12	270	9800	5,5	13	780	
1,6	16	360	11500	6,3	13	1060	

4.5.2.5 Kaynak Parçası Şartları

Sacların arasında eğer boşluk varsa veya yüzeyleri başka bir madde ile kaplıysa problem yaratır. Doğal olarak, eğer saclar basınç uygulandığında birbirleri ile temas halinde değilse akım akışı gerçekleşmez ve kaynak oluşmaz. Ancak, yüzeyler birbirleri ile temasta iken, temas eden yüzeyler çok küçük ise uygun kaynak mukavemeti oluşmayabilir.

Temizlik kavramı da sacın şartları için düşünülebilir. Elektrod uçlarının temas ettiği alanlarda veya sacların temas halinde olduğu yerlerde boya, pas, kir, vs. varsa yeterli miktarda elektrik akımı oluşmaz ve uygun bir kaynak dayanımı elde edilemez(Toyota Kaporta Eğitim Kitabı, S1/B5).

4.5.2.6 Nokta Direnç(Punta) Kaynağı Pozisyonları

Punta kaynağının dayanımı üç önemli faktörden etkilenmesine rağmen(basınç, kaynak akımı ve kaynak zamanı) kaynağın mukavemeti hatve(iki punta arası mesafe) ile kenarlardan olan mesafeye bağlıdır. Hatve azaldıkça kaynak mukavemeti artar. Ancak belli bir seviyeden sonra kaynağın dayanımı hatve azalsa bile artmaz. Bu durum elektrik akımının daha önceki punta kaynağının üzerinden geçmesi nedeni ile meydana gelir. Bu akım paralel akım olarak

adlandırılıp, puntalanan yerdeki metal sıcaklığının artmasını önler. Bu nedenle yön değiştiren akım miktarının gözardı edilebilmesi için hatve, belli bir mesafeden daha büyük olmalıdır. Kenarlardan olan mesafe için, çok yakın olursa ana metalin kenarlarını eriterek zarar verir, delinebilir veya son derece ince bir topak oluşturur. Bunların her ikisi de yetersiz kaynak dayanımının göstergesidir(Toyota Kaporta Eğitim Kitabı, S1/B5).

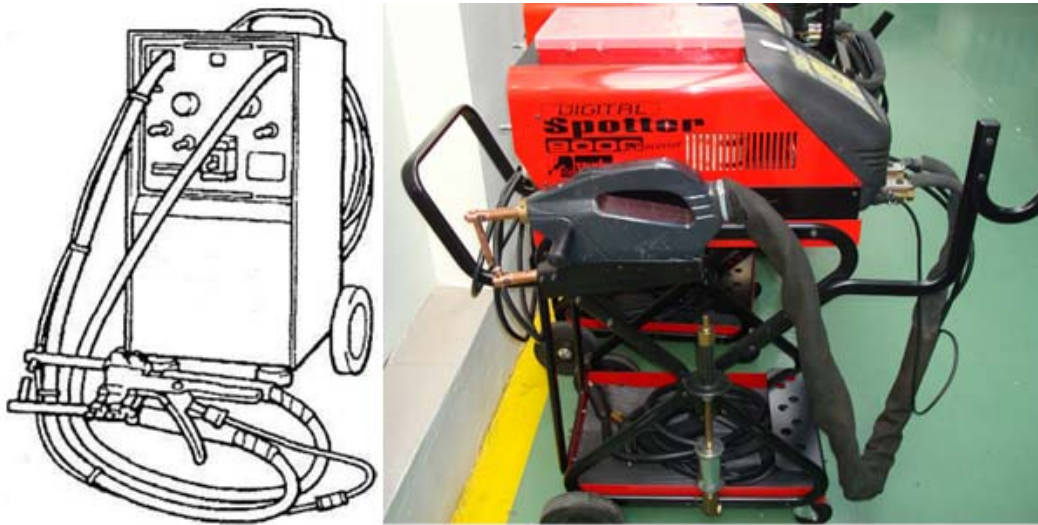
Çizelge 4.2 Nokta Direnç Kaynağında Kaynak Yerinin İş Parçasına Göre Pozisyonu(Toyota Kaporta Eğitim Kitabı, S1/B5)

Panel Kalınlığı (mm)	Hatve -S (mm)	Kenar Mesafesi -P (mm)
0,6	11	5
0,8	14	5
1,0	18	6
1,2	22	7
1,6	24	8

Not: Çizelgede yer alan S ve P değerleri, minimum değerleri göstermektedir.

4.5.3 Nokta Direnç Kaynağı Alet ve Ekipmanları

4.5.3.1 Nokta Direnç Kaynağı Makinesi



Şekil 4.3 Nokta Direnç Kaynağı Makinesi ve Kaporta Onarım Amaçlı Bir Örneği(Toyota Kaporta Eğitim Kitabı, S1/B5)

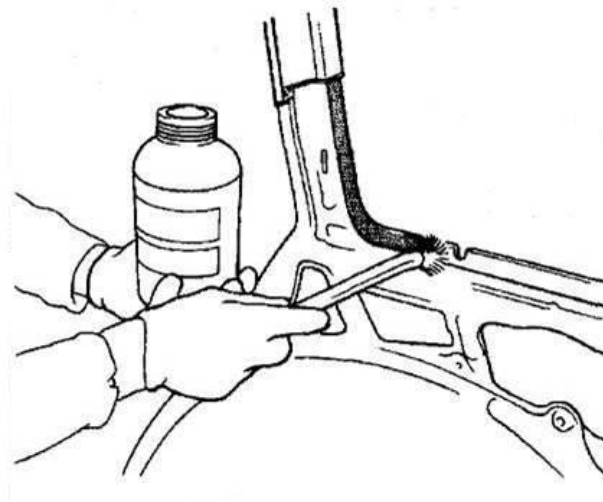
Otomobillerde panellerin kaynatılması için kullanılır. Operatörün tecrübesi az veya hiç olmayabilir. Makine yüksek verimlilikte bir operasyon imkanı sağlar.

Çizelge 4.3 Nokta Direnç Kaynak Makinesi Özellikleri(Taşocak, 2008)

	Onarım için punta kaynağı	Fabrika için punta kaynağı
Güç kaynağı	Tri-faze 200 V	Tri-faze 400 V
Sekonder akım	5.000-6.000 A	17.000-20.000 A
Uygulanan basınç	100 kgf/cm ²	200-300 kgf/cm ²
Kaynak süresi	0,5-1,0 sn.	0,1-0,4 sn.
Soğutma sistemi	hava soğutmalı	su soğutmalı

4.5.3.2 Punta Kaynağı Pastası

Kaynaklanacak her panelin paslanmaya karşı korunması için kullanılır. Elektriği iletir yapıda olup, dokunma kurumasından sonra punta kaynağı veya tapa kaynağı yapılabilir.

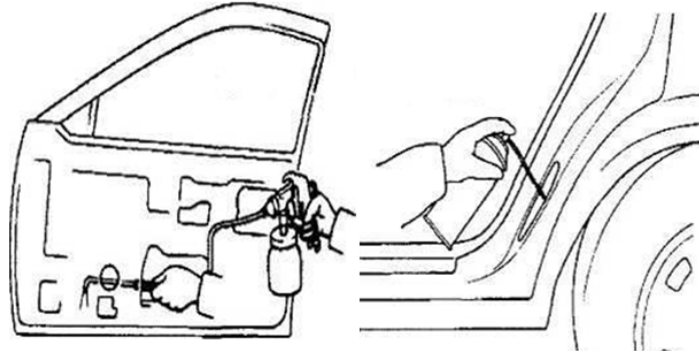


Şekil 4.4 Punta Kaynağı Pastası Uygulaması(Toyota Kaporta Eğitim Kitabı, S1/B5)

Su bazlı boyalar çıkıncaya kadar, ateşe karşı dikkatli olunmalıdır. Fırça ile uygulanabilir(Toyota Kaporta Eğitim Kitabı, S1/B5).

4.5.3.3 Anti-Pas Maddeleri

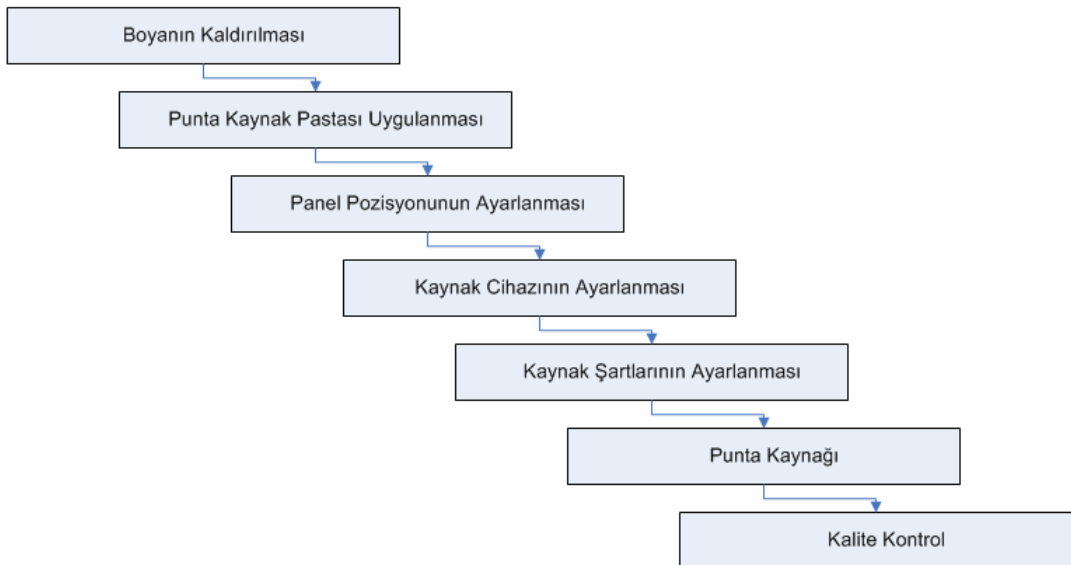
Kaynaklanmış bölgelerin ve onarılmış panellerin iç kısımlarını paslanmaya karşı korumak için kullanılır. Panel yüzeyine kuvvetlice yapışır ve kırılma veya soyulma olmaz. Kaynaklanmış bölgelerin içine kolayca nüfuz eder yüzey gerilimini düşük tutar. Wax uygulanmış yüzeye boya yapışmayabilir.



Şekil 4.5 Püskürtme Tabancası ve Sprey Tip Anti-Pas Uygulamaları(Toyota Kaporta Eğitim Kitabı, S1/B5)

4.5.4 Nokta Direnç Kaynağı İşlem Sırası

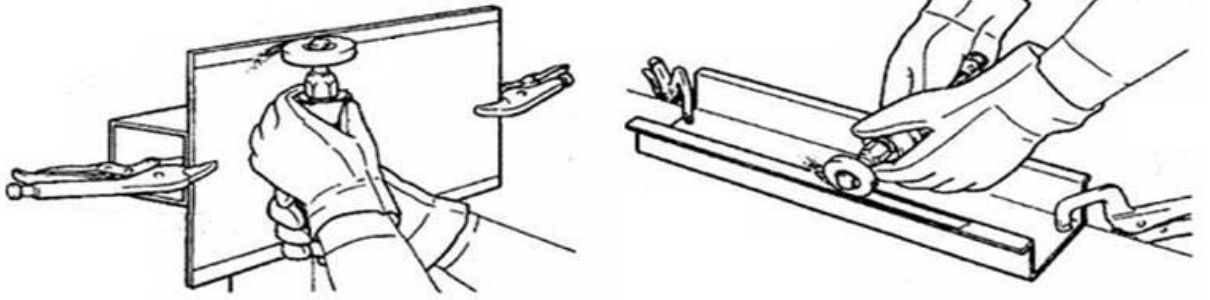
Nokta direnç kaynağının işlem sırası Şekil 4.6’da görülmektedir.



Şekil 4.6 Nokta Direnç Kaynağı İşlem Sırası(Toyota Kaporta Eğitim Kitabı, S1/B5)

Boyanın Kaldırılması

Kaynak akımının paneller içinden akması için kaynak yapılacak bölgeden boyanın kaldırılması zorunludur.



Şekil 4.7 Boyanın Panel Üzerinden Havalı Taş Motoru ile Kaldırılması(Toyota Kaporta Eğitim Kitabı, S1/B5)

Punta Kaynak Pastası Uygulaması

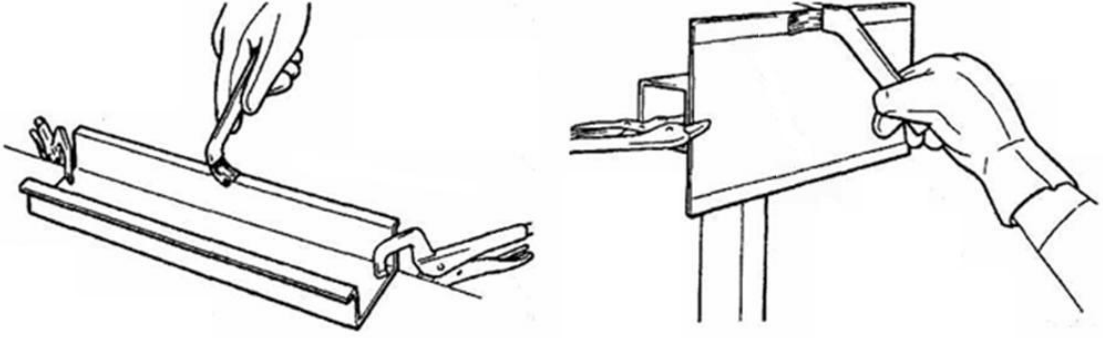
Kaynaktan sonra boyama işlemi yapılamayacağından, panellerin birleştirilecek yüzeylerine pas önleyici madde uygulamak gerekir.



Şekil 4.8 Panel Yüzeylerinin Punta Kaynak Pastası İçin Hazırlanması(Toyota Kaporta Eğitim Kitabı, S1/B5)

Zımpara tozlarını basınçlı hava tutularak yüzeyden uzaklaştırılır. Ardından yüzeydeki yağlar

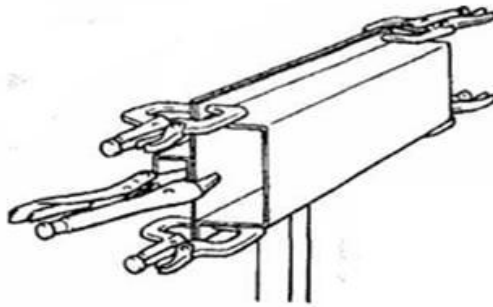
silikon önleyiciyle ıslatılmış peçete ile iyice silinir. Kuru peçete kullanarak çözölmüş olan yağlar yüzeyden temizlenir. Böylece panel yüzeyi punta kaynak pastası uygulamaya hazır hale geldiğinden bir fırça yardımıyla pasta metal yüzeyine tatbik edilir.



Şekil 4.9 Kaynak Edilecek Yüzeye Punta Kaynak Pastasının Fırça ile Uygulanması(Toyota Kaporta Eğitim Kitabı, S1/B5)

Panel Pozisyonunun Ayarlanması

Panellerin ayarlı penseler kullanılarak tutturulması gerekir. Araç gövdesini onarırken, panelin pozisyonunu araç gövde ölçülerine uyarak ayarlamalı ve diğer panellerle arasındaki mesafeler kontrol edilmelidir.

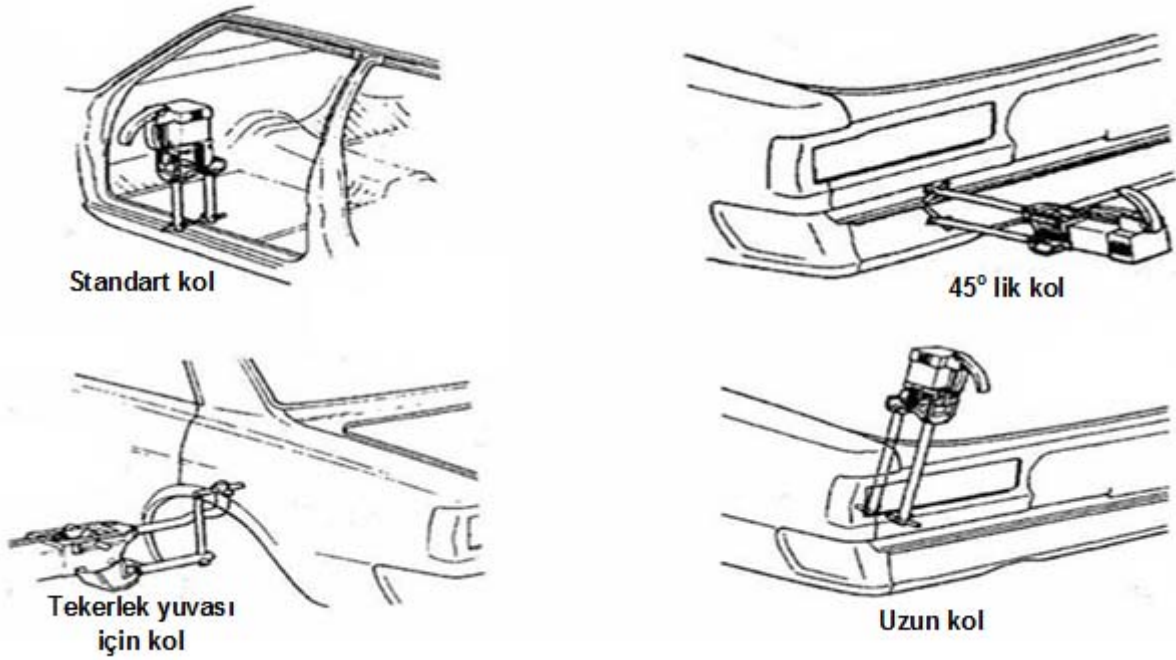


Şekil 4.10 Panel Pozisyonunun Ayarlı Penseler Kullanılarak Sabitlenmesi(Toyota Kaporta Eğitim Kitabı, S1/B5)

Kaynak Ekipmanlarının Ayarlanması

❖ Kaynak kollarının seçimi

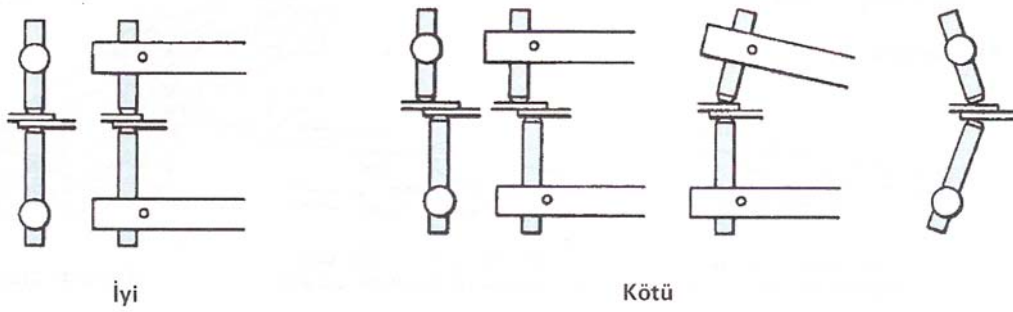
Panellerin birbirine uygun bir şekilde basması için uygun uzunluk ve şekilde kaynak kollarının seçilmesi gereklidir.



Şekil 4.11 Panellerin Kaynaklanmasında Uygun Kaynak Kollarının Seçilmesi(Toyota Kaporta Eğitim Kitabı, S1/B5)

❖ Elektrod uçlarının ayarlanması

Panelleri birbirine kaynatırken elektrod uçlarının aynı eksen üzerinde olması gerekir. Uygun kaynak mukavemetini sağlayabilmek için elektrod ucunun pürüzsüz ve temiz olması gereklidir.

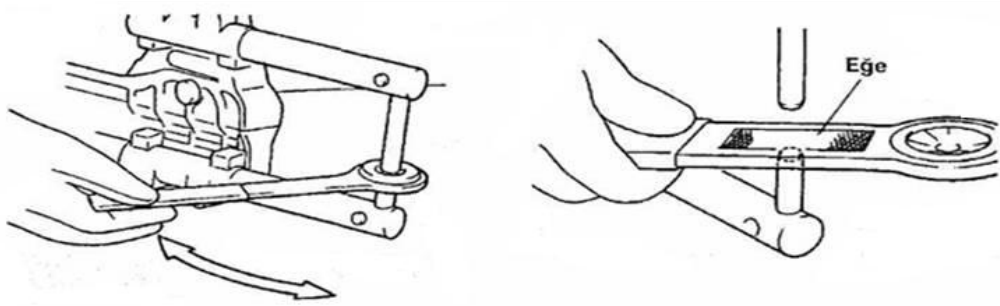


Şekil 4.12 Elektrod Uçlarının Pozisyon Ayarlaması ve Örnek Durumlar(Toyota Kaporta Eğitim Kitabı, S1/B5)



Şekil 4.13 Elektrod Uçlarının Durumu(Toyota Kaporta Eğitim Kitabı, S1/B5)

Elektrod uçlarının durumunu kaynak işleminden önce mutlaka incelenmelidir. Eğer elektrodun yüzey durumu uygun değilse bir elektrod kalemtıraşı kullanılarak öncelikle uç kısım açılmalıdır. Elektrod ucunun pürüzlü kalmaması içinde bir eğe yardımıyla uç kısımlar düzeltilmelidir.(Şekil 4.14)



Şekil 4.14 Elektrod Ucunun Açılması ve Eğe ile Düzeltilmesi(Toyota Kaporta Eğitim Kitabı, S1/B5)

Kaynak Şartlarının Ayarlanması

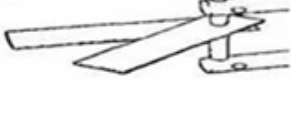
Kaynak cihazında üç önemli parametre ayarlanmak zorundadır;

- ❖ Kaynak basıncı
- ❖ Kaynak süresi
- ❖ Kaynak akımı

Eğer kaynak makinesi doğru ayarlanırsa uygun kaynak mukavemeti sağlanmış olunur.

1. Basınç

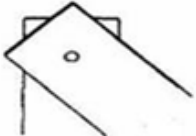
Çizelge 4.4 Kaynak Basıncının Ayarlanması(Toyota Kaporta Eğitim Kitabı, S1/B5)

Az ← (Uygun basınç) → Çok		
		
Çok fazla kıvılcım meydana gelir	Uygun bir şekilde orta seviyede kıvılcım oluşur	Kıvılcım oluşmaz

2. Kaynak akımı ve süresi

Kaynak akımı ve süresi metalin cinsine ve kalınlığına bağlı olarak teknisyen tarafından operasyon kitabından yararlanarak uygun bir şekilde ayarlamak zorundadır.

Çizelge 4.5 Kaynak Zamanının Ayarlanması(Toyota Kaporta Eğitim Kitabı, S1/B5)

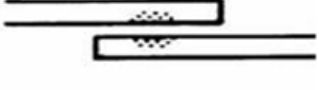
Kısa ← (Uygun kaynak zamanı) → Uzun		
		
Küçük topak oluşur	Sacı deforme etmeden büyük topak oluşur	Hasara uğramış büyük topak oluşur

3. Kaynak şartlarının kontrolü

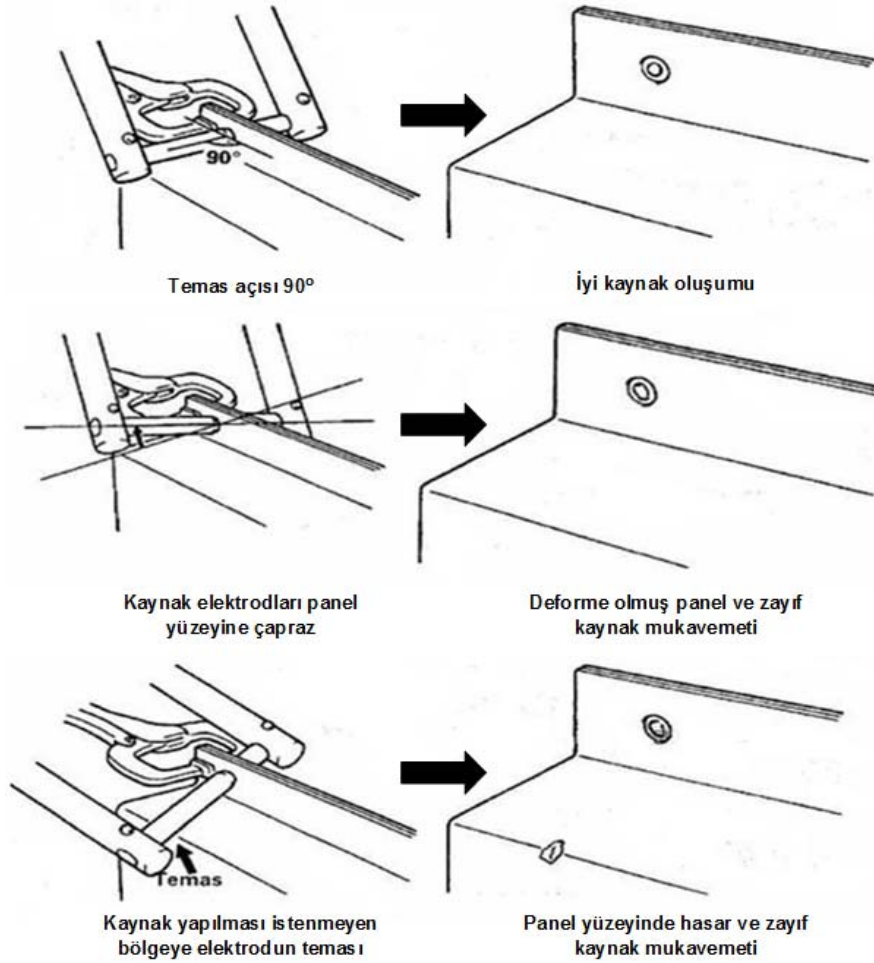
**Şekil 4.15** Kaynak Şartlarının Kontrol Yöntemi(Toyota Kaporta Eğitim Kitabı, S1/B5)

Öncelikle aynı malzemeden yapılmış ve aynı kalınlıkta iki panel birbirine kaynatılır. Daha sonra birbirine puntalanan paneller çevrilerek birbirinden ayrılması sağlanır.

Çizelge 4.6 Kontrol Sonucu Değerlendirme(Toyota Kaporta Eğitim Kitabı, S1/B5)

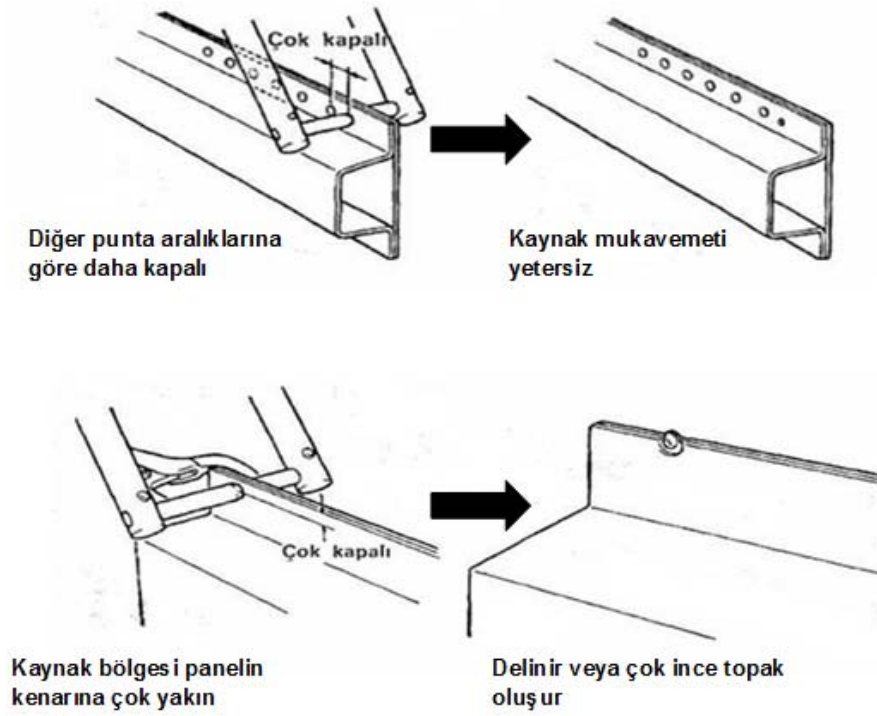
İyi	Kötü	
		
Panellerden birisi deliniyor	Panellerde delinme yok	

Kaynağın Yapılması



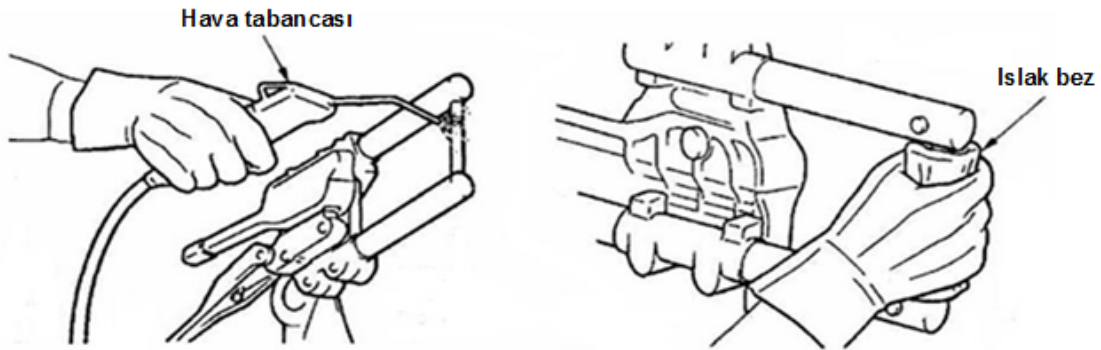
Şekil 4.16 Elektrod Ucunun Yüzeyle Yaptığı Açı ve Çeşitli Etkileri(Toyota Kaporta Eğitim Kitabı, S1/B5)

Sürekli punta kaynağı yaparken puntalar arası mesafe(hatve), kenarlara olan mesafe ve elektrodların soğutulması faktörleri önem arz ettiğinden sürekli kontrol edilmelidir. Puntalar arası mesafe ve kenarlara olan mesafe parametreleri için uygun değerler Çizelge 4.2’de yer almaktadır.



Şekil 4.17 Uygun Olmayan Hatve ve Kenarlara Olan Mesafe Örneği(Toyota Kaporta Eğitim Kitabı, S1/B5)

Nokta direnç kaynağında paneller arasında elektrik direncinin oluşturduğu ısı kullanılarak panellerin birbirine birleştirilmesi sağlanırken elektrod uçları ve kaynak kolları oluşan ısıyı biriktirir ve taşırlar. Sıcaklık arttıkça zaman, kaynak akımı azalır veya uçlar erken aşınır.



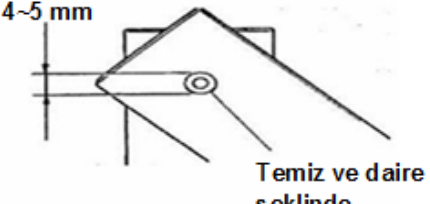
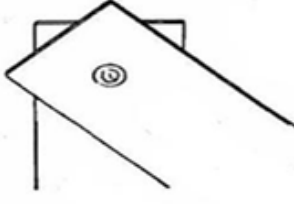
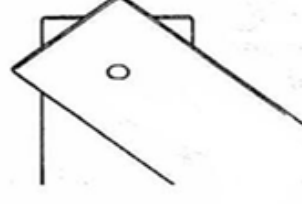
Şekil 4.18 Kaynak Elektrodlarının Soğutulması(Toyota Kaporta Eğitim Kitabı, S1/B5)

Sonuç olarak, ısınan elektrodlar ile uygun şartlarda birleştirme yapmak zor bir hal almaktadır. Bunun önüne geçmek için elektrodların basınçlı hava veya su ile soğutulmaları gerekmektedir. Özellikle otomotiv endüstrisi gibi nokta direnç kaynağı kullanımının sürekli olduğu durumlarda belli periyotlarda su ile soğutma yapılmaktadır.

Kalite Kontrol

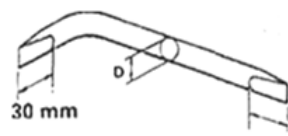
Otomobil saclarına yapılan nokta direnç kaynağı için kalite kontrol, görünüş kalitesi ile başlar. Kaynak sonucunda elde edilen puntaların topaklarının temiz ve daire formatında olması istenen bir durumdur.

Çizelge 4.7 Puntaların Görünüş Kalitesinin Tespiti(Toyota Kaporta Eğitim Kitabı, S1/B5)

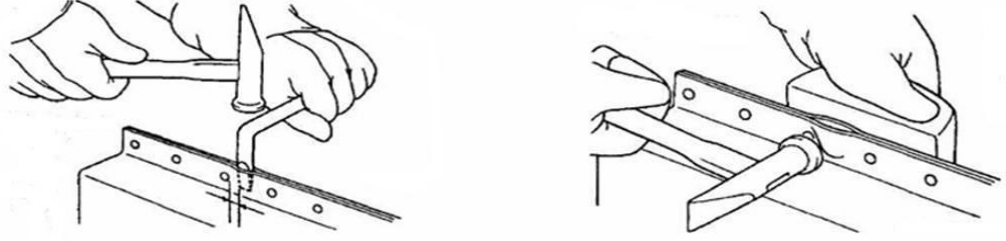
İyi	Kötü	
 4~5 mm Temiz ve daire şeklinde		

Nokta direnç kaynağında kalite kontrol işlemi, görünüş kalitesi tespitinden sonra ayrılma testi ile devam etmektedir. Ayrılma testi için kullanılan kamanın ölçüleri Çizelge 4.8’de verilmektedir. İki punta arasındaki birleştirilen saclar arasına kaynak doğrultusuna dik olarak çakılan kama bu testin esasını oluşturmaktadır. Test sonucunda saclarda ayrılma yok ise, kaynak uygundur. Son olarak kama ile açılan kısım onarılarak test tamamlanır.

Çizelge 4.8 Ayrılma Testi İçin Kullanılan Kamanın Ölçüleri(Toyota Kaporta Eğitim Kitabı, S1/B5)

 30 mm	D	Uygulanabilir panel kalınlığı (mm)
	10.Ø	0,8 ~ 1,2
	15.Ø	1,6 ~ 2,3

Kaynak ekipmanları değiştiğinde veya düzenlenmiş yeni panel punta kaynağıyla ilk kez birleştiriliyor ise ayrılma testinin yapılması tavsiye edilir.



şekil 4.19 Ayrılma Testinin Uygulanması(Toyota Kaporta Eğitim Kitabı, S1/B5)

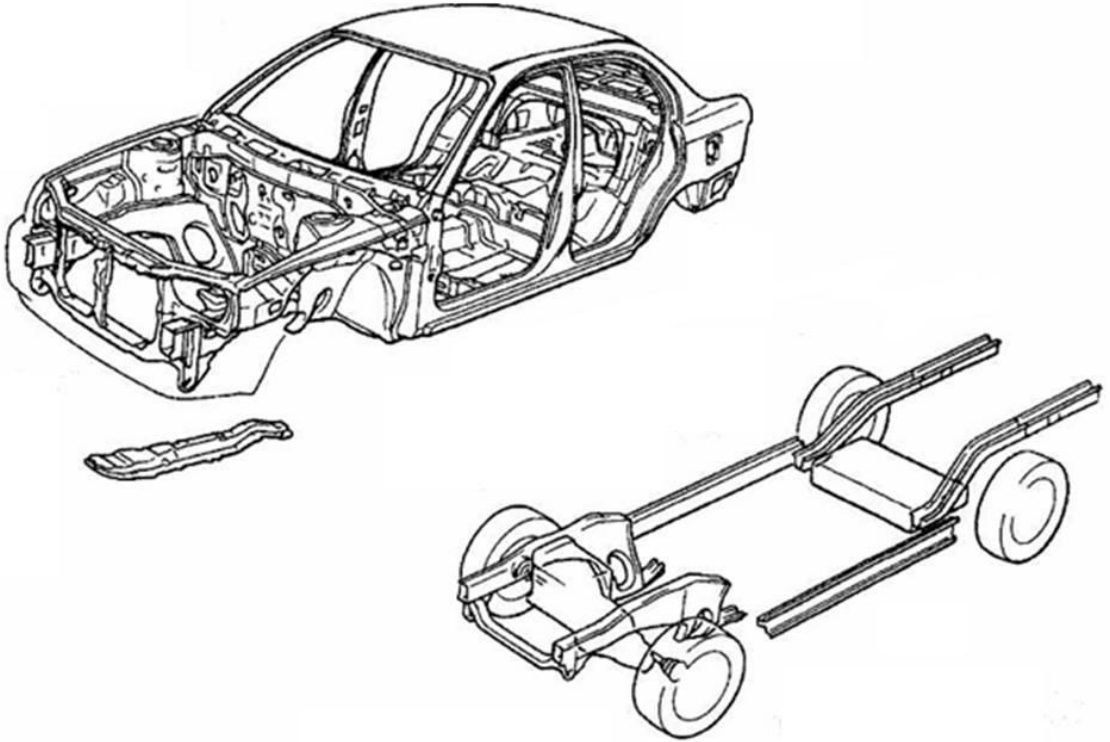
5. OTOMOTİV ENDÜSTRİSİNDE DİRENÇ KAYNAĞI KULLANIMI

5.1 Otomotiv Üretiminde Nokta Direnç Kaynağı Kullanımı

5.1.1 FF Tip Araçların Özellikleri

“FF” araç, motor önde ve önden çekişli araçtır. Yani, motor aracın önüne monte edilmekte ve motor ön tekerlekleri tahrik etmektedir. Arkadan tahrik aksamının olmaması nedeni ile tabandaki tünel bölümü minimuma düşürülebilir ve bu sayede daha geniş yolcu kabini elde edilebilir. Buna ek olarak, arka süspansiyon yapısal olarak daha basit hale gelir ve araç ağırlığı bu şekilde azaltılır.

Bununla birlikte motor, transaks, ön süspansiyon ve direksiyon donanımı ön gövde bölümünde yerleştirildiğinden değişik değerlerde ilave yüklere dayanacak şekilde gövde yapısına sahiptir. Bükülmezlik ve dayanım için alınan bazı tedbirler birleştirme bölgelerini genişletmek veya güçlendirilmiş elemanlarla takviye etmektir.



Şekil 5.1 FF Tip Otomobil Örneği-Toyota Corolla (ZZE121)(Toyota Kaporta Eğitim Kitabı, S1/B2)

FF araçların özellikleri aşağıdaki gibidir;

- ❖ Şanzıman ve diferansiyelin transaks içinde birleştirilmesi ve arkadan tahriği sağlayan bileşenlerin olmaması nedeniyle toplam araç ağırlığı azaltılmıştır.
- ❖ Ön aksın ağırlığı FR tipteki(motor önde-arkadan itişli) araçların aks ağırlığından fazladır. Aynı zamanda tahrik ve direksiyonda ön tekerlekler tarafından kontrol edildiğinden ön süspansiyon ve lastiklere gelen yükte artmaktadır.
- ❖ Arkadan tahriği sağlayan komponentlerin olmaması nedeniyle daha geniş iç hacim elde edilmiştir.
- ❖ Yakıt deposu aracın altına yerleştirildiğinden bagaj kompartımanı geniş ve düz hale gelebilmektedir.

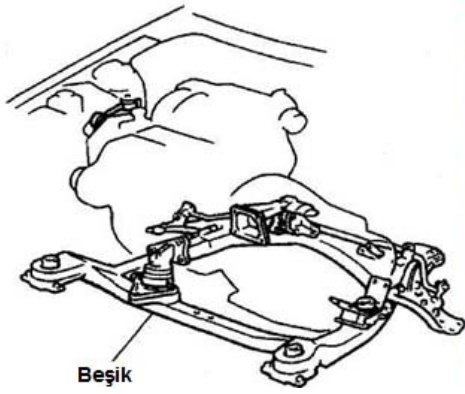
Araçların boyutlarına göre motor destekleme yöntemleri vardır. Kompakt araçlar tüm motor yükünü şasi kollarında taşırlar. Orta boyuttaki araçlar tüm motor yükünü şasi kolları ve motor traversinde taşırlar. Büyük boyuttaki araçlar tüm motor yükünü beşik ve iç davlumbazlarda taşırlar.

5.1.2 FF Tip Araçların Alt Gövde Ön Bölüm Yapısı

Alt gövde ön bölüm dayanımı arttırılmış elemanlardan oluşmaktadır. Örneğin ön şasi kolları, ön travers ve direksiyon dişli kutusu destek elemanı gibi yeterli dayanım ve mukavemeti sağlayacak parçalardır. Ön şasi kolları çarpışmadaki darbeyi tüm gövdeye yayacak şekilde taban alt takviyeler ve ana taban yan kolları ile birleştirilmiştir.

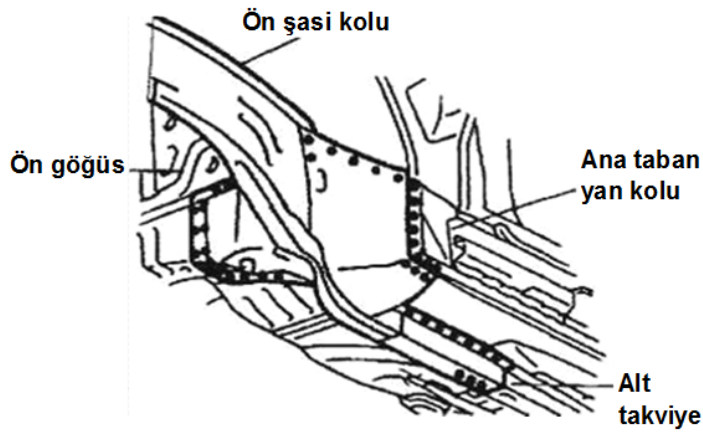
5.1.2.1 Beşik Metodu

Bu methoda motor, süspansiyon sistemi, transaks ve direksiyon sistemi gövdeden bağımsız olarak beşiğe monte edilir. Beşikte gövdeye monte edilir. Titreşimin ana kaynağı şasiye monte edildiğinden diğer methodlara göre bu metod daha sessiz bir ortam sağlar. Günümüzde beşik metodu büyük araçlarda kullanılır.



Şekil 5.2 Motor Desteklenmesinde Beşik Metodu ve Lexus ES 300(Toyota Kaporta Eğitim Kitabı, S1/B2)

Direksiyon kutusu parçasının olmaması nedeniyle ön şasi kolları doğrudan taban yan kolları ve alt takviyelere birleştirilmektedir.



Şekil 5.3 Lexus ES 300 Modeli Ön Şasi Kollarının Taban Yan Kolları ve Alt Takviyelere Puntalarla Bağlanması(Toyota Kaporta Eğitim Kitabı, S1/B2)

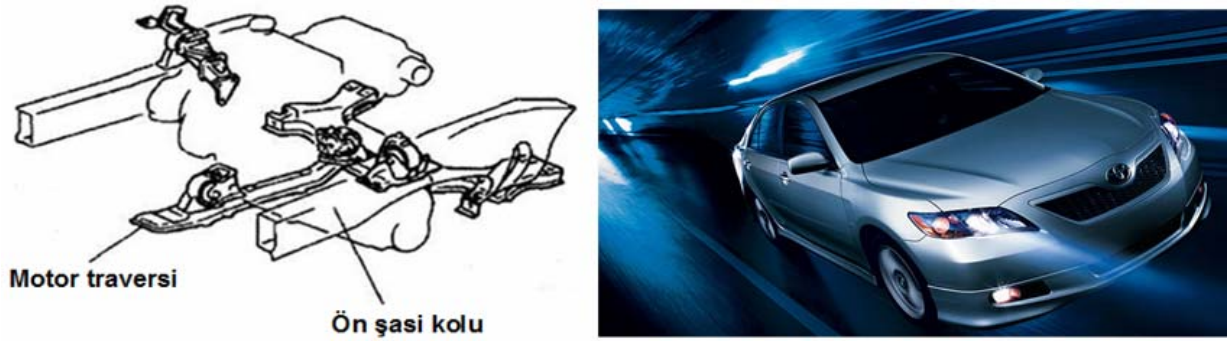
Birleştirilmiş alanın dayanımını sağlamak için, bu birleşim yerine toplam 67 adet punta kaynağı yapılır.(Şekil 5.3)

5.1.2.2 Motor Traversi Metodu

Motor traversi motorun ortasına monte edilmiştir ve motora uzunlamasına destek sağlamak

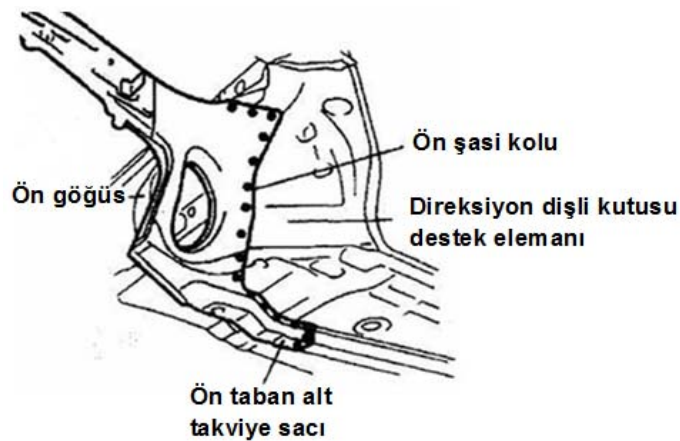
için motora diktir. Motorun yan destekleri motorun her iki yanında yer alan ön şasi kolları kullanılarak sağlanmıştır.

Günümüzde bu metod Corolla(ZZE121-ZZE151 serileri) sınıfı araçlardan Camry(ACV30 serisi) sınıfı araçlara kadar uygulanmaktadır.



Şekil 5.4 Motor Desteklenmesinde Travers Kullanımı ve Toyota Camry(Toyota Kaporta Eğitim Kitabı, S1/B2)

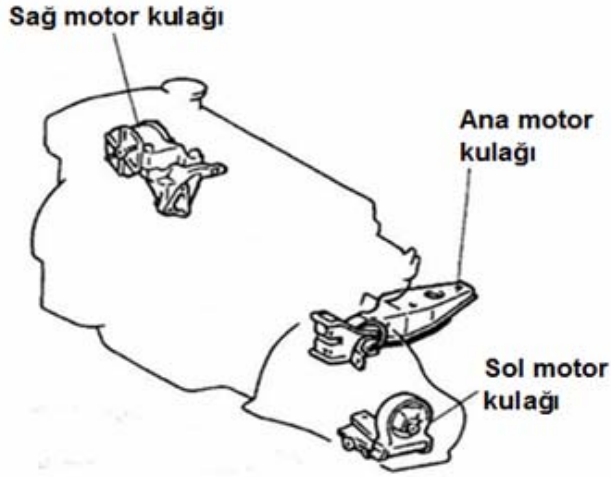
Ön şasi kolu direksiyon dişli kutusu destek traversi ile birleştirilmiştir. Direksiyon dişli kutusu destek elemanı sağ ve sol taban yan kollarına birleştirildiği için şasi kolları marşbiyeye birleştirilmiştir. Bu bölgeye yaklaşık 40 adet punta kaynağı yapılmıştır.(Şekil 5.5)



Şekil 5.5 Toyota Camry Şasi Kollarının Taban Yan Kollarına Puntalarla Bağlanması(Toyota Kaporta Eğitim Kitabı, S1/B2)

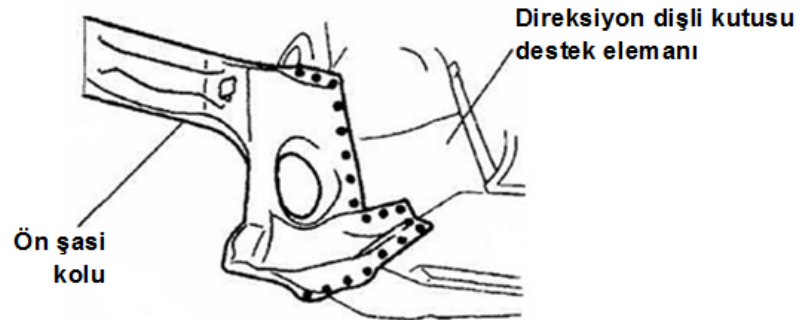
5.1.2.3 Direkt Montaj Metodu

Beşik ya da motor traversi kullanmak yerine motor ön traversi, ön şasi kolu ve direksiyon dişli kutusu destek elemanı gibi mukavemetli elemanlara direkt olarak bağlanmıştır.



Şekil 5.6 Motor Desteklenmesinde Direkt Montaj Metodu ve Toyota Tercel(üstte) ile Toyota Starlet(altta) (Toyota Kaporta Eğitim Kitabı, S1/B2)

Günümüzde bu metod Starlet'den(EP80 serisi) Tercel'e (EL40 serisi) kadar değişen araçlarda kullanılmaktadır.



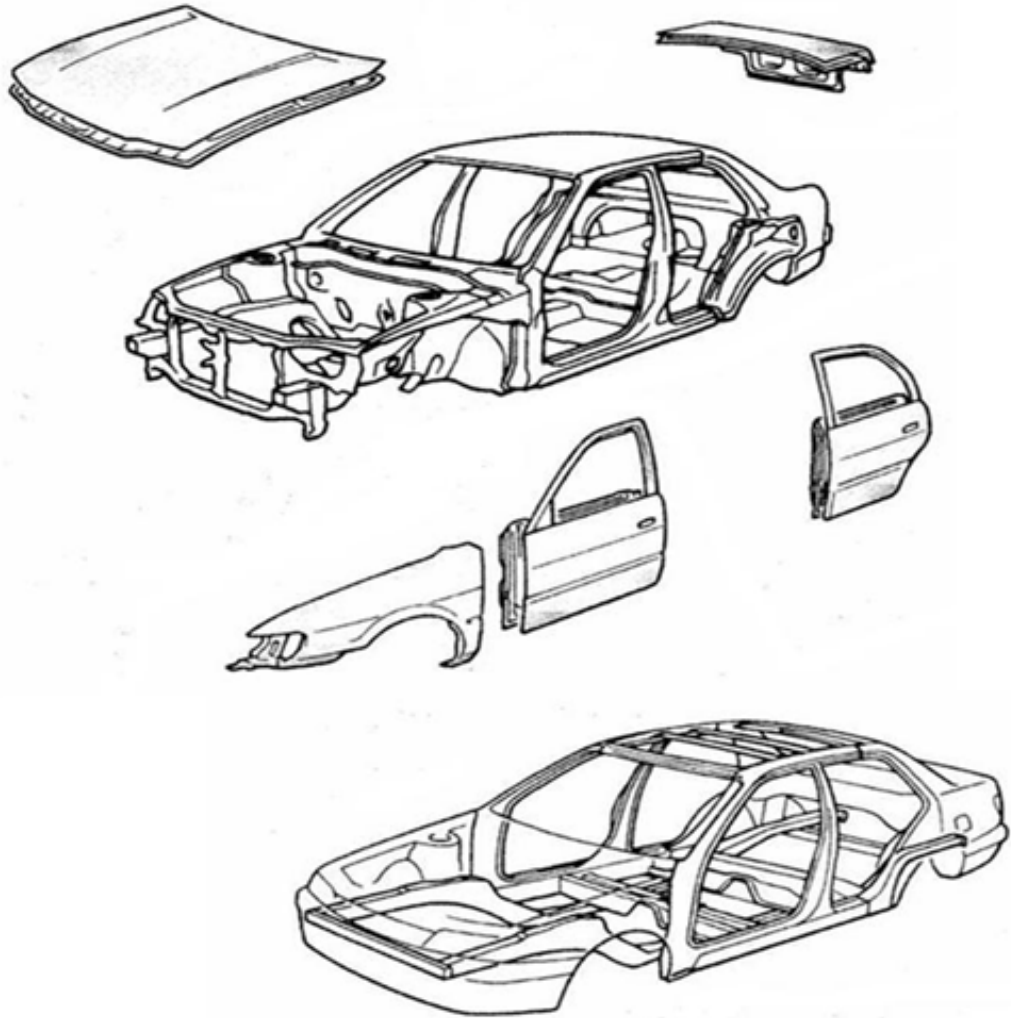
Şekil 5.7 Toyota Tercel Şasi Kollarının Direksiyon Dişli Kutusu Destek Elemanına Puntalarla Bağlanması(Toyota Kaporta Eğitim Kitabı, S1/B2)

Bu metotta, motor traversi ile desteklenmiş motor metodu gibi ön şasi kolları direksiyon dişli kutusu destek elemanı ile birleştirilmiştir. Punta kaynağı sayısı yaklaşık 34 adettir.(Şekil 5.7)

5.2 Otomotiv Endüstrisinde Onarım Kaynaklı Panel Değişimi

5.2.1 Panel Değişiminin Amacı

Araç gövdesi, birçok panelin birleşiminden meydana gelir. Hasarlı gövde panellerini onarmak teknik olarak uygun olmadığında veya onarım tamamlandıktan sonra yüksek bir kalite seviyesi elde etmek mümkün olmadığında, söz konusu panel değiştirilmelidir.



Şekil 5.8 Kaynaklanmış Panellerden Oluşan GOA Gövde(Toyota Kaporta Eğitim Kitabı, S2/B2)

GOA gövdenin temel konsepti son derece sağlam bir yolcu kabini ile darbeyi emen ön ve arka gövde yapısının birleşimidir.(Şekil 5.8)

Bu güvenlik özelliklerini bu sınıf otomobiller için dünyanın en iyileri arasına sokan, GOA gövdedir. Ayrıca, yolcuya etki eden çarpışma enerjisini azaltmak için enerjiyi gövdeye ve şasiye etkin olarak iletmektedir. Yandan çarpışma durumu için de güvenlik arttırılmıştır. Her kapıda yan çarpmadan koruyucu bir kiriş bulunmaktadır ve her gövde direği ve marşbiye paneli, yan gövdenin deforme olmasına engel olmak için takviye sacları ile güçlendirilmiştir.

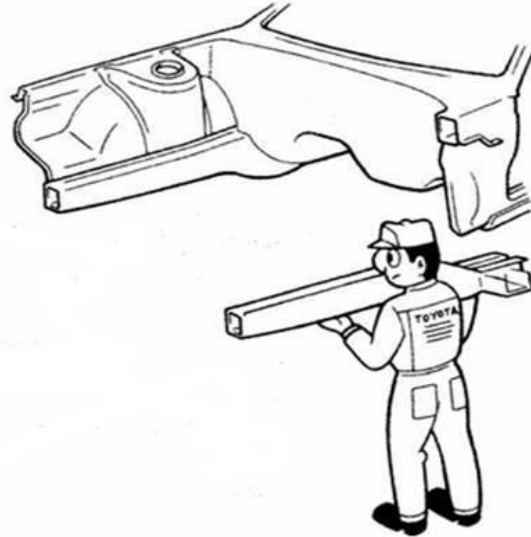
5.2.2 Panel Değişirme Çeşitleri

Panel değişirme yöntemleri genel olarak iki gruba ayrılmaktadır;

- ❖ Komple değişirme
- ❖ Kesip birleştirerek değişirme

5.2.2.1 Komple Değişirme

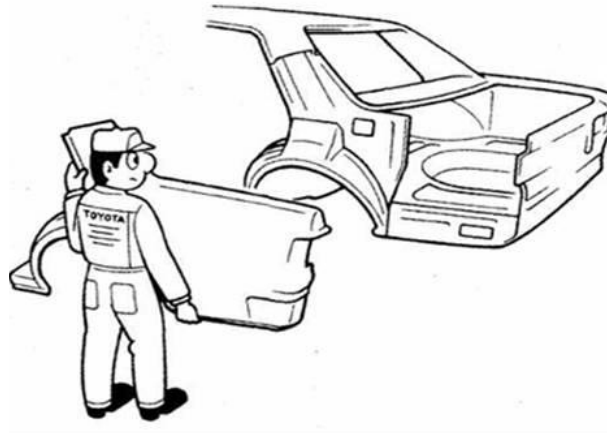
Bu yöntemde hasarlı panel bütün olarak orijinal yeni parça ile değiştirilir.



Şekil 5.9 Komple Panelin Orijinal Yedek Parça ile Değiştirilmesi(Toyota Kaporta Eğitim Kitabı, S2/B2)

5.2.2.2 Kesip Birleştirerek Değiştirme

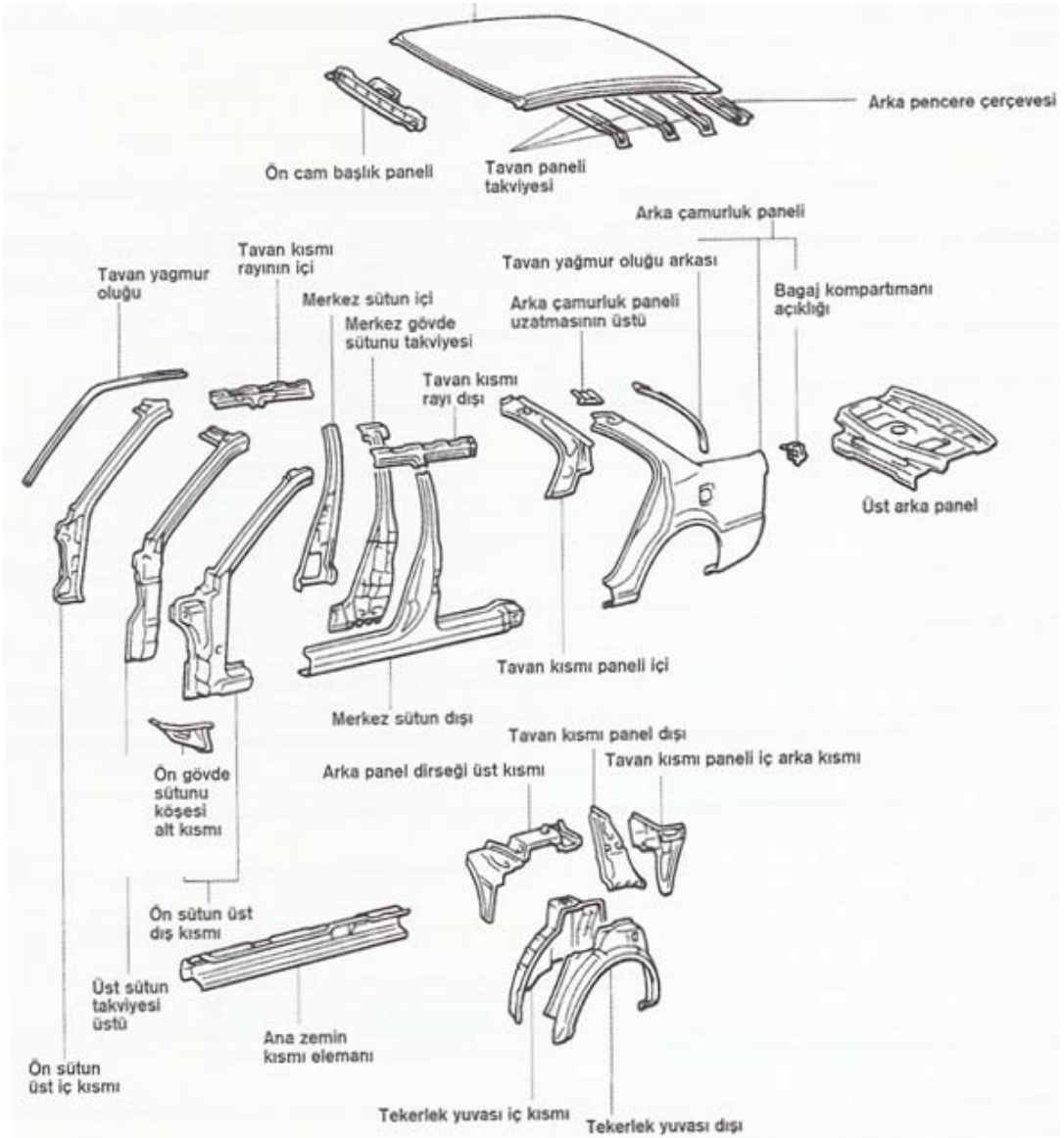
Bu yöntemde hasarlı panel ve yeni panel aynı yerden kesilir ve yeni panel yerine kaynaklanır. Hasarlı panel montaj yoluyla değiştirilemediğinde, panelin sadece bir kısmı hasar gördüğünde, değiştirilmesi zor olduğunda veya bu şekilde değiştirilmesi verimli olmadığında uygulanır. Kesik uçlar ucuca kaynaklanır.



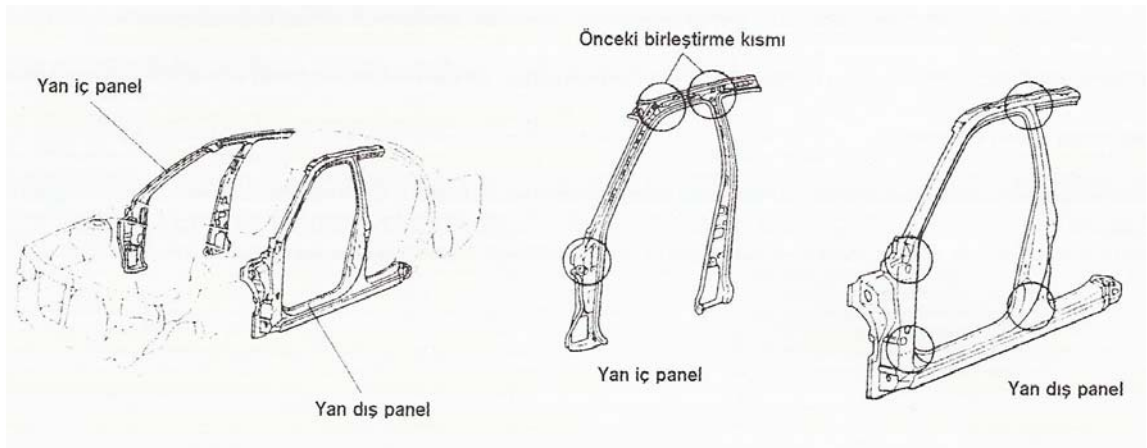
şekil 5.10 Arka amurluk Sacının Yan Panelden Kesilen Parça ile Değiştirilmesi(Toyota Kaporta Eğitim Kitabı, S2/B2)

şekil 5.11, 4 kapılı sedan tipi bir otomobil olan Toyota Corolla 120 serisinin yedek parça panellerini göstermektedir. Bu paneller arasında kesilip kaynak yapılarak değiştirilecek olanlar, n ve arka şasi kolları, marşbiye paneli ve direklerdir.

Son yıllarda araç üretim işleminde yan gövde, gövdenin hassasiyetini ve paslanmazlık performansını artırmak için ereve olarak imal edilmektedir.



Şekil 5.11 Toyota Corolla'nın(ZZE120) Tüm Yedek Parça Panelleri



Şekil 5.12 Tek Parça Olarak Çerçeve Şeklinde İmal Edilen Araç Yan Gövdeleri(Toyota Kaporta Eğitim Kitabı, S2/B2)

5.2.3 Panel Değiştirmenin Onarım Kalitesi

Kaza sonrası onarım işlerinde kalite sağlanması son derece önemlidir. Bu da, temel bir ilke olarak, aracın kalite ve performansının kazadan önceki seviyeye geri getirilmesine bağlıdır.

Araç onarımında yüksek kalite sağlamak için aşağıdaki 4 unsur sağlanmalıdır;

- ❖ Sağlamlık
- ❖ Görünüm
- ❖ Dayanıklılık
- ❖ Paslanma direnci

Panel Kaynak Sağlamlığı

Aracın gövde panelleri tüm gövdeye mukavemet ve sağlamlık sağlayacak şekilde tasarlanır ve mantıklı bir yöntem kullanılarak, hesaplanan sayıda kaynak ile monte edilir. Kaynak makinelerinin performansı ve panel üretimi gibi koşullar fabrikada montaj ve atölyede onarım için farklı olmasına rağmen, onarım kitabını temel alan doğru yöntemler profesyonel tekniklerle birlikte uygulanarak, tasarlanan mukavemet ve sağlamlık sağlanmalıdır.

Panellerin Konumu

Kaynak yapıldıktan sonra panellerin boşluk ayarlarını yapmak mümkün değildir. Bu nedenle, kaynak yapmadan önce hassas olarak boşluk ayarının yapılması gerekir.

- ❖ şasi Malzemeleri

Aracın temel performansının (çalışma, dönme ve durma) doğru olmasını sağlamak için çalışan parçalar (motor ve süspansiyon) doğru boyutlarda monte edilmiş bir gövde içine yerleştirilmelidir.

Çalışan parçalar, hem araç şasisine, hem de dış panellere monte edilir. Bu nedenle şasinin malzemelerini değiştirdiğinizde doğru boyutlarda olmaları gerekir.

- ❖ Dış Paneller

Gövdeyi oluşturan dış panellerin konumu temel araç performansını etkilemez ancak dış kaliteyi önemli ölçüde etkiler. Dış panelleri değiştirdiğinizde, çevresindeki paneller ve ekipman ile tam uyumlu olarak yerleştirmeniz gerekir.

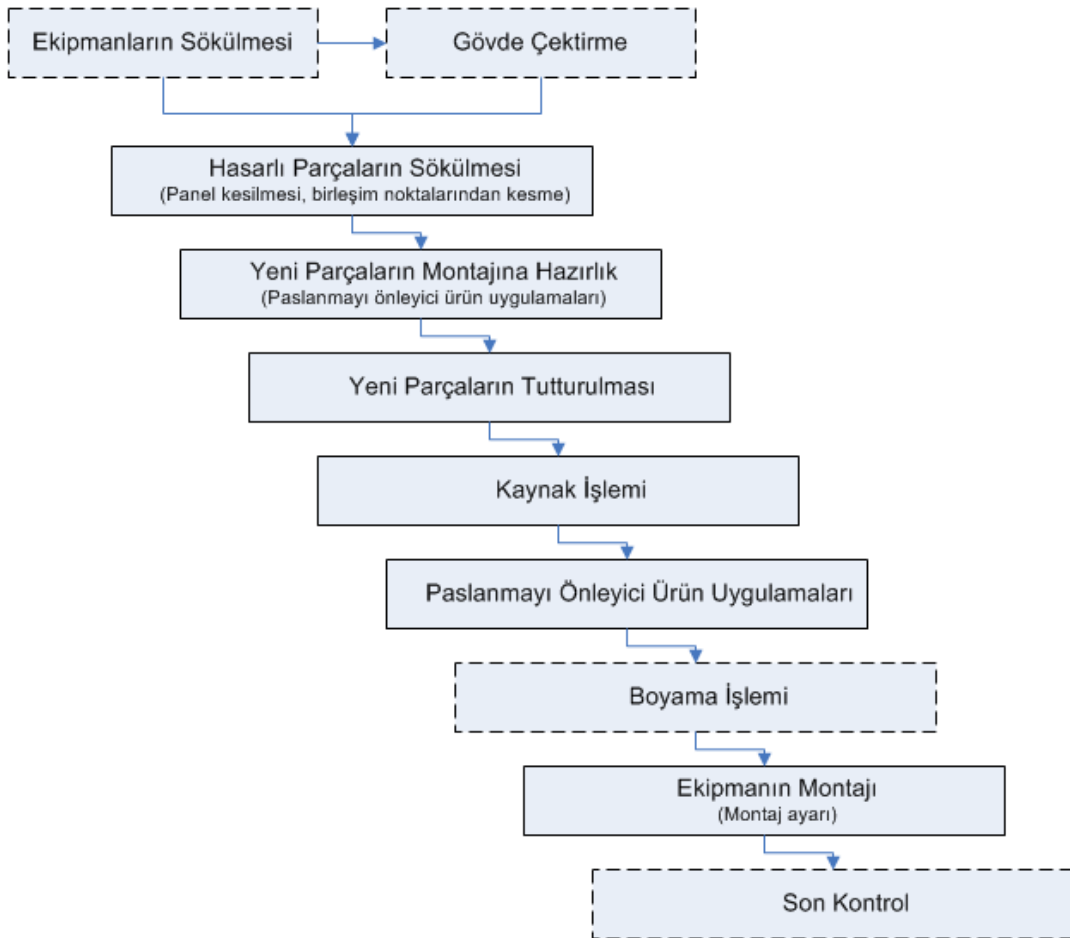
Suya ve Pasa Karşı Direnç

Bir aracın uzun süre kullanılabilmesi, su ve pasa karşı direnci iyi olmalıdır. Bu kalite özellikleri, onarım tamamlandıktan sonra kazandırılmaz. Bunlarla ilgili sorunlar genellikle yakın zamanda ortaya çıkmaz ve ortaya çıktıktan sonra karşı önlemlerin alınması çok zordur. Suya ve pasa karşı direnç özelliği onarım işlemi sırasında kazandırılmalıdır.

5.2.4 Panel Değişirme İşlemi

Değiştirilen panellere bağlı olan veya çalışmaya engel olacak ekipmanlar ve işlevsel parçalar sökülmelidir. Değiştirilmeyen panellerde hasar varsa, gövde çektirme ile bu panelleri onarılmalı, kaynak işleminden önce ve sonra paslanmayı önleyici ürünleri uygulanmalıdır.

Panel değiştirme işlem sırası Şekil 5.13'te verilmektedir.



Şekil 5.13 Panel Değişirme İşlem Sırası(Toyota Kaporta Eğitim Kitabı, S2/B2)

Kaynak işleminden önce ve sonra çeşitli parçalara ayrı ayrı paslanmayı önleyici ürünlerin uygulanması gereklidir; bu nedenle hiçbir adım atlanmamalıdır.

5.2.5 Punta Kaynağı Ekipmanının Performansındaki Farklılıklar

Otomobil üreticisinin montaj şeridindeki punta kaynağı makineleri, genellikle tamir atölyelerinde kullanılan makinelere göre çok daha güçlüdür. Gövde onarımında punta kaynağı uygularken, gövde onarım talimatlarına uyulmalıdır. İstenen yerler dışında özellikle şasilerin kaynaklanması için nokta direnç kaynağı kullanılmamalıdır.

3 mm veya daha kalın panellerde veya 3 veya daha fazla katmanı olan panellerde punta kaynağı uygulanmaması tavsiye edilmektedir.

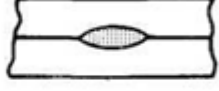
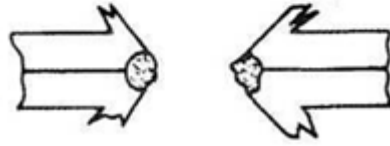
Panellerin onarımında kural olarak; tasarlanan kaynak noktası sayısı 1.3 ile çarpılarak bulunan değer kadar punta atılmalıdır(Toyota Kaporta Eğitim Kitabı, S2/B2).

5.2.6 Kaynak Noktasında Anormallikler ve Sebepleri

Kaynak topağı ana metalin kaynayan kısmıdır. Kaynak topağının şekli ve boyu kaynak mukavemetini büyük ölçüde etkiler.

Kaynak topağının ideali elips şeklinde bir kesit ve küresel bir yüzeydir. Birbirine üst üste eklenmiş iki küçük tabağa benzer(Toyota Kaporta Eğitim Kitabı, S2/B2).

Çizelge 5.1 Kaynak Noktasında Anormallikler ve Sebepleri(Vural ve Akkuş, 2005)

Kaynak Noktasındaki Anormallik	Sebepler
Kaynak topağı çok küçük	Yetersiz akım Çok fazla basınç Çok kısa kaynak süresi
	
Çok fazla sıçrama	Çok fazla akım Yetersiz basınç Kirlili panel
	
Hava delikleri	Yetersiz basınç Yetersiz tutma süresi
	
Çatlaklar	Yetersiz basınç Uygun olmayan elektrod uç şekli
	
Aşırı sıkışma	Çok fazla basınç Çok fazla akım Elektrod ucu çok keskin
	
Patlama	Çok fazla akım Çok yetersiz basınç
	

6. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

6.1 Toyota Hakkında

Toyota Motor(TMC), minivanlardan büyük kamyonlara kadar değişen alanlarda üretim yapan ve büyük bir model yelpazesine sahip olan, dünyanın en büyük otomotiv şirketlerinden birisidir. 2009 takvim yılında, Toyota, Lexus, Daihatsu ve Hino markalarının yıllık toplam satışları 7,81 milyon adede ulaşmıştır. Japonya 'da 12 Fabrikası, 3 bağlı kuruluşu ve 27 ülkede 56 üretim tesisi 321.000 çalışanı ile Lexus ve Toyota marka araçlar üreten şirketin ürünleri, 170 'ten fazla ülkede müşterilere ulaştırılmaktadır. Global Fortune 500 listesinde ilk 10'da yer alan Toyota, dünyanın önde gelen global şirketlerinden birisi olmasının yanı sıra, tüm zamanların en beğenilen otomobil üreticilerinden biri olmaktan gurur duymaktadır. Kökleri Japonya'daki kuruluş yıllarına uzanan özgün değerler ve ilkelerle şekillendirilen şirket, başarısının kaynağı olarak müşteri memnuniyetine bağlılığını görmektedir.

Toyota 'nın otomotiv işlerindeki gelirleri, toplam satışlarının %90'ını kapsamaktadır. Toyota'nın telekomünikasyondan prefabrik evlere ve lüks yatlara kadar değişik alanlarda çalışan şirketleri de bulunmaktadır.

Değişik konulardaki başarılarının desteği ile, şirket insanlığa ve topluma katkılarını sürdürmektedir. Toyota uzun vadeli ve dengeli bir gelişim için, çevre, global ekonomi, bölgesel toplumlar ve paydaşları ile uyumlu bir işbirliğinin anahtar faktör olduğuna inanmaktadır.

Sonuç olarak, Toyota daha çevreci, daha güvenli ve sürüşü zevk haline getirecek geleceğin teknolojilerine yatırım yapmaktadır.



Şekil 6.1 Toyota Prius(3. Nesil) ve Toyota FCHV[1]

Global Toyota satışları yıllar içerisinde gelişim göstermektedir. 1937 yılındaki kuruluşundan beri, Toyota'nın ürün yelpazesi, dünyanın ilk seri üretilen hibrit aracı “Prius”u ve pazara hazır ilk Hidrojenli aracı “Toyota FCHV” yi kapsayacak kadar genişlemiştir. Toyota Üretim Sistemi(TPS), tüm müşterilerin ihtiyacına uygun araçların esnek bir şekilde ve yüksek kalitede üretilmesine imkan vermektedir. Dünyanın bir numaralı lüks aracı “Lexus” da Toyota üretim hatlarında hayat bulmaktadır. [2]

Çizelge 6.1 Global Toyota’nın(Lexus Dahil) Sürekli Gelişimini Gösteren Satış Bilgileri [2]

Yıl	Satılan Araç (Milyon Adet)
2000	5,1
2001	5,3
2002	5,5
2003	6,1
2004	6,7
2005	7,3
2006	8,8
2007	9,4
2008	8,97
2009	7,81

Ülkemizde Toyota’nın distribütör firması olarak Toyota Türkiye-TTMS, 1990 yılından bu yana faaliyet göstermektedir. Ayrıca Adapazarı ’nda Toyota’nın Japonya dışındaki fabrikaları arasında hacim olarak en büyükleri arasında yer alan ve 1994 yılından beri faaliyet gösteren Toyota Otomotiv Sanayi Türkiye-TMMT fabrikası yer almaktadır. Ülkemizde üretilen Toyota Auris ve Toyota Verso modelleri başta Avrupa ülkeleri olmak üzere birçok ülkeye ihraç edilmektedir.

Toyota Türkiye-TTMS(Toyota Pazarlama ve Satış A.Ş.)’nin ortaklık yapısı çerçevesinde, ALJ Lubnatsi Pazarlama ve Satış A.Ş yüzde 65 , Toyota Avrupa yüzde 25 ve Mitsui&Co yüzde 10 hisse yapısına sahiptir. ALJ, 60 yıldır tüm operasyonlarını Toyota markası ile yürüten ve girdiği tüm pazarlarda pazar liderliğine oynayan, Toyota Grubu’nun en büyük bağımsız distribütörüdür.

Toyota Pazarlama ve Satış A.Ş, Türkiye sathına yayılmış geniş bayi teşkilatıyla Toyota marka

araçların pazarlama, satış ve satış sonrası hizmetler faaliyetlerini yürütmektedir. Mutlak müşteri memnuniyeti konusunda liderlik misyonu ile hareket eden Toyota Bayileri ile toplam 62 Toyota Plaza 'da hizmet verilmektedir. Toyota, Türkiye'ye "Plaza" kavramını ilk getiren kurum olarak otomotiv sektöründe öncü ve inovatif kimliği ile de tanınmaktadır. Stratejileri ve hedefleri 'Mutlak Müşteri Memnuniyeti' felsefesi doğrultusunda oluşan Toyota, yeni kurumsal kimlik ve tesis işletim sistemi çerçevesinde yenilenen Plazaları ile müşterilerinin hem satış hem de satış sonrası hizmetlerinde en üst düzeyde memnuniyet sağlayan Toyota deneyimi yaşamasını amaçlamaktadır.[1]



Şekil 6.2 Toyota 'nın Ülkemizde Satışa Sunduğu Modellerden Bazıları[1]

Toyota modelleri kalite, sağlamlık ve güvenilirlik özellikleri ile özdeşleşmektedir. Toyota'nın sunduğu ürün gamında dünyanın en çok tercih edilen otomobili Toyota Corolla, Avrupa'nın amiral gemisi Avensis olmak üzere on bir binek ve iki ticari aracı ile toplam 13 modeli yer almaktadır. Toyota'nın Avrupa lansman planları çerçevesinde, Toyota, müşteri ihtiyaçları ve beklentileri doğrultusunda geliştirilen ve yenilenen modellerini Türkiye pazarına sunmaya devam etmektedir.[1]



Şekil 6.3 İstanbul 'da Bulunan Toyota Türkiye Merkez Yerleşkesi

Kurumsal yönetim ve iletişim çalışmaları “İnovasyon ve Kaizen” üzerine inşa edilmektedir. Tüm çalışanlarının katılımı doğrultusunda sürekli gelişimi ve müşterilerine en kaliteli ürün ve hizmetlerin sunulmasını amaçlayan Toyota Türkiye, Türk otomotiv sektöründe orta vadede binek otomobil pazarının ilk üç marka arasında yer almayı hedeflemektedir. Toyota Türkiye’nin uzun dönemdeki hedefi de, Toyota’nın global vizyonu doğrultusunda pazarda lider konuma yükselmektir.

Müşterilerini en çok memnun eden ve ilk tercih edilen “Lider Marka” olmak vizyonu ile yola çıkan şirketin ana değerleri; “İnsana Saygı” ve “Çevreye Saygı” şeklindedir.[1]

6.2 Deneysel Çalışmalarda Kullanılacak Malzemelerin Etüdü

6.2.1 Galvanize/Galvanile Çelikler

Galvanize yassı çelikler, soğuk haddelenmiş metalin sıcak daldırma prosesi ile, her iki yüzeyinin de çinko tabakası ile kaplanması sonucu üretilirler. Çelik yüzeyinde çinko

kaplamanın oluşturulmasından sonra, indüksiyon ile ısıtma sonucunda ara yüzeydeki kaplamanın çinko-demir alaşım tabakasına dönüştürülmesi ile galvanile yassı çelikler üretilir. Atmosfere açık alanlarda malzemede oluşacak korozyonu engellemeye ve malzeme ömrünü artırmaya yönelik yapılan bu kaplama işlemi ile üretilen galvanizlenmiş malzemeler, özellikle otomotiv sektörü ve dış yüzey kaplama yapan sektörlerin en önemli girdisini oluşturmaktadır. Galvanize/galvanile çelikler kromatlama ve/veya yağlama ile pasife edilerek, yüzeyde oluşturulan çinko kaplamanın korunumu sağlanmaktadır.



Şekil 6.4 Otomotiv Endüstrisi İçin Önemli Bir Yarı Mamul Olan Yassı Galvanile Çelikler[1,2]

Galvanizlenmiş malzemelerin yüzey kaliteleri, uluslararası standartlar baz alınarak A, B ve C (en iyi) yüzey olmak üzere, üç farklı yüzey kalitesinde üretilebilmektedir.[4]

6.2.1.1 Galvanize/Galvanile Çeliklerin Diğer Malzemelere Göre Avantajları

Korozyon Direnci: Kaplamadaki çinkonun doğasında bulunan metali korozif elementlere karşı bariyer kurarak koruması nedeniyle, mükemmel bir korozyon direnci sağlamaktadır. En iyi kullanım ömrü kaplamanın kalınlığına ve ortamın şiddetine (nemli, tuzlu v.b.) bağlıdır.

Mükemmel Yüzey Görünümü: C yüzey kalitesi görünür yüzey uygulamalarında sorunsuz

olarak kullanılmaktadır.

Şekillendirilebilirlik: Galvanizli çelikler ekstra derin çekilebilirlik ve bükme istenen parça üretimlerinde rahatlıkla kullanılır.

Boyanabilirlik: Doğru ön işlemlerin (yüzey işlemleri, yağ alma v.b.) yapılması akabinde boyanabilir haldedir.

Kaynaklanabilirlik: Birçok bilinen kaynak prosesleri ile kaynaklanabilir. Galvanile ürünler galvanizli ürünlere göre daha geliştirilmiş punta kaynaklanabilirliğine sahiptir.[4]

6.2.1.2 Galvanize/Galvanile Çeliklerin Genel Uygulama Alanları

Otomotiv sektörünün geliştirilmiş korozyon direnci ve boya adhezyonu gereksinimlerini en üst düzeyde karşılayan galvanize/galvanile ürünlerin, otomotiv endüstrisindeki kullanımı özellikle son yıllarda çok artmıştır. Günümüzde çoğu otomobil üreticileri hem iç yüzey hem de dış yüzey parça üretimlerinde galvanize/galvanile saclar kullanarak, ürettikleri araçlara korozyona karşı ömür boyu garanti verebilmektedir. Sıcak daldırma galvanize/galvanile çelikler araç gövdesinin çeşitli parçalarında kullanılmaktadır.

Yapı sektöründe sıcak daldırma galvanize/galvanile çelikler geniş bir kullanım alanına sahiptir. Uygulanacak alanın atmosferik şartlarına ve istenilen korozyon direncine bağlı olarak değişik kaplama kalınlıklarında çatı, kapı, fens, profil gibi çeşitli uygulamalarda kullanılır.

Beyaz eşya sektöründe görünmeyen(iç) yüzeylerde kullanılan galvanizli sacların, görünür (dış) yüzeylerde de kullanılmaya başlanmasıyla birlikte, beyaz eşya ürünleri parçalarının büyük bir bölümü galvanizli saclardan üretilmeye başlanmıştır.[4]

6.2.2 Standartların Belirlenmesi

Yapılacak uygulama çalışmasında TMMT 'de araç üretiminde kullanılan ve Erdemir firmasından alınan galvanile çelik saclar kullanılacaktır. Bu malzemenin Erdemir kalite numarası 411 ve 430 olup standart karşılıkları Çizelge 6.2 'de verilmektedir. Çizelge 6.3 'te ise; aynı malzemelerin eski ve benzer standart karşılıkları yer almaktadır.

Cizelge 6.2 411 ve 430 Kalite Galvanile Çeliklerin Standart Karşılıkları[4]

Genel Kullanım Alanı ve Başlıca Özelliği	Erdemir Kalite No.	Standart Karşılığı	
		Standart	Kalite
Soğuk şekillendirmeye uygun düşük karbonlu "çinko ile kaplanmış" galvanize çelikler	1311	DIN EN 10327-04	DX51 D + Z
	1312	DIN EN 10327-04	DX52 D + Z
	1313	DIN EN 10327-04	DX53 D + Z
	1314	DIN EN 10327-04	DX54 D + Z
	1315	DIN EN 10327-04	DX56 D + Z
	311	A2DC05-Erdemir FR02	311
	312	XE-Erdemir RN04	312
	323	A3 DC06-Erdemir FR03	323
Soğuk şekillendirmeye uygun düşük karbonlu "çinko - demir alaşımı ile kaplanmış" galvanile çelikler	324	XES-Erdemir RN05	324
	1411	DIN EN 10327-04	DX51 D + ZF
	1412	DIN EN 10327-04	DX52 D + ZF
	1413	DIN EN 10327-04	DX53 D + ZF
	1414	DIN EN 10327-04	DX54 D + ZF
	1415	DIN EN 10327-04	DX56 D + ZF
	410	SCGA 270C-Erdemir TY05	410
	411	SCGA 270C-Erdemir TY06	411
	430	SCGA 270D-Erdemir TY07	430
	431	SCGA 270D-Erdemir TY08	431

Cizelge 6.3 411 ve 430 Kalite Galvanile Çelikler İçin Eski ve Benzer Standart Karşılıkları[4]

Erdemir Kalite No.	Benzer Standart Karşılıkları ^(*)			
	Eski	EN	Amerikan	Japon
1311	DIN EN 10142 Fe PO2 G Z	DX51 D + Z	ASTM A653 CS Type C	JIS 3302 (1987) SGCC
1312	DIN EN 10142 Fe PO3 G Z	DX52 D + Z	ASTM A653 CS Type B	JIS 3302 (1987) SG CD1
1313	DIN EN 10142 Fe PO5 G Z	DX53 D + Z	ASTM A653 FS Type B	JIS 3302 (1987) SG CD2
1314	DIN EN 10142 Fe PO6 G Z	DX54 D + Z	ASTM A653 DDS Type A	JIS 3302 (1987) SG CD3
1315	DIN EN 10142 Fe PO7 G Z	DX56 D + Z	ASTM A653 EDDS	-
311	DIN EN 10142 Fe PO6 G Z	DX54 D + Z	-	-
312	DIN EN 10142 Fe PO5 G Z	DX53 D + Z	ASTM A653(97) FS	-
323	DIN EN 10142 Fe PO7 G Z	DX56 D + Z	-	-
324	DIN EN 10142 Fe PO6 G Z	DX54 D + Z	-	-
1411	DIN EN 10142 Fe PO2 G ZF	DX51 D + ZF	ASTM A653 CS Type C	JIS 3302 (1987) SGCC
1412	DIN EN 10142 Fe PO3 G ZF	DX52 D + ZF	ASTM A653 CS Type B	JIS 3302 (1987) SG CD1
1413	DIN EN 10142 Fe PO5 G ZF	DX53 D + ZF	ASTM A653 FS Type B	JIS 3302 (1987) SG CD2
1414	DIN EN 10142 Fe PO6 G ZF	DX54 D + ZF	ASTM A653 DDS Type A	JIS 3302 (1987) SG CD3
1415	DIN EN 10142 Fe PO7 G ZF	DX56 D + ZF	ASTM A653 EDDS	-
410	DIN EN 10142 Fe PO5 G ZF	DX53 D + ZF	ASTM A653 DQ	-
411	DIN EN 10142 Fe PO5 G ZF	DX53 D + ZF	ASTM A653 DQ	-
430	DIN EN 10142 Fe PO7 G ZF	DX56 D + ZF	-	-
431	DIN EN 10142 Fe PO7 G ZF	DX56 D + ZF	-	-

SCGA 270C-Erdemir TY05 ve SCGA 270C-Erdemir TY06 düşük karbonlu galvanile çelikler, Erdemir tarafından Toyota Otomotiv Sanayi Türkiye için özel geliştirilmiştir. 410 ve 411 kalite olarak adlandırılan bu çeliklerin ana özelliği soğuk çekme işlemine yatkın

olmalarıdır. 430 ve 431 kalite indeksine sahip galvanile çelikler de Toyota için üretilmektedir. Bu malzemeler ise; derin çekme işlemine daha yatkındır ve bu işlemin uygulanacağı gövde parçalarında bu malzemeler tercih edilmektedir.

6.2.3 Kimyasal Bileşim ve Mekanik Özellikler

Kimyasal bileşim olarak 410 ile 411 kalite galvanile çelikler aynıdır. Benzer şekilde 430 ile 431 kalite galvanile çelikler de aynı kimyasal bileşime sahiptirler. Burada farklılık oluşturan unsur malzemenin kalınlığı olmaktadır;

- 410, 430 kaliteler için $0,40 \leq d \leq 1,00$
- 411 kalite için $1,00 \leq d \leq 1,60$
- 431 kalite için $1,00 \leq d \leq 2,00$

Çizelge 6.4 Soğuk Şekillendirmeye Uygun Galvanile Çelikler İçin Kimyasal Bileşim[4]

Kimyasal Bileşim (%)									
Erdemir Kalite No.	Örnek Kullanıcı Sektör	Standart Karşılığı		C max.	Mn max.	P max.	S max.	Ti max.	Nb max.
		Uygulanan Standart	Benzer Standart						
410	Otomotiv	SCGA 270C-Erdemir TY05	DIN EN 10327 DX53D + ZF	0.050	0.25	0.020	0.015	0.01	0.01
411	Otomotiv	SCGA 270C-Erdemir TY06	DIN EN 10327 DX53D + ZF	0.050	0.25	0.020	0.015	0.01	0.01
430	Otomotiv	SCGA 270D-Erdemir TY07	DIN EN 10327 DX56D + ZF	0.004	0.20	0.010	0.010	0.06	0.03
431	Otomotiv	SCGA 270D-Erdemir TY08	DIN EN 10327 DX56D + ZF	0.004	0.20	0.010	0.010	0.06	0.03

Düşük karbonlu olan galvanile çeliklerin soğuk şekillendirilebilme özellikleri çok iyidir. 430 ve 431 kalite galvanile çeliklerde karbon oranı 410 ve 411 kalite çeliklere göre oldukça düşüktür. P ve S oranlarına bakıldığında da 430 ve 431 kalite galvanile çeliklerin daha kararlı olduklarını görmekteyiz. Ayrıca 430 ve 431 kalite çeliklerde akıcılık ve dayanımın artırılmasına yönelik olarak Ti ve Nb alaşım oranlarında artış dikkat çekmektedir. Birim maliyetleri çok daha yüksek olan 430 ve 431 kalite galvanile çelikler derin çekme işlemine yatkındırlar.

Çizelge 6.5 Galvanile Çeliklerin Mekanik Özellikleri[4]

Mekanik Özellikler									
Erdemir Kalite No.	Örnek Kullanıcı Sektör	Standart Karşılığı		R_e N/mm ² (kg/mm ²)	R_m N/mm ² (kg/mm ²)	A_{80} (%)		r	n
		Uygulanan Standart	Benzer Standart			min.	max.		
410	Otomotiv	SCGA 270C-Erdemir TY05	DIN EN 10327 DX53D + ZF	180 - 235 (18.4 - 24.0)	270 (27.6)	36	43	-	-
411	Otomotiv	SCGA 270C-Erdemir TY06	DIN EN 10327 DX53D + ZF	180 - 235 (18.4 - 24.0)	270 (27.6)	39	46	-	-
430	Otomotiv	SCGA 270D-Erdemir TY07	DIN EN 10327 DX56D + ZF	140 - 180 (14.3 - 18.4)	270 (27.6)	41	47	1.40	0.20
431	Otomotiv	SCGA 270D-Erdemir TY08	DIN EN 10327 DX56D + ZF	140 - 180 (14.3 - 18.4)	270 (27.6)	44	51	1.40	0.20

 R_e : Akma Dayanımı R_m : Çekme Dayanımı A_{80} : Uzama($L_0=80$ mm) r : Kalıcı Uzama Oranı n : Uzama Sertleşmesi Üssü

Çizelge 6.5 'te ise 410 ve 430 kalite galvanile çeliklerin mekanik özellikleri yer almaktadır. Daha düşük C ve Mn ihtiva eden 430 kalite galvanile çeliklerin akma dayanımları, 410 kalite çeliklere göre daha azdır. Derin çekme işlemine daha uygun olabilmesi amacıyla azaltılan P ve S oranları ile 430 kalite çeliklerin % uzama oranları 410 kalite çeliklere nazaran daha yüksektir.

6.2.4 Elektrot Malzeme Seçimi

Deneysel çalışma içerisinde kullanılacak elektrotlar bakır alaşımı olup içerisinde çok az miktarda krom ve zirkonyum ihtiva etmektedir. Tüm kaynak numuneleri için aynı malzemeden gövde çapı 10 mm olan elektrotlar kullanılacaktır. Elektrot malzemesinin kimyasal bileşimi ve diğer özellikleri Çizelge 6.6 ' da verilmektedir.

Çizelge 6.6 Elektrot Malzemesi Kimyasal Bileşimi ve Özellikleri(Elektron Multispot M80 El Kitapçığı)

Elektrot Tipi	Kimyasal Bileşimi	Isıl İletkenlik (J/cmsK)	Elektrik İletkenliği (m/Ωmm ²)	Çekme Dayanımı (N/mm ²)
CRM 16 X CuCrZr(Ucl)	Geri kalanı Cu 0,4% Cr 0,03% Zr	320	48	540



Şekil 6.5 Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Elektrot ve Tutucu Mekanizmalar

6.3 Nokta Direnç Kaynağı Uygulaması

Bu çalışmanın uygulaması, Toyota Türkiye satış sonrası hizmetler direktörlüğü bünyesinde hizmet veren Toyota Eğitim Merkezi'nde gerçekleştirildi.

Otomotiv endüstrisinde kullanılan onarım amaçlı kaynak uygulamaları, bu merkezde bulunan özel kaporta sınıfları ve atölyelerinde 3 farklı seviyede Toyota teknisyenlerine anlatılmaktadır. 3 aşamalı eğitimlerde ağırlık uygulamalara verilmekte olup, her seviye sonunda yapılan sınavlar sonucunda başarılı görülen kaporta teknisyenleri sertifikalarını almaktadırlar.



Şekil 6.6 Toyota Eğitim Merkezi

Merkezde seviye eğitimlerinin yanı sıra Toyota teknisyenleri için tazeleme eğitimleri, yeni araçların satışına başlanmadan önce yeni model eğitimleri verilmektedir. Eğitim programına bağlı olarak firma çalışanlarının kişisel eğitimlerinin de bir kısmı burada gerçekleştirilmektedir.

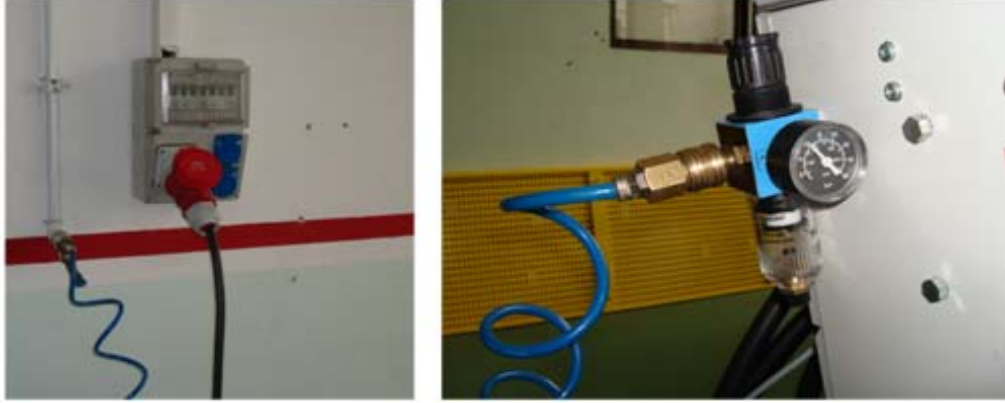
Kaporta eğitim atölyelerinde anlatılan ana konular panellerin onarımı ve değiştirilmesi, gövde onarım kaynak metodları ile boya uygulamaları olmaktadır.



Şekil 6.7 Kaporta Uygulama Sınıfı ve Kısımları

6.3.1 Nokta Direnç Kaynak Makinesi Özellikleri

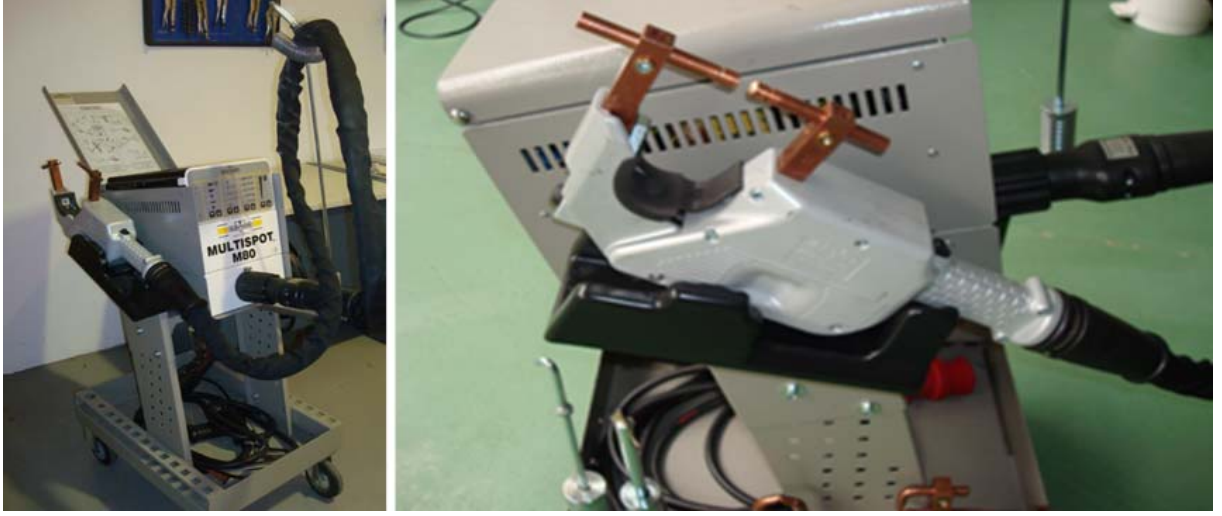
Yapılacak uygulamada kullanacağımız nokta direnç kaynak makinesi Alman Elektron firmasının MULTISPOT M80 modeli olup, sınıf olarak kaportacı nokta kaynak makinesi sınıfına girmektedir. Bu modelde güç kaynağı bir mikro işlemci tarafından kontrol edilmektedir. Makinenin çalışabilmesi için 400V(380-415 V) sanayi tipi gerilime ve pnömatik elektrod tutucu mekanizması için 8 bar hava basıncına ihtiyaç vardır.



Şekil 6.8 Elektron MULTISPOT M80 Kaynak Makinesi Enerji ve Hava Girişleri

Çizelge 6.7 Elektron MULTISPOT M80 Teknik Bilgileri(Elektron Multispot M80 El Kitapçığı)

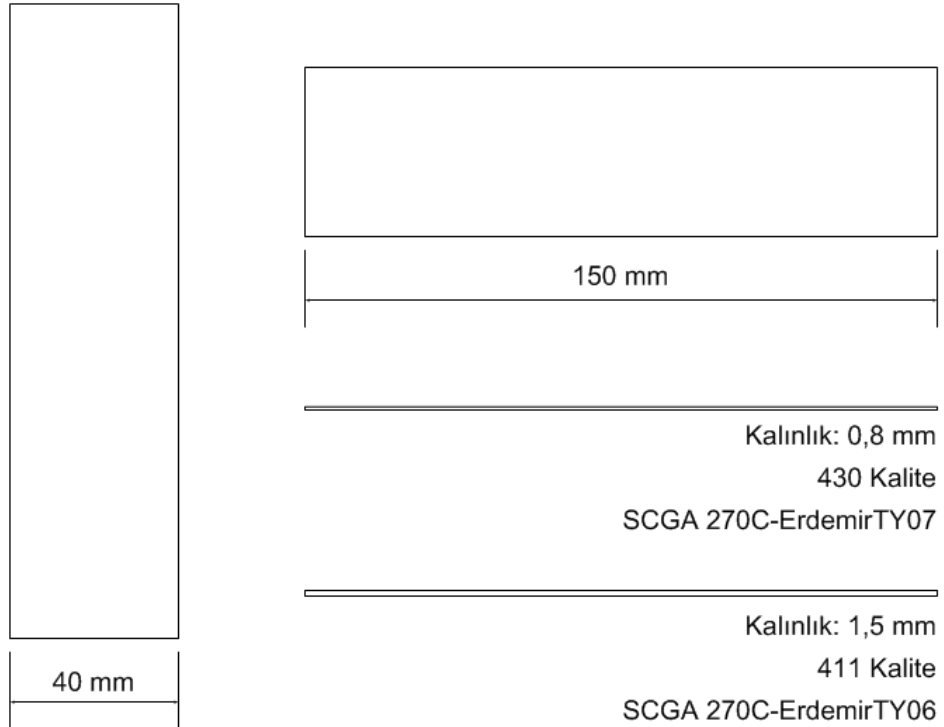
GÜÇ KAYNAĞI	Gerekli Voltaj	400 V
	En Düşük Akım Sigortası	32/35 A
	Ana Frekans	50/60 Hz
	Güç Kablosu	14,7 kVA
	Maksimum Kaynak Kapasitesi	45 kVA
	Açık Devre Voltajı	12 V
	Kaynak Zamanı	0,03 - 0,9 s
	İmpulsu Kaynak Zamanı	0,1 - 1,5 s
	Çalışma Sıcaklığı	40°C
	Taşıma Aksamı ile Beraber Ölçüler	1020
	Tüm Aksesuarlarla Beraber Ağırlık	97,1 kgf
PNÖMATİK KAYNAK ÜNİTESİ	Kablosuz Ağırlık	3,5 kgf
	Kablolu Ağırlık	11,5 kgf
	Çalışma Basıncı	8 bar
	Elektrod Tutucuları	20 x 20 mm
	Elektrod Temas Basıncı	1800 N/m ²
	Kaynak Kablosu Uzunluğu	2,5 m
	Elektrod Çapı	10 mm



Şekil 6.9 Elektron MULTISPOT M80 Nokta Kaynak Makinesi ve Pnömatik Kaynak Ünitesi

6.3.2 Kaynak Numunelerinin Hazırlanması

Nokta direnç kaynağı uygulamasında malzeme olarak; Toyota için otomobil karoseri ve gövde parçalarının imalatında kullanılması için özel üretilen SCGA 270C-ErdemirTY07(430 Kalite) ile SCGA 270C-ErdemirTY06(411 Kalite) galvanile çelik plakalar kullanılmıştır.



Şekil 6.10 Hazırlanan Numunelerin Ölçüleri ve Standart Karşılıkları

Büyük boyuttaki levhalar öncelikle kesilerek Şekil 6.10 'da verilen standart numune ölçülerine getirildi. Ardından çelik plakaların kaynak yapılacak her iki ucunun önlü arkalı yüzeyleri zımparalandı. Böylelikle kaynak yüzeylerinin birbirlerine kaynak esnasında boşluksuz bir biçimde temas etmesi ve galvanile çeliğin kaplamasında ki Zn muhteviyatının kaynak kalitesini minimum seviyede etkilemesi hedeflendi.



Şekil 6.11 Numune Çelik Plakaların Hazırlanması ve Kullanılan Ekipmanlar

Son olarak kaynak yüzeyleri zımparalanan çelik plakalar, “Teroson” marka kimyasal temizleyici ile önlü arkalı iyice silinerek kaynak işlemine hazır hale getirildi.

6.3.3 Direnç Nokta Kaynağı Makinesi Hazırlıklarının Yapılması

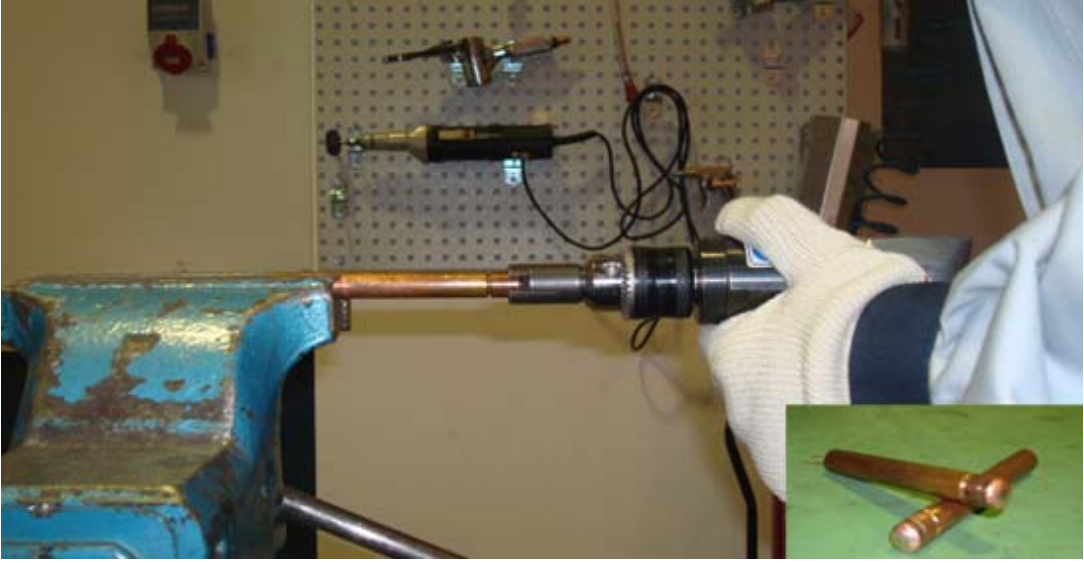
Öncelikle kaynak makinesinin pnömatik ünitesinde bulunan elektrot tutucuları ve elektrotların durumları incelendi. Mevcut elektrotların uç profillerinin bozulduğu ve özellikle elektrotların uç kısımlarında Zn birikimi olduğu saptandı. Elektrotların uçlarının yeniden açılması ve uç profillerinin tekrardan hazırlanması gerektiği kararı alındı. Böylece elektrotlar, dikkatli bir şekilde tutucularından söküldü ve bu esnada tutucuların da mekanizmalarında bir aksaklık olup olmadığı kontrol edildi.



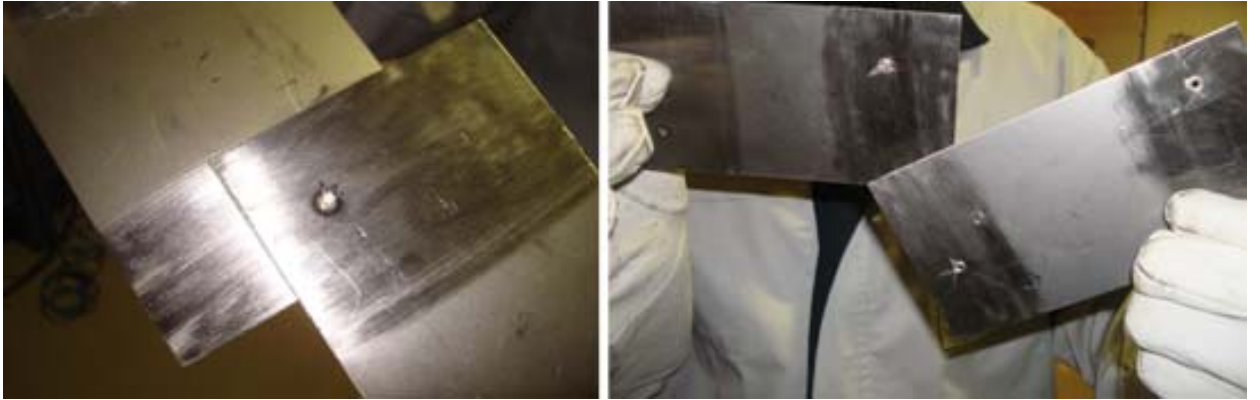
Şekil 6.12 Elektrotların Sökülmesi ve Tutucuların Kontrol Edilmesi

Sökülen elektrotlar, yer düzlemine paralel olarak kaynak uçları dışta olacak pozisyonda mengeneye bağlandı. Ardından uç açma matkabı ile uç formları düzeltilen elektrotlar tekrar elektrot tutucusuna sıkıca bağlandı. Elektrotların doğrultuları ayarlandıktan sonra ince zımpara süngeri ile uçlar iyice pürüzsüz hale getirildi. Özellikle kirli elektrot ucu ve düzgün olmayan profil nedeniyle kaynak üzerinde oluşabilecek negatif etkiler bu şekilde elimine edilmiş oldu.

Elektrotlar tutuculara uygun pozisyonda sabitlendikten sonra cihazı ve diğer tüm girdi parametrelerin kontrolü amacıyla deneme direnç nokta kaynakları yapılması aşamasına geçildi. 430 kalite malzemeden sac plakalar üzerinde deneme puntaları atıldı.



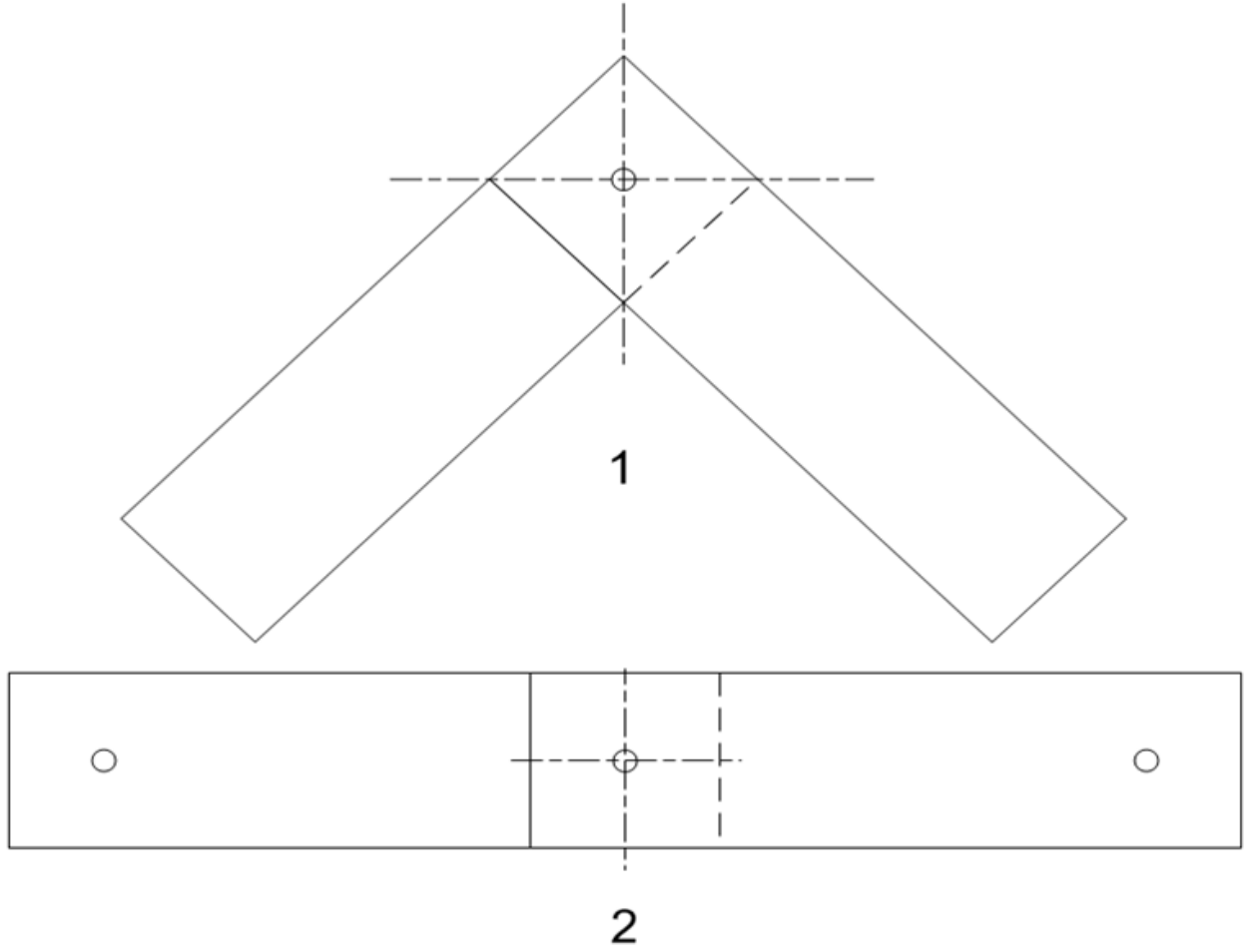
Şekil 6.13 Elektrotların Uç Açma Matkabı ile Açılması ve Elektrotların Son Hali



Şekil 6.14 Kaynak Makinesi ve Tüm Girdi Parametrelerinin Kontrolü Amacıyla Yapılan Deneme Direnç Nokta Kaynakları

6.3.4 Nokta Direnç Kaynağı Deneysel Çalışması

Bu deneysel çalışmada, numune boyutlarında hazırlanmış olan otomobil panel sacları bindirme usulü ile nokta direnç kaynağı ile birleştirilerek ardından yapılacak testler ile optimum kaynak şartları bulunmaya çalışılacaktır.

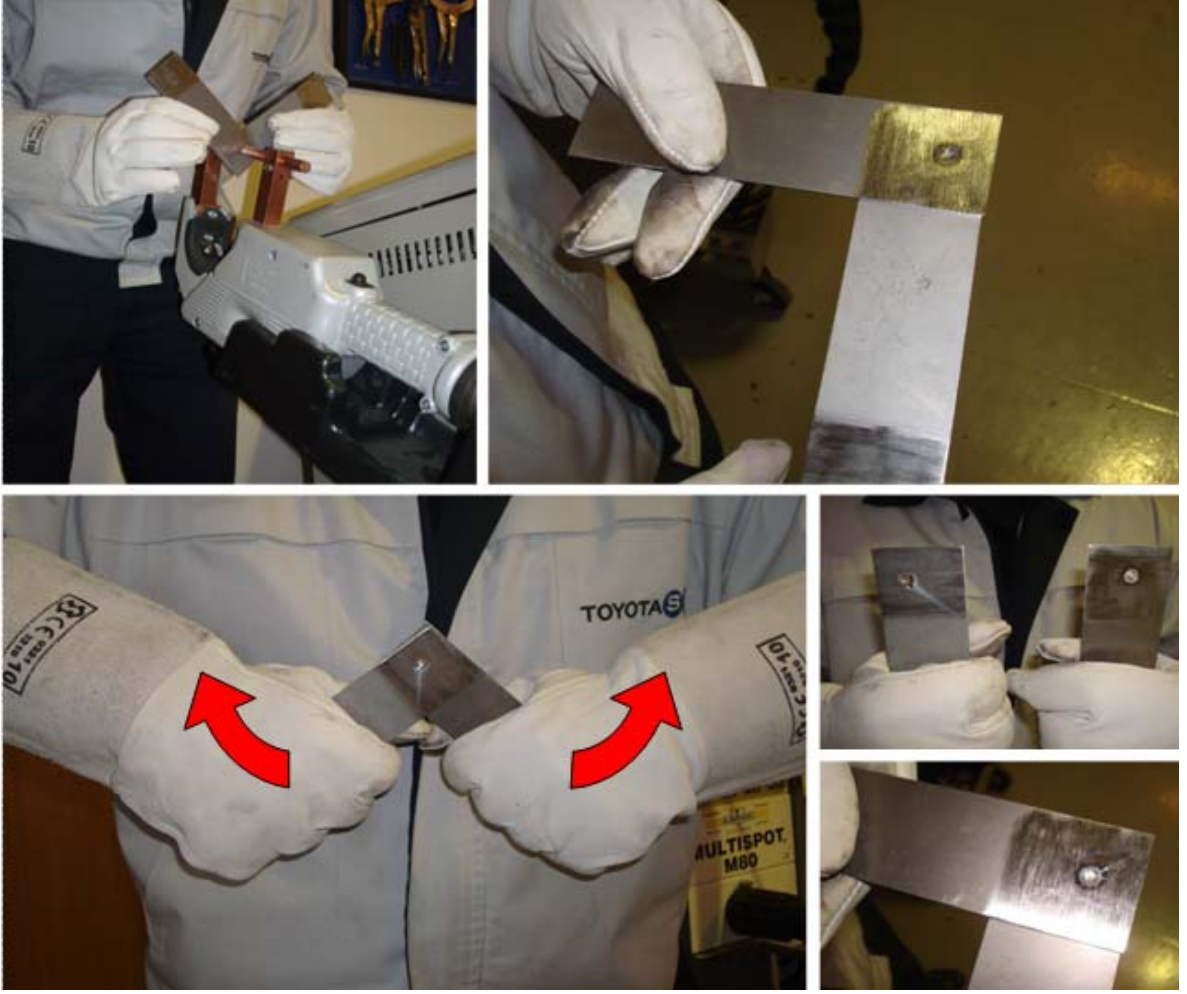


1: İlk kaynak şekli

2: Ayırdıktan sonra çekme-makaslama için ikinci kaynak şekli

Şekil 6.15 Birinci ve İkinci Kademe Kaynak Şekilleri

Şekil 6.10 'da verilen standart numune boyutlarında hazırlanan 0,8 mm ve 1,5 mm olmak üzere iki farklı malzeme kalınlığındaki galvanile çelik plakalar direnç nokta kaynağı ile birleştirildi. Numaralandırılarak kayıt altına alınan plaka çiftine 2 kademeli direnç nokta kaynağı yapıldı. İlk kaynak Şekil 6.15-1'de görüldüğü gibi gerçekleştirildi. Ardından yapılan birleştirme plaka uçlarından tutularak Şekil 6.16'te görüldüğü gibi kopartıldı. Eğer bu ilk kontrol yöntemi sonrasında plakaların birinde delik oluşmuş ise, bağlantı dayanımı kabul edilebilir olarak değerlendirilir. Kopartılma sonrasında her iki plaka üzerinde de delik oluşmamış ise, bağlantı dayanımının uygun olmadığı sonucuna varılır. Böyle bir durumda geriye dönük olarak kaynak işlemi parametrelerinin gözden geçirilmesi gereklidir.



Şekil 6.16 Birinci Kaynak ve İlk Kontrol Yöntemi

İlk kontrol yönteminden sonra direnç nokta kaynağı bağlantısında delik oluşup oluşmadığı, oluştu ise delik çapı ölçümü ve topak çapı ölçümü yapılarak diğer açıklamalar ile sonuçlar kayıt altına alındı. Ardından kaynak makinesinin parametre ayarları değiştirilmeksizin Şekil 6.15-2’de görüldüğü şekilde çekme makaslama testi için ikinci direnç nokta kaynağı yapıldı. Kaynak numuneleri bu şekilde hazırlandıktan sonra numaraları numunelerin üst yüzlerine yazılarak tezgah üzerinde biriktirildi.



Şekil 6.17 İkinci Kaynak ve Kaynak Numunelerin İlk Serisinin Tamamlanması

İlk malzeme kalınlığında birinci tip elektrot uç formu(B tipi) ile basınç, akım ve kaynak süresi parametrelerini değiştirerek toplam 27 adet kaynak numunesi hazırlandı.



Şekil 6.18 Sonuçların Kaydedilmesi ve Kaynak Numunelerinin Numaralandırılması

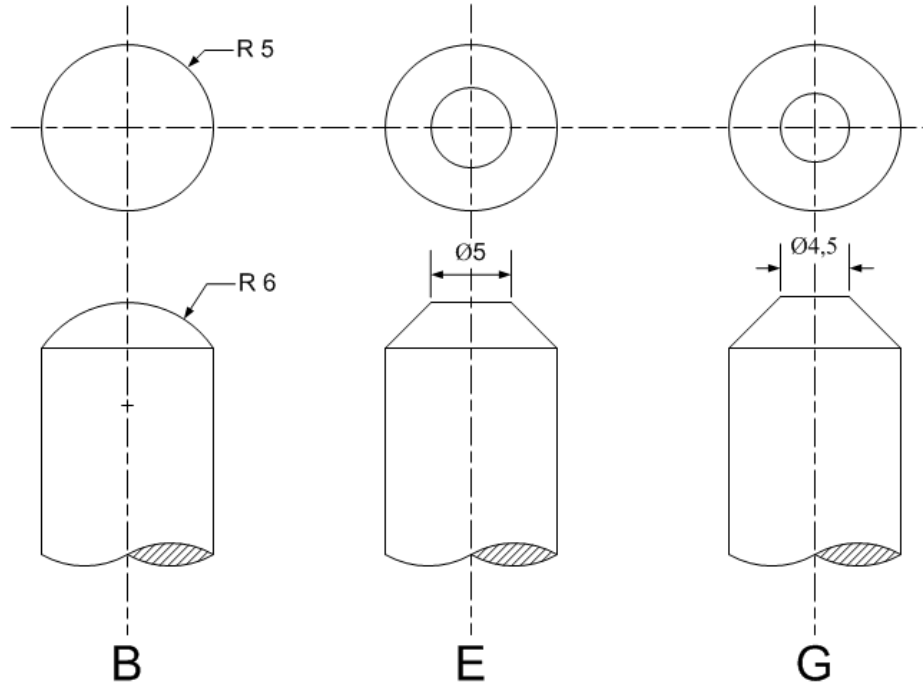


Şekil 6.19 Çeneleri Ayrılmış Pnömatik Kaynak Ünitesi ve Elektrotların Zımparalanması

Kaynak işlemi esnasında her 5 kaynakta bir olmak üzere kaynak makinesinin pnömatik ünitesi elektrot tutucu çeneleri birbirinden ayrılarak elektrot uçlarının ince sünger zımpara ile temizliği yapıldı. Zımparalama işleminden sonra tekrar kaynak ünitesi çeneleri kapatılarak elektrotların birbirlerine göre pozisyonları kontrol edildi ve işleme devam edildi.

İlk malzeme kalınlığı olan 0,8 mm olan 430 kalite galvanile çelik malzeme ile E tipi elektrot uç formu ile ilk kaynak numune serisi için kullanılan işlem parametreleri ile tekrar edildi. Numunelerin numaralandırılması işleminde özellikle ilk seride kullanılan kaynak parametrelerinin endeks numarası ile aynı olmasına dikkat edildi. Elde edilen kaynak numuneleri teker teker kopartma testine tabi tutulduktan sonra, ikinci kademe kaynağına geçilerek 27 adetlik ikinci seri için tüm kaynak numuneleri tamamlandı.

430 kalite malzeme ile kaynak işlemleri tamamlandıktan sonra kalınlığı 1,5 mm olan 411 kalite sacların kaynağına geçildi. Artan malzeme kalınlığına istinaden kullanılan elektrot uç formunda değişiklik yapıldı. Elektrot uç formu ikinci seri kaynak numuneleri için kullanılan E tipi(kesik uçlu koni) ile görünümde benzer olmasına karşılık elektrot basma yüzey çapında 0,5 mm 'lik bir azalma bulunmaktadır. Bu yeni elektrot uç formu tipi ise “G” olarak adlandırıldı.



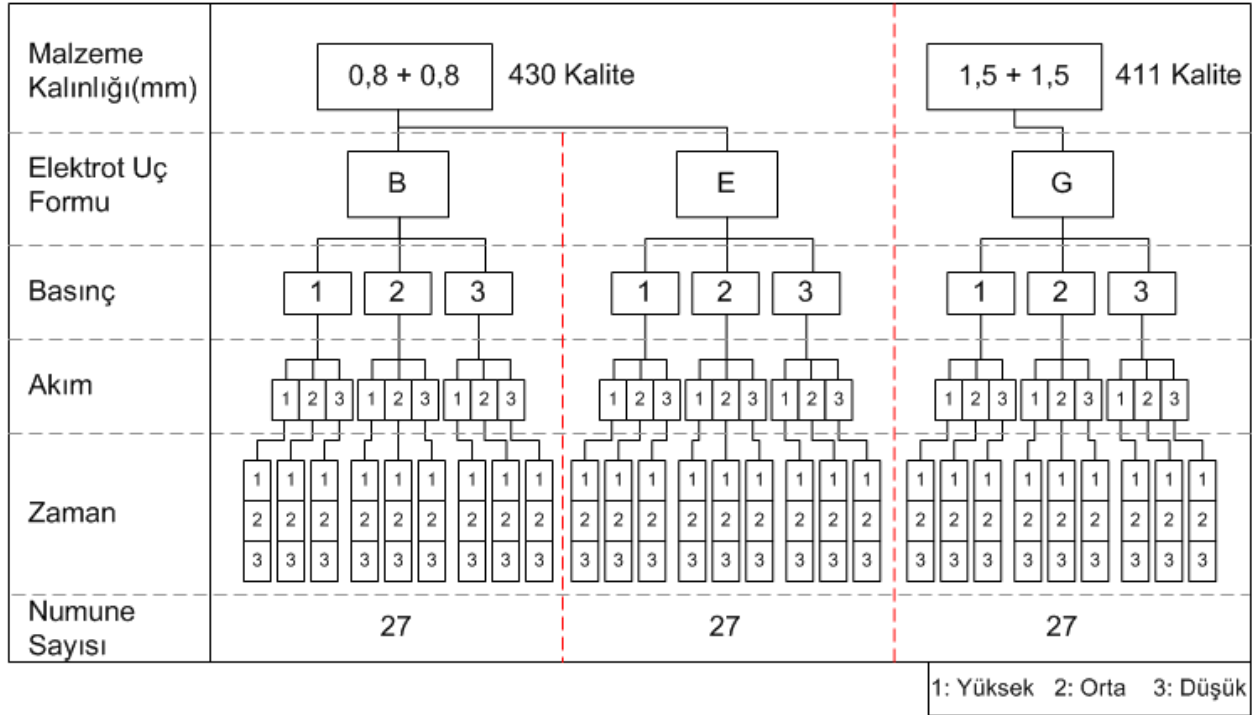
Şekil 6.20 Kaynak İşlemlerinde Kullanılan Elektrot Uç Formları ve Ölçüleri

G tipi elektrotlar ile basma yüzeyinin azaltılarak aynı akım değerleri için daha yüksek akım yoğunlukları elde edilebilmektedir.



Şekil 6.21 411 Kalite Çeliklerin G Tipi Elektrot Uç Formu ile Kaynak Edilmesi

G tipi elektrotların kullanımı ile diğer kaynak serilerine paralel olarak gerçekleştirilen çift kademeli kaynak ve arada yapılan ayırma testi ile toplamda 27 adet numune elde edildi.



Şekil 6.22 Direnç Nokta Kaynağı Uygulamalarında Parametre Değişimi ve Numune Şartları

Kaynak uygulamaları sonucunda 3 farklı elektrot uç formu ve 2 farklı malzeme kalınlığında basınç, akım ve kaynak zamanı parametreleri değiştirilerek Şekil 6.22 'de görüldüğü gibi toplamda 81 farklı kaynak numunesi elde edildi. Her bir kaynak numunesi için uygulanan kaynak parametrelerinin yanı sıra ayırma testi sonuçları, oluştu ise delik çapı, topak çapı ve diğer özellikler kayıt altına alındı.

6.3.5 Direnç Nokta Kaynağı Deneysel Çalışması Sonuçları

Her bir kaynak numunesi için basınç, akım ve zamandan oluşan kaynak parametrelerinin değiştirildiğinden bahsedilmiştir. Elektrotların uyguladığı basınç kuvveti için her iki malzeme kalınlığı ve üç farklı elektrot uç formu için toplamda 3 farklı değer kullanıldı. Bu değerler 1800, 1575 ve 1350 N 'dur.

Çizelge 6.8 B Tipi Elektrot Uç Formu ve 0,8+0,8 mm Malzeme Kalınlığı İçin Kaynak İşlemi Sonuçları

Uç Formu	Basınç Kuvveti (N)	Akım (A)	Zaman (sn)	Numune No	Uygunluk	Topak Çapı (mm)	Delik		Açıklama	
							Var/Yok	Çap (mm)	Kıvılcım	Sıçrama
B	1800	7800	1,5	1	Geçer	7,3	Var	3,3	Çok	Hafif var
	1800	7800	1,0	2	Uygun değil	7,1	Yok		Çok	Var
	1800	7800	0,5	3	İyi	7,4	Var	2,3	Normal	Az
	1800	7200	1,5	4	Uygun değil	7,4	Yok		Normal	Çift taraflı
	1800	7200	1,0	5	İyi +	5,9	Var	2,4	Normal	Az
	1800	7200	0,5	6	Uygun değil	6,4	Yok		Çok	Çok
	1800	6600	1,5	7	Uygun değil	6,3	Yok		Normal	Az
	1800	6600	1,0	8	İyi	4,8	Var	2,9	Normal	Çok
	1800	6600	0,5	9	Uygun değil	5,5	Yok		Normal	Çok
	1575	7800	1,5	10	Geçer	9,5	Var	2,2	Çok	Çok
	1575	7800	1,0	11	Geçer	9	Var	2,4	Çok	Çok
	1575	7800	0,5	12	İyi -	8	Var	2,8	Normal	Az
	1575	7200	1,5	13	Uygun değil	7,2	Yok		Normal	Az
	1575	7200	1,0	14	Uygun değil	6,9	Yok		Normal	Az
	1575	7200	0,5	15	Uygun değil	6,4	Yok		Normal	Normal
	1575	6600	1,5	16	Uygun değil	6,3	Yok		Normal	Normal
	1575	6600	1,0	17	Uygun değil	6,3	Yok		Normal	Normal
	1575	6600	0,5	18	Çok iyi	5,6	Var	3,4	Az	Yok
	1350	7800	1,5	19	İyi	8,5	Var	3,4	Normal	Yok
	1350	7800	1,0	20	İyi +	7,4	Var	2,7	Az	Yok
	1350	7800	0,5	21	Uygun değil	6,6	Yok		Az	Yok
	1350	7200	1,5	22	Uygun değil	6	Yok		Normal	Yok
	1350	7200	1,0	23	Uygun değil	5,6	Yok		Normal	Yok
	1350	7200	0,5	24	Çok iyi	5,7	Var	3,4	Normal	Yok
	1350	6600	1,5	25	Çok iyi	5,8	Var	3,3	Az	Yok
	1350	6600	1,0	26	Çok iyi	5,3	Var	2,2	Az	Yok
	1350	6600	0,5	27	Çok iyi	5,6	Var	3,3	Normal	Yok

Kaynak akımı ise; basınç kuvvetinden farklı olarak malzeme kalınlığına bağlı olarak 2 farklı değer serisinde uygulandı. 0,8 mm kalınlığındaki galvanile çelik plakaların(430 Kalite) kaynaklanması esnasında 7800, 7200 ve 6600 A kaynak akımı tatbik edildi. Bu değerlerin Çizelge 4.1 'e göre 1,5 mm kalınlığındaki 411 kalite çelik plakalar için yeterli olmayacağı fark edilince kullanılacak akım değerleri yükseltildi. 1,5 mm kalınlığındaki 411 kalite galvanile çelik plakaların kaynağında ise; 9000, 8200 ve 7200 A kaynak akımı tatbik edildi.

Çizelge 6.9 E Tipi Elektrot Uç Formu ve 0,8+0,8 mm Malzeme Kalınlığı İçin Kaynak İşlemi Sonuçları

Uç Formu	Basınç Kuvveti (N)	Akım (A)	Zaman (sn)	Numune No	Uygunluk	Topak Çapı (mm)	Delik		Açıklama	
							Var/Yok	Çap (mm)	Kıvılcım	Sıçrama
E	1800	7800	1,5	1	Geçer	9	Var	2,3	Çok	Yok
	1800	7800	1,0	2	İyi -	8,3	Var	2,4	Çok	Yok
	1800	7800	0,5	3	Uygun değil	7,4	Yok		Normal	Yok
	1800	7200	1,5	4	Uygun değil	7	Yok		Normal	Yok
	1800	7200	1,0	5	Uygun değil	6,8	Yok		Normal	Yok
	1800	7200	0,5	6	Uygun değil	5,5	Yok		Normal	Yok
	1800	6600	1,5	7	Çok iyi	5,5	Var	3	Normal	Yok
	1800	6600	1,0	8	Uygun değil	5,3	Yok		Normal	Yok
	1800	6600	0,5	9	Uygun değil	5,7	Yok		Normal	Yok
	1575	7800	1,5	10	Uygun değil	8,8	Yok		Normal	Yok
	1575	7800	1,0	11	İyi -	8,2	Var	2,6	Normal	Yok
	1575	7800	0,5	12	İyi +	7	Var	3	Normal	Yok
	1575	7200	1,5	13	Çok iyi	6,2	Var	3	Normal	Yok
	1575	7200	1,0	14	Çok iyi	6	Var	4,2	Normal	Yok
	1575	7200	0,5	15	Çok iyi	6	Var	3	Az	Yok
	1575	6600	1,5	16	Uygun değil	6	Yok		Az	Yok
	1575	6600	1,0	17	Çok iyi	5,7	Var	3,6	Az	Yok
	1575	6600	0,5	18	Uygun değil	5,3	Yok		Az	Yok
	1350	7800	1,5	19	Uygun değil	8,5	Yok		Normal	Yok
	1350	7800	1,0	20	İyi +	6,3	Var	3	Çok	Yok
	1350	7800	0,5	21	İyi +	7	Var	2,6	Çok	Yok
	1350	7200	1,5	22	Çok iyi	6,3	Var	4	Normal	Yok
	1350	7200	1,0	23	Çok iyi	5,5	Var	2	Normal	Yok
	1350	7200	0,5	24	İyi +	6,4	Var	3	Normal	Yok
	1350	6600	1,5	25	Uygun değil	6	Yok		Normal	Yok
	1350	6600	1,0	26	Uygun değil	5,4	Yok		Normal	Yok
	1350	6600	0,5	27	Çok iyi	5,8	Var	3,7	Normal	Yok

Kaynak zamanı parametresi ise çizelgelerde toplam kaynak zamanı olarak verilmektedir. Kaynak zamanı parametresi, tüm malzeme kalınlıkları ve elektrot uç formu yapıları için standart olarak 0,5, 1 ve 1,5 sn alındı. Ancak malzeme kalınlığına bağlı olarak kaynak akım süreleri farklılık göstermektedir. 0,8 mm kalınlığındaki malzemelerin kaynak akım süresi 8 periyottur. 50 Hz frekans değerinde çalışan kaynak makinesinde tüm kaynak prosesi 0,5 sn sürdüğünde toplam 25 periyotluk kaynak prosesi karşımıza çıkmaktadır. Tüm kaynak süresinin 8 periyodunda kaynak akımı uygulandığında geriye kalan 17 periyotluk kaynak süresi ise sıkıştırma, tutma ve diğer zamanları kapsamaktadır. Toplam kaynak zamanının 1 ve

sonucunda iki plakadan birinde delik oluşmamış ise kaynak numunesinin uygun şartlarda kaynak edilmediği sonucuna varıldı.

Çizelge 6.10 G Tipi Elektrot Uç Formu ve 1,5+1,5 mm Malzeme Kalınlığı İçin Kaynak İşlemi Sonuçları

Uç Formu	Basınç Kuvveti (N)	Akım (A)	Zaman (sn)	Numune No	Uygunluk	Topak Çapı (mm)	Delik		Açıklama	
							Var/Yok	Çap (mm)	Kıvılcım	Sıçrama
G	1800	9000	1,5	1	Geçer	10	Var	3,3	Normal	Yok
	1800	9000	1,0	2	Uygun değil	8,8	Yok		Az	Yok
	1800	9000	0,5	3	İyi +	7,8	Var	2,6	Normal	Yok
	1800	8200	1,5	4	Uygun değil	5,4	Yok		Az	Yok
	1800	8200	1,0	5	Çok iyi	6,3	Var	2,2	Az	Yok
	1800	8200	0,5	6	Uygun değil	5,2	Yok		Az	Yok
	1800	7200	1,5	7	Uygun değil	4,7	Yok		Az	Yok
	1800	7200	1,0	8	Uygun değil	4,9	Yok		Normal	Yok
	1800	7200	0,5	9	Uygun değil	5,4	Yok		Az	Yok
	1575	9000	1,5	10	Uygun değil	7,1	Yok		Az	İç yüzey
	1575	9000	1,0	11	Uygun değil	8,6	Yok		Fazla	İç yüzey
	1575	9000	0,5	12	İyi +	7,8	Var	3,8	Normal	Yok
	1575	8200	1,5	13	Uygun değil	5,7	Yok		Normal	Yok
	1575	8200	1,0	14	Çok iyi	5	Var	2	Normal	Yok
	1575	8200	0,5	15	Çok iyi	5,4	Var	1,7	Az	Yok
	1575	7200	1,5	16	Uygun değil	5,9	Yok		Az	Yok
	1575	7200	1,0	17	Uygun değil	5,7	Yok		Az	Yok
	1575	7200	0,5	18	Uygun değil	5,2	Yok		Yok	Yok
	1350	9000	1,5	19	İyi	8,2	Var	2,9	Yok	Yok
	1350	9000	1,0	20	Uygun değil	7,3	Yok		Az	Yok
	1350	9000	0,5	21	İyi +	5,8	Var	2,6	Çok	İç yüzey
	1350	8200	1,5	22	Çok iyi	5,7	Var	3,5	Az	Yok
	1350	8200	1,0	23	Uygun değil	5,6	Yok		Fazla	İç yüzey
	1350	8200	0,5	24	Uygun değil	4,5	Yok		Az	Yok
	1350	7200	1,5	25	Uygun değil	4,5	Yok		Az	Yok
	1350	7200	1,0	26	Uygun değil	4,5	Yok		Az	Yok
	1350	7200	0,5	27	Uygun değil	4,6	Yok		Az	Yok

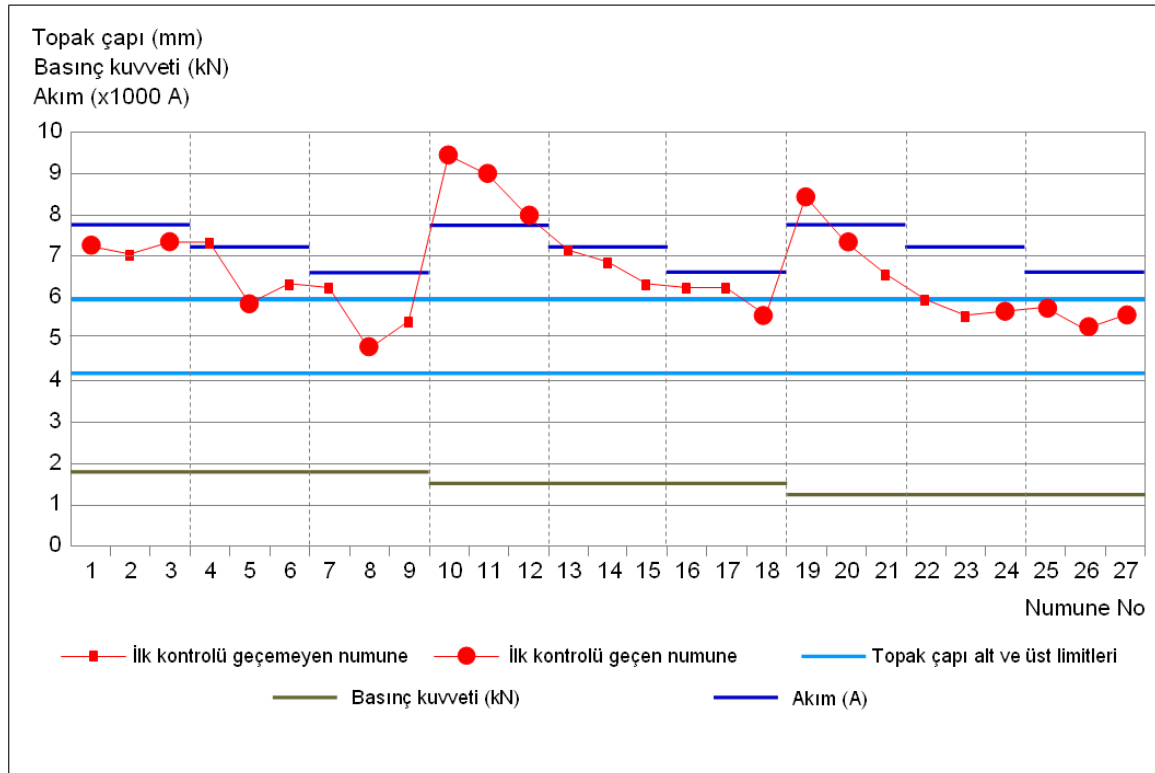
Sıçrama ve kıvılcım miktarı da kaynak kalitesini etkileyen diğer faktörlerdir. Kaynak işlemi sonucunda sıçrama meydana gelmesi, kaynak kalitesini negatif yönde etkileyen bir durumdur. Sıçrama dış yüzeylerde olabileceği gibi iç yüzeylerde de gerçekleşebilir. Bazen fark edilemeyen bu sıçrama tipi kritik bölgelerdeki kaynak işlemlerinde sıkıntı yaratabilir. Genelde

arada boşluk kalan kaynak yüzeyleri arasında iç sıçrama görülmesi olasıdır. Sıçrama, bazen de çift taraflı olarak görülebilir. Bu olay arzu edilen bir durum değildir.

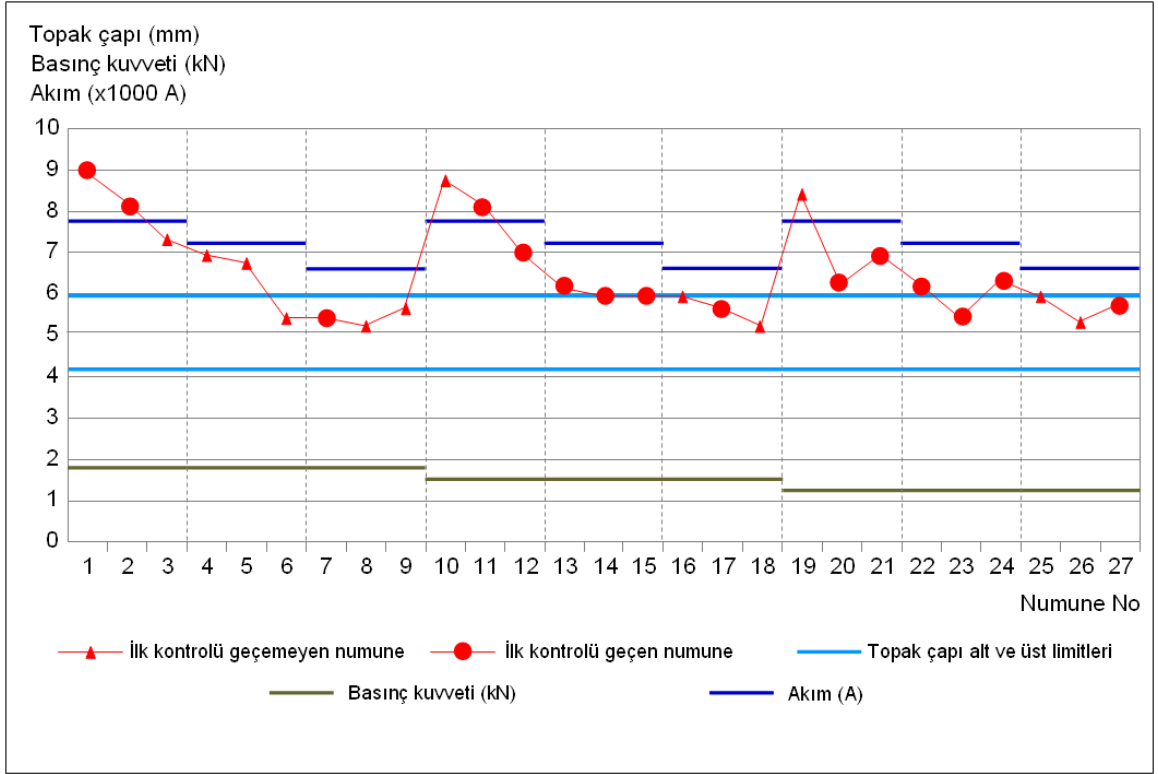
Dış yüzeylerde görülen sıçrama ise; başta elektrot uç formu olmak üzere kaynak parametrelerine bağlı olarak ortaya çıkar. Deneysel çalışma esnasında, özellikle 0,8 mm kalınlığındaki 430 kalite çeliklerin direnç nokta kaynak işlemlerinde B tipi elektrot uç formu ile dış sıçramaya sıkça rastlandı. Aynı özelliklere sahip malzeme için elektrot uç formunu E tipi kullandığımızda sıçrama oluşumuna rastlanmadı. 411 kalite çeliklerin kaynak işleminde ise; G tipi elektrot uç formu ile dış sıçrama gözlemlenmedi.

Kaynak işlemi esnasında meydana gelen kıvılcım miktarı bize kaynak kalitesi hakkında ipuçları verir. Direnç nokta kaynağında kıvılcım miktarının belli bir miktarda olması istenir. Kıvılcım miktarının aşırı olduğu durumda, kaynak işlemi esnasında uygulanan basınç değerinin olması gerekenden düşük olduğu düşünülür. Kıvılcım miktarının çok az olması veya hiç olmaması ise nokta direnç kaynağında basınç değerinin çok yüksek olduğunu gösterir.

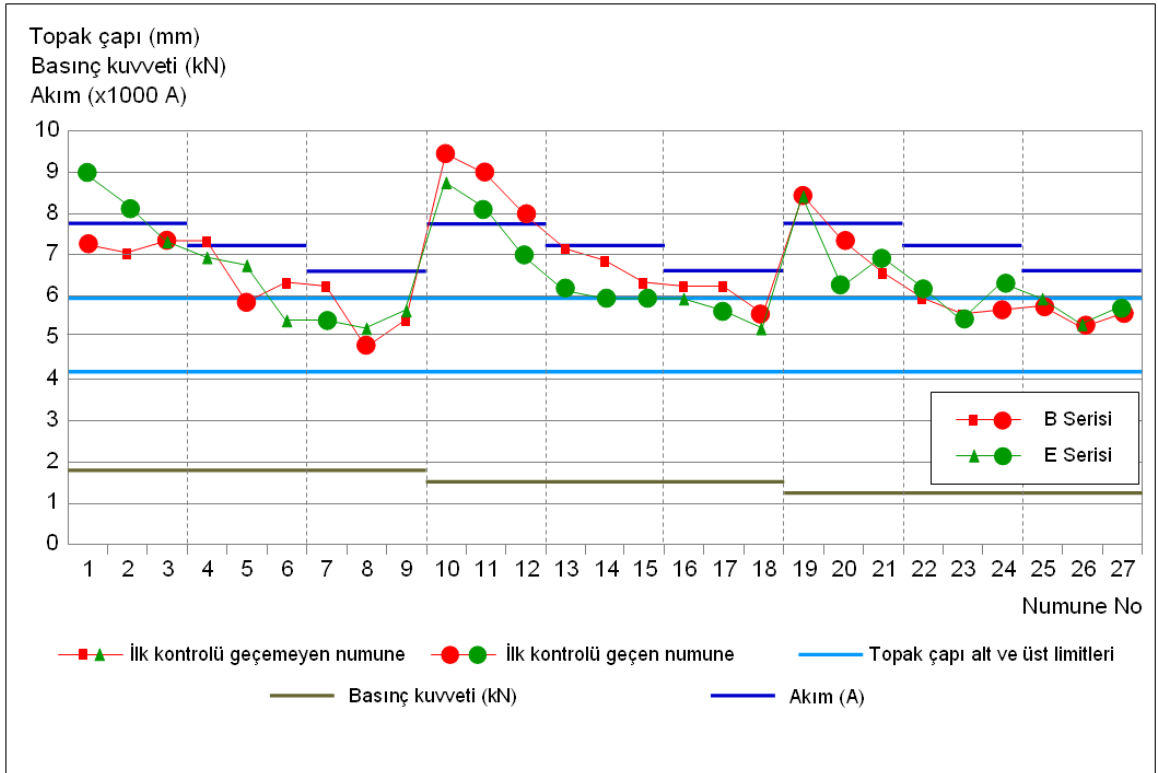
6.3.6 Deneysel Çalışma Gözle Muayene Sonuçları



Şekil 6.24 0,8 mm Kalınlıktaki 430 Kalite Çeliklerin B Tipi Elektrot Uç Formu ile Kaynak Edilmesinde Kaynak İşlem Parametreleri ve İlk Kontrol Sonuçları



Şekil 6.25 0,8 mm Kalınlıktaki 430 Kalite Çeliklerin E Tipi Elektrot Uç Formu ile Kaynak Edilmesinde Kaynak İşlem Parametreleri ve İlk Kontrol Sonuçları

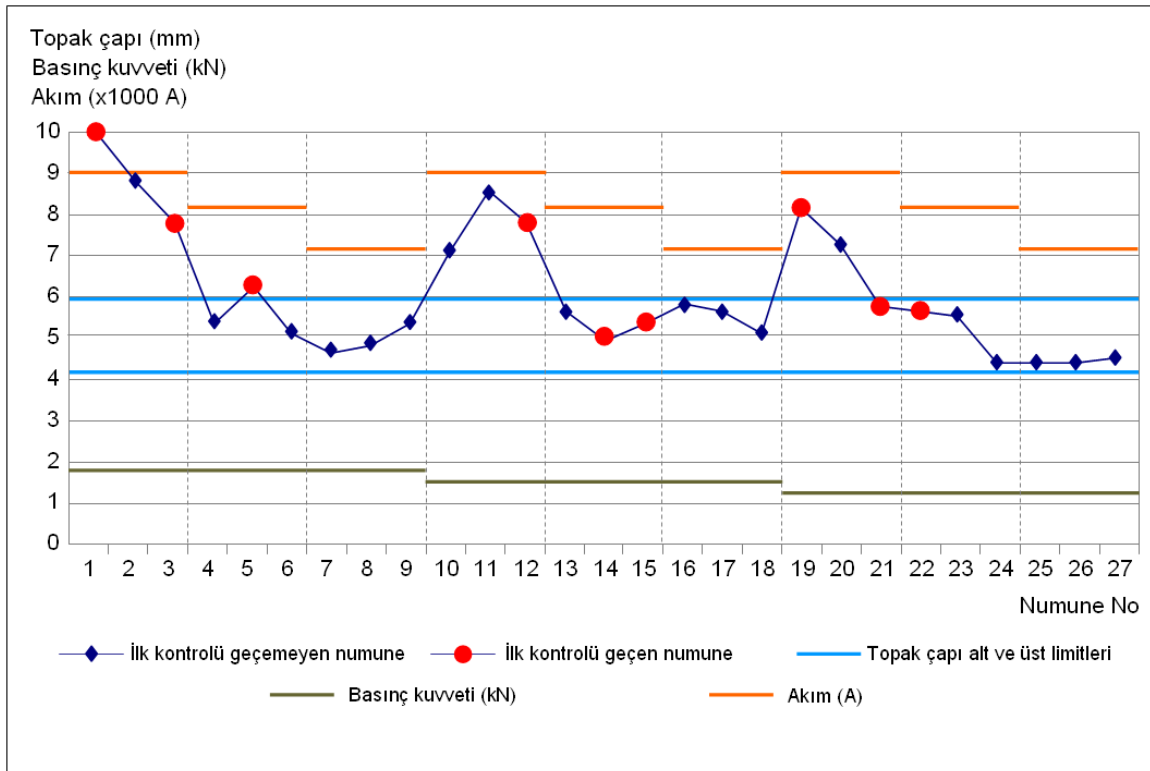


Şekil 6.26 430 Kalite Çeliklerin B Tipi ve E Tipi Elektrot Uç Formu ile Kaynak Edilmesinde Kaynak İşlem Parametreleri ve İlk Kontrol Sonuçlarının Karşılaştırılması

0,8 mm kalınlıktaki 430 kalite galvanile çeliklerin direnç nokta ile birleştirilmesinde 1,8 kN basınç kuvveti uygulanan 1-9 numaralı numuneler arasında B tipi elektrot uç formunun E tipi elektrot uç formuna göre ne çıktığı görülmektedir. Ancak B tipi elektrot uç formu ile yapılan direnç nokta kaynaklarında karşılaşılan sıçrama olayı, gözle muayene için negatif bir özellik olarak karşımıza çıkmaktadır. Tüm koşullar ele alındığında B tipi elektrot uç formunun 1-9 numaralı numuneler arasında; gerek topak çaplarının istenilen aralığa yakın olması, gerekse ilk kontrol yöntemini geçme sayısı ile daha başarılı olduğunu söylenebilir.

Basınç kuvvetinin 1,575 kN olduğu 10-18 numaralı numuneler için; hem ilk kontrol yöntemini geçen numune sayısı, hem de kaynak topak çaplarının istenen değer aralığına daha yakın olması nedeniyle E tipi elektrot uç formu ne çıkmaktadır.

1,35 kN basınç kuvveti tatbik edilen 19-27 numaralı numuneler arasında ise kesin bir seçim yapmak zordur. Bu numuneleri 19-24 numaralı ve 25-27 numaralı numuneler olmak üzere iki kısımda incelemek gerekir. İlk numune grubu için(19-24) E tipi elektrot uç formu ne çıkarken, ikinci numune grubu için(25-27) B tipi elektrot uç formu ne çıkmaktadır.



şekil 6.27 1,5 mm Kalınlıktaki 411 Kalite eliklerin G Tipi Elektrot Uç Formu ile Kaynak Edilmesinde Kaynak İşlem Parametreleri ve İlk Kontrol Sonuçları

1,5 mm kalınlığındaki 411 kalite çeliklerin kaynağında ise; tüm basınç kuvveti seviyelerinde akımın 9000 A ve 8200 A olduğu durumlarda kaynak numunelerinin ilk kontrol yönteminde bağarılı sonuçlar verdiği görülmektedir. Dğk akım değeri olan 7200 A için basınç kuvveti ve kaynak zamanından bağımsız olarak ilk kontrol yöntemini geçen numune olmadı. Basınç kuvvetinin 1,8 kN olduğu 1-9 numaralı numunelerde, karėılaėılan topak çaplarının istenilen aralığın üzerinde olduğu fark edilmektedir. 1,575 ve 1,35 kN basınç kuvveti uygulanan kaynak numunelerinde ise akım şiddeti faktörü ağırlık kazanmaktadır. Akım şiddetinin en yüksek olduğu 9000 A değerinde kaynak zamanının en dğk olduğu(0,5 sn) koğullar her üç basınç kuvveti bölgesinde ne çıkmaktadır.

6.4 Nokta Direnç Kaynağı Numuneleri ekme Testi

Farklı parametreler kullanılarak hazırlanan kaynak numuneleri için öncelikle operatör tarafından uygulanan ayırma testi uygulanmığtı. Bu testin sonunda aynı koğullarda ikinci kademe kaynak yapılarak kaynak numunelerinin çekme testi için hazırlığı gerekleğtirilmiğ oldu.

Kaynak numunelerini çekme testleri, Assan Alüminyum San. ve Ticaret A.ė. bünyesinde hizmet vermekte olan arge bölümü laboratuvarlarında yapıldı. Çekme testleri için Zwick / Z050 ekme cihazı kullanıldı.



ėekil 6.28 Zwick Z050 Lehva ekme Cihazı

Çizelge 6.11 Zwick Z050 Çekme Cihazı Teknik Özellikleri[5]

Maksimum Kuvvet Kapasitesi:	50 kN
Hız:	0,01-500 mm/dk
Ölçüm kalınlığı:	200 μ m-10 mm
Çene:	Kama sıkıştırma hareketli
Test yeteneği:	Çekme, basma, 3 nokta, 4 nokta
Test alan aralığı:	630 mm
Hareket hassasiyeti:	0,0167 μ m
Veri toplama hızı:	100 Hz.
Ekstensometre:	
Boyca uzama ekstensometresi (mekanik)	A ₅₀ -A ₁₀₀
En daralma ekstensometresi (mekanik)	maks. %35

Çekme testi ile, kaynak numunelerinin dayanç gösterebileceği maksimum çekme kuvvetlerini saptamak hedeflenmektedir. Bunun yanı sıra kabul edilen sınır dayanım değerine göre sonuçların ilk kontrol yöntemi ile karşılaştırılması diğer bir ana hedeftir.

**Şekil 6.29** Kaynak Numunelerine Çekme Testi Uygulanması ve Kayıtların Alınması

Kaynak işlemi sonucunda elde edilen numunelerin sayısının fazla olması örnek kütle seçimini gündeme getirdi. Elektrot uç formu ve malzeme cinsine göre oluşturulan B, E ve G serilerinin her birinden 9 numune seçilerek çekme testi yapıldı. B ve E serileri için malzeme cinsi ve kalınlığı aynı olduğundan karşılaştırma yapılabilmesi için seçilen numune numaralarının aynı olmasına dikkat edildi.

Çizelge 6.12 B Serisi Seçilen Kaynak Numuneleri ve Çekme Testi Sonuçları

	Numune No	Kalınlık (mm)	En (mm)	Topak Çapı (mm)	Çekme Kuvveti (N)	Uygunluk
B	1	1,505	41,97	7,3	3.664	Geçer
	4	1,510	41,64	7,4	3.081	Uygun değil
	8	1,466	40,47	4,8	2.907	İyi
	11	1,603	41,24	9,0	3.438	Geçer
	14	1,534	40,55	6,9	3.048	Uygun değil
	17	1,690	40,62	6,3	3.295	Uygun değil
	20	1,590	40,70	7,4	3.559	İyi +
	24	1,520	40,53	5,7	3.080	Çok iyi
	27	1,580	40,85	5,6	3.034	Çok iyi

Çizelge 6.12 'de B tipi elektrot uç formu kullanılarak hazırlanmış 0,8+0,8 mm kalınlıktaki kaynak numuneleri arasından seçilerek çekme testi uygulanan numuneler listelenmektedir.

Çizelge 6.13 E Serisi Seçilen Kaynak Numuneleri ve Çekme Testi Sonuçları

	Numune No	Kalınlık (mm)	En (mm)	Topak Çapı (mm)	Çekme Kuvveti (N)	Uygunluk
E	1	1,545	41,15	9,0	3.624	Geçer
	4	1,500	40,65	7,0	3.232	Uygun değil
	8	1,430	40,24	5,3	2.820	Uygun değil
	11	1,604	40,54	8,2	3.576	İyi -
	14	1,600	42,60	6,0	3.204	Çok iyi
	17	1,550	40,48	5,7	3.137	Çok iyi
	20	1,690	40,80	6,3	3.310	İyi +
	24	1,490	41,30	6,4	3.446	İyi +
	27	1,646	41,94	5,8	3.245	Çok iyi

Çizelge 6.13 'te ise; E tipi elektrot uç formu kullanılarak hazırlanmış 0,8+0,8 mm kalınlıktaki kaynak numuneleri arasından seçilerek çekme testi uygulanan numuneler verilmektedir. Her

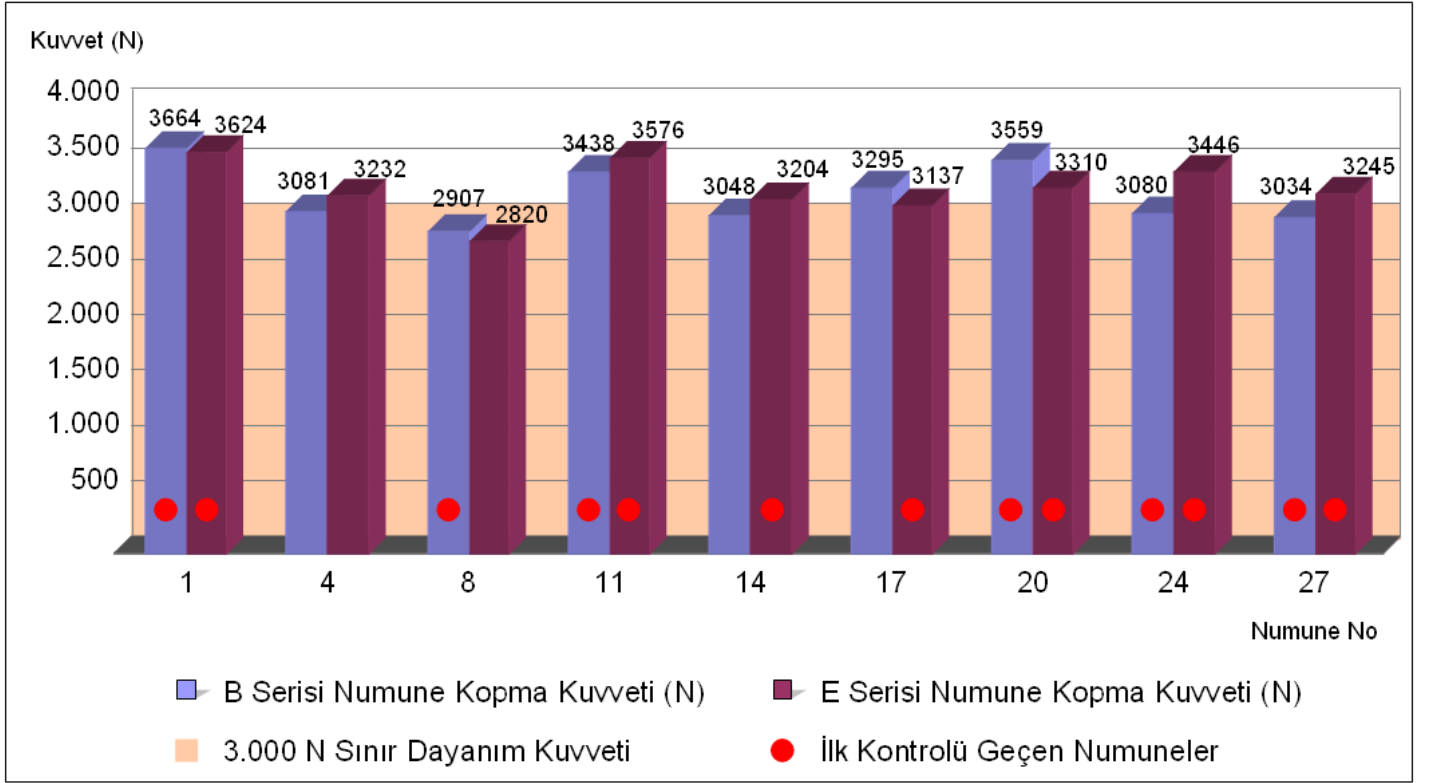
iki çizelgede yer alan uygunluk sütunu ilk kontrol yöntemi olan ayırma testinin sonuçlarını göstermektedir. Kalınlık ve en sütunları ise çekme testi uygulanacak kaynak numunesinin bindirme bölgesindeki kalınlığı ve genişliği göstermektedir. Çekme testi sonucunda elde edilen maksimum kopma kuvveti değerleri ise, çekme kuvveti sütununda verilmektedir.

Çizelge 6.14 'te ise; G tipi elektrot uç formu kullanılarak 1,5+1,5 mm kalınlığındaki 411 kalite çeliklerin kaynak edilmesi sonucu hazırlamış kaynak numunelerinden çekme testi uygulananlar görülmektedir.

Çizelge 6.14 G Serisi Seçilen Kaynak Numuneleri ve Çekme Testi Sonuçları

	Numune No	Kalınlık (mm)	En (mm)	Topak Çapı (mm)	Çekme Kuvveti (N)	Uygunluk
G	1	3,412	40,42	10,00	9.378	Geçer
	4	3,270	40,55	5,40	5.569	Uygun değil
	8	3,123	40,60	4,90	2.282	Uygun değil
	12	3,350	40,30	7,80	8.640	İyi +
	14	3,180	40,35	5,00	7.186	Çok iyi
	17	3,185	40,45	5,70	3.607	Uygun değil
	19	3,330	40,52	8,20	9.715	İyi
	22	3,270	40,45	5,70	8.465	Çok iyi
	26	3,200	40,40	4,50	4.008	Uygun değil

Çekme testi sonucunda elde edilen maksimum kopma kuvveti değerlerinin anlam kazanabilmesi için alt sınır değer varlığına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sınır değer belirlenmesinde ana faktör şüphesiz ki, kaynaklı yapının kullanılacağı ortam koşulları olacaktır. Bu çalışmada kullanılan malzemelerin, Toyota araçların imalatında kullanılması dolayısıyla bu sınır değer belirlenmesi Toyota standartları kapsamında olacaktır. Toyota standartları kaynaklı birleştirmelerde bağlantının minimum kopma kuvvet değerini sac kalınlığına bağlı olarak vermektedir. 430 kalite 0,8 mm kalınlığında ki sacların nokta direnç kaynağı ile birleştirilmesinde alt sınır değeri 3000 N iken; bu değer 411 kalite 1,5 mm kalınlığındaki çeliklerin nokta direnç kaynağı ile birleştirilmesinde 7000 N 'a yükselmektedir. Bu değerler baz alınarak elde edilen sonuçlar incelendiği zaman ilk kontrol yöntemi olan ayırma testini geçen bazı numunelerin istenilen dayanım değerine ulaşmadığı fark edilmektedir. Tam aksine ilk kontrol yöntemini geçemeyen bazı kaynak numunelerin de, alt sınır değer üzerinde bir kopma dayanımına sahip oldukları görülmektedir.



Şekil 6.30 Çekme Testi Uygulanan B ve E Serisi Kaynak Numuneleri Sonuçlarının Karşılaştırılması

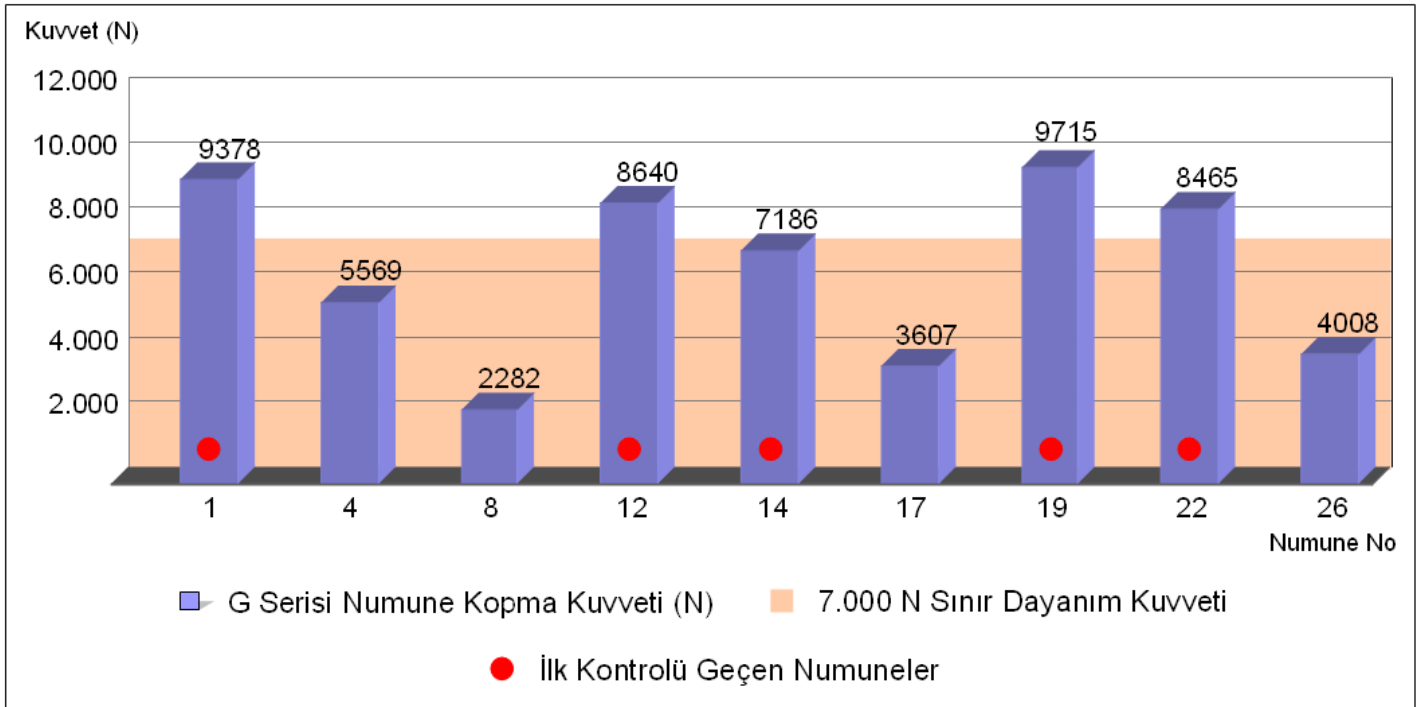


Şekil 6.31 Kaynak Numunelerine Çekme Testi Uygulanması

430 kalite malzemenin kullanıldığı B ve E serisi kaynak numunelerinde, çekme testi sonuçlarına göre E tipi elektrot uç formunun kullanıldığı numunelerin gerçekleşen kopma kuvveti ortalaması daha yüksektir. B serisi numuneleri gerçekleşen kopma kuvveti ortalaması 3.234 N iken, E serisi numunelerin ortalaması 3.288 N olarak gerçekleşmiştir. Kaynaklı bağlantının dayanç gösterebileceği maksimum kopma kuvveti; malzeme cinsi ve kaynak işlem parametreleri sabit tutulduğunda elektrot uç tipine göre farklılık göstermektedir. Bu deneysel çalışma için E tipi elektrot uç formu, bağlantının dayanımı açısından B tipine göre öne çıkmaktadır.

Şekil 6.30 'da görüldüğü üzere B ve E serilerinde 8 numaralı kaynak numunelerinde alt sınır olan 3.000 N kopma kuvvetinin altında kuvvet değerlerinde kopma gerçekleşti. B tipi elektrot uç form ile kaynak edilen numune, ayırma testini geçmesine rağmen sınır kopma kuvvetinin altında dayanım gösterdi.

B ve E serisi kaynak numuneleri için gerçekleşen kopma kuvvet değerlerinin aralık değerlerinin sırasıyla 756 ve 804 N olarak gerçekleştiği görülmektedir. Ortalama değerler ile karşılaştırıldığında 23,4% ve 24,4% gibi oranlara sahip aralık değeri, direnç nokta kaynağının 0,8 mm kalınlığındaki çeliklerin birleştirilmesinde ne derece başarılı bir yöntem olduğunu göstermektedir.



Şekil 6.32 Çekme Testi Uygulanan G Serisi Kaynak Numuneleri Sonuçları

1,5 mm kalınlığındaki 411 kalite çeliklerin direnç nokta kaynağı ile birleştirildiği G serisi kaynak numunelerinde çekme testi sonuçları ayırma testi ile paralellik göstermektedir. Ayırma testini geçen numunelerin alt sınır değeri olan 7.000 N üzerinde gerçekleşen kopma kuvvet değerlerine sahip oldukları görülmektedir.(şekil 6.32)

İlk kontrol yöntemi olan ayırma testinin malzeme kalınlığı arttığa daha başarılı sonuçlar verdiği açık bir sonuçtur.

G serisi kaynak numunelerinin gerçekleşen kopma kuvvet değerleri ortalaması 6.539 N olarak hesaplanmaktadır. Maksimum aralık değeri ise, 7.096 N olarak karşımıza çıkmaktadır. 1,5 mm kalınlığındaki 411 kalite elik malzemenin direnç nokta kaynağı sonucu elde edilen bağlantılarının; dayanç göstereceği kuvvet değerlerinin dağılım frekansı, bu yöntemin bu kalınlıktaki malzeme için ilk tercih olmaması anlamına gelmektedir. Otomotiv endüstrisinde onarım amaçlı kaynak uygulamalarında bu kalınlıktaki malzemelerin birleştirilmesinde gaz altı nokta ark kaynağı tercih edilmektedir.

6.5 Kaynak Numuneleri Metalografik Muayenesi

6.5.1 Muayene Gruplarının Hazırlanması

Metalografik muayene için elektrot uç formuna göre yapılan seri adlandırmasına göre her seriden 2 adet kaynak numunesi seçildi. Seçim esnasında aynı malzeme içeren B ve E serisi kaynak numuneleri için, aynı numaralı numunelerin seçilmemesine dikkat edildi. Numune seçiminde diğer bir kıstas ise; sadece ayırma testinde başarılı olan numunelerin seilmemesidir. Böylelikle kaynak numunelerinin iç yapı analizlerinin ayırma testini destekler nitelikte olup olmadığı da anlaşılacaktır.

Kaynak numunelerinin metalografik muayenesi, Assan Alüminyum San. ve Ticaret A.ř. bünyesinde hizmet vermekte olan arge bölümü laboratuvarlarında gerçekleştirildi.

Seçilen numuneler, öncelikle tam kaynak bağlantısı üzerinden enlemesine kesildi. Kaynak bağlantısının kesitini içeren parçalardan birinin uç kısmı tekrar kesilerek organik reçine içine girebilecek boyuta getirildi. Kesme işlemi şekil 6.33 'de görülen tezgah üstü testere tezgahında yapıldı. Ardından bağlantı numunelerinin kaynak kesiti tarafları yukarıya bakacak şekilde reçine içerisine yerleştirildi. Reçinelerin kuruması için en az 24 saat beklenmesi

gerektiğinden muayene süreci 2 gün sonra başladı. Organik reçine içerisine 3 adet bağlantı numunesi sığabildiğinden A ve B olarak adlandırılan 2 adet organik reçine hazırlandı.



Şekil 6.33 Muayene Gruplarının Hazırlanmasında Kesme İşlemi ve Reçine İçine Gömülen Bağlantı Numuneleri

Reçinelerin kuruması ile A ve B olarak adlandırılan ve üçer adet bağlantı içeren muayene grupları metalografik muayene süreci için hazır hale geldi. Süreç, zımparalama işlemi ile başlamaktadır. Reçinesi kurumuş olan muayene grupları sırasıyla 500, 1000, 2400 ve 4000 incelikte olan zımpara yüzeylerinde zımparalandı. Bu işlem için Struers LaboPol-5 zımparalama cihazı kullanıldı. İşlem esnasında sürekli olarak su ile soğutma yapıldı.

Çizelge 6.15 Metalografik Muayene Gruplarının İçerdiği Kaynak Numuneleri

Sıra	Muayene Grubu	
	A	B
1	G15	B6
2	G7	E25
3	B18	E15

Zımparalama işleminden sonra ileri düzey parlatma ve çiziklerin yok edilmesi için çuhalama adımına geçildi. Bu işlem için ise, Struers TegraPol-21 cihazı kullanıldı. Tabla üzerine çuha bezi konulduktan sonra üzerine gri renkli 3µm boyutunda abrazif tanecikleri içeren emülsiyon sıkıldı. Ardından 5 dk. boyunca sürecek işlem için, her 5 saniyede 1 damla frekansı ile pembe renkli kayganlaştırıcı sıvı enjeksiyon mekanizması ayarlandı.(Şekil 6.35) Cihaz ayarlamaları yapıldıktan sonra iki muayene grubu cihaz üzerindeki tablaya yerleştirildi ve otomatik tutucu mekanizmasının kapanması ile çuhalama işlemi başladı.(Şekil 6.36)



Şekil 6.34 Muayene Gruplarının Kademeli Olarak Zımparalanması



Şekil 6.35 Çuhalama İşlemi İçin Cihazın Hazırlanması



Şekil 6.36 Çuhalama İşlemi ve Otomatik Tutucu Mekanizması

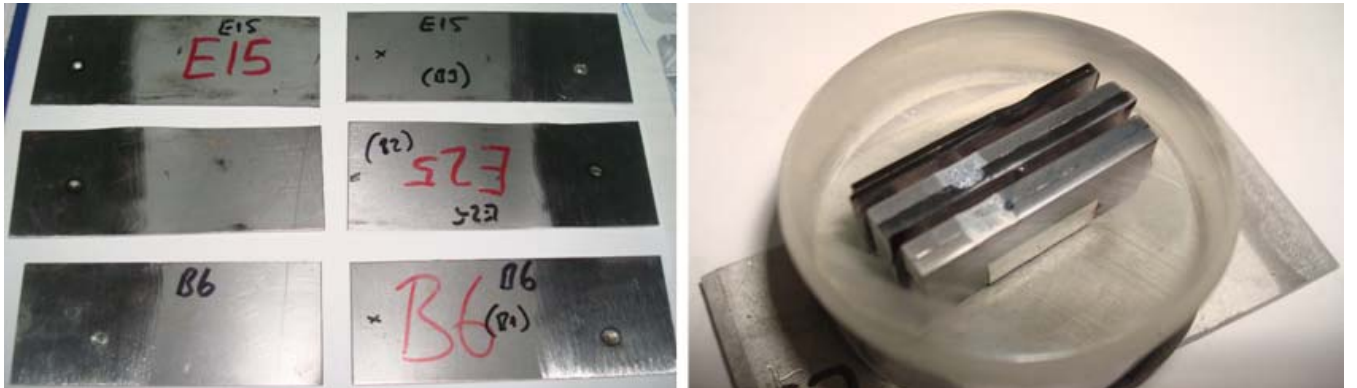
Çuhalama işleminden sonra yine aynı cihaz üzerinde bir önceki işlemde kalan çiziklerin ortadan kaldırılması amacıyla son parlatma işlemine geçildi. Bu işlemde Struers TegraPol-21 cihazı tablası üzerine özel tip çuha bezi yerleştirildi. Ardından bu çuha ılık su ıslatılarak silika süspansiyonu için hazır hale getirildi. Cihazın ayarları girildikten sonra 200 ml. silika süspansiyonu ölçülü behere çekildi ve tutucuların kapatılması ile 20 dk. sürecek işlem başlatıldı.(Şekil 6.37)

Silika süspansiyonu, $1\mu\text{m}$ boyutunda alümina tanecikleri içermekte olup, 150 devir/dk ile dönen tablada 20 N kuvvet altında tutulan muayene gruplarının son parlatmasını gerçekleştirdi. Çuhalama işleminden muayene grupları üzerinde kalan $3\mu\text{m}$ abrazif tane çiziklerini yok etme maksadıyla yapılan bu işlemde silika süspansiyonu 8 saniyede 1 damla frekansı ile çuha üzerine damlatıldı. Son parlatma işlemi tamamlandıncı mikroskopta çiziklerin son durumu kontrol edilerek bu adımın tekrarlanması gerekip gerekmediğine karar verildi. Her iki muayene grubu için son parlatma tekrarına ihtiyaç duyulmadı.



Şekil 6.37 Son Parlatma İşleminde Cihaz Ayarları ve Kullanılan Silika Süspansiyonu

Son parlatma işlemini, muayene öncesinde dağlama adımı izlemektedir. Dağlama için özellikle çelik malzemeler için en genel dağlayıcılardan biri olan nitral çözeltisi tercih edildi. Nitral çözeltisi hacimsel olarak % 2 nitrik asit, geri kalanı ise etil alkol karıştırılmasıyla elde edildi.



Şekil 6.38 Kaynak Numunelerinin ve Metalografik Muayene İçin Hazırlanan Muayene Grubunun Son Hali

Hazırlanan çözelti, ağzı geniş ve derin olmayan behere konularak dağlama işlemine hazırlık yapıldı. Dağlama işlemini yapacak kişi aside dayanıklı eldiven giyerek her bir muayene grubunu yaklaşık 10 sn. nitral çözeltisinde batırdı. Dağlama işleminin ardından reçine, bol su ile durulandı ve kurularak metalografik muayene için hazır hale getirildi.(Şekil 6.38)

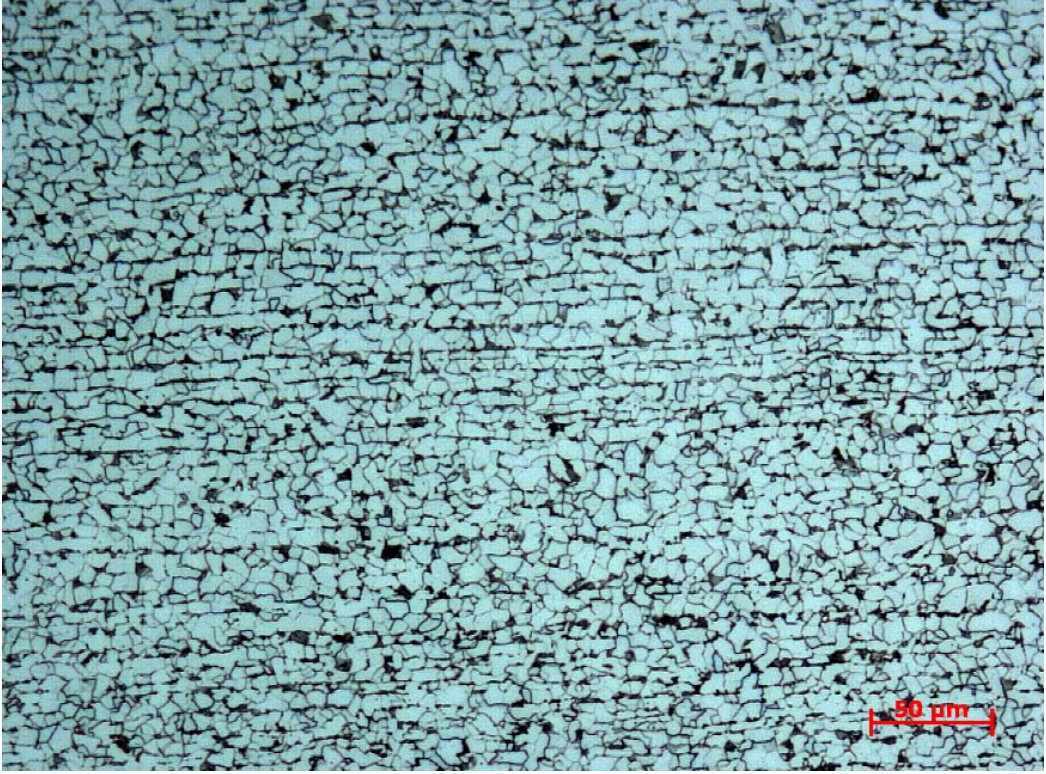
6.5.2 Metalografik Muayene

Metalografik muayene sırasında kullanılacak numune indeksi Çizelge 6.15 'te verilmişti. Buna ek olarak muayene için kullanılacak mikroskoplar ve teknik özellikleri Çizelge 6.16 'te yer almaktadır.

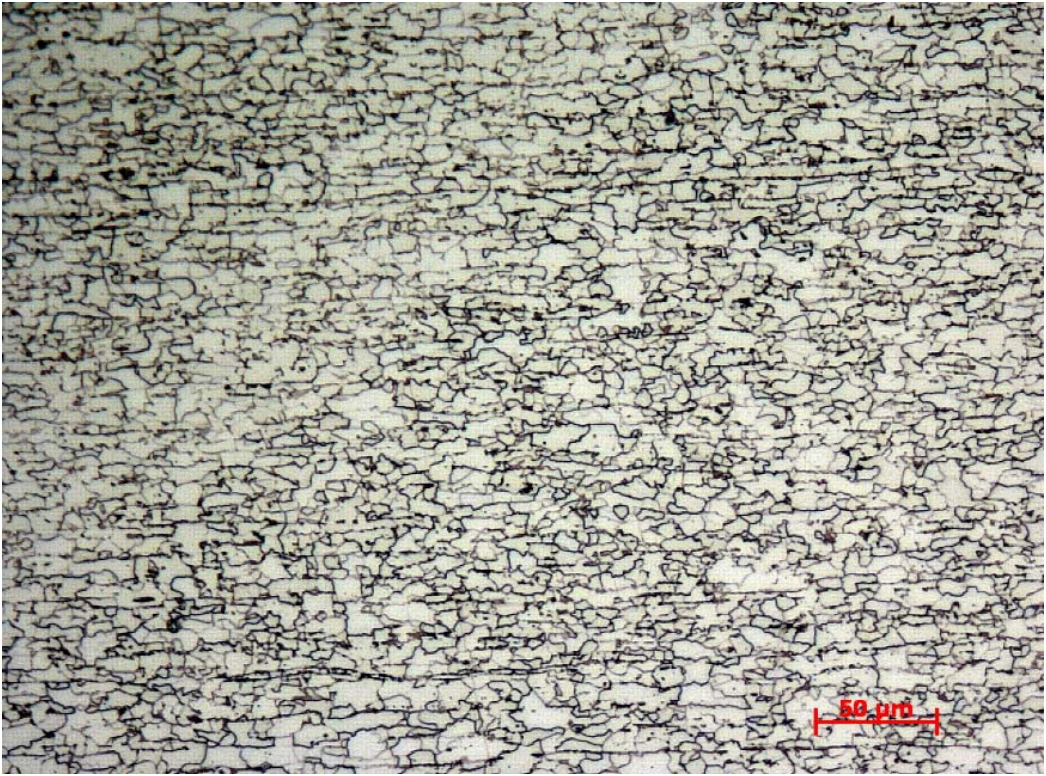
Çizelge 6.16 Metalografik Muayene İçin Kullanılan Mikroskoplar ve Teknik Özellikleri[5]

		Zwick Işık Mikroskobu
		- Büyütme: X1000
		- Karanlık-Parlak alan görüntüleme
		- Polarize ışık, Çapraz polarizör
		Görüntüleme ve analiz: Dijital kamera, image analyzer (boyut alan ölçümleri, tane boyutu, renk seçiciliği ile faz boyut ve dağılımı)
		Olympus Dino-Lite Stereo Mikroskop
		- Büyütme: X40
		- Dijital kamera kayıt imkanı

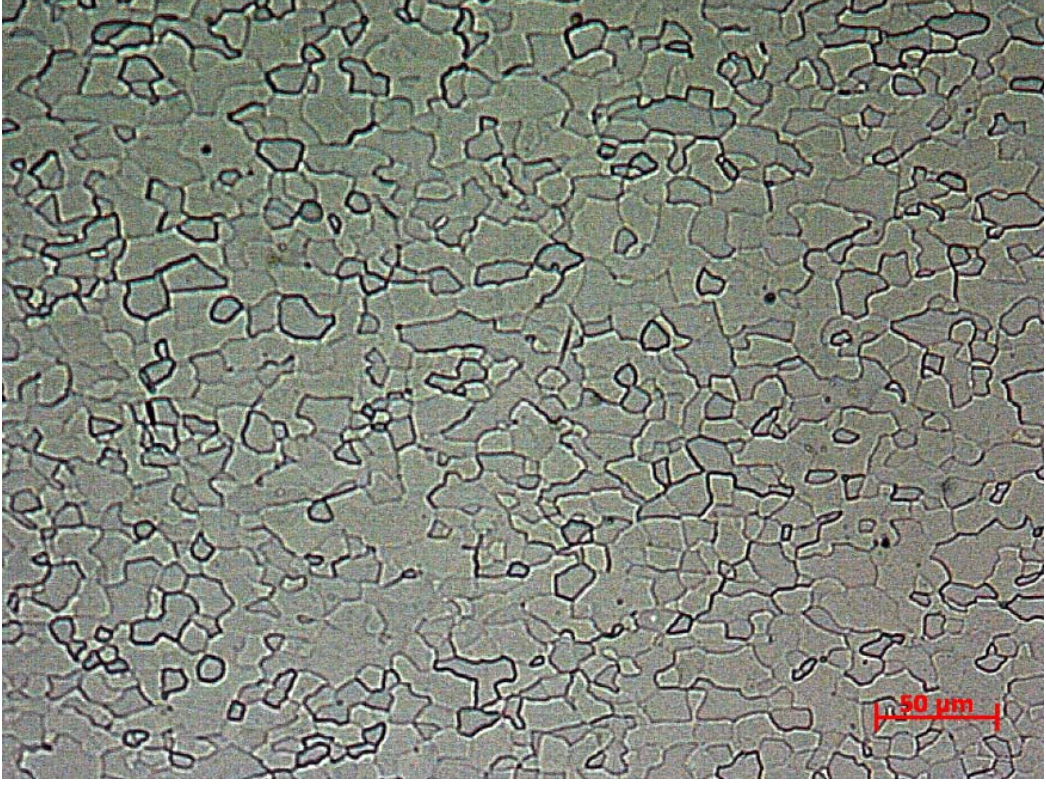
Muayene esnasında farklı büyütme değerlerinde sırasıyla; ana metal, geçiş bölgesi, kaynak bölgesi ve genel kaynak bağlantısı görüntüleri alındı. Metalografik inceleme ile önceki kontrol yöntemlerinin ne ölçüde paralel sonuçlar verdiği, muayene sonrasında ulaşacağımız nokta olacaktır.



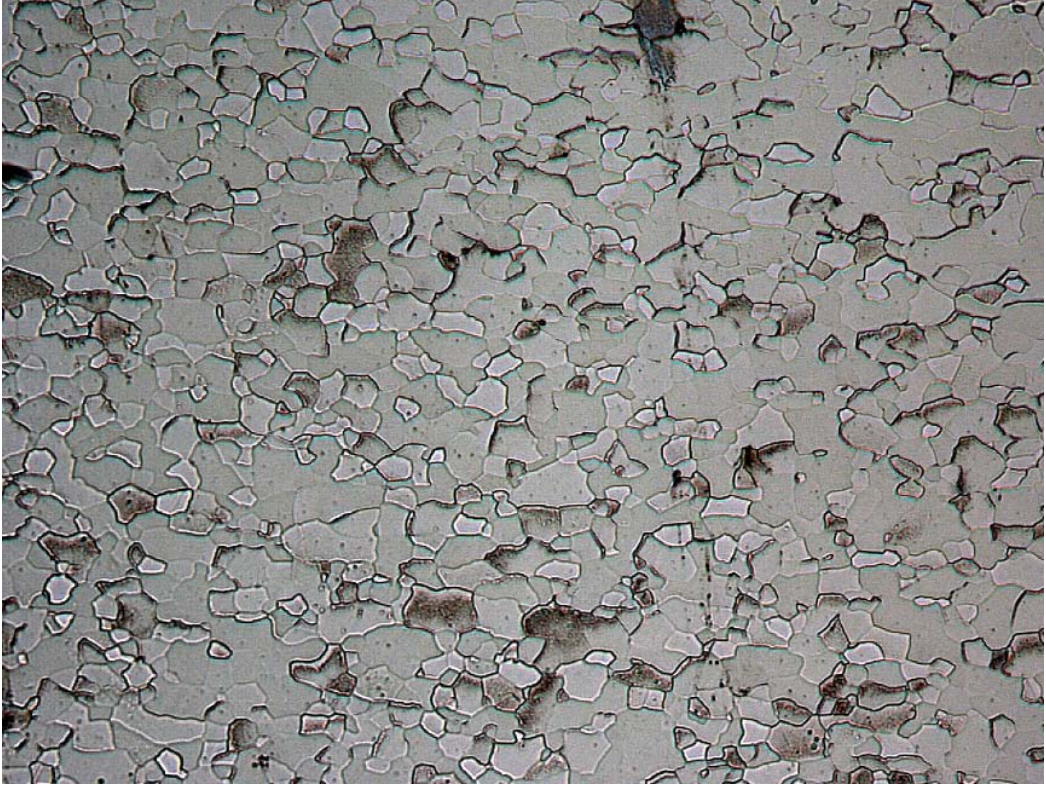
Şekil 6.39 A1 Kaynak Numunesi Ana Metal Görünümü(400X)



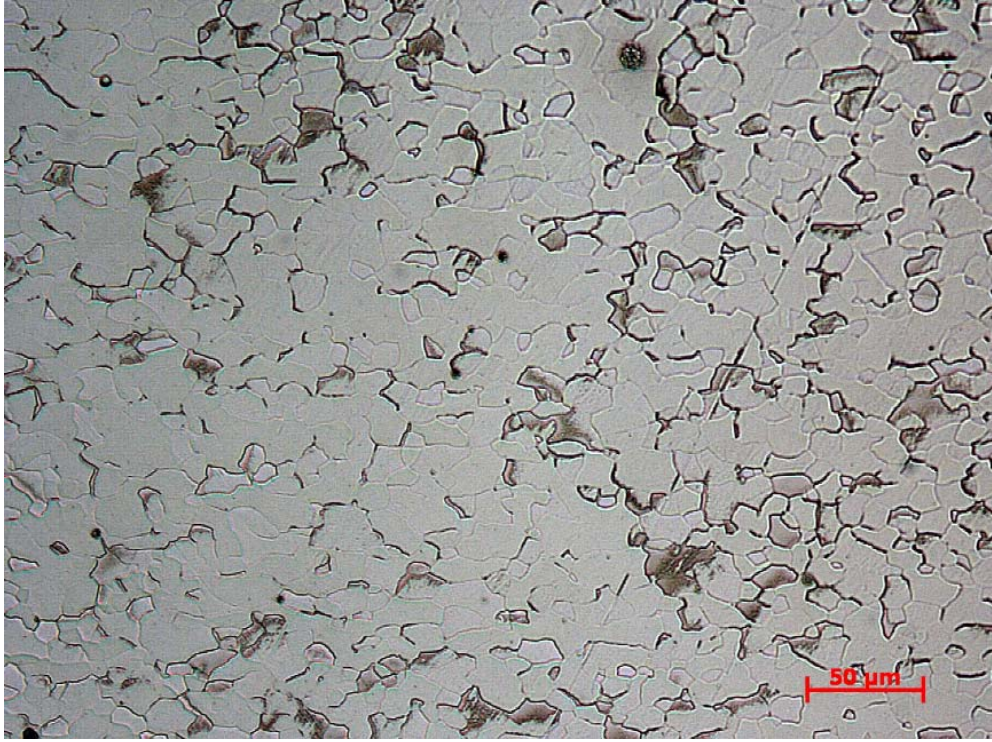
Şekil 6.40 A2 Kaynak Numunesi Ana Metal Görünümü(400X)



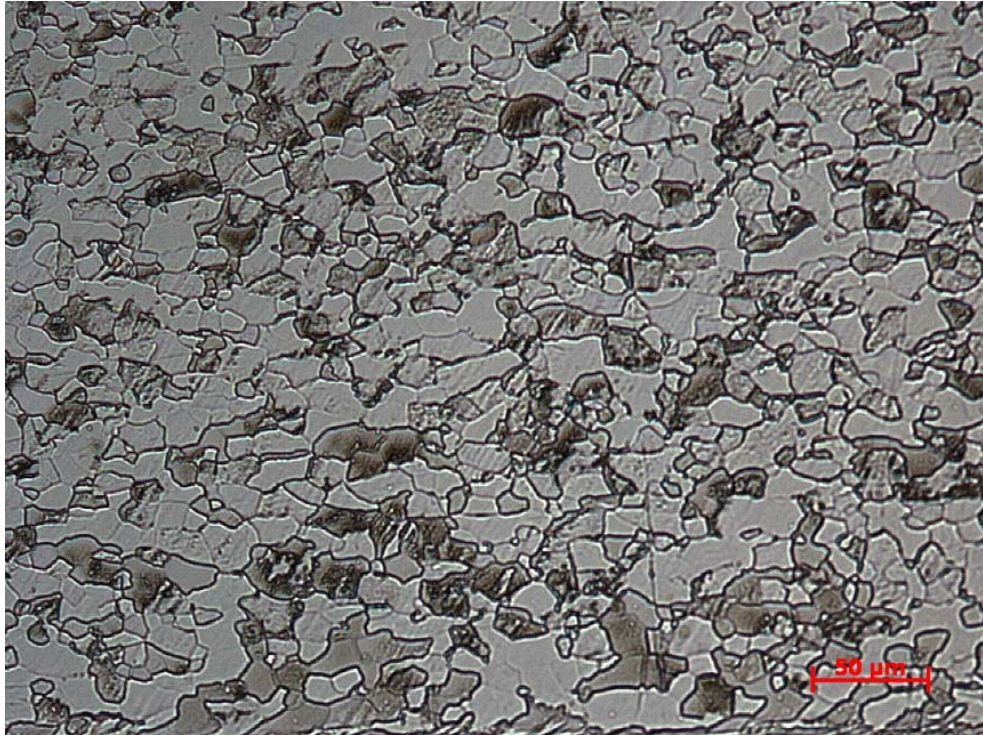
Şekil 6.41 A3 Kaynak Numunesi Ana Metal Görünümü(400X)



Şekil 6.42 B1 Kaynak Numunesi Ana Metal Görünümü(400X)



Şekil 6.43 B2 Kaynak Numunesi Ana Metal Görünümü(400X)



Şekil 6.44 B3 Kaynak Numunesi Ana Metal Görünümü(400X)

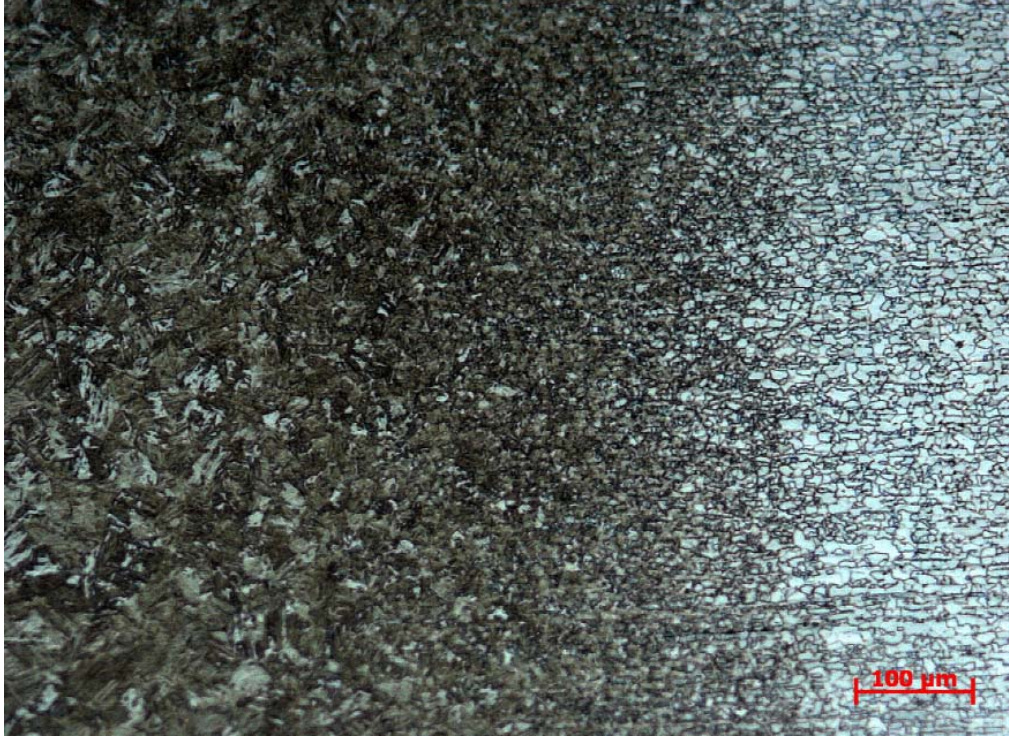
Genel olarak 411 ve 430 kalite galvanile çelik malzemelerin iç yapısının, ince taneli ve homojen tanelerden oluştuğu gözlenmektedir. A1 ve A2 numunelerinin malzemesi olan 411 kalite galvanile çelik malzeme için, 400 büyütmede açık renkli ferrit taneleri belirgin bir şekilde seçilebilmektedir. Öte yandan daha koyu renkli olan ve açık renkli tanelere göre daha az sayıdaki taneler ise, perlit taneleridir.(Şekil 6.39 ve Şekil 6.40)

A3, B1, B2 ve B3 numunelerinin malzemesi 430 kalite galvanile çelik olup, 411 kalite çeliğe benzer şekilde ince taneli ve homojen bir iç yapı burada da söz konusudur. Karşılaştırma yapacak olursak 430 kalite çeliğin tanelerinde daha homojen bir yapı görülmektedir. 100 büyütmede 430 kalite çelik malzeme oluşumunu sadece ferrit taneleri oluşturmaktadır. 0,004% C oranı ile çok düşük C 'lı çelik malzemeler sınıfına giren 430 kalite çelik, ferritik yapısı ile derin çekme işlemleri için uygun bir malzeme olmaktadır.(Şekil 6.41, Şekil 6.42, Şekil 6.43 ve Şekil 6.44)

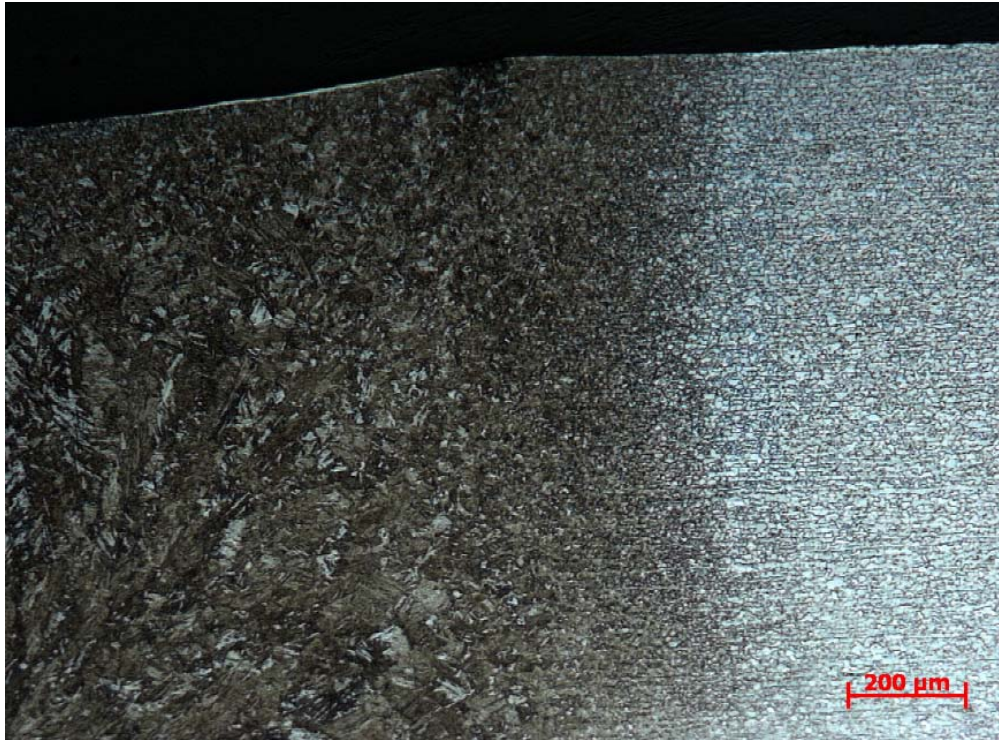
B1, B2 ve B3 kaynak numunelerinin ana metal 400 büyütme görüntülerinde bazı tanelerin daha koyu renkte olduğu görülmektedir.(Şekil 6.42, Şekil 6.43 ve Şekil 6.44) Bu görüntülerde her bir tanenin kristalografik yönelmesinin farklı olması nedeniyle dağlanmadan etkilenme oranı farklılık göstermektedir. Sonuç olarak ta bazı tanelerin daha koyu renkte olduğunu görmekteyiz.

411 ve 430 kalite galvanile çelik malzemelerin mikro sertlik ölçümü, Zwick marka sertlik ölçüm cihazı ile gerçekleştirildi. Sertlik ölçümü için 1 kg.f yük kullanılırken, ölçüm metal üzerinde çıkan izin optik olarak ölçülmesi ile elde edilmektedir. 411 kalite çelik malzemenin mikro sertlik ölçümü 91 HB olarak ölçülürken, 430 kalite çelik malzemenin sertliği ise 58 HB olarak saptanmıştır.

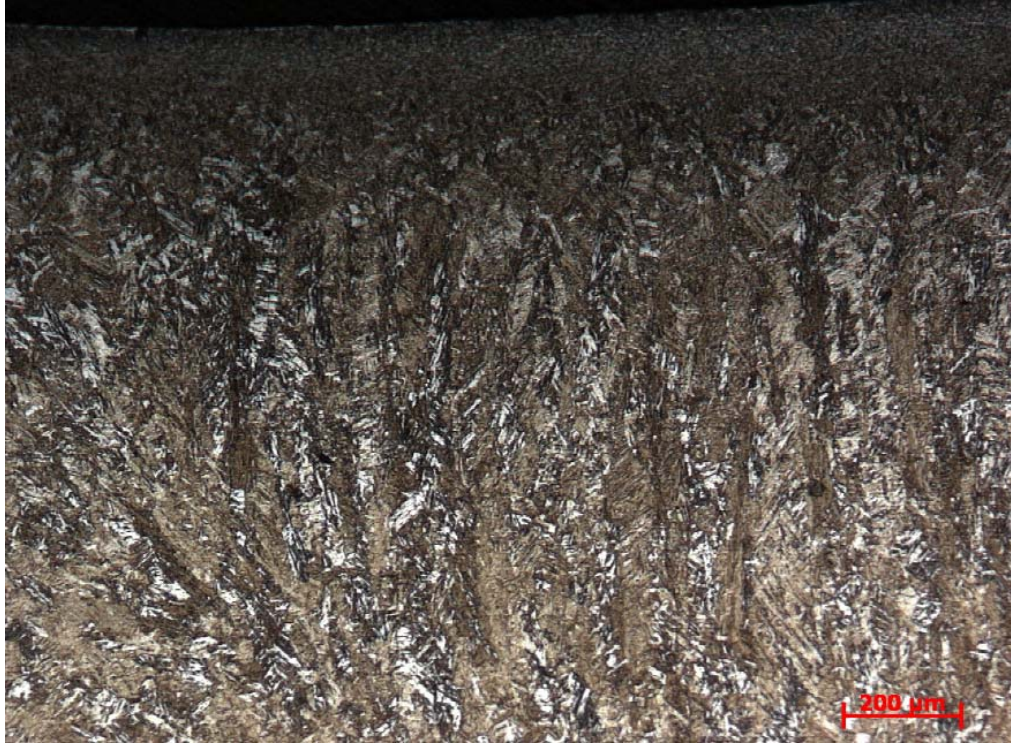
Sertlik değerleri arasında bu farkın oluşması, 411 kalite galvanile çelik içeriğinde bulunan % 0,05 C miktarına bağlıdır. 430 kalite çelik için C oranı, % 0,004 seviyesinde olup 411 kalite çeliğe oranla soğuk şekillendirmeye çok daha yatkın bir özellik sergilemektedir. % C oranının bu denli düşük olduğu 430 kalite çeliğin üretim prosesi daha uzun olduğundan birim fiyatı 411 kalite çeliğe oranla yaklaşık 9-10 kat daha pahalıdır.



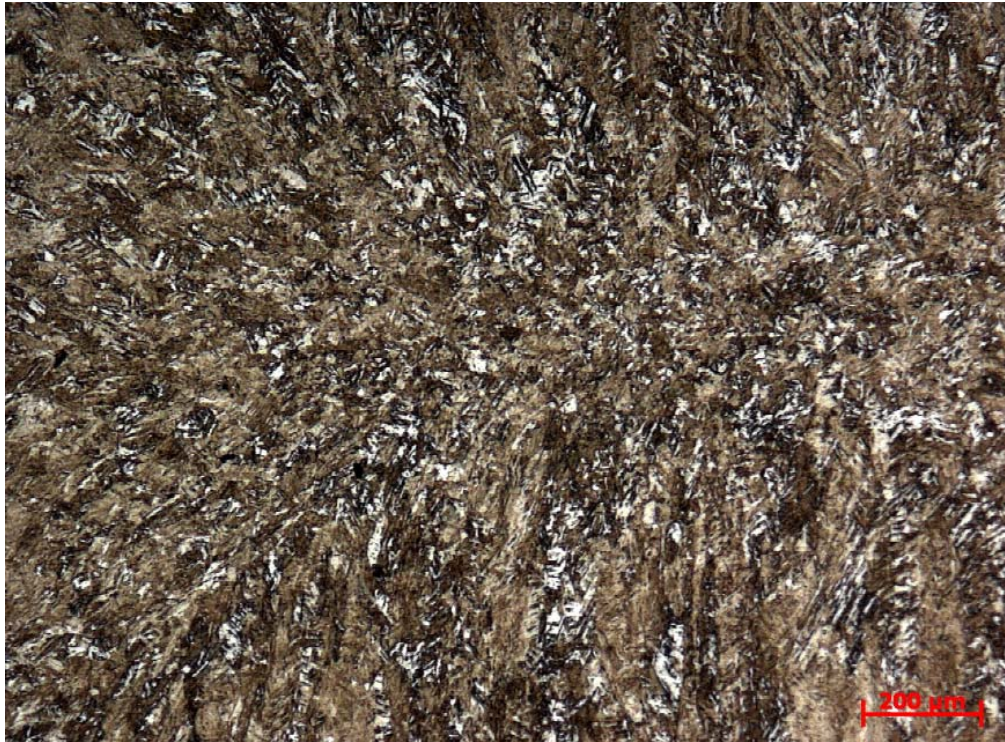
Şekil 6.45 A1 Kaynak Numunesi İçin Geçiş Bölgesi(200X)



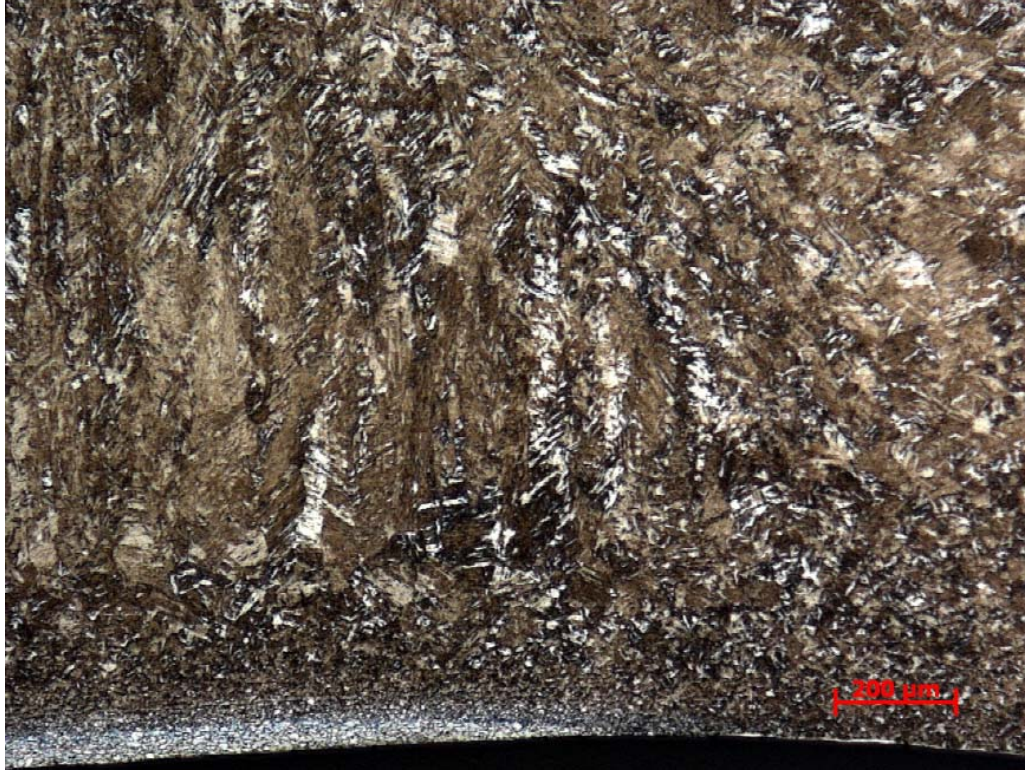
Şekil 6.46 A1 Kaynak Numunesi İçin Geçiş Bölgesi(100X)



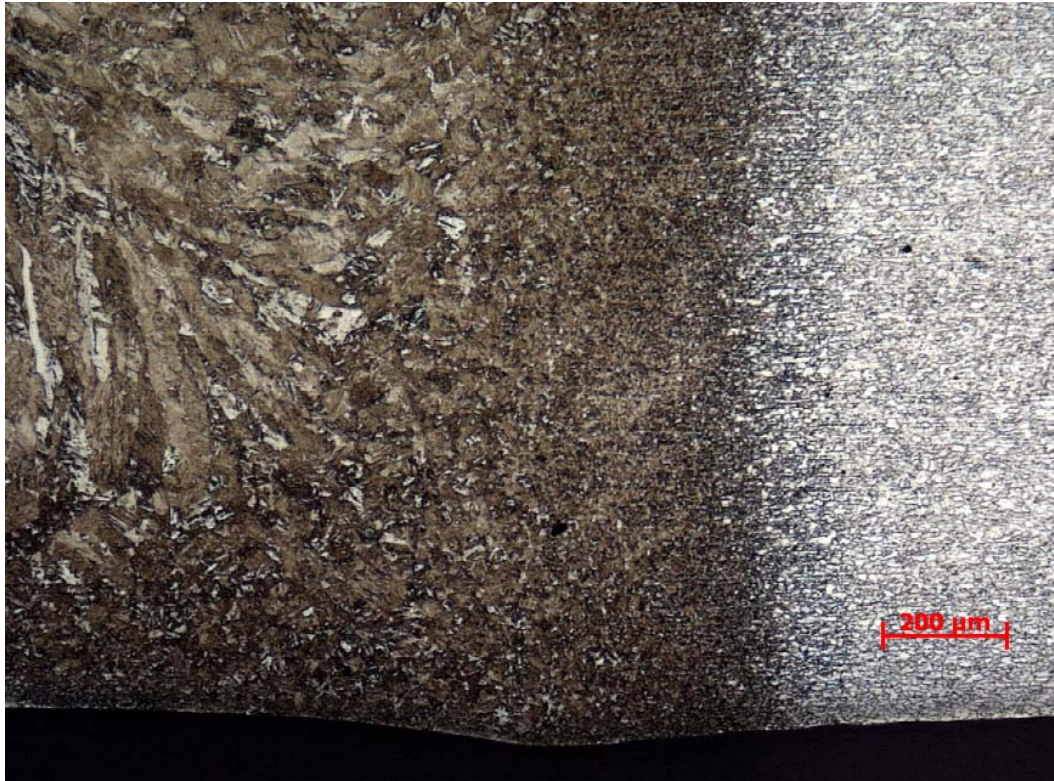
Şekil 6.47 A1 Kaynak Numunesi Üst Kaynak Bölgesi(100X)



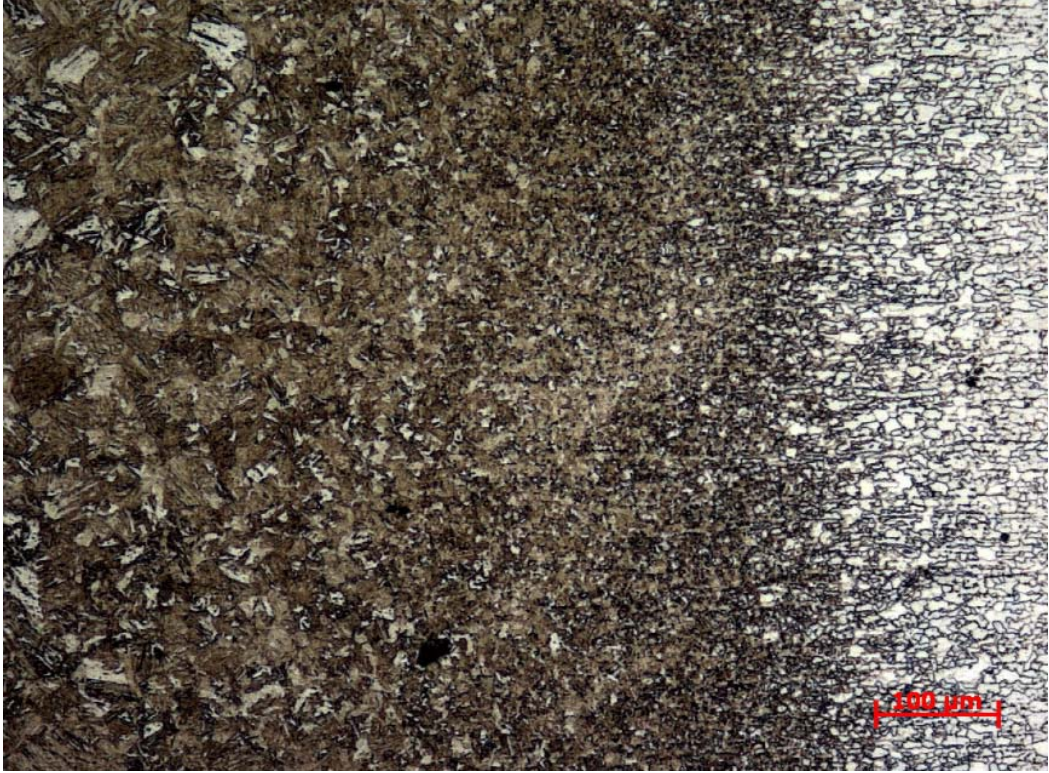
Şekil 6.48 A1 Kaynak Numunesi Kaynak Bölgesi Merkezi(100X)



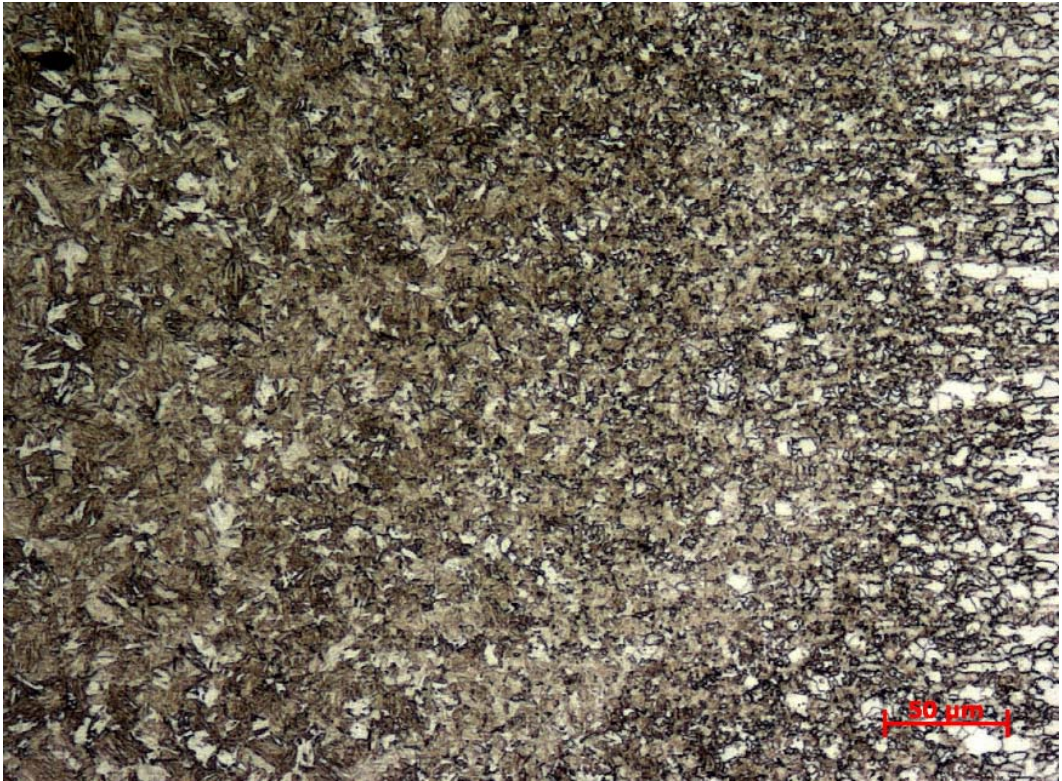
Şekil 6.49 A1 Kaynak Numunesi Kaynak Alt Bölgesi(100X)



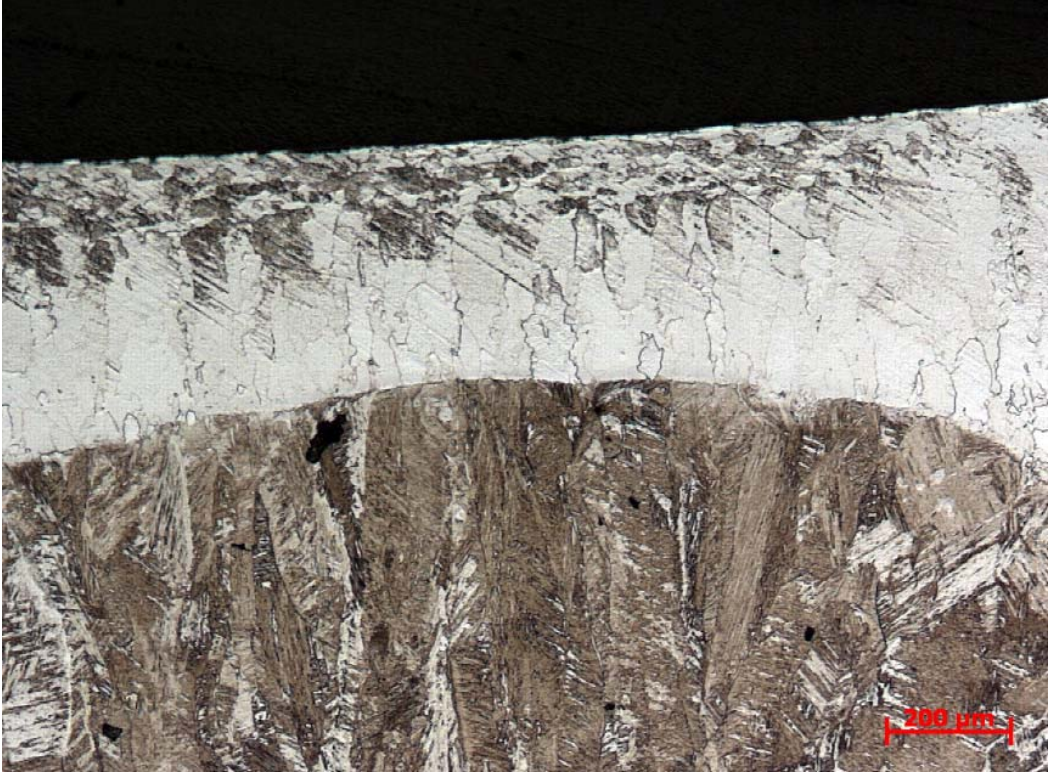
Şekil 6.50 A2 Kaynak Numunesi İçin Geçiş Bölgesi (100X)



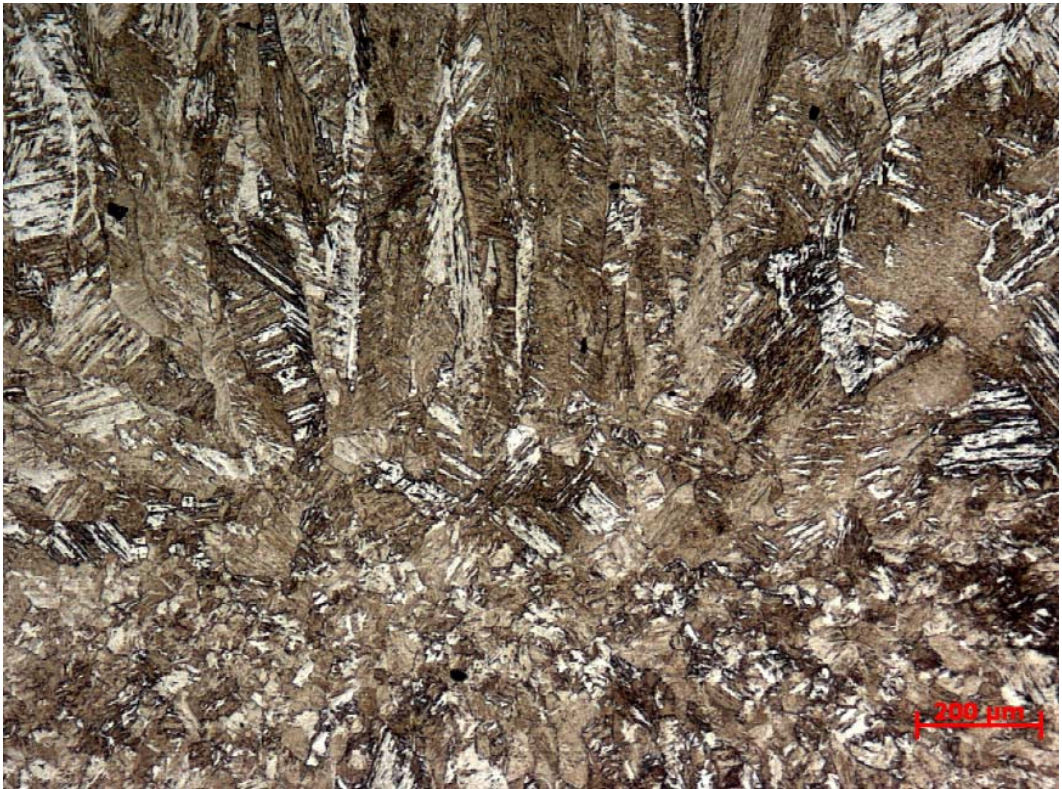
Şekil 6.51 A2 Kaynak Numunesi İçin Geçiş Bölgesi (200X)



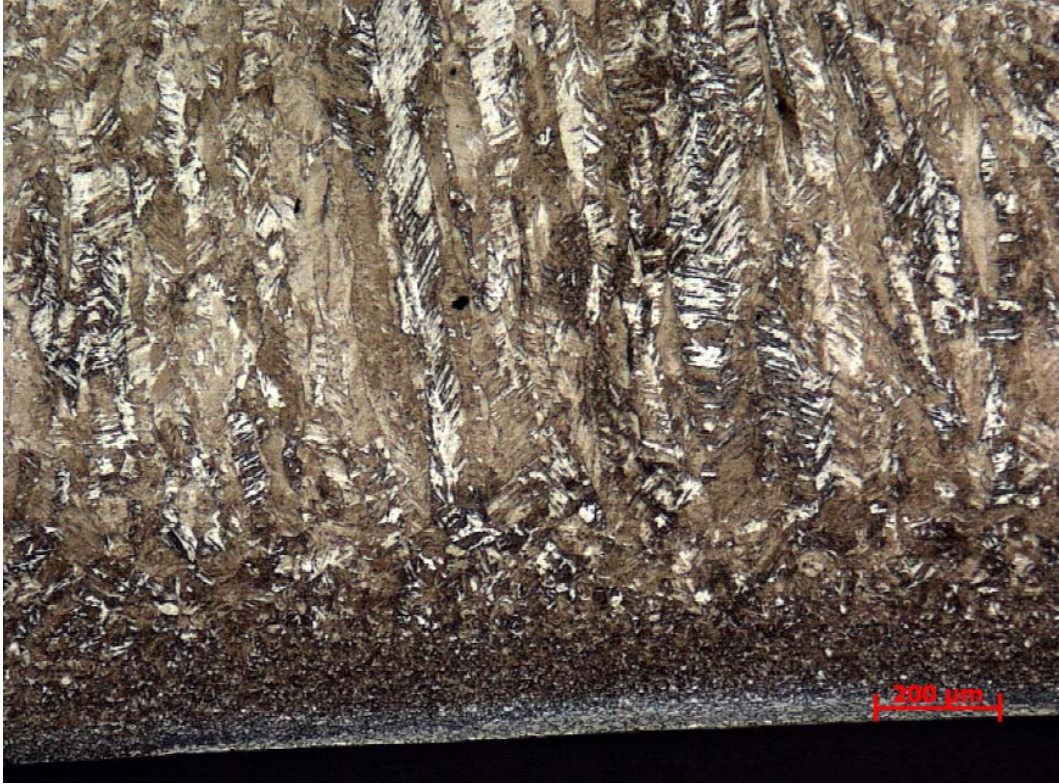
Şekil 6.52 A2 Kaynak Numunesi İçin Geçiş Bölgesi (400X)



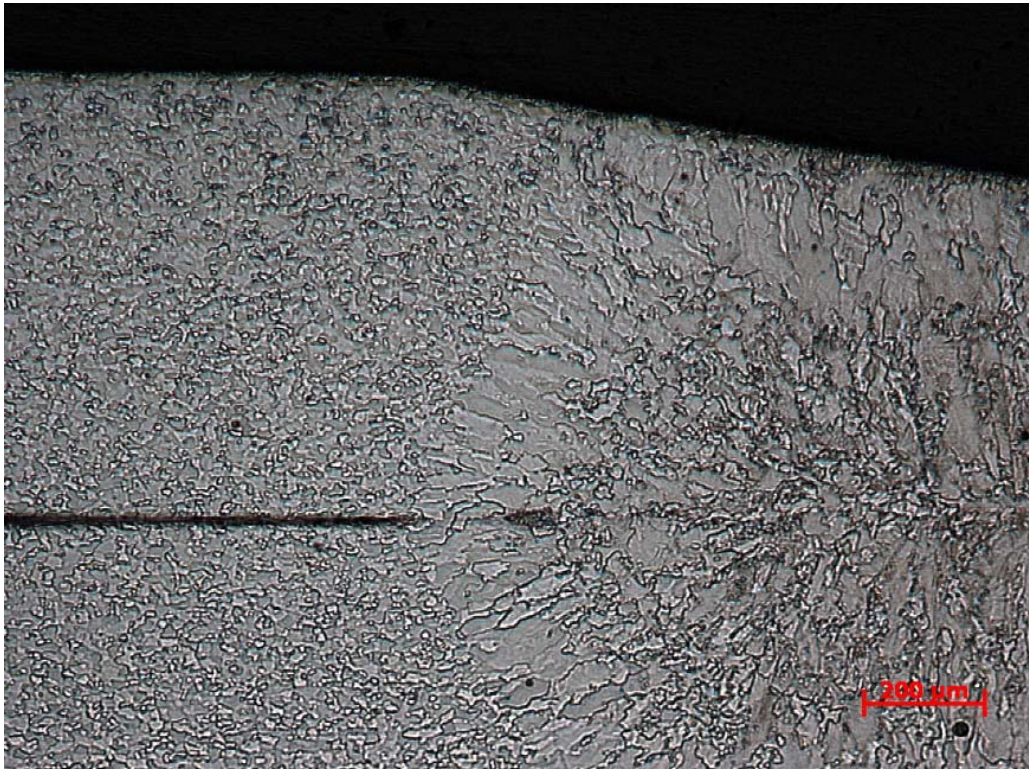
Şekil 6.53 A2 Kaynak Numunesi Üst Kaynak Bölgesi(100X)



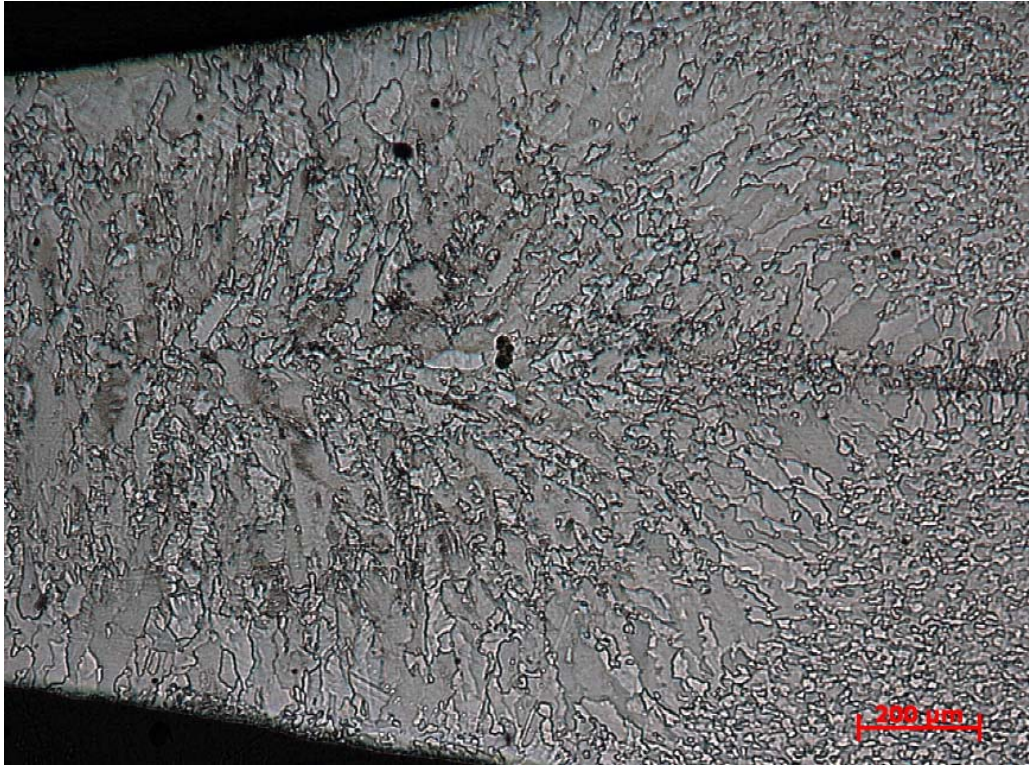
Şekil 6.54 A2 Kaynak Numunesi Kaynak Bölgesi Merkezi(100X)



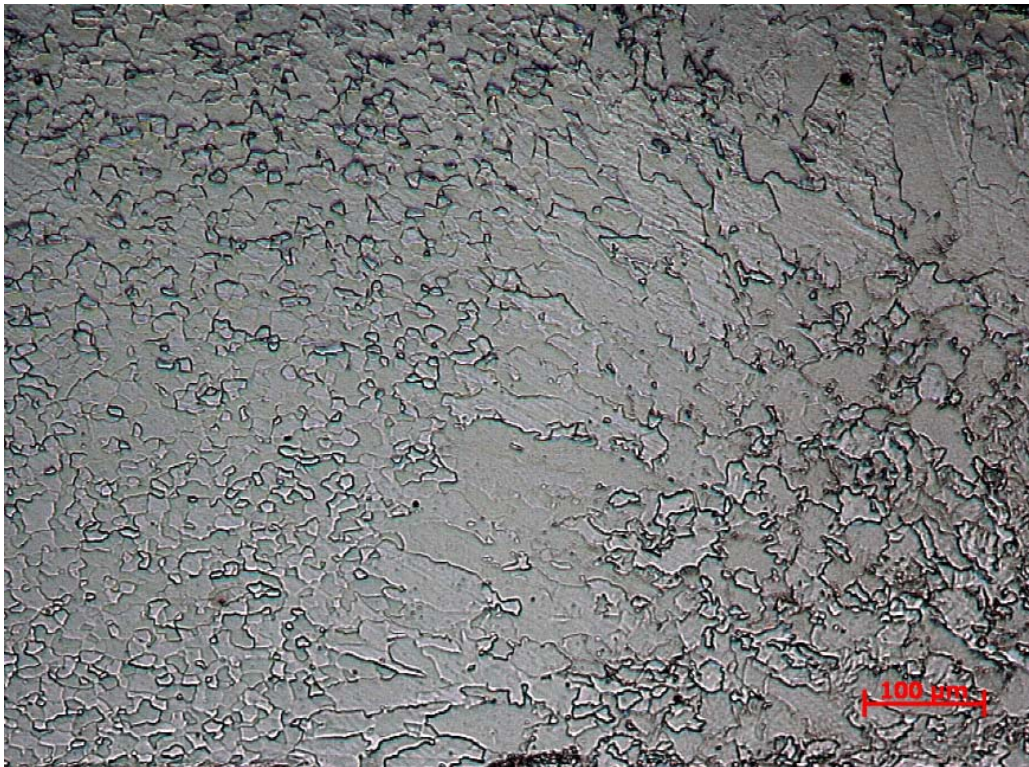
Şekil 6.55 A2 Kaynak Numunesi Kaynak Alt Bölgesi(100X)



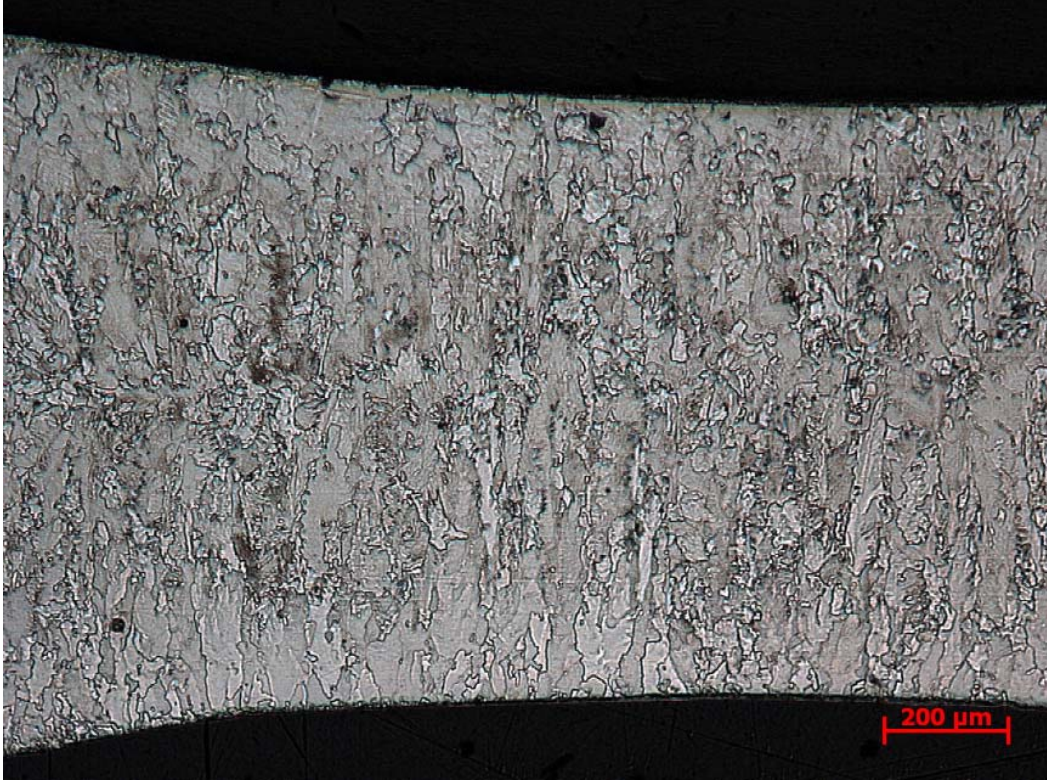
Şekil 6.56 A3 Kaynak Numunesi İçin Geçiş Bölgesi-1 (100X)



Şekil 6.57 A3 Kaynak Numunesi İçin Geçiş Bölgesi-2 (100X)



Şekil 6.58 A3 Kaynak Numunesi İçin Geçiş Bölgesi (200X)



Şekil 6.59 A3 Kaynak Numunesi İçin Kaynak Bölgesi (100X)

Geçiş bölgesi olarak adlandırılan şekillerde ITAB(Isı Tesiri Altındaki Bölge) yapısı incelendi ve ana malzemeden kaynak bölgesine doğru tane yapısındaki değişimler gözlemlendi.

Çizelge 6.14’te verildiği üzere A1 numunesi G15 kaynak numunesini ifade etmektedir. Buradan hareketle G15 kaynak numunesinin, 8200 A akım değerinde 1575 N basınç kuvveti altında 0,5 sn kaynak edildiğine ulaşılmaktadır. İlk kontrol yöntemi olan ayırma testinde “çok iyi” olarak değerlendirilen bu numunenin topak çapı 5,4 mm olarak gerçekleşmiştir. A1 numunesinde ana metalden itibaren ısı etkisiyle öncelikle tane boyutunda, ana metal tane boyutuna göre bir miktar azalma olmuştur. Kaynak noktasına yaklaşıldıkça çok ufak tanelerin kademeli olarak irileştiği fark edilmektedir.(Şekil 6.45 ve Şekil 6.46)

Kaynak bölgesine gelindiğinde ise; iri tanelerin dikey yönde yönlendiği görülmektedir.(Şekil 6.47, Şekil 6.48 ve Şekil 6.49) Aslında tane yapısındaki ITAB ’dan başlayarak kaynak eksenine kadar süren değişim beklenen şekilde olmuştur. Kaynak bağlantısının tane yapısında herhangi bir süreksizlik veya herhangi bir kaynak hatası görülmemektedir. Dolayısıyla A1 numunesi için ilk kontrol yöntemine paralel olarak kaynak şartlarının iyi seçildiğini

söyleyebiliriz.

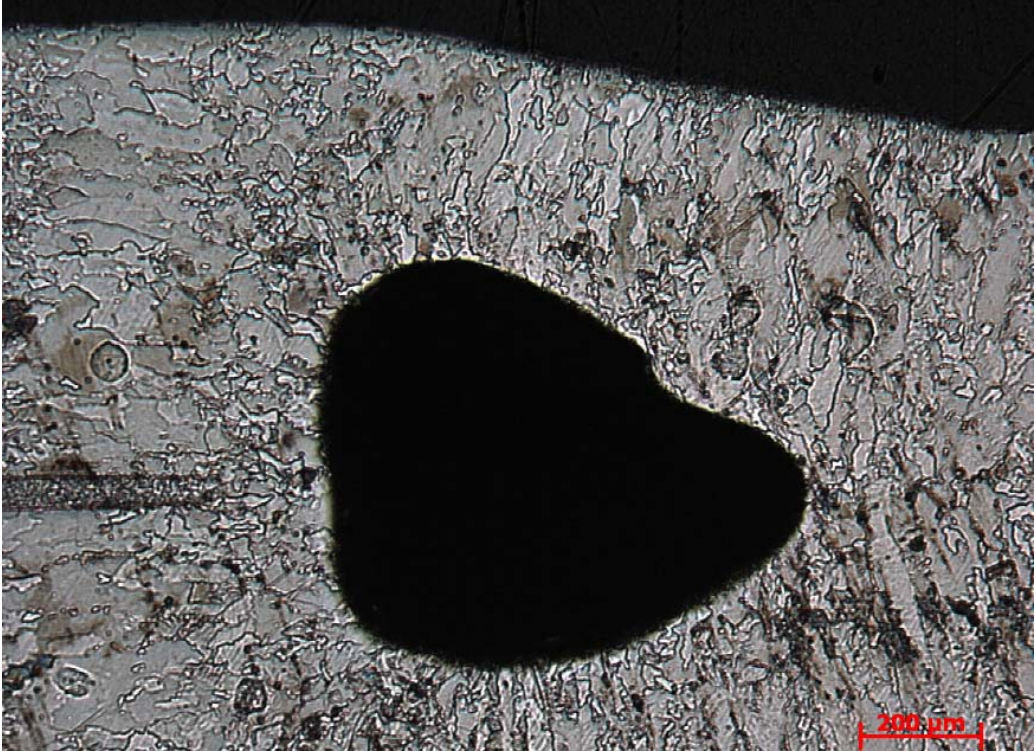
A2 muayene numunesi, G7 kaynak numunesini gösterme olup, 7200 A akım değerinde 1800 N basınç kuvveti altında 1,5 sn kaynak edilmişti. Ayırma testinde herhangi bir delik oluşumu söz konusu olmadığından “uygun değil” olarak değerlendirilen numunenin geçiş bölgesi incelendiğinde herhangi bir sıkıntı gözlemlenmemektedir. ITAB tane yapısının A1 numunesine benzer olması kaynak işlemi kökenli ısı dağılımının düzgün olduğunu göstermektedir.(Şekil 6.50, Şekil 6.51 ve Şekil 6.52)

A2 numunesinin kaynak bölgesi incelendiğinde ise, kaynak dikey ekseninin üst kısmında nüfuziyet eksikliği görülmektedir.(Şekil 6.53, Şekil 6.54 ve Şekil 6.55) Bu kaynak hatası, kaynak bağlantısının belli bir oranda gerçekleşmediğini ve seçilen kaynak parametrelerinin uygun olmadığını işaret etmektedir. Akım değerinin 1,5 mm kalınlıktaki 411 kalite çelik için en düşük değerde olması(7200 A) en güçlü neden olarak gözükmektedir. Basınç kuvveti ve zaman parametrelerinin de en üst değerlerde olması akım parametresinin direnç nokta kaynağında etki derecesini göstermektedir. Nitekim bağlantının iç yapısı ayırma testi sonuçlarını destekler nitelikte çıkmaktadır.

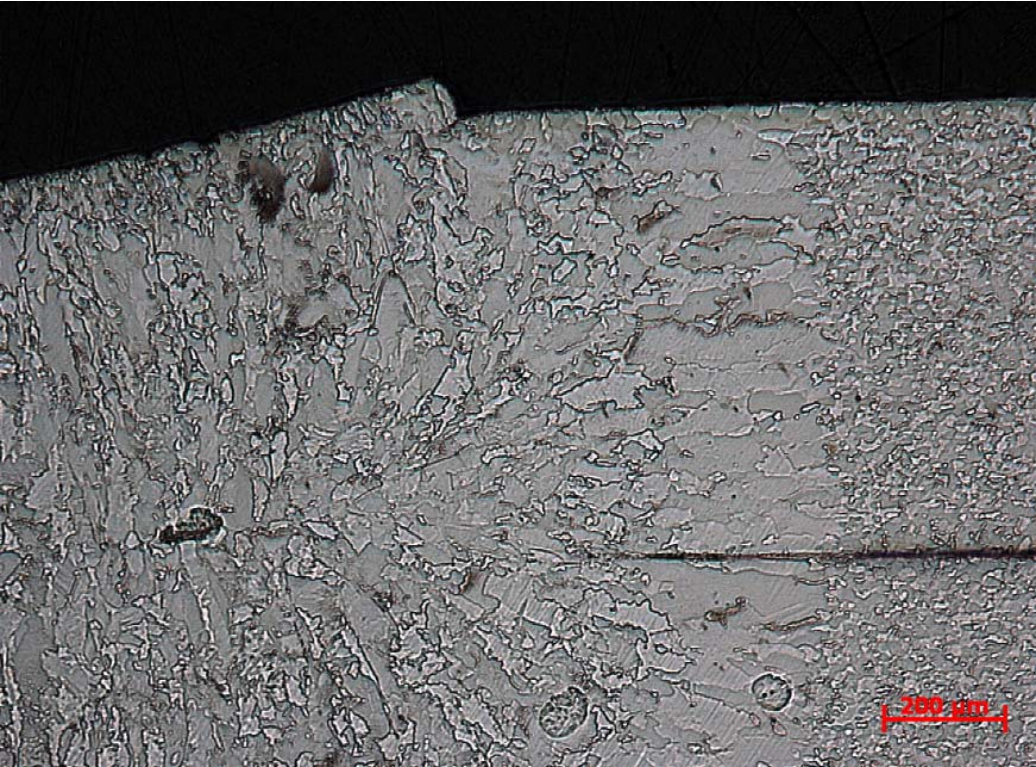
A muayene grubunun son numunesi olan A3 numunesi, ilk iki numuneden farklı olarak 0,8 mm kalınlığındaki 430 kalite galvanile çeliklerin direnç nokta kaynağı ile birleştirilmesi ile elde edilmiştir. Bu numune, B tipi elektrot uç formu ile kaynak edilen B18 kaynak numunesi olup, ayırma testi sonucunda “çok iyi” olarak değerlendirilmiştir. Gerçekleşen topak çapı 5,6 mm olarak ölçülerek istenilen aralık içerisinde çıkmıştır. B18 kaynak numunesi, 6600 A akım değerinde 1575 N basınç kuvveti altında 0,5 sn kaynak edilmiştir.

A3 numunesinde öncelikle ITAB incelendiğinde, tane büyüklüğünün ana metal tane yapısına göre büyüyerek kaynak dikey eksenine yaklaştığı görülmektedir. Ancak burada ITAB 'da tane yapısı incelendiğinde ısı etkisinin düşük kaldığı görülmektedir. Akım ve basınç kuvvetinin yeterli olduğu göz önüne alındığında, kaynak zamanının olması gereken seviyeye göre düşük kaldığı söylenebilir.(Şekil 6.56 ve Şekil 6.57)

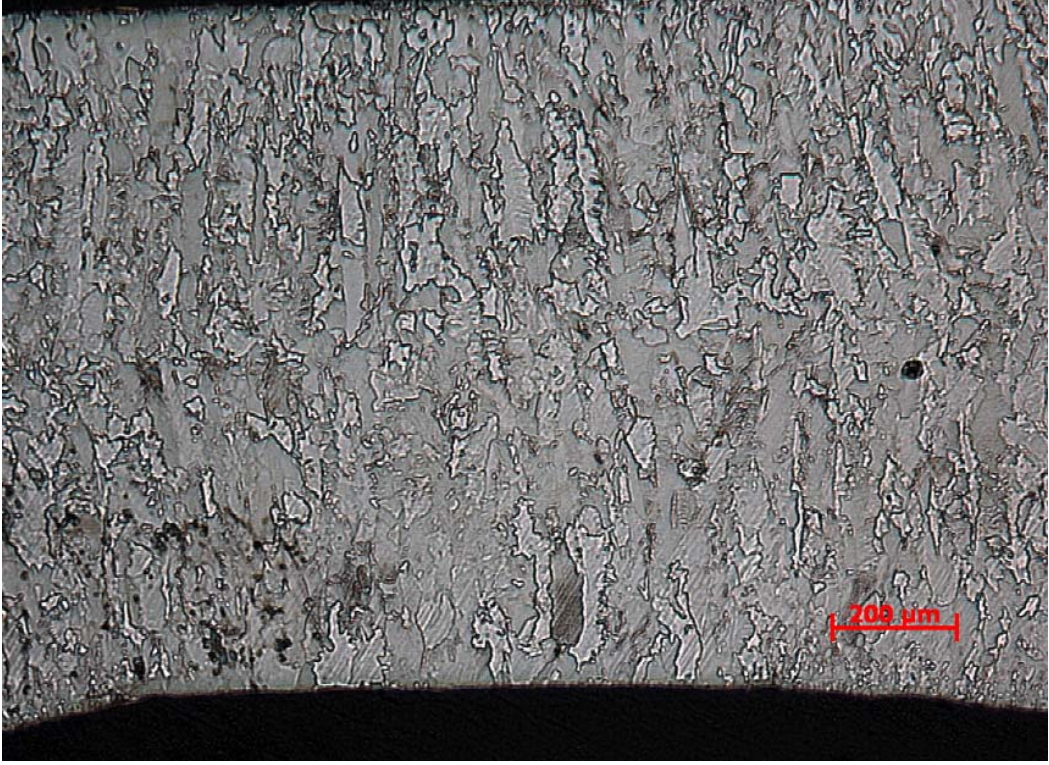
Kaynak bölgesinde iyice irileşen tanelerin kaynak hattına göre dikey doğrultuda yönlendiği görülmektedir.(Şekil 6.58 ve Şekil 6.59) Bağlantının istenen seviyede gerçekleştiği söylenebilir ki, bu da ayırma testini destekler nitelikte bir sonuç vermektedir.



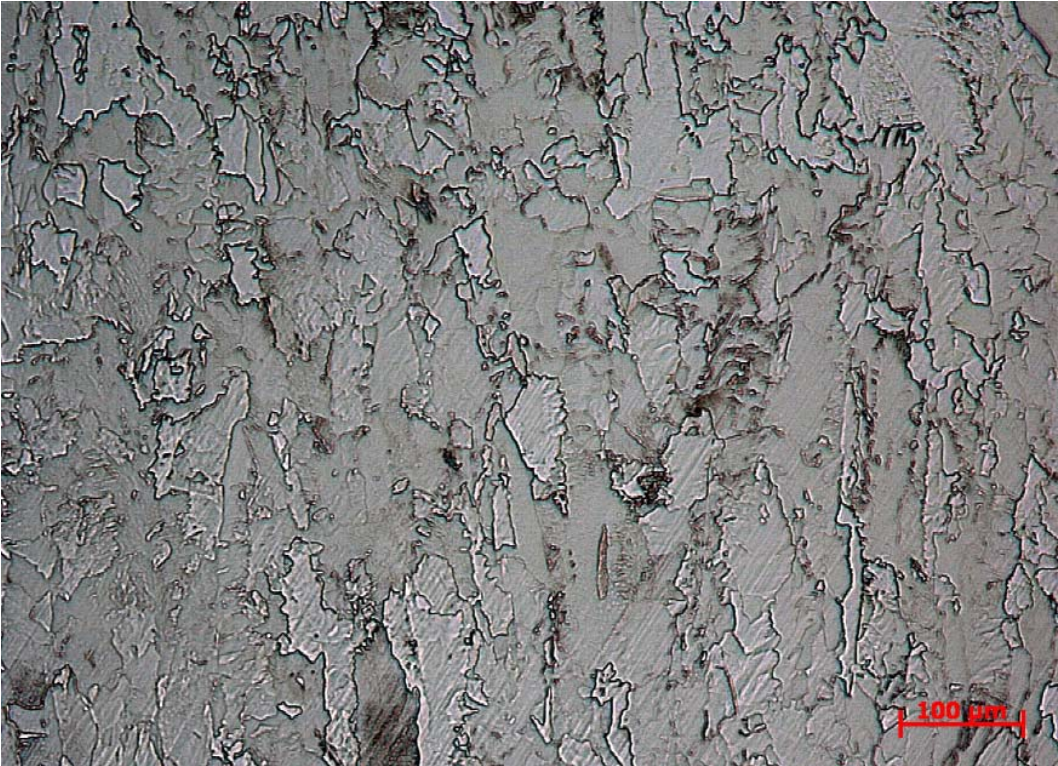
Şekil 6.60 B1 Kaynak Numunesi İçin Geçiş Bölgesi-1 (100X)



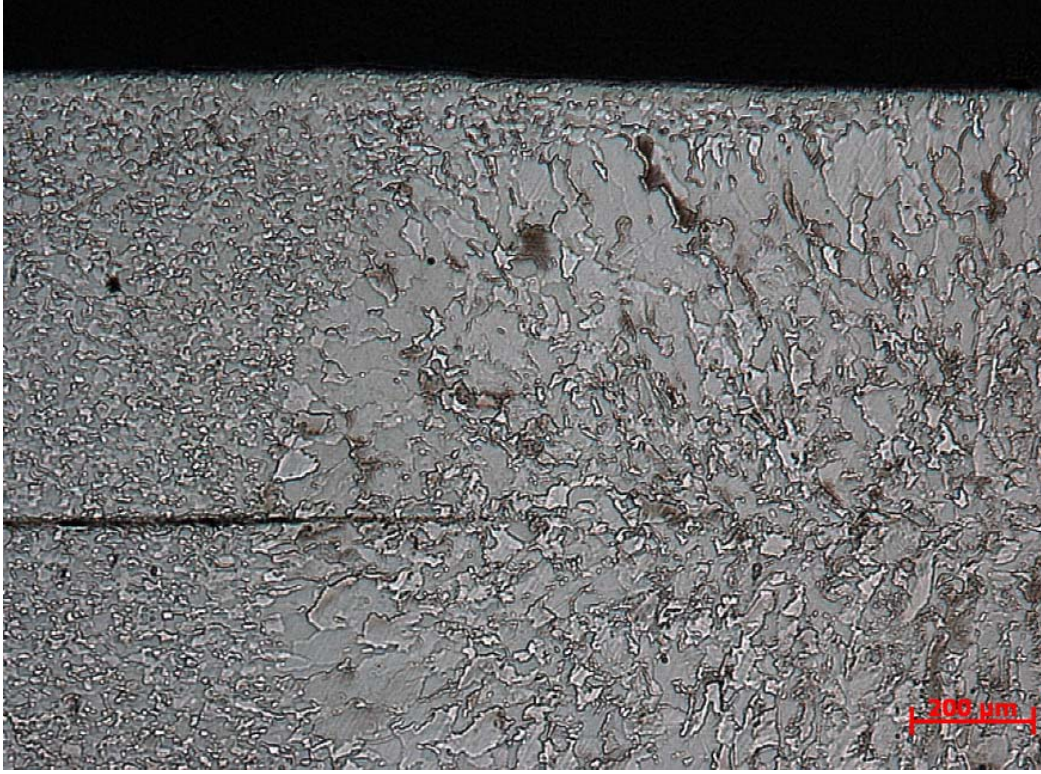
Şekil 6.61 B1 Kaynak Numunesi İçin Geçiş Bölgesi-2 (100X)



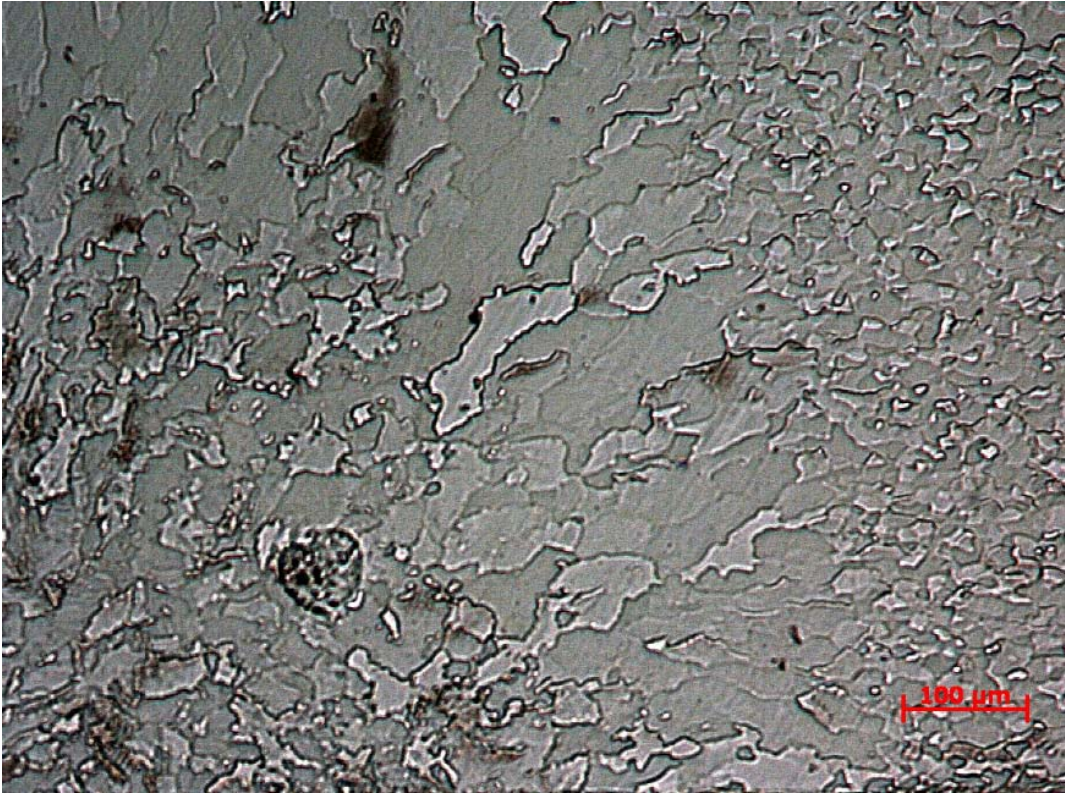
Şekil 6.62 B1 Kaynak Numunesi İçin Kaynak Bölgesi (100X)



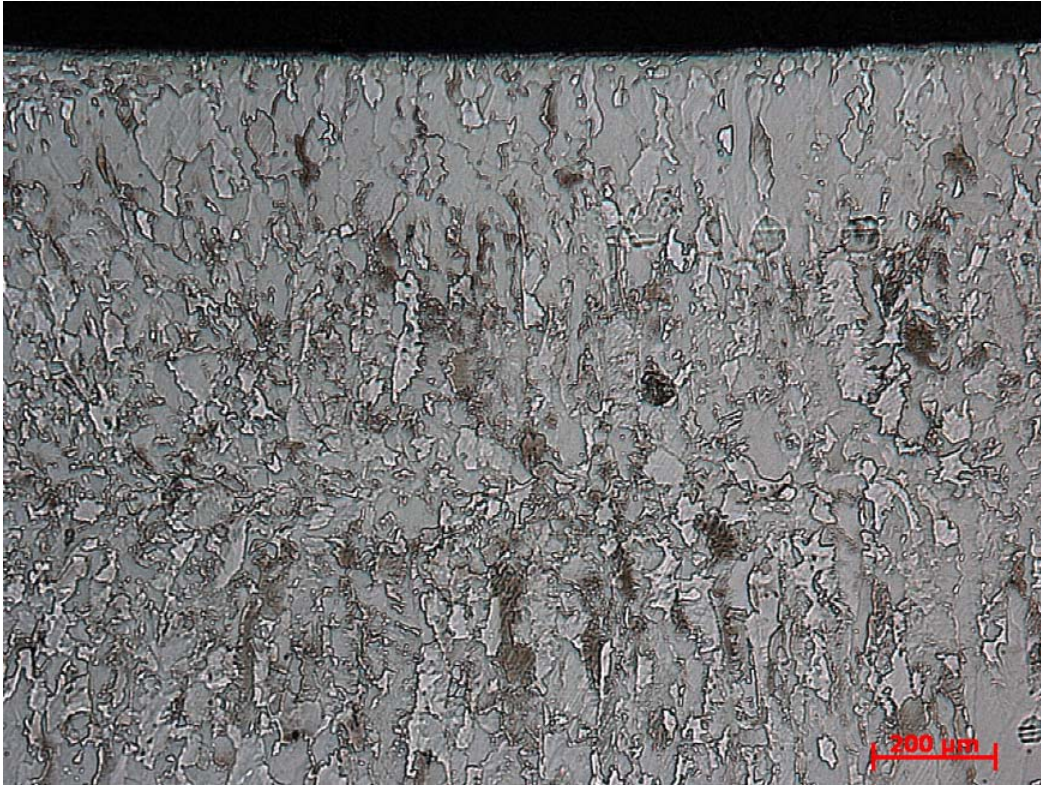
Şekil 6.63 B1 Kaynak Numunesi İçin Kaynak Bölgesi (200X)



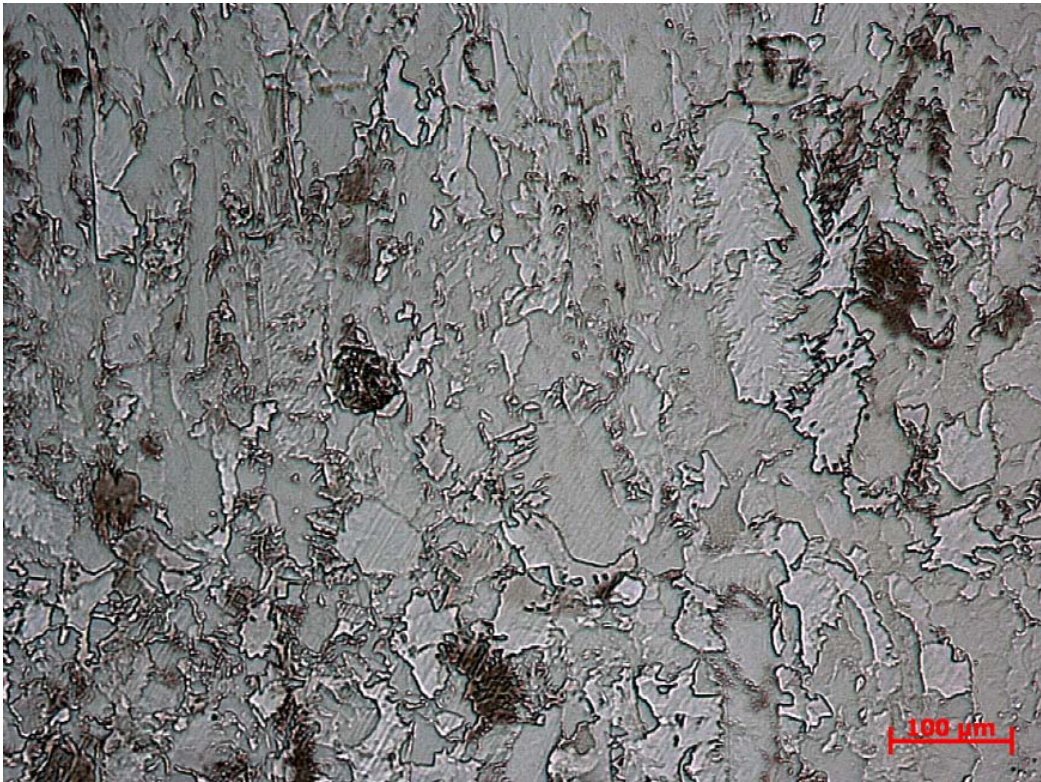
Şekil 6.64 B2 Kaynak Numunesi İçin Geçiş Bölgesi (100X)



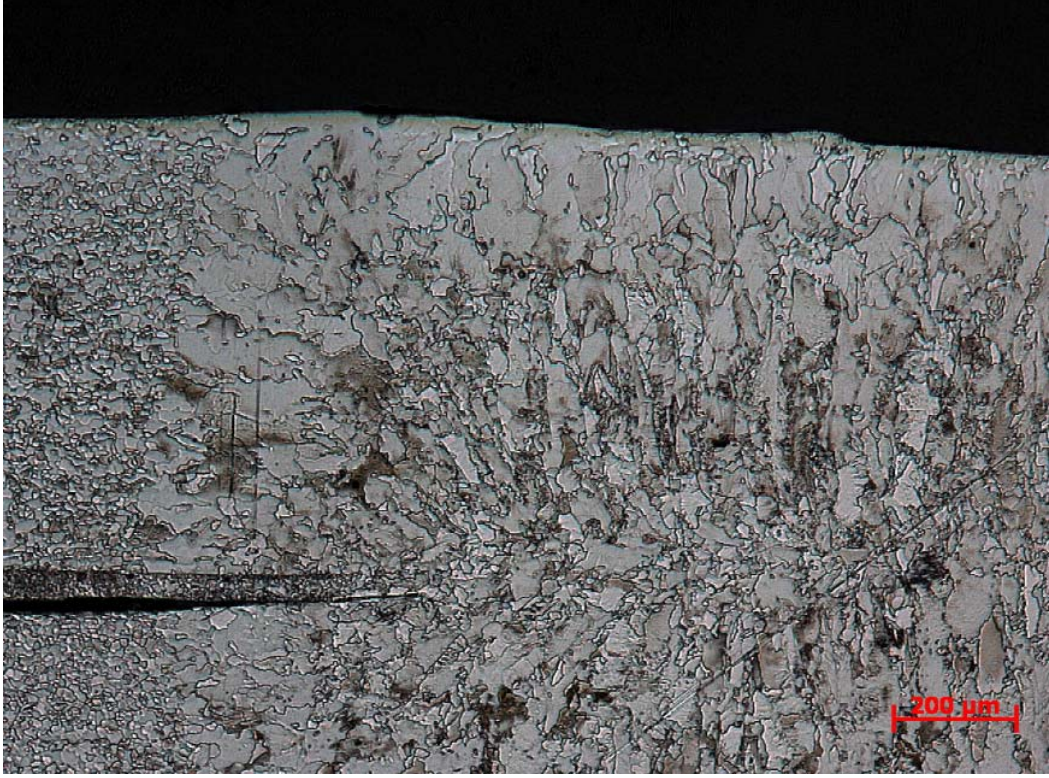
Şekil 6.65 B2 Kaynak Numunesi İçin Geçiş Bölgesi (200X)



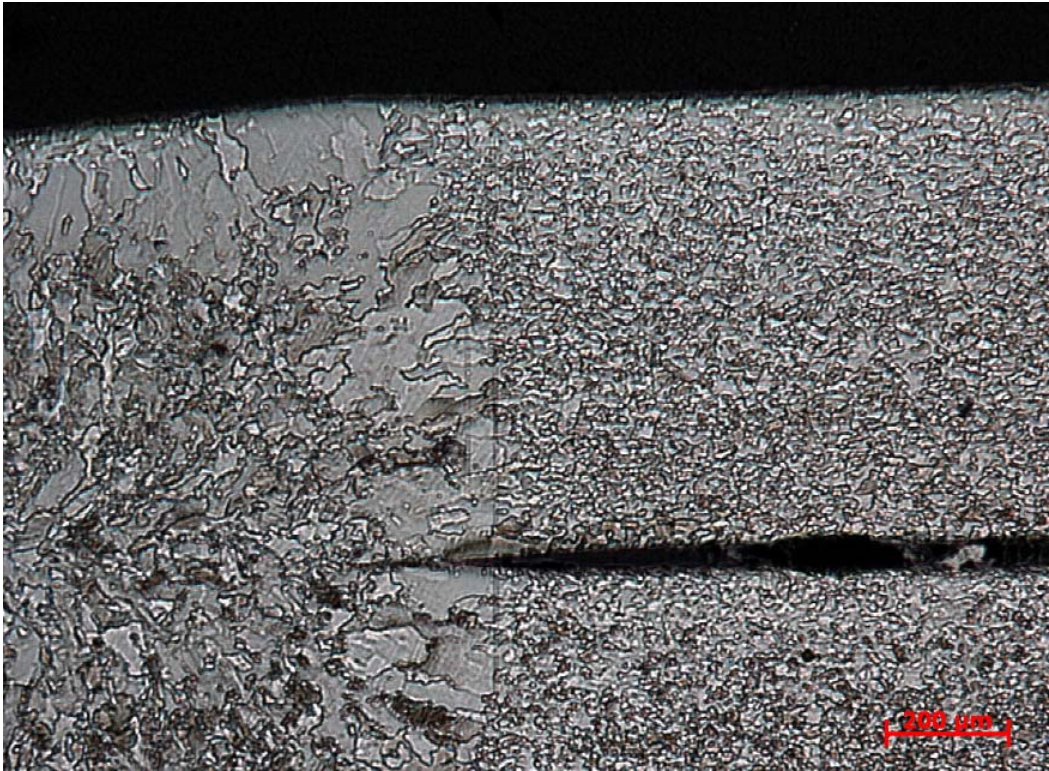
Şekil 6.66 B2 Kaynak Numunesi İçin Kaynak Bölgesi (100X)



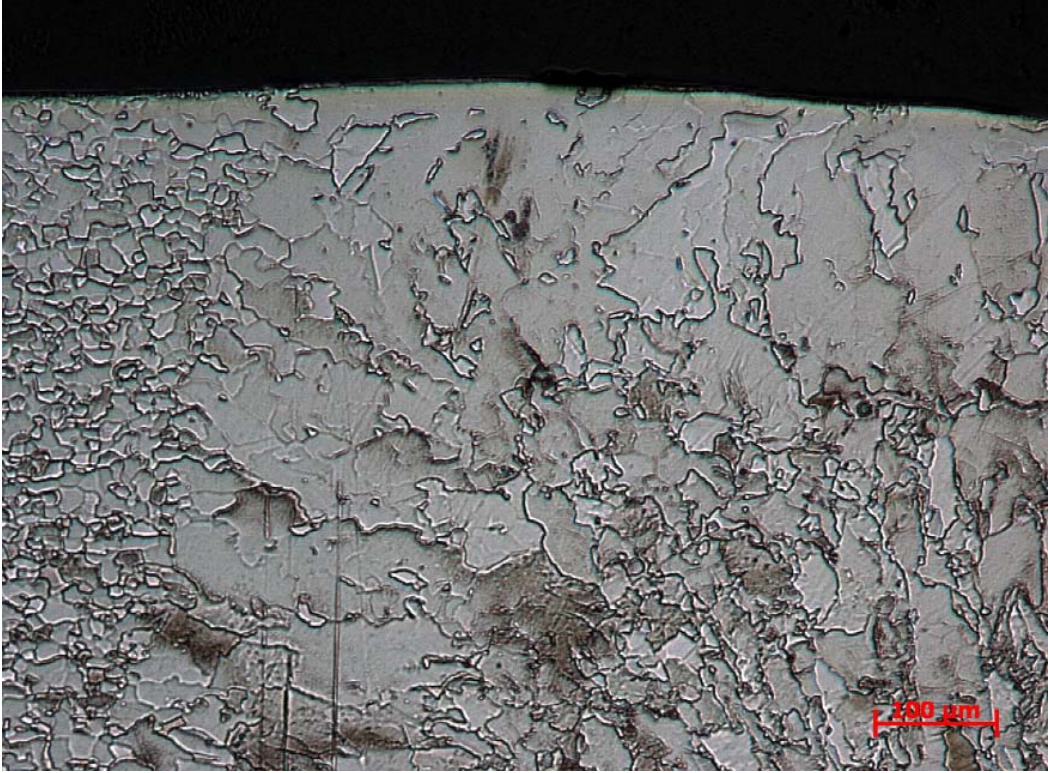
Şekil 6.67 B2 Kaynak Numunesi İçin Kaynak Bölgesi (200X)



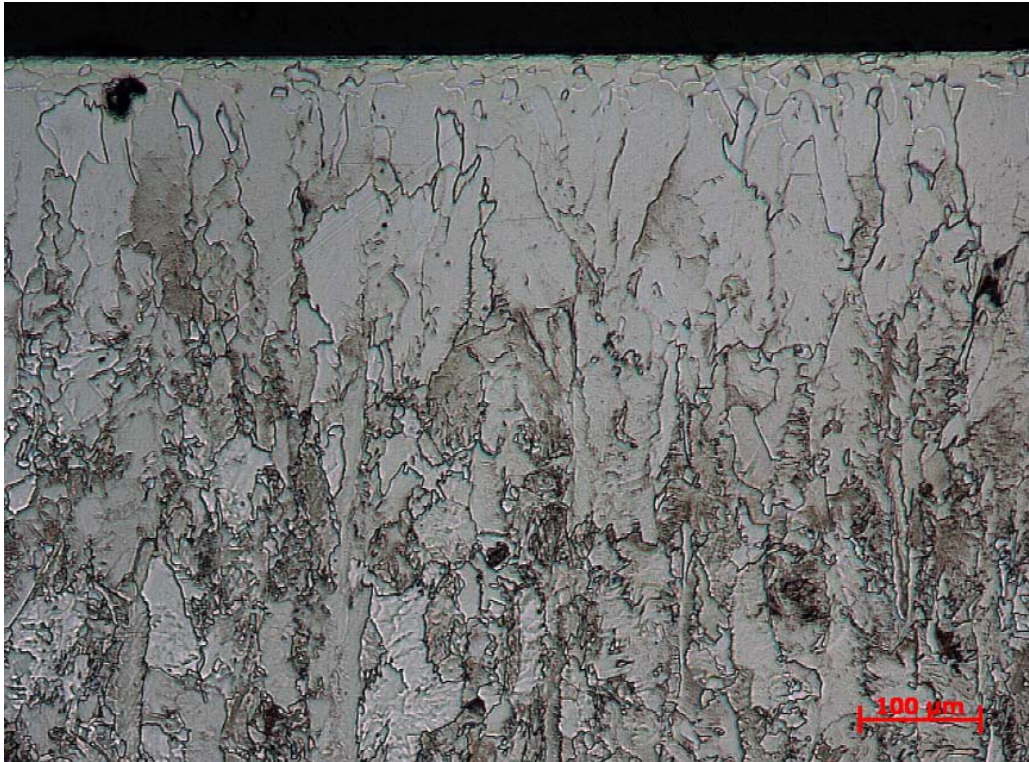
Şekil 6.68 B3 Kaynak Numunesi İçin Geçiş Bölgesi-1 (100X)



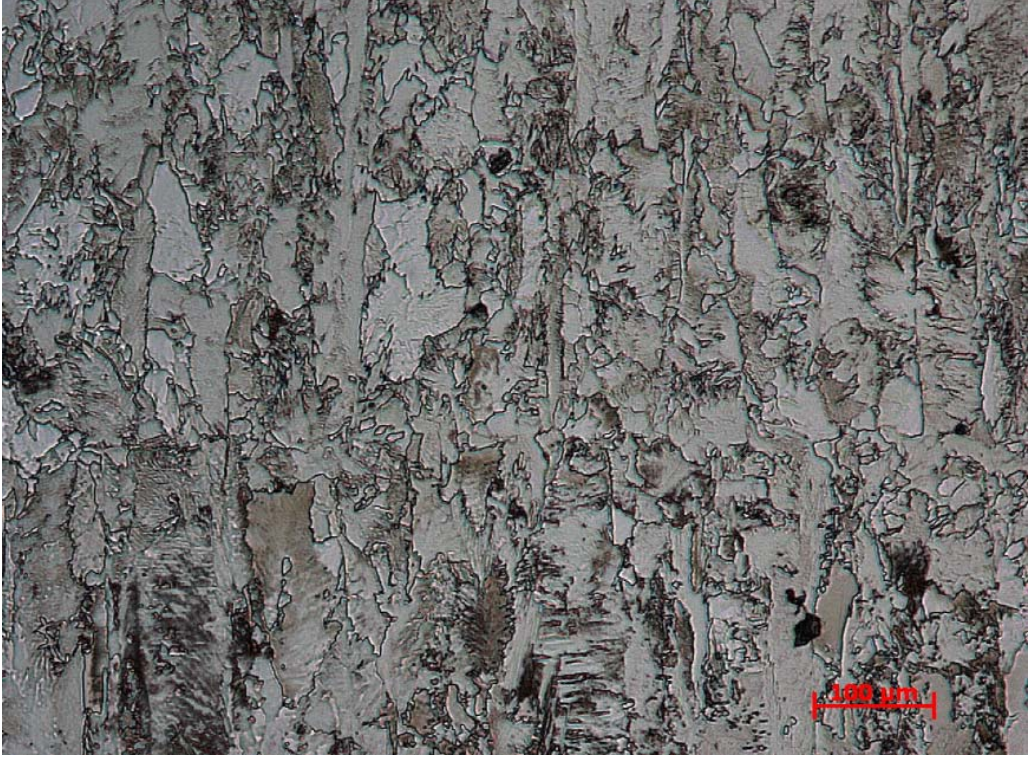
Şekil 6.69 B3 Kaynak Numunesi İçin Geçiş Bölgesi-2 (100X)



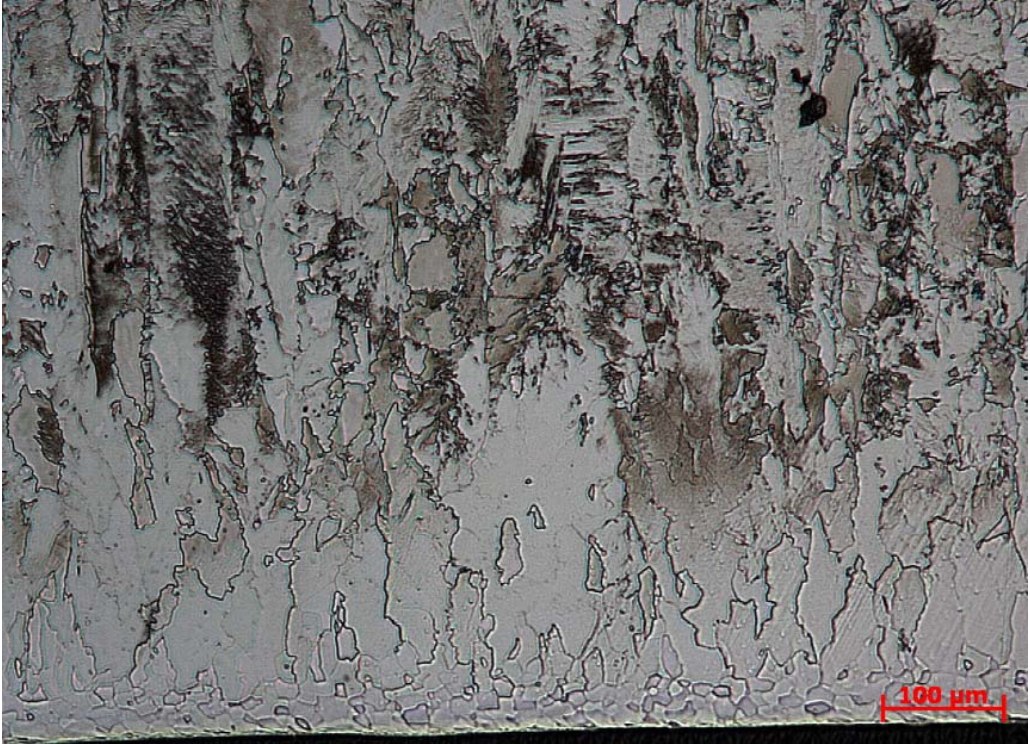
Şekil 6.70 B3 Kaynak Numunesi İçin Geçiş Bölgesi (200X)



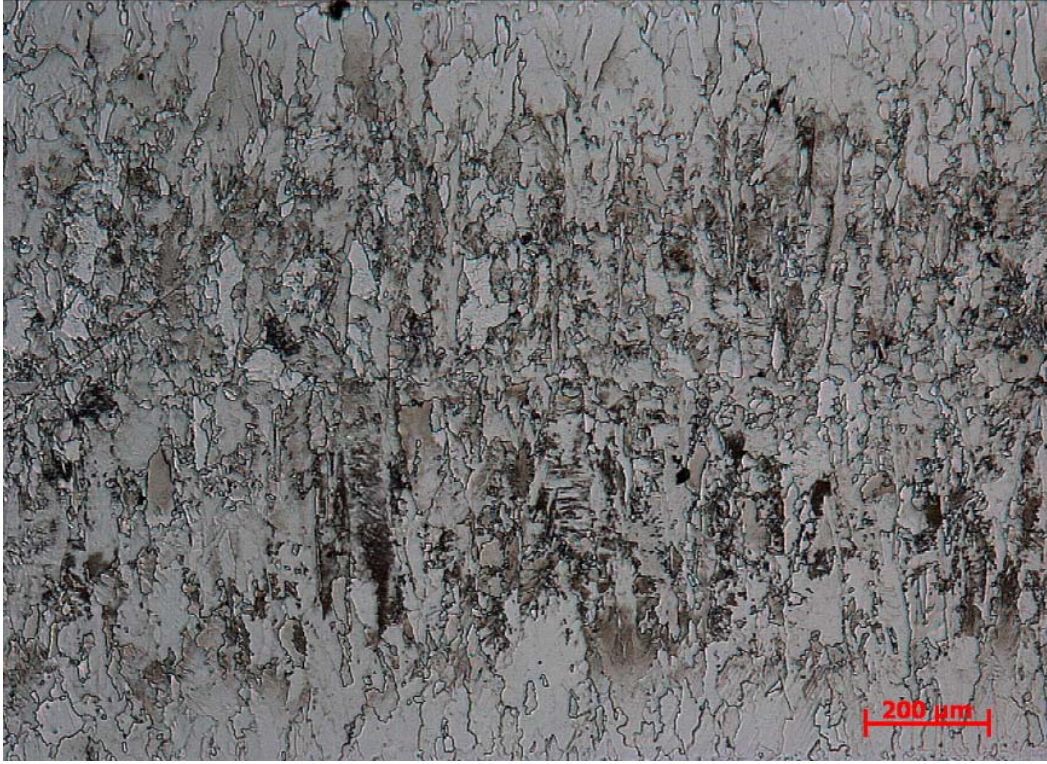
Şekil 6.71 B3 Kaynak Numunesi İçin Kaynak Üst Bölgesi (200X)



Şekil 6.72 B3 Kaynak Numunesi İçin Kaynak Bölgesi Merkezi (200X)



Şekil 6.73 B3 Kaynak Numunesi İçin Kaynak Alt Bölgesi (200X)



Şekil 6.74 B3 Kaynak Numunesi İçin Kaynak Bölgesi (100X)

B1 muayene numunesi, B tipi elektrot uç formu ile kaynak edilerek birleştirilmiş B6 kaynak numunesinin bağlantı kesitidir. 0,8 mm kalınlığında 430 kalite çelik malzemenin kaynak edilmesi sonucu elde edilen numunenin ayırma testi sonucu “uygun değil” şeklinde gerçekleşmişti. Kıvılcım miktarının yoğun olduğu kaynak işleminde, kaynak noktasının dış yüzeylerinde sıçrama meydana gelmiştir. 7200 A akım şiddetinde 1800 N basınç kuvveti altında 0,5 sn kaynak edilen numunenin topak çapı 6,4 mm olarak ölçülmüştür.

B1 numunesinin ITAB ’ını incelendiğinde, aynı malzeme ve benzer koşullarda kaynak edilen A3 numunesine göre daha geniş olduğu fark edilmektedir. (Şekil 6.60 ve Şekil 6.61) Akım şiddetinin 6600 A ’dan 7200 A ’ya, basınç kuvvetinin de 1575 N ’den 1800 N ’ye çıkması 0,5 sn olan kaynak zamanının yetersizliğini kapatmıştır. Ancak B1 numunesinin kaynak bölgesine doğru gidildikçe büyük bir gözenek fark edilmektedir. Geçiş bölgesinde yatay yönlene tanelerin arasında yer alan bu porozite hatası, bağlantının dayanımı açısından ciddi sıkıntılar yaratabilecek boyuttadır. Kaynak hattı üzerinde olan bu gözenegin kaynak işlemi esnasında plakalar arasında kalan boşluk nedeniyle oluştuğu düşünülmektedir.

Kaynak eksenine doğru gidildikçe irileşen tanelerin dikey istikamette yönlendiği

görülmektedir. (Şekil 6.62 ve Şekil 6.63)

B2 numunesi, E tipi elektrot uç formu ile kaynak edilen E25 kaynak numunesinin bağlantı kesitidir. Malzeme, 0,8 mm kalınlığında 430 kalite galvanile çeliktir. Yapılan ayırma testi sonucunda kaynak bağlantısı, delik oluşmadığı için “uygun değil” olarak nitelendirilmiştir. Kaynak işleminde akım bu kalınlık için en düşük değer olan 6600 A, basınç kuvveti 1350 N ve kaynak zamanı 1,5 sn olarak seçilmiştir. İşlem sonucu oluşan kaynak bağlantısında kaynak topak çapı 6 mm olarak ölçülmüştür.

Numunenin ITAB 'ı incelendiğinde toplam alan olarak olması gerekenden ufak olduğu görülmektedir. Düşük akım değeri, kaynak zamanının uzatılması ile dengelenememiştir. Basınç kuvveti değerinin düşük olması ise, kaynak kesitinin istenen normda olmasını engellemiştir.

Geçiş bölgesinin küçük olması tane irileşmesinin bir anda olmasına yol açmıştır. İlk etapta kaynak bölgesine gidildikçe ana metal tanelerinden sonra görülen daha ince tanelere rastlanmaksızın iri tanelere geçiş olmaktadır. Bu durum istenen bir durum olmayıp, oluşturduğu faz farkı ile ITAB 'da çatlak ve kırılmalara eğilimlidir.(Şekil 6.64 ve Şekil 6.65)

Kaynak bölgesine incelendiğinde beklendiği gibi irileşen tanelerin dikey ekseninde yönlendiği görülmektedir. Bu yönelme tipinin beklenmesi soğuma ile ilgilidir. Yoğun ısı girişi olan kaynak bölgesinde irileşen taneler soğuma yönü olan dikey doğrultuda yönelmeye başlamaktadır. Ancak B2 numunesi ısı dağılımının yeterli olmaması kaynak bağlantısının dayanımı açısından muhtemel sorunlara yol açabilir.(Şekil 6.66 ve Şekil 6.67)

B3 muayene numunesi, E15 kaynak numunesinin bağlantı kesitidir. 0,8 mm kalınlığındaki 430 kalite galvanile çelik plakaların kaynak edilmesi ile elde edilen kaynak numunesi, ayırma testi sonrasında “çok iyi” olarak değerlendirilmiştir. 6 mm çapındaki topak ve 3 mm çapında oluşan ayırma sonrası delik ile B3 numunesi ayırma testi için iyi bir performans sergilemiştir. Kaynak işlemi, 7200 A akım şiddetinde, 1575 N basınç kuvveti altında ve 0,5 sn kaynak süresinde gerçekleşmiştir.

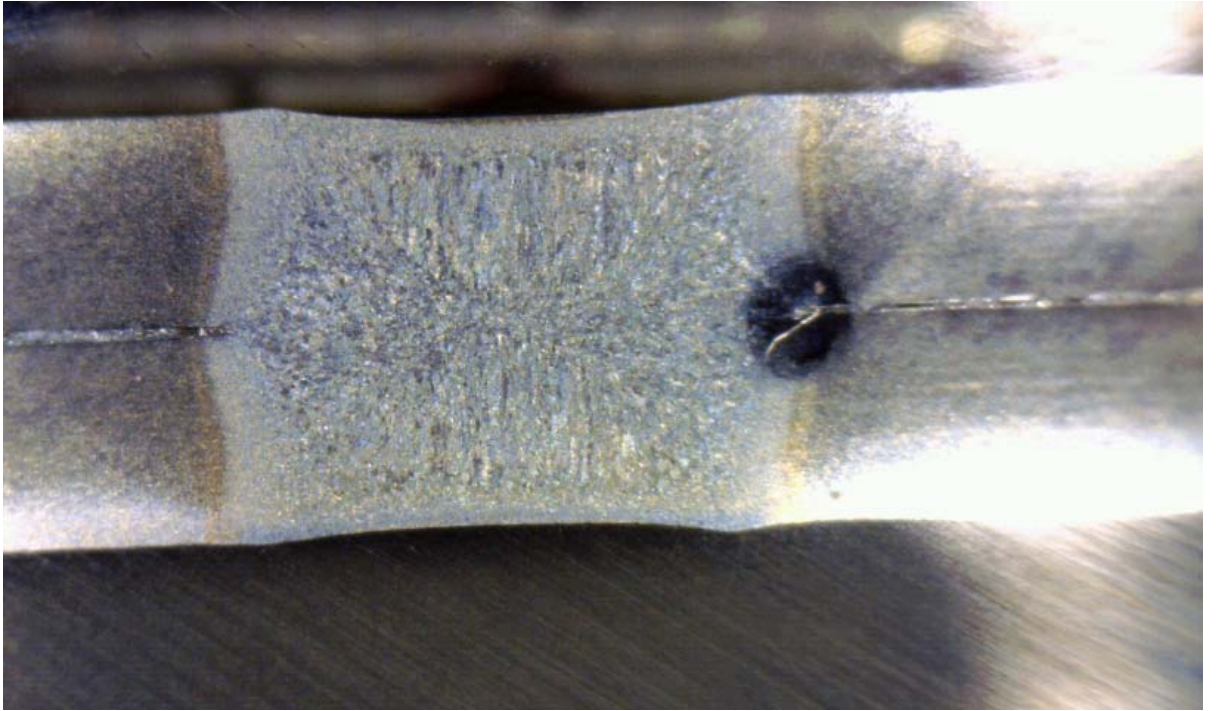
ITAB incelendiğinde, B2 numunesine göre daha geniş bir ısı dağılımı göze çarpmaktadır. Ana metal tanelerinden kaynak eksenine doğru gidildikçe tane yapısının irileşmesi ve yönlenmesi ilk etapta yatay doğrultuda gerçekleşmektedir. Tane yapısının değişimi incelendiğinde B2 numunesine göre daha homojen bir dağılım gözlemlenmektedir. Ayrıca artan akım şiddeti

kaynak işlemi esnasında ısı girdisinin yeterli seviyeye taşıyarak bağlantının istenilen dayanım değerlerine karşılık verebilmesini sağlamıştır. Benzer şekilde basınç kuvvetinin 1575 N 'ye çıkartılması kaynak bağlantısı kesitinin istenilen normda olmasına katkıda bulunmuştur. Kaynak zamanı, 0,5 sn 'ye düşürülse de yeterli miktardaki kaynak akımı ve basınç kuvveti bu durumu dengelemiştir.(Şekil 6.68, Şekil 6.69 ve Şekil 6.70)

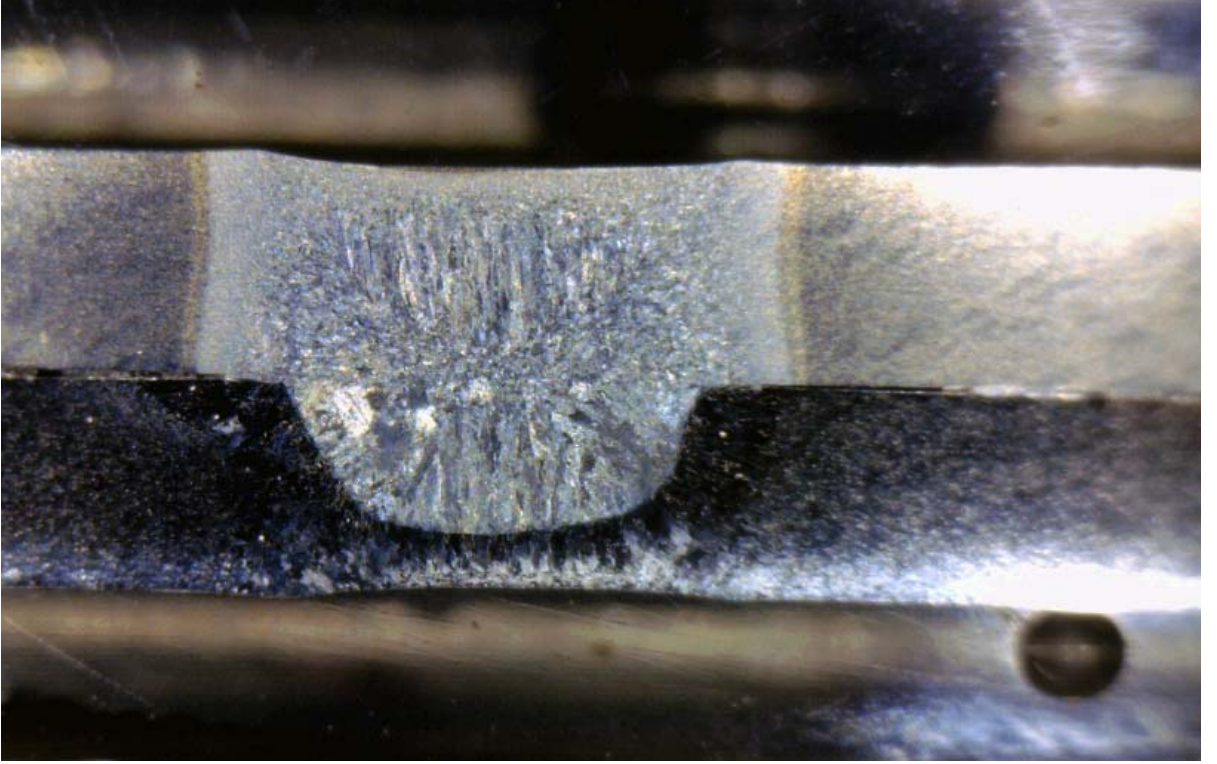
Numunenin kaynak bölgesi incelendiğinde kaynak hattı boyunca iri tane yapısının hüküm sürdüğü görülmektedir. Kaynak bölgesinin alt ve üst kısımlarında dikey doğrultuda yönelmeler bulunmaktadır.(Şekil 6.71, Şekil 6.72, Şekil 6.73 ve Şekil 6.74)

Genel olarak, B3 numunesinin kaynak bağlantısı tane dağılımı ve iç yapı konfigürasyonu ile başarılı bulunmuştur. Ayırma testi sonuçları ile karşılaştırıldığında, sonuçların paralel olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır.

Aşağıda yer alan resimler ise; her muayene numunesinin makro görünüşünün Olypus Dino-Lite Stereo mikroskop kullanılarak alınmış görüntüleridir.



Şekil 6.75 A1 Muayene Numunesi İçin Kaynak Bağlantısı Genel Durum (40X)



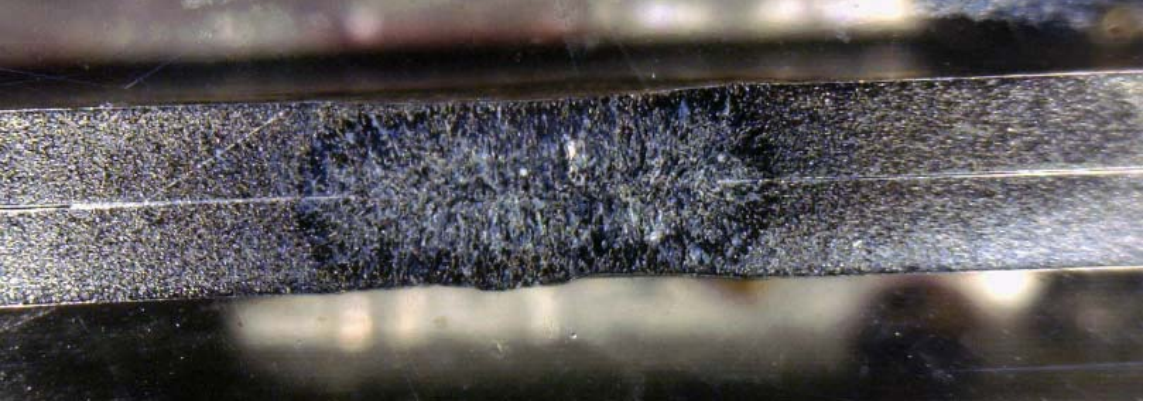
Şekil 6.76 A2 Muayene Numunesi İçin Kaynak Bağlantısı Genel Durum (40X)



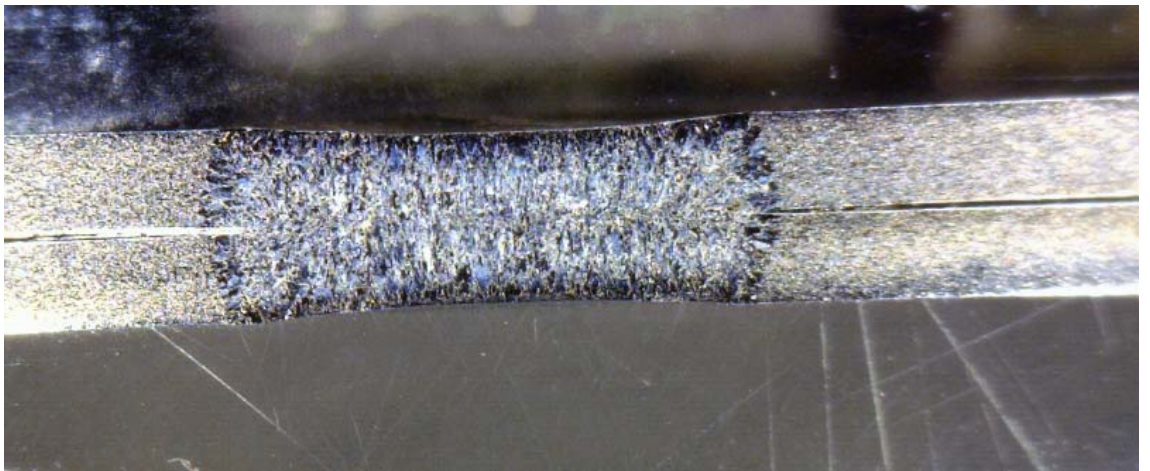
Şekil 6.77 A3 Muayene Numunesi İçin Kaynak Bağlantısı Genel Durum (40X)



Şekil 6.78 B1 Muayene Numunesi İçin Kaynak Bağlantısı Genel Durum (40X)



Şekil 6.79 B2 Muayene Numunesi İçin Kaynak Bağlantısı Genel Durum (40X)



Şekil 6.80 B3 Muayene Numunesi İçin Kaynak Bağlantısı Genel Durum

1,5 mm kalınlıktaki 411 kalite çeliklerin nokta direnç kaynağı ile birleştirilmesinde A1 muayene numunesi başarılı i yapı konfigürasyonu ile öne çıkmaktadır. 0,8 mm kalınlıktaki 430 kalite çeliklerin nokta direnç kaynağı ile birleştirilmesinde ise; A3 ve B3 numuneleri öne çıkmaktadır. Metalografik muayene sonuçlarını ilk kontrol yöntemi olan ayırma testi sonuçları ile karşılaştırdığımızda ilginç bir durum ortaya çıkmaktadır. Her iki yöntemin sonuçları birbirlerini destekler nitelikte paralel çıkmaktadır. Örnek olarak 1,5 kalınlığındaki 411 kalite çeliklerin kaynak bağlantısını içeren A2 numunesi, ayırma testini delik oluşumu gözlemlenmediğinden geçememiştir. Metalografik muayene esnasında ortaya çıkan nüfuziyet eksikliği ağlantının dayanım değerindeki düşüşü açıklamaktadır. Benzer şekilde B1 ve B2 numuneleri de ayırma testinde başarısız sonuç almışlardır. Bu numunelerden B1 numunesinde bağlantı dayanımını büyük ölçüde etkileyebilecek porozite hatasına rastlanırken, B2 numunesinde akım şiddeti ve basınç kuvvetinin yetersiz seviyede kaldığı düşünölmektedir.

7. SONUÇ VE DEĞERLENDİRMELER

Günümüzde çok çeşitli uygulama alanlarında karşımıza çıkan direnç esaslı kaynak yöntemlerinin en temel kullanım alanı, özellikle sac panel birleştirmelerinin öne çıktığı otomotiv endüstrisi olmaktadır. Direnç esaslı kaynak yöntemleri arasında ise en çok öne çıkan yöntem, hiç şüphesiz ki nokta direnç kaynak yöntemidir. Yöntemin otomotiv endüstrisi için başarılı sonuçlar verebilmesi için işlem parametrelerinin detaylı olarak analiz edilmesi gereklidir.

Bu çalışmada, nokta direnç kaynağı ve otomotiv endüstrisindeki kullanım alanları için detaylı teorik bilgilerden yola çıkılarak, otomotiv endüstrisinde güncel olarak kullanılan güncel işlem parametrelerine ulaşılmıştır. Bu süreç, toplamda 81 adet işlem parametresi kombinasyonunun oluşturulması ile gerçekleştirilmiştir. Bu kombinasyonların oluşturulması esnasında değiştirilen parametreler şu şekilde sıralanmaktadır;

- ❖ Malzeme / Malzeme Kalınlığı
- ❖ Elektrot Uç Formu
- ❖ Kaynak Akımı
- ❖ Elektrot Basınç Kuvveti
- ❖ Zaman

Farklı işlem parametreleri kullanılarak elde edilen direnç nokta kaynak numuneleri, ilk olarak ayırma testine tabi tutulmuştur. Ayırma testi sonuçları; delik oluşumu, sıçrama varlığı, kıvılcım miktarı ve topak çapı kriterlerine göre değerlendirilerek elde edilmiştir. Ayırma testi sonucunda elde edilen bulgular şu şekildedir;

- ❖ 0,8 mm kalınlığındaki 430 kalite galvanile çeliklerin nokta direnç kaynağında, sıçrama oluşumu açısından E tipi elektrot uç formu, B tipi elektrot uç formuna göre açık bir şekilde üstünlük sağlamaktadır. B tipi elektrot uç formu kullanılarak nokta direnç kaynağı yapılan numunelerin % 52 'sinde sıçrama oluşumu gözlenmiştir. Aynı kalınlıktaki 430 kalite çelik malzemenin E tipi elektrot uç formu kullanılarak, aynı işlem parametreleri ile elde edilen kaynak numunelerinde sıçrama oluşumu gözlenmemiştir.
- ❖ Oluşan kıvılcım miktarlarına göre E tipi ile B tipi elektrot uç formlarını karşılaştırdığımızda ise, herhangi bir tip için belirgin bir üstünlük söz konusu

olmamaktadır.

- ❖ Özellikle basınç kuvvetinin yüksek olduğu(1800 N) kaynak numuneleri için B tipi elektrot uç formunun; topak çapı ve ayırma testi sonrası delik oluşumunda daha başarılı sonuçlar verdiği görülmektedir.
- ❖ Öte yandan orta seviye basınç kuvveti(1575 N) bölgesinde ise; E tipi elektrot uç formu gerek ölçülen topak çapları, gerekse ayırma sonucu oluşan delik sayısı öne çıkmaktadır. Bu bölgede sadece iki kaynak numunesi, topak çapı daha büyük olmasına rağmen B tipi elektrot uç formu ile ayırma testinde başarılı sonuç almışlardır. Bu numuneler incelendiğinde orta seviye basınç kuvveti değerinde en yüksek akım ve en uzun kaynak zamanının birleştiği numune 10 ile en düşük akım ve en kısa zamanın birleştiği numune 18 karşımıza çıkmaktadır.
- ❖ Düşük basınç kuvveti(1350 N) bölgesi için akımın yüksek ve orta olduğu numuneler için E tipi elektrot uç formu daha iyi sonuçlar verirken, akım değerini düşük olduğu son üç numune için B tipi elektrot uç formu topak çapı ve delik oluşumu açısından öne çıkmaktadır.
- ❖ Tüm bu sonuçlar değerlendirildiğinde B tipi elektrot uç formunun özellikle basınç kuvvetinin yüksek olduğu durumlarda çok çeşitli akım şiddeti ve zaman parametresi kombinasyonu ve basınç kuvvetinin düşük olduğu durumlarda ise; akım parametresinin düşük olduğu durumlarda başarılı sonuçlar vermektedir.
- ❖ E tipi elektrot uç formu ise; özellikle orta seviye basınç kuvveti ile diğer parametrelerinde dar bir tolerans bandında çok başarılı sonuçlar sergilemektedir. Özellikle nokta direnç kaynağı için tolerans aralığı düşük olan otomobil fabrikaları için, seri imalatla E tipi elektrot uç formu bu özelliği ile daha çok tercih edilmektedir.
- ❖ 1,5 mm kalınlığındaki 411 kalite galvanile çeliklerin nokta direnç kaynağında kullanılan G tipi elektrot uç formu farklı basınç kuvveti değerlerinde sadece akım değerinin yüksek ve orta olduğu bölgelerde başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Yüksek akım değeri ile düşük kaynak zamanı kombinasyonu, her üç basınç kuvveti değeri için başarılı sonuçlar vermiştir. Beklenen topak çapı ölçüsü hesaba katıldığında, düşük ve orta seviye basınç kuvveti ile orta akım şiddeti değeri konfigürasyonun en optimal seçenekler arasında olduğu aşıkardır. Ancak 1,5 mm kalınlığındaki çelik levhaların

direnç nokta kaynak yöntemi ile birleştirilmesinde dayanım değeri mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır.

Ayırma testi sonrasında kaynak numuneleri arasından toplam 27 kaynak numune seçilerek, bu numunelere maksimum kopma kuvvetlerinin tayini için çekme testi uygulandı. Çekme testi sonucunda elde edilen bulgular şu şekilde sıralanabilir;

- ❖ En yüksek basınç kuvveti bölgesinde, B tipi elektrot uç formu kullanılan kaynak numunelerinin dayanım değerleri 1 ve 8 no.lu kaynak numuneleri için E tipi elektrot uç formu ile kaynak edilen numunelere göre daha yüksektir. Ancak, 8 numaralı numunelerin dayanım değeri sınır değer olan 3.000 N değerinin altında kalmıştır. B tipi elektrot uç formu ile kaynak edilen 8 numaralı numune ayırma testini geçmesine rağmen, beklenen sınır değerinin altında bir kopma kuvveti performansı göstermiştir. E tipi elektrot uç formu ile kaynak edilen numuneler için ayırma testi sonuçları ile kopma kuvveti değerlerinin sınır değerini aşması paralellik göstermektedir. Sonuç olarak ayırma testinin dayanım değeri göz önünde bulundurulduğunda, E tipi elektrot uç formu kullanılan kaynak numuneleri için % 100 başarı sağladığı ortaya çıkmaktadır.
- ❖ Ayırma testinin E tipi elektrot uç formu ile nokta direnç kaynak edilen 430 kalite çelik numuneler için daha uygun olduğu görülmektedir. Ayırma testini geçen E serisi numunelerin kopma kuvveti değerleri sınır değerinin altında kalmazken, B serisi numunelerde böyle bir durum ile karşılaşmıştır.
- ❖ Orta basınç kuvveti bölgesinde, ayırma testi için E tipi elektrot uç formu kullanılarak yapılan nokta direnç kaynaklarının daha başarılı sonuçlar verdiğini belirtilmişti. Gerçekleşen kopma kuvvetleri göz önüne alındığında E serisi kaynak numunelerinin daha yüksek dayanım değerlerine sahip olduğu görülmektedir.
- ❖ Düşük basınç kuvveti bölgesinde ise; kopma kuvveti değerleri incelendiğinde E serisi kaynak numunelerinin öne çıktığı görülmektedir. E tipi elektrot uç formu kullanılarak kaynak edilen kaynak numuneleri için minimum kopma değeri 3.245 N olarak gerçekleşirken, bu değer B tipi elektrot uç formu ile kaynak edilen numuneler için 3.034 N olmaktadır. Dolayısıyla düşük basınç kuvveti ve düşük akım bölgesinde ayırma testi sonuçlarına göre daha başarılı olan B serisi kaynak numuneleri, dayanım faktörü inceleme kriterleri arasına alındığında geriye düşmektedir.

- ❖ G tipi elektrot uç formu kullanılarak elde edilen numunelerin dayanım değerleri incelendiğinde, sınır dayanım değeri olan 7.000 N kopma kuvvetine göre bazı numunelerin dayanım testini geçtiği görülmektedir. Sınır kuvvet değerinin üzerinde kopma kuvveti dayanımı gösteren numunelerin, ayırma testinde başarılı olan numuneler olduğu saptanmaktadır. Ayırma testinin özellikle 1,5 mm kalınlığındaki 411 kalite çeliklerin kaynağında ne derece etkin sonuçlar verdiği görülmektedir. Ayırma testinde başarılı olamayan tüm numunelerin kopma kuvveti değerleri sınır değerinin altında kalmıştır.
- ❖ Paralellik gösteren ayırma testi ve çekme testi sonuçlarına göre 14 ve 22. numunelerin; gerek topak çapı, gerekse dayanç gösterdikleri kopma kuvveti değerine göre en optimal direnç nokta kaynağı parametrelerine sahip oldukları söylenebilir.

Çekme testi sonrasında gerçekleştirilen metalografik muayene, her elektrot uç formu serisinden ikişer adet kaynak numunesini kapsamaktadır. Metalografik muayene sonucunda elde edilen bulgular şu şekilde sıralanabilir;

- ❖ Yapılan iç yapı incelemelerinde ayırma testi sonuçlarına göre başarılı olan kaynak numunelerinin tane yapısında herhangi bir süreksizliğe rastlanmamıştır. Genel olarak ayırma testinin kolaylıkla uygulanabilen pratikliği, önceden belirlenmiş kaynak parametreleri ile nokta direnç kaynağında büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Ancak önceden belirlenmiş sınırların dışında olan parametrelerin kullanımı oluşturulan şartlarda çekme testi ve metalografik muayene gibi ileri düzey kontrollerin yapılması gereklidir.
- ❖ 1,5 mm kalınlığındaki 411 kalite çeliklerin nokta direnç kaynak numuneleri için karşılaşılan en sık kaynak hatası yetersiz nüfuziyet olmaktadır.
- ❖ 0,8 mm kalınlığındaki 430 kalite ferritik çeliklerin nokta direnç kaynağında ise; porozite ve süreksiz iç yapı en sık karşılaşılan kaynak hataları olarak karşımıza çıkmaktadırlar.
- ❖ Yapılan metalografik muayenelerde özellikle akım şiddetinin kaynak bağlantı noktası oluşumu üzerindeki etkisinin yoğunluğunu göstermektedir. Akım şiddetindeki düşüş bir dereceye kadar kaynak zamanının uzatılması ile dengelenebilmektedir. Ancak burada bu etki çok sınırlı aralıklarda fayda sağlarken tecrübe faktörünü öne çıkarmaktadır. Basınç kuvveti değeri ise özellikle kaynak bağlantı kesitinin düzgünlüğü ve elektrot basma

noktalarında homojen ısı dağılımı açısından önem arz etmektedir.

Otomotiv endüstrisinde kaynak uygulamaları genel anlamda çok çeşitli yönlerde gelişmektedir. Bu kaynak uygulamalarının içerisinde en büyük dilimi içeren başta direnç nokta kaynağı olmak üzere direnç esaslı kaynak uygulamaları; özellikle otomasyon teknolojileri, farklı malzemelerin kaynak edilebilirliği ve yeni teknolojiler konularında ilerlemektedir. Otomotiv firmaları, bu alanlarda çok agresif şekilde arge yatırımları yapmakta ve elde ettikleri yeni kazanımları mevcut sistemlerine entegre etmektedirler.



Şekil 7.1 Kaynak Robotunun Yaptığı Nokta Direnç Kaynağı ve Fabrika Ortamında Nokta Direnç Kaynak Robotu

Otomotiv endüstrisi direnç esaslı kaynak uygulamalarında otomasyon teknolojileri üretim bantlarında şasi ve karoseri parçalarının montajında söz konusu olmaktadır. Onarım amaçlı kaynak uygulamalarında seri üretim olmadığından otomasyon ihtiyacı bulunmamaktadır. Bu sistemlerin başında şüphesiz ki endüstriyel kaynak robotları gelmektedir. Yakın bir gelecekte insansız fabrikalarda üretilecek otomobillerden bahsedilmektedir. Ancak burada unutulmaması gereken en önemli nokta; kullanılan yüksek otomasyonlu kaynak robotlarının da insanlar tarafından programlandığıdır. Günümüzde endüstriyel amaçlı kullanılan robotlarda daha gelişmiş entegrasyon yazılımlarına ihtiyaç olduğu görülmektedir.

Otomotiv endüstrisinin üzerinde ilerlediği önemli bir diğer konu da çeliğe göre daha hafif olup aynı dayanım değerlerine ulaşabilen farklı malzemelerin kullanılmasıdır. Nokta direnç kaynağının büyük oranda kullanıldığı şasi ve karoseri imalatında günümüzde çelik yerine alüminyum kullanımı yoğun şekilde tercih edilmektedir. Bu yolla otomotiv üreticileri dayanımdan ödün vermeksizin daha hafif ve daha az emisyon oranlarına sahip otomobiller üretebilmektedirler. Günümüzde birçok marka otomobilin şasileri ve çeşitli gövde parçaları(motor kaputu, bagaj kapağı vb...) hali hazırda alüminyumdan üretilmektedir.



Şekil 7.2 Toyota Prius Modeli(3. Nesil) ve Alüminyumdan Yapılmış Motor Kaputu ve Bagaj Kapağı

Direnç esaslı kaynak uygulamalarında geliştirilen yeni teknolojiler lazer teknolojisinin sisteme entegrasyonu ile gerçekleştirilmeye çalışılmaktadır. Uzaktan lazer ışını ile yapılacak nokta direnç veya dikiş direnç kaynakları ile elektrot kullanımının ortadan kalkması söz konusu olacaktır. Seri üretim için bu yöntemle elektrot soğutma sistemlerine, elektrot uç formu düzeltilmesine ve periyodik elektrot değişimine olan ihtiyaç bu yolla ortadan kalkacaktır. Öte yandan bu yöntemde birleştirilecek yüzeylerin birbirine yeterli seviyede temasını sağlayan daha gelişmiş fikstür ve aparatlara ihtiyaç bulunmaktadır. Çok yakın bir

zaman dilimi içerisinde lazer nokta kaynağı uygulamalarını otomotiv üretim tesislerinde daha sıklıkla görebileceğiz.



Şekil 7.3 Şasi Alt Gövdesine Lazer Nokta Kaynağı Yapılması ve Robot Ünitesi ile Kaynak Pozisyonunu Ayarlayan Fikstür Ünitesi

KAYNAKLAR

Anık, S., Oğur, A. ve Aslanlar, S., (1999) , “Galvaniz Kaplanmış Kromatlı Mikro Alaşımlı Çelik Saçların Elektrik Direnç Nokta Kaynağında Kaynak Akım Şiddetinin Çekme-Makaslama Dayanımına Etkisi”, Kaynak Teknolojisi II. Ulusal Kongre ve Sergisi, 10-12 Şubat 1999, Ankara.

Anık, S., Anık, E. ve Vural, M., (2000), 1000 Soruda Kaynak Teknolojisi El Kitabı, Birsen Yayınevi, İstanbul.

Anık, S., Oğur, A., Vural, M. ve Turan, H., (2002), “Direnç Nokta Kaynak Elektrodu Ömrünün Deneysel Analizi”, Mühendis ve Makina Dergisi Sayı:513, İstanbul.

Çimen, M. ve Akkuş, A., (1999) , “Nokta Direnç Kaynağında Sıcaklık Dağılımının İncelenmesi”, Kaynak Teknolojisi II. Ulusal Kongresi Bildiriler Kitabı, Kitap No:363, TMMOB Makine Mühendisleri Odası, Ankara.

Elektron Multispot M80 Kullanıcı El Kitapçığı.

Holiday, R., Parker, J. ve Williams, N.T., (1996), “Relative Contribution of Electrode Tip Growth Mechanisms in Spot Welding Zinc Coated Steels”, Weld World, 37(4), 186-193.

Ma, C., Chen, D.L., Bhole, S.D., Boudreau, G., Lee, A. ve Biro, E., (2007) “Microstructure and fracture characteristics of spot-welded DP600 steel”, Materials Science and Engineering:A, in-press.

Mert, T., (2004), “Kaynaklı Yapımlarda Robotik Uygulamalar ve Türkiye ’deki Durumu”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Sarı, H., (2002), “Alüminyum Alaşımlarının Nokta Direnç Kaynağında Direnç Bileşenleri ve Nokta Boyutları Arasındaki İlişkinin İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Satoh, T., Abe, H., Nakaoka, T. ve Hayata, Y. 1996, “The fatigue life of the spot welded joint under a Repeated of $R = -1$ ”, Welding in the World, 37(1): 12 -15.

Tang, H., Hou, W. ve Hu, S.J., (2003), “Influence of Welding Machine Mechanical Characteristics on The Resistance Spot Welding Process and Weld Quality”, Welding Journal Int., 5, 116-124.

Taşocak, İ. (2008), Yapılan Görüşme Notları, TOYOTA Türkiye-Teknik Eğitim Bölümü, Adapazarı.

Toyota Servis Eğitimi, (2008), “Kaynak Metodları” Kaporta Eğitim Kitabı Step:1 Bölüm:5, Toyota Servis Bölümü, İstanbul.

Toyota Servis Eğitimi, (2008), “Yeni Panelin Kaynak ile Değiştirilmesi” Kaporta Eğitim Kitabı Step:2 Bölüm:2, Toyota Servis Bölümü, İstanbul.

Toyota Servis Eğitimi, (2008), “Araç Gövde Yapısı” Kaporta Eğitim Kitabı Step:1 Bölüm:2, Toyota Servis Bölümü, İstanbul.

Toyota Servis Eğitimi, (2008), “Gövde İmalat Malzemeleri” Kaporta Eğitim Kitabı Step:2 Bölüm:4, Toyota Servis Bölümü, İstanbul.

Toyota Servis Eğitimi, (2008), “Panel Onarım Metodları” Kaporta Eğitim Kitabı Step:1 Bölüm:4, Toyota Servis Bölümü, İstanbul.

Toyota Servis Eğitimi, (2008), “Panel Onarımı II” Kaporta Eğitim Kitabı Step:2 Bölüm:1, Toyota Servis Bölümü, İstanbul.

Vural, M. ve Akkuş, A., (2005), “Direnç Nokta Kaynaklı Galvanizli YDDA Çelik Sacların Statik ve Dinamik Dayanımı Üzerine Çekirdek Çapının Etkisi”, İ.T.Ü. Makina Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, İstanbul.

Vural, M. ve Akkuş, A., (2005), “Kaplanmış Çelik Sacların Nokta Kaynaklı Bağlantılarının Ultrasonik Testi ve Kaynak Parametrelerinin Optimizasyonu”, Mühendis ve Makina Dergisi Cilt:47 Sayı:563, İTÜ Makine Fakültesi, İstanbul.

Vural, M. ve Akkuş, A., (2007), “Nokta Kaynaklı Farklı Çelik Sacların Yorulma Dayanımlarının Deneysel Analizi”, İTÜ Dergisi Cilt:6 Sayı:1, İTÜ Makina Fakültesi, İstanbul.

Zhang, H. (1999), “Welding Research Supp.”, 11, 373-380.

Zhang, X.Q., Chen, G.L. ve Zhang, Y.S., (2008), “Characteristics of electrode wear in resistance spot welding dual-phase steels”, Materials and Design, 29(1): 279-283.

İNTERNET KAYNAKLARI

- [1] www.toyota.com.tr
- [2] www.toyotatr.com
- [3] www.yildizkaynak.com.tr
- [4] www.erdemir.com.tr
- [5] www.assan.com.tr

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 02.06.1982

Doğum yeri İstanbul

Lise 1996-2000 Küçükyalı Kadir Has Anadolu Lisesi

Lisans 2000-2005 Yıldız Teknik Üniversitesi Makina Fakültesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü
Bölüm İkincisi

Çift Lisans 2003-2006 Yıldız Teknik Üniversitesi Makina Fakültesi
Makina Mühendisliği Bölümü, Genel Dalı
Bölüm Birincisi, Yüksek Onur Ödülü

Yüksek Lisans 2006- Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Makina Müh. Anabilim Dalı, İmalat Programı
Giriş Sınavı Birincisi

Çalıştığı kurumlar

2008- Toyota Türkiye - Toyota Pazarlama ve Satış A.Ş.
Satış Sonrası Hizmetler Direktörlüğü