

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DEMİRYOLU TAŞIT VE RAYLARININ ÜRETİM VE TAMİR-
BAKIMINDA UYGULANAN KAYNAK YÖNTEMLERİNİN
KARŞILAŞTIRMALI OLARAK İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Metalurji Müh. Yasin KÖKÇE**

Anabilim Dalı : METALURJİ VE MALZEME MÜHENDİSLİĞİ

Programı : MALZEME MÜHENDİSLİĞİ

MAYIS 2002

**DEMİRYOLU TAŞIT VE RAYLARININ ÜRETİM VE TAMİR-
BAKIMINDA UYGULANAN KAYNAK YÖNTEMLERİNİN
KARŞILAŞTIRMALI OLARAK İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Metalurji Müh. Yasin KÖKÇE
(506911050)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 13 Mayıs 2002
Tezin Savunulduğu Tarih : 30 Mayıs 2002**

**Tez Danışmanı : Prof.Dr. H.Erman TULGAR
Diğer Jüri Üyeleri: Prof.Dr. Niyazi ERUSLU
Prof.Dr. Erdinç KALUÇ**

MAYIS 2002

ÖNSÖZ

Ülkemizin gerek ekonomik, gerekse stratejik olarak taşımacılıkta demiryoluna yönelmesi kaçınılmaz olmuştur. Avrupa devletlerinin tek devlet olma aşamasında ilk ele aldıkları nokta, hızlı tren projelerini uygulamak olmaktadır. Taşıtları ve rayıyla bir metal konstrüksiyonu olan demiryolu sisteminde gerek imalat, gerekse tamir-bakımda kaynak uygulamalarının gözardı edilemez yeri vardır. Bu çalışma ile sektörde uygulanmakta olan kaynak yöntemlerinin bir arada incelendiği bir çalışma yapılarak, sektörde uygulanan üretim ve tamir-bakım amaçlı kaynak yöntemlerinin seçim kriterlerinin ve uygulama usullerinin belirlenmesinde katkı sunulmaya çalışılmaktadır.

Yüksek lisans tezimin yönetimini üstlenerek, sektöre yararlı olacağına inandığım bu konuyu araştırma fırsatını bana veren, ancak sağlık nedeniyle aramızda olmasa da manevi olarak hep yanımda hissettiğim danışman hocam Sn. Prof. Dr. Müh. Kutsal TÜLBENTÇİ'ye ve tezimin yönetimini üstlenerek beni destekleyen danışman hocam Sn. Prof. Dr. Erman TULGAR'a, bilgi birikimini benimle paylaşarak yol gösteren Sn. Prof.Dr. Erdinç KALUÇ'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Araştırmalarım bana yardımcı olan, zamanını ayırarak çalışmamın ortaya çıkmasında büyük ölçüde katkısı olan Sn. Mak. Yük. Müh. Adem TAŞÇI' ya, Bu çalışmayı yapmamda bana destek sağlayan başta TCDD Malzeme Dairesi Başkanı Ekrem Aksoy olmak üzere TCDD yetkilileri ile TULOMSAŞ, TÜVASAŞ, ADF, İstanbul Metrosu ve TCDD çalışanları ve hayat arkadaşım Sn. Selma TOPALŞAHİN'e yardımlarından dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmamı ciddi sağlık problemleri yaşayan Sn.Prof.Dr.Kutsal TÜLBENTÇİ'ye addediyor, onu yeniden aramızda görmeyi umut ediyorum. Bu vesileyle bana üniversitemiz mensubu olmanın onurunu yaşatan ve yetişmemde emekleri geçen tüm hocalarıma saygı ve teşekkürlerimi sunuyorum.

Mayıs 2002

Yasin KÖKÇE

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	II
KISALTMALAR	IX
TABLO LİSTESİ	X
ŞEKİL LİSTESİ	XIII
ÖZET	XXIII
SUMMARY	XXVI
1. GİRİŞ	1
2. DEMİRYOLU TAŞITLARI ÜRETİMİNDE KAYNAK UYGULAMALARI	7
2.1. Demiryolu Taşıtları Tanıtımı	9
2.2. Türkiye Demiryolu Taşıtları İmalat Sanayi	9
2.3. Demiryolu Taşıtı İmalatında Kullanılan malzemeler	12
2.3.1. Ana Malzemeler	12
2.3.1.1. Çelikler	13
2.3.1.2 Paslanmaz Çelikler	14
2.3.1.3. Alüminyum – Alüminyum Alaşımları	16
2.3.2. Yardımcı Ve İlave Malzemeler	20
2.4. Demiryolu Taşıtları Üretiminde Kaynak Yöntemi Seçimi	21
2.4.1. Seçimi Etkileyen Faktörler	21
2.4.1.1. Malzemenin Tipi	22
2.4.1.2. Bağlantının Tipi	23
2.4.1.3. Üretim İhtiyaçları	23

2.4.2. Demiryolu Taşıtlarının Kaynaklı İmalatında Seçim Kriterleri	24
2.5. Demiryolu Taşıtlarının Kaynaklı İmalatında Dizayn Esasları	27
2.5.1. Kaynaklı İmalatta Uyulması Gereken Kurallar	30
2.5.2. Demiryolu Taşıtı Konstrüksiyonları	
2.5.1.1. Klasik Yapı Biçimi	30
2.5.1.2. Kabuk Yapı Biçimi	32
2.6 Demiryolu Taşıtlarında Kaynak Sırası Dizaynı	35
2.6.1. Kaynak Sırası Dizaynının Amacı	35
2.6.2. Kaynak Sırasının Tespitinde Genel Esasları	36
2.6.3. Demiryolu Taşıtı Konstrüksiyonlarında Kaynak Sırası	42
2.7. Demiryolu Taşıtlarının İmalatında Uygulanan Kaynak Metodları	46
2.7.1. Geri-Adım Metodu	46
2.7.2. Blok Metodu	46
2.7.3. Karşılıklı Atlamalı (Şaşırtma) Metodu	47
2.8. Demiryolu Taşıtlarında Uygulanan Kaynak Yöntemleri	48
2.8.1. Ergitme Kaynak Yöntemlerinde Kaynak Kabiliyeti	48
2.8.1.1. Çeliklerin Eritme Kaynağında Kaynak Bölgesi	54
2.8.1.2. Elektrik Direnç Kaynağında Kaynak Kabiliyeti	57
2.8.2. Gaz Ergitme Kaynağı	60
2.8.3. Örtülü Elektrot İle Elektrik Ark Kaynağı	63
2.8.4. Tozaltı Kaynağı	67
2.8.5. Gazaltı Kaynak Yöntemleri	70
2.8.5.1. Gazaltı Tungsten Ark Kaynağı	71
2.8.5.2. Gazaltı Metal Ark Kaynağı(MIG/MAG)	76
2.8.5.3. Özlü Tel İle Mıg/Mag Kaynağı	83
2.8.5.4. Plazma Tıg Kaynağı	82
2.8.6. Punta Direnç Kaynağı	91

2.9. Kaynak Yöntemlerinin Birbirleri İle Karşılaştırılması	92
2.10 Demiryolu Taşıtlarında Uygulanan Kaynak Yöntemlerine Örnekler	96
3.RAYLARDA UYGULANAN KAYNAK	
YÖNTEMLERİ	102
3.1. Demiryolunun Yapısı	102
3.2. Rayın Fonksiyonları Ve Konstrüksiyonu	105
3.3. Türkiye Ray Ve Yol Malzemeleri Üretimi	108
3.3.1. Ray Üretim Prosesi Ve Türkiyede'ki Durumu	113
3.4. Rayların Metalurjik Özellikleri Ve Ray Kaliteleri	119
3.4.1. Metalurjik Esaslar	120
3.4.2. Isıl İşlem	120
3.4.3. Aşınma Dayanımı	123
3.4.4.Yorulma Dayanımı	124
3.4.5. Kırılma Mekanikleri	124
3.4.6. Ray Kaliteleri	125
3.5. Ray Hataları	128
3.5.1. Çatlaklar	128
3.5.1. Kırıklar	135
3.5.3. Oyuklar	136
3.5.4. Çalışma Yüzeyinde Tufal (Kabuklanma) Oluşumu	138
3.5.5. Ray Mantarı Köşesinin Katmanlaşması	138
3.5.6. Tekerlek Yanıkları	138
3.6. Ray Kaynağı	139
3.6.1. Tarihçesi	139
3.6.2. Ray Kaynak Prosesi Ve Uygulamalarına Genel Bakış	140
3.6.3. Raylarda Uygulanan Kaynak Yöntemleri	142
3.6.3.1. Yakma Alın Kaynağı	142

3.6.3.2. Elektrik Ark Kaynağı	171
3.6.3.3. Termit Kaynağı	173
3.7. Rayların Kaynaklanmasından Sonraki İşlemler	194
3.7.1. Soğutma Değerleri	194
3.7.2. Kaynak Geometrisinin Gelişimi	194
3.7.3. Kaynak Geometrisi Standartları	195
3.7.4. Kaynak Geometrisini Düzeltme Strait Prensibi	195
3.7.5. Mobil Kaynak Düzeltilmesi	196
3.7.6. Kusurlu Kaynaklara Bağlı Kuvvetler	197
3.8. Ray Kaynağının Kalite Kontrolü	197
4. DEMİRYOLU TAŞIT VE RAYLARINDA KARŞILAŞILAN HASAR	
TÜRLERİ	199
4.1. Hasar Türleri İle İlgili Bilgiler	200
4.2. Hasara Neden Olan Hata Türleri	201
4.3. Aşınma	202
4.3.1. Tribolojik Sistem	203
4.3.2. Aşınmanın Temel Unsurları	204
4.3.3. Aşınma Mekanizmaları	205
4.3.3.1. Adhezif Aşınma	208
4.3.3.2. Abrasif Aşınma	211
4.3.3.3. Tribokimyasal Aşınma	215
4.3.3.4. Yorulma Aşınması	216
4.3.4. Aşınma Faktörleri Ve Aşınma Direncine Etkileri	216
4.3.4.1. Malzemeye Bağlı Özellikler	217
4.3.4.2. Abrasif Taneciğe Bağlı Özellikler	220
4.3.4.3. Tasarım Özellikleri	221
4.4. Çatlaklar	223

4.4.1. Sıcak Çatlaklar	223
4.4.2. Soğuk Çatlaklar	225
4.5. Kırılma	229
5. DEMİRYOLU TAŞIT VE RAYLARININ TAMİR- BAKIMINDA	234
KAYNAK UYGULAMALARI	
5.1. Tamir-Bakım İşlerinde Kaynak	235
5.1.1. Hasarlı Bölge İle İlgili Bilgi Sağlanması	236
5.1.1.1. Bilgi Sağlama Yöntemleri	238
5.1.1.2. Hasarlı Kısımın Malzeme Türü İle İlgili Bilgileri	240
5.1.1.3. Hasarlı Kısımın Isıl İşlem Durumu İle İlgili Bilgileri	240
5.1.2. Elde Edilen Bilgilerin Değerlendirilmesi	240
5.1.2.1. Tamirat Kaynağının Sınırsız Yapılabilirliği	241
5.1.2.2. Tamirat Kaynağının Sınırlı Yapılabilirliği	241
5.1.2.3. Tamirat Kaynağı Tatbikinin İmkansızlığı	241
5.1.3. Tamirat Kaynağı İş Sahasının Ve Maliyetinin Tahmini	241
5.1.4. Tamir Kaynağı Teknolojisi	242
5.1.4.1. Kaynak Metodunun Tespiti	242
5.1.4.2. Kaynak İçin İlave Malzemelerin Tespiti	243
5.1.4.3. Uygulanacak Isıl İşlemin Tespiti	244
5.1.4.4. Kaynak Parametrelerinin Tespiti	246
5.1.5. Tamirat Kaynağının Uygulanması	247
5.1.5.1. Tamirat Kaynağına Başlanılmadan Önceki Tedbirler	247
5.1.5.2. Kaynak Hataları	249
5.1.5.3. Tamirat Kaynağı Sonrası Gerekli İşlemler	250
5.2. Tamir-Bakımda Sert Dolgu	252
5.2.1. Dolgu Kaynağında Isıl İşlemler	254
5.2.2. Sert Dolgu Kaynak Yöntemleri	258

5.2.3. Aşınmaya Dayanıklı Dolgu Malzemesi Seçimi	259
5.2.4. Sert Dolguda Kaynak Yönteminin Seçimi	270
5.2.5. Tamir-Bakımda Kaynak Teknikleri Ve Sırası	273
5.2.6. Sert Dolguda Seyrelme Ve Bindirme Faktörü	278
5.2.7. Silindirik Parçaların Sert Dolgusunda Döndürme Hızı	279
5.3. Raylarda Kaynaklı Tamir-Bakım Uygulamaları	280
5.3.1. Raylarda Elektrik Ark Yöntemiyle Dolgu Kaynağı	280
5.3.2. Raylarda Gaz Ergitme Yöntemiyle Tamir –Bakım	300
5.3.3. Raylarda Toz Püskürtme Yöntemiyle Tamir-Bakım	301
5.3.4. Dolgu Kaynağında Kullanılan Elektrotlar	302
5.4. Demiryolu Taşıtlarında Kaynaklı Tamir Bakım Uygulamaları	307
5.4.1. Aşınmış Tren Tekerleklerinin/Bodenlerin)Dolgu Kaynağı	307
5.4.2. Demiryolu Taşıtlarında Tamir-Bakım Uygulamalarına Örnekler	314
6. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	333
KAYNAKLAR	336
ÖZGEÇMİŞ	342

KISALTMALAR

TCDD	:Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları
AB	:Avrupa Birliği
MAGC	:Metal Aktif Gaz (CO ₂)
E	:Örtülü Elektrotla Elektrik Ark Kaynağı
TIG	:Tungsten Inert Gass Gazaltı Kaynak Yöntemi
MIG	:Metal Inert Gass Gazaltı kaynak yöntemi
IWIIS	:Milletlerarası kaynak enstitüsü
IEB	:Isıdan etkilenmiş bölge
AC	:Alternatif Akım
TÜLOMSAŞ	:Türkiye Lokomotif Motor Sanayi A.Ş
TÜDEMSAŞ	:Türkiye Demiryolu makinaları Sanayi A.Ş
TÜVASAŞ	:Türkiye Vagon Sanayi A.Ş
BR	:British Railways (İngiliz Demiryolları)
CWR	:Continuous Welded Rail (Sürekli Kaynaklı Ray)
KARDEMİR	:Karabük Demirçelik Fabrikası
NS	:Hollanda Demiryolları
ASTM	:American Society for Testing and Materials (Test ve Malzemeler için American Birliği)
AREA	:American Railway Engineering Association (American Demiryolu Mühendisliği Birliği)
UIC	:Union Internationale des Chemins de fer (Uluslararası Demiryolu Birliği)
MMA	:Manuel Metal-Arc (Manuel Metal-Ark)
LWR	:Long Welded Rail (Uzun Kaynaklı Ray)
DB	:Federal Alman Demiryolları
SWS	:Termit Kaynak Prosesi
STRAIT	:Straightening of rail welds by automated Herakion techniques (Otomatik Herakion Tekniği ile Ray Kaynaklarının Düzeltilmesi)
AWS	:American Welding Society (American Kaynak Birliği)
BS	:British Standards (İngiliz Standartları)
DP	:Dye-Penetrant (Boya-Nufuziyeti)
HAZ	:Heat Affected Zone (Isıdan Etkilenmiş Bölge)
LC-AMS	:Low- Carbon Austenitic Manganese Steel (Düşük Karbonlu Östenitik Manganez Çeliği)
NDT	:Non-Destructive Testing (Tahribatsız Test)
NIR	:Northern Ireland Railways (Kuzey İrlanda Demiryolları)

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1.1. Son yıllarda kullanılan tipik ray bileşimleri.....	4
Tablo 1.2. 1995-1998 Yılları Kuruluşların Bakım-Tamir Miktarları.....	5
Tablo 2.1. Yük vagonu çeşitleri ve kullanım alanları.....	8
Tablo 2.2. Yolcu Vagonu Konstrüktif Özellikleri.....	8
Tablo 2.3. Sektörde Faaliyet Gösteren Kuruluşlar ve Üretim Kapasiteleri....	11
Tablo 2.4. 1995-1998 Yılları Demiryolu sektörü kuruluşların Üretim Miktarları.....	12
Tablo 2.5. Demiryolu Taşıtlarında Kullanılan Çelikler.....	13
Tablo 2.6. Demiryolu Taşıtlarında Kullanılan Paslanmaz Çelikler.....	15
Tablo 2.7. Demiryolu Taşıtları için Alüminyum ve Alaşımları.....	17
Tablo 2.8. AlZn4-5MgI Kimyasal Bileşimi (%).....	19
Tablo 2.9. AlZn4,5MgI ile St 37'nin Mekanik Özelliklerinin Karşılaştırılması.....	19
Tablo 2.10. Demiryolu Taşıtları İmalatında Kullanılan Alüminyum ve Alaşımlarının Kaynak Kabiliyeti.....	20
Tablo 2.11. Demiryolu Taşıtlarında Uygun Kaynak Yöntemleri.....	26
Tablo 2.12. C _{es} 'e Bağlı Olarak Ön Tav Sıcaklığının Belirlenmesi.....	53
Tablo 2.13. Kaynak Kabiliyeti Faktörüne Göre Kaynak Kabiliyeti.....	59
Tablo 2.14 . Bazı metallerin fiziksel özellikleri, kaynak kabiliyeti faktörleri...	59
Tablo 2.15. Bazı alaşımların fiziksel özellikleri ve kaynak kabiliyetifaktörleri	60
Tablo 2.16. Yanıcı gazların fiziksel özellikleri.....	61
Tablo 2.17. Maliyet Karşılaştırma Formülleri.....	96
Tablo 2.18. T S 6204'de göre S-AlSi5 Kaynak Elektrotu Özellikleri.....	98
Tablo 3.1. İthal edilen Demir-Çelik Ürünü Vagon ve Lokomotif Parçaları..	111

Tablo 3.2.	TCDD Kullanılan Demir-Çelik Ürünü Yol Malzemeleri.....	112
Tablo 3.3.	Düzenli Olarak Kullanılan Makine Parçaları.....	113
Tablo 3.4.	Bağdat hattında kullanılmış UTTE 1383 ve KRUPP 1891 işaretli rayların özellikleri.....	119
Tablo 3.5.	(S-Q) tipi ısıtıl işlem uygulanan ray özellikleri.....	122
Tablo 3.6.	AREA ve ASTM-AI-680 gereğince ray ağırlıkları ve bileşimleri..	126
Tablo 3.7.	AREA ve ASTM-AI-680 gereğince ray ağırlıkları ve bileşimleri..	126
Tablo 3.8.	Avrupa ve Amerika'da kullanılan rayların kimyasal bileşimi.....	127
Tablo 3.9.	Ray Kaynağı Proses Ve Uygulamaları.....	141
Tablo 3.10.	NS Yakma alın kaynağı işlem sırası.....	156
Tablo 3.11.	Kopmadaki toplam sapma ve yük değerleri.....	158
Tablo 3.12.	UIC 860-0'a Göre Ray Kimyasal Bileşimi %.....	159
Tablo 3.13.	Kaynak Makinasında Kullanılan Kaynak Parametreleri.....	159
Tablo 3.14.	Kimyasal Analiz değerleri.....	160
Tablo 3.15.	Bazı oksitlerin teşekkül entalpileri.....	177
Tablo 5.1.	Demiryolu Sektörü Kuruluşların Onarım Miktarları(1995-1998)	235
Tablo 5.2.	Hasarlı Bölge bilgi Teminiyle İlgili Sorular.....	238
Tablo 5.3.	Demir esaslı metaller için ilave malzemeler.....	245
Tablo 5.4.	DIN 8555' e göre sert dolgu malzemeleri.....	262
Tablo 5.5.	AWS A5.13' e göre dolgu malzemelerinin sınıflandırılması.....	269
Tablo 5.6.	Kullanılan Elektrotlar.....	302
Tablo 5.7.	E5154B10 Kaynak Elektrotu Özellikleri.....	302
Tablo 5.8.	E188MnB20 Kaynak Elektrotu Özellikleri.....	303
Tablo 5.9.	E-UM 250 Kaynak Elektrotu Özellikleri.....	303
Tablo 5.10.	E4343B10 Kaynak Elektrotu Özellikleri.....	304
Tablo 5.11.	CITORAIL Kaynak Elektrotunun Özellikleri.....	305
Tablo 5.12.	SUPERCITO Kaynak Elektrotunun Özellikleri.....	305
Tablo 5.13.	FLUXODUR 300 Kaynak Elektrotu Özellikleri.....	306
Tablo 5.14.	Tipik Bir Bodenin Kimyasal Analizi.....	308

Tablo 5.15.	Haydarpaşa Loko Bakım Atelyesinde Kullanılmakta Olan Bir Boden'in Kimyasal Analiz Sonuçları.....	308
Tablo 5.16.	Boden Kaynak Parametreleri.....	309
Tablo 5.17.	Boden Dolgusunda Kullanılmakta olan Elektrotlar.....	310
Tablo 5.18.	Elin makinasında Elektrot Besleme Çubuklarının Açılışları.....	312
Tablo 5.19.	Buraj Kazması Dolgusunda Kullanılan Elektrotlar.....	316

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>	<u>No</u>
Şekil 1.1 : Sürtünen İki Cismin Aşınma Temel Faktörleri.....	6	
Şekil 2.1 : Şehir İçi Ve Kısa Mesafeli Şehirler Arası Raylı Taşıma Sistemine Ait Alüminyum İskeletli Vagon (164kg/M).....	31	
Şekil 2.2 : Şehir İçi Ve Kısa Mesafeli Şehirler Arası Taşıma Sistemine Ait Çelik İskeletli Vagon (273 Kg/M).....	31	
Şekil 2.3 : Şehirler Arası Uzun Mesafeli Bir TEE Süper Ekspres Yolcu Trenine Ait Ekstrüzyon Profilleriye Gerçekleştirilmiş Olan Vagon İskeleti	32	
Şekil 2.4 : Almanya Demiryolları İçin Geliştirilen TEE Yürütücü Demiryolu Araç Gövde Konstrüksiyonu	33	
Şekil 2.5 : Çelik Profillerden Yapılmış Hız Vagonu	33	
Şekil 2.6 : Alüminyum. Dizaynli Bir Vagon Gövdesinin Detay Resmi Haddeme Son İşlemlerin Yapıldığı Bölüm.....	34	
Şekil 2.7 : Çelik Plakalardan Dizayn Edilmiş Bir Vagon Ve Tamamı Al'dan Dizayn Edilmiş Vagon Kesitleri.....	35	
Şekil 2.8 : Bir Konstrüksiyonda Boylamasına Dikişlerin Enlemesine Dikişlerle Karşılaşması Hali.....	37	
Şekil 2.9 : Çekme Yönüne Göre Alın Dikişi Yönü	37	
Şekil 2.10 : Alın Dikişi İle İç Köşe Dikişinin Birbirini Kesme Hali	38	
Şekil 2.11 : Yatay Ve Düşey Pozisyonlndaki Alın Birleştirmelerinde Puntalama Sırası.....	38	
Şekil 2.12 : Yatay Ve Düşey Pozisyonlardaki İç Köşe Birleştirmelerinde Puntalama Sıraları.....	39	

	<u>Sayfa</u> <u>No</u>
Şekil 2.14 : Parçalara Kaynaktan Önce Ters İstikamette Bir Meylin Verilmesi Ve Kaynaktan Sonraki Durumu.....	40
Şekil 2.15 : Kaynak Dikişlerinin Kaskat Usulü Teşkili	40
Şekil 2.16 : Levhalarda Ve T Kesitlerde Kaynak Sırası	42
Şekil 2.17 : Vagon Gövdesinin Yapısı Ve Ana Boyutları	43
Şekil 2.18 : Vagon Çatı Kaplamasına Ait Kaynak Sırası Şeması	45
Şekil 2.19 : DVS 1610 Normlarından Çıkarılmış Vagon Şasisine Ait Kaynak Sırası	45
Şekil 2.20 : Geri Adım Metodu	46
Şekil 2.21 : Blok Metodu	47
Şekil 2.22 : Karşılıklı Atlamalı (Şaşırtma) Metodu	47
Şekil 2.23 : DIN 8528'e Göre Kaynak Kabiliyetinin, Üretim Yöntemi Ve Konstrüksiyona Bağlılığının Gösterilmesi	51
Şekil 2.24 : DIN 8528' E Göre Kaynak Kabiliyetini Etkileyen Faktörlerin Şematik Gösterilişi	52
Şekil 2.25 : Alın Ve Köşe Birleştirmelerinde Segregasyon Bölgeleri	55
Şekil 2.26 : Isıdan Etkilenmiş Bölgedeki (IEB) Tane Yapısı Değişimi	55
Şekil 2.27 : Kaynak Sırasında Isıdan Etkilenmiş Bölge (IEB).....	56
Şekil 2.28 : Yüksek Mukavemetli Bir Çeliğin Kaynağında IEB' De Sertlik Dağılımı	58
Şekil 2.29 : Oksi-Asetilen Kaynak Donanımı	62
Şekil 2.30 : Oksi-Asetilen Kaynağının Uygulanması	62
Şekil 2.31 : Elektrik Ark Kaynağının Donanım Şeması	63
Şekil 2.32 : Örtülü Elektrod İle Ark Kaynağı Prensibi	64
Şekil 2.33 : Termit Reaksiyonu Inverter Tip Modern Bir Kaynak Makinası....	66
Şekil 2.34 : Tozaltı Kaynak Yöntemi Donanım Şeması	68
Şekil 2.35 : Tozaltı Kaynağının Prensibi	68
Şekil 2.36 : Elektrik Ark Kaynağı Ve Tozaltı Kaynağındaki Isı Bilançosu	69
Şekil 2.37 : TIG Kaynak Yönteminin Prensip Şeması	72
Şekil 2.38 : TIG Kaynak Yönteminin Donanım Şeması	73

	<u>Sayfa</u>	<u>No</u>
Şekil 2.39 : Modern Bir TIG Kaynak Makinesi	75	
Şekil 2.40 : MIG Kaynak Yönteminde Ark Bölgesi.....	76	
Şekil 2.41 : MIG Kaynak Donanımı Şeması	77	
Şekil 2.42 : Modern Bir MIG/MAG Kaynak Makinası	79	
Şekil 2.43 : Alüminotermit İle Kaynaklanmış Ray.....	83	
Şekil 2.44 : Metal Yığma Hızını Etkileyen Parametreler	85	
Şekil 2.45 : Serbest Tel Uzunluğu İle Metal Yığma Miktarı Arasındaki İlişki..	85	
Şekil 2.46 : Açık-Ark Özlü Tel Elektrodu İle Yapılan Kaynakta Ark Bölgesi ..	86	
Şekil 2.47 : Plazma Ark Kaynağının Plazma Teşekkülü	90	
Şekil 2.48 : Plazma TIG Kaynağında Prensip Ve Dikiş Formu	91	
Şekil 2.49 : Direnç Nokta Kaynağının Şematik Diyagramı	92	
Şekil 2.50 : TÜVASAŞ'da Üretilmekte Olan Yolcu Vagonu Kapısı.....	97	
Şekil 2.51 : Vagon Saclarının Oksi-Asetilen İle Otomatik Olarak Kesilmesi...	98	
Şekil 2.52 : Elektrik Ark Yöntemiyle Kaynaklanmış Vagon Yan Duvarı	99	
Şekil 2.53 : Yarı Montaj Sac Kaplanmış Yolcu Vagonu	100	
Şekil 2.54 : Kaynaklanmış Vagon Rüzgarlıkları	100	
Şekil 2.55 : Kaynaklanmış Vagon Başlığı	101	
Şekil 2.56 : Yarı Kaynaklanmış Vagon Çatısı	101	
Şekil 3.1 : Demiryolu Kesiti.....	102	
Şekil 3.2 : Ray Bağlantı Kesiti.....	103	
Şekil 3.3 : Ray Profil Tipleri.....	106	
Şekil 3.4 : Ray Kesiti.....	107	
Şekil 3.5 : Ray Üretiminde Sürekli Döküm İşlemi.....	116	
Şekil 3.6 : Haddeme Son İşlemlerin Yapıldığı Bölüm.....	118	
Şekil 3.7 : T.T.T. Sıcaklık/ Zaman Dönüşüm Eğrisi Ve (Q-T), (S-Q) Soğuma Eğrileri.....	122	

	<u>Sayfa</u>	<u>No</u>
Şekil 3.8 : Mantarın Isıl İşlem Sonucundaki Sertlik Durumu.....	123	
Şekil 3.9 : Avrupa Ve Amerika’da Kullanılan Modern Ray Kaliteleri,Sertlik Değerleri Ve Çekme Dayanımları.....	123	
Şekil 3.10 : Gövde-Mantar Dolgu Radyusunda Yatay Çatlaklara Örnekler...	129	
Şekil 3.11 : Bulon Deliklerinde Yıldız Çatlaklara Örnekler.....	129	
Şekil 3.12 : İlerleyen Enine Çatlaklara Örnekler.....	130	
Şekil 3.13 : Boyuna Dikey Çatlak.....	131	
Şekil 3.14 : Yakma Alın Kaynağında Ray Gövdesindeki Yatay Çatlama.....	131	
Şekil 3.15 : Yakma Alın Kaynağında Ray Gövdesindeki Yatay Çatlama	132	
Şekil 3.16 : Termit Kaynağında Profilin Enine Çatlaması.....	133	
Şekil 3.17 : Termit Kaynağında Ray Gövdesindeki Yatay Çatlamalar.....	133	
Şekil 3.18 : Ray Mantarının Enine Çatlaması.....	134	
Şekil 3.19 : Elektrik Bağlantılarının Altında Enine Çatlama.....	135	
Şekil 3.20 : Görünür Orijini Olmaksızın Çapraz Kırılma	136	
Şekil 3.21 : Uzun Mesafeli Oyuk.....	136	
Şekil 3.22 : Kısa Mesafeli Oyuk.....	137	
Şekil 3.23 : Çalışma Yüzeyinde Tufal (Kabuklanma) Oluşumu.....	138	
Şekil 3.24 : Ray Mantarı Köşesinin Kabuklanması.....	138	
Şekil 3.25 : Tekerlek Yanıkları.....	139	
Şekil 3.26 : Yakma Alın Kaynağı Prensibi.....	146	
Şekil 3.27 : Yakma Alın Kaynak Makinası.....	152	
Şekil 3.28 : Yakma Alın Kaynağı Aşamaları.....	153	
Şekil 3.29 : Yakma Alın Kaynağı Sonrası Taşlama İşlemi.....	155	
Şekil 3.30 : Yakma Alın Kaynaklı Rayların Sertlik Profilleri.....	161	
Şekil 3.31 : Kaynak Kafası.....	168	
Şekil 3.32 : K35 APT Mobil Yakma Alın Kaynak Makinası.....	170	

	<u>Sayfa</u>	<u>No</u>
Şekil 3.33 : Termit Reaksiyonu	178	
Şekil 3.34 : Düz Conta Metodu Doldurma Diyagramı.....	179	
Şekil 3.35 : Kısa Ön Isıtmalı Metod Doldurma Diyagramı.....	180	
Şekil 3.36 : Termit Kaynağında Kalıbın Konumu.....	181	
Şekil 3.37 : Termit Kaynağında Ray Açıklığının Ayarlanması.....	183	
Şekil 3.38 : Termit Kaynağında Kalıbın Bağlanması.....	184	
Şekil 3.39 : Termit Kaynağında Ön Isıtma.....	185	
Şekil 3.40 : Termit Kaynağı Ve Ekzotermik Reaksiyon , Baganın Açılması.	186	
Şekil 3.41 : Termit Kaynağında Ray Sıyırma Makinası.....	186	
Şekil 3.42 : Termit Kaynağında Ray Sıyırma İşlemi.....	187	
Şekil 3.43 : Alüminotermik İle Kaynaklanmış Ray.....	187	
Şekil 3.44 : Haydarpaşa Statik Yorulma Laboratuarında Kaynaklanmış Rayın Yorulma Deney Düzenegi.....	189	
Şekil 3.45 : Yorulma Kırığının Karakteristik Özellikleri.....	190	
Şekil 3.46 : Yorulma Testi Sonunda Kırılan Ray Kesiti.....	191	
Şekil 3.47 : Statik Eğilme Testi Şematik Gösterimi.....	192	
Şekil 3.48 : Statik Eğilme Testi Şematik Gösterimi.....	192	
Şekil 3.49 : Alüminotermik Kaynaklı Rayın Makro Yapısı	193	
Şekil 3.50 : Alüminotermik Kaynaklı Rayın Mikro Yapısı.....	193	
Şekil 4.1 : Tribolojik Sistemin Elemanları.....	204	
Şekil 4.2 : Aşınmanın Temel Unsurları.....	204	
Şekil 4.3 : Yüzey Mikro Yapısı.....	206	
Şekil 4.4 : Aşındırma Türleri İle Aşınma İşlemlerinin Sınıflandırılması.....	207	
Şekil 4.5 : Metallerin Teması Sırasında Oluşan Kaynak Bağları.....	209	
Şekil 4.6 : Yüzeyler Arasındaki Bağların Ayrılması.....	210	
Şekil 4.7 : Aşınma Oranı-Yük Ve Aşınma Oranı-Hız Arasındaki İlişkisi.....	210	

	<u>Sayfa</u>	<u>No</u>
Şekil 4.8 : Abrazif Aşınmanın Türleri.....	212	
Şekil 4.9 : Abrazif Aşınma Mekanizmaları.....	213	
Şekil 4.10 : Oyucu Abrazyon.....	214	
Şekil 4.11 : Yüksek Gerilmeli Öğütücü Abrazyon.....	215	
Şekil 4.12 : Döküm Öğütücü Bilyaların Aşınma Oranına Bilyaların Etkisi.....	218	
Şekil 4.13 : Yüzeylerin Gerçek Temas Alanı.....	220	
Şekil 4.14 : Erozyon, İki-Cisimli Ve Üç-Cisimli Abrazif Aşınma Etkisindeki Bakır Malzemenin Sic Aşındırıcı Tanecikçi Boyutu-Aşınma Oranı İlişkisi.....	221	
Şekil 4.15 : Aşınma Miktarına Hızın Etkisi.....	222	
Şekil 4.16 : Flanş Ve Şaft Birleştirmelerinde Sıcak Yırtılma.....	224	
Şekil 4.16 : Flanş Ve Şaft Birleştirmelerinde Sıcak Yırtılma.....	224	
Şekil 4.17 : Eşit Olmayan Kaynak Ağzı.....	224	
Şekil 4.18 : Katılma Çatlaklarının Doğrultusu 1.Yüzey 2. Enine.....	224	
Şekil 4.19 : Erimiş Metal Banyosunda Çatlak Ve Genişlik/Derinlik Oranı Şematik Gösterim Ve Makrografik Yapı.....	225	
Şekil 4.20 : Soğuk Çatlaklar(1. Kökte Çatlak).....	226	
Şekil 4.21 : Soğuk Çatlak. (2. Birleştirme Çatlağı; 3. Dikiş Altında Çatlak; 4. İki Paso Arasında Birleştirme Çatlağı).....	226	
Şekil 4.22 : Lameler Yırtılmanın Pratikte Rastlanan Durumu: Bir Döküm Kalıbının İçindeki Diyaframın Köşe Dikişinin Mikroskopik Ve Genel Görünüşü.....	228	
Şekil 4.23 : Lameler Yırtılmanın Oluşma İhtimali Olan Bölgeler.....	228	
Şekil 4.24 : Lameler Yırtılmanın Oluşumunu Engellemek İçin Uygulanan "Dolgu" Yöntemi.....	229	
Şekil 4.25 : Düşük Alaşımlı Bir Çelikte Ayrılma Gevrek Kırılması Mikrografisi.....	230	
Şekil 4.26 : Sünme Tanelerarası Kırılması.....	230	
Şekil 4.27 : Sünme Yüzeyli Kırılmada Koniciklerinin Meydana Gelişimin Şematik Gösterimi.....	231	

	<u>Sayfa</u>	<u>No</u>
Şekil 4.28 : Sünek Kırılma Elektronik Mikrofraktografi Görüntüleri.....	232	
Şekil 4.29 : Yorulma Kırığı Görüntüleri.....	233	
Şekil 5.1 : Elektrodun duruş açısı ile karışım oranı arasındaki durum.....	247	
Şekil 5.2 : Alev Sıcaklığının Üfleç Mesafesi İle Değişimi.....	248	
Şekil 5.3 : Elektrodun Hareket Ettirilmesi	249	
Şekil 5.4 : Takım Çeliğinde Dolgu İşlemi.....	256	
Şekil 5.5 : Kaynak Dolgu.....	257	
Şekil 5.6 : Oksi-asetilen alevi (1. Mızrak 2. Redükleyici bölge 3. Yelpaze).	258	
Şekil 5.7 : DIN 8555'e Göre Harf Ve Rakamların Anlatımı	268	
Şekil 5.8 : Örtülü Elektrot Kaynağının Şematik Gösterimi.....	270	
Şekil 5.9 : Özlü Tel Kaynağının Şematik Gösterimi.....	271	
Şekil 5.10 : Tozaltı Kaynağının Şematik Gösterimi.....	272	
Şekil 5.11 : Yumuşak Çizgi Yöntemi İle Yapılan Sert Dolgu.....	274	
Şekil 5.12 : Izgara Dikişi İle Yapılan Sert Dolgu	275	
Şekil 5.13 : Baklava Dikişi İle Yapılan Sert Dolgu	276	
Şekil 5.14 : Kızak Dikişi İle Yapılan Sert Dolgu	276	
Şekil 5.15 : Hızlı Nokta Yöntemi İle Yapılan Sert Dolgu.....	277	
Şekil 5.16 : Balık Sırtı Sert Dolgu Uygulaması.....	277	
Şekil 5.17 : Kaynak Dikişi Seyrelmesi.....	279	
Şekil 5.18 : Dolgu Kaynağının Yönü	284	
Şekil 5.19 : Elektrotun Tutuşturulması.....	284	
Şekil 5.20 : Ark Boyu.....	285	
Şekil 5.21 : Elektrot Cinsine Göre Elektrotun Tutuş Meyli.....	285	
Şekil 5.22 : Rayın Taşlanması.....	286	
Şekil 5.23 : Raya Uygulanan Penetrasyon Testi.....	287	

	<u>Sayfa</u>	<u>No</u>
Şekil 5.24 : Kaynak Metalinin Yüzeyinin Hazırlanması.....	287	
Şekil 5.25 : Ray Dolgusunda Ön Isıtma.....	288	
Şekil 5.26 : Proflu Termometre İle Sıcaklık Ölçüm.....	289	
Şekil 5.27 : Rayların Dolgu Kaynağında Uygun Paso Hareketleri.....	290	
Şekil 5.28 : Ray Conta Başı Dolgu Kaynağı Kaynak Dikiş Sırası.....	291	
Şekil 5.29 : Masterla Dolgu Yüksekliğinin Tespiti.....	293	
Şekil 5.30 : Dolgu Bölgesinin Tespiti.....	294	
Şekil 5.31 : Dolgu Kaynağı Öncesi Taşlanmış Makas Göbeği.....	295	
Şekil 5.32 : Elektrik Direnç Yöntemiyle Ön Tavlama.....	295	
Şekil 5.33 : Gaz Yöntemiyle Ön Isıtma.....	296	
Şekil 5.34 : Ray Mantarı Dolgu	296	
Şekil 5.35 : Makas Tavşan Ayağı Bölgesinde Kaynak Dikişi.....	297	
Şekil 5.36 : Makas Göbeklerinde Kaynak Dikişleri.....	197	
Şekil 5.37 : Makas Göbeğinde Dolgu Kaynağı Uygulaması.....	299	
Şekil 5.38 : Kopmuş Kaynak Yerlerinin Tamiri(Tek Ve Çok Katmanlı.....	300	
Şekil 5.39 : Ray Dolgusunda Otomatik Kontrollü Elektrik Ark Kaynak Makinası.....	306	
Şekil 5.40 : Tozaltı Ray Dolgu Kaynak Makinası.....	307	
Şekil 5.41 : Elin Firmasınca Üretilmiş Boden Kaynak Makinası	311	
Şekil 5.42 : Elin Kaynak Makinasında Kaynaklanmakta Olan Boden	311	
Şekil 5.43 : Elin Makinasında MAG Yöntemiyle Kaynaklanmış Boden.....	312	
Şekil 5.44 : Tülomsaşta Kurulu Boden MAG Kaynak Makinası.....	313	
Şekil 5.45 : Örtülü Elektrotla Elektrik Ark Yöntemiyle Kaynaklanmış Boden.	314	
Şekil 5.46 : Boden Buategresine Manganlı Plakaların Kaynağı	315	
Şekil 5.47 : Makas Buraj Kazmasında Dolgu Kaynağı.....	315	

	<u>Sayfa</u>	<u>No</u>
Şekil 5.48 : Sünek Kırılma Elektronik Mikrofraktografi Görüntüleri.....	317	
Şekil 5.49 : Kırılarak Hasarlanmış Vagon Tampon Traversi.....	318	
Şekil 5.50 : T�lomsaş'ta T�lomsaş'ta Sofaj Topları.....	319	
Şekil 5.51 : Aşınmış Bir Lokomotif Mazot Pompası.....	319	
Şekil 5.52 : Lokomotiflerde Kullanılan Hava Davlumbazı.....	319	
Şekil 5.53 : Vagonun Kırılmış Alüminyum Kilitleme Tertibatı.....	320	
Şekil 5.54 : DE 24000 Tipi Lokomotiflerde Kullanılan Dişli Kutusu.....	320	
Şekil 5.55 : Kaynaklı Dolgu Ve Birleştirmesi Tamamlanmış Dişli Kutusu.....	321	
Şekil 5.56 : Demiryolu Bakım Araçlarına Ait Şanzıman Kafası.....	321	
Şekil 5.57 : Demiryolu Bakım Araçlarına Ait Şanzıman Gövdesi	322	
Şekil 5.58 : Sert Dolgu Uygulanmış Buraj Makinesi Kazma Uçları.....	322	
Şekil 5.59 : Kaynaklı Dolgu Ve Birleştirmesi Tamamlanmış Dişli Kutusu.....	323	
Şekil 5.60 : Lokomotifin Cer Motor Kapağı.....	324	
Şekil 5.61 : Lokomotive Ait Aşınmış Ve Çatlamış Cer Motor Yatağı.....	324	
Şekil 5.62 : Lokomotiflere Ait Demonte Cer Motor Yatağı.....	324	
Şekil 5.63 : Lokomotive Ait Kaynaklanmakta Olan Cer Motor Yatağı.....	325	
Şekil 5.64 : Kaynaklanmış DE 24000 Tipi Lokomotive Ait Cer Motor Yatağı..	326	
Şekil 5.65 : DE 11000 Tipi Lokomotiflerin Tekerlek Takımı Rulman Yatağı..	326	
Şekil 5.66 : 16 Silindirli Lokomotif Yatağı.....	327	
Şekil 5.67 : 16 Silindirli V Tipi Lokomotif Gövdesi.....	328	
Şekil 5.68 : Hasarlanmış Lokomotif Yatağı Lokomotif Yatağı.....	328	
Şekil 5.69 : Çatlakları Kaynakla Doldurulmuş Lokomotif Yatağı.....	329	
Şekil 5.70 : Primer Göbeklerin Elektrik Ark Kaynaklı İşlenmiş Hali.....	330	

	<u>Sayfa</u>	<u>No</u>
Şekil 5.71 : Primer Göbeklerin Dolgu Kaynağı Tamamlanmış Hali.....	330	
Şekil 5.72 : Primer Göbek Ara Sustalarının Kaynaklanmış Hali.....	331	
Şekil 5.73 : Hasarlı Lokomotif Silindir Başlıkları.....	331	
Şekil 5.74 : Kaynaklama Sonrası Motor Silindir Başlıkları.....	332	

DEMİRYOLU TAŞIT VE RAYLARININ ÜRETİM VE TAMİR-BAKIMINDA UYGULANAN KAYNAK YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRMALI OLARAK İNCELENMESİ

ÖZET

Gelişmiş ülkelerde bir toplu taşımacılık aracı olan demiryolu taşımacılığı çok yaygın olarak kullanılmakta, hızlı tren projeleri uygulamaya girmektedir. Yüksek kapasitesi, az alan gerektirmesi, çevreci ve ekonomik olması gibi nedenlerle Türkiye'nin artık ulaşımında, demiryollarını ağırlık vermesi kaçınılmaz olmuştur.

Raylar demiryolu yapısının en önemli unsuru olan metal kontrüksiyonlardır. Taşıtlar da bu sistemde çalışan metal parçalardan oluşurlar. Bu bakımdan demiryolu taşıt ve raylarının gerek üretiminde, gerekse tamir-bakımında kaynağın gözardı edilemez bir rolü bulunmaktadır. Teknikteki sürekli gelişmeler hem demiryolu taşıtlarında, hem de taşıtların üzerinde çalıştığı ray ve yol malzemelerinin imalatında sürekli yenilik getirmekte, bunun sonucunda imalatla önemli bir etken olan kaynak tekniği de, bir o kadar önem kazanmaktadır. 20 ila 50 yıl gibi oldukça uzun yıllar hizmet eden ray sistemlerinin imalatı, döşenmesi kadar tamir ve bakım yöntemlerinin seçiminde son derece önemlidir.

Trenlerin ağırlığı ve hızlarının daima artması ile ray ve makasların imalatının gelişimi, demiryolu yapımında ve bakımında kaynak prosesinin daha yaygın uygulanmasına öncülük etmiştir. Demiryollarında; termit kaynağı, elektrik ark kaynağı, gaz kaynağı, toz püskürtme ile kaplama, ark sert lehimleme, yakma alın kaynağı gibi çeşitli kaynak prosesleri kullanılmaktadır. Ancak en yaygın uygulanan yöntem yakma alın kaynağı ve alümino-termit kaynak yöntemidir. Bu kaynak yöntemleri daha çok rayları birleştirme amaçlı imalat prosesleridir. Yakma alın kaynağı atölyedeki ray bağlantılarında ve uzun kaynaklı rayların üretiminde kullanılan en yaygın kaynak prosesidir. Alümino-termit kaynak yöntemi ise daha çok yolda tercih edilmektedir.

Demiryolu taşıtları imalatında gaz ergitme, gazaltı, tozaltı ve elektrik ark kaynak yöntemleri gibi bilinen yöntemler yaygın olarak kullanılmaktadır. Demiryolu taşıtları imalatında kaynak yönteminin uygulanması yanında, yöntemin seçiminde etken olan kriterlerde önemlidir. Bunlar genel olarak kaynak edilecek malzeme, bağlantının tipi ve üretim ihtiyaçlarıdır.

Demiryolu kontrüksiyonuna uygun olarak imal edilen ve işletmeye alınan raylar ve taşıtlar, birbirleri üzerinde çalışırken doğal olarak zaman içerisinde

hasarlanmaktadır. Oluşan bu hasarlar kırılma çatlama ve aşınma şeklinde kendini göstermektedir. Demiryolu taşıtları ve raylarında görülen bu hasarların büyük kısmı aşınma nedeniyledir. Aşınma hasarlarının doğrudan veya dolaylı etkilerinin dünya ekonomisine maliyeti her yıl 100 milyarlarca doları bulmaktadır. Aşınma özelliği sertlik ve çekme mukavemeti gibi spesifik bir malzeme özelliği değildir. Aşınma ana cisim karşı cisim ortam ve yükten oluşan bir sistem olup, bu sisteme tribolojik sistem adı verilir. Tribolojik sistem oluşturan ray ve taşıtlarda görülen bu hasarlardan kaynaklanan kayıpları geri kazanmanın en uygulanabilir yolu, kaynaklı tamir-bakımdır. Tamir-bakımda da imalatta uygulanan kaynak yöntemleri kullanılmakta ancak hasara göre kaynak teknikleri değişebilmektedir.

Bu tezde demiryolu taşıt ve raylarının üretim ve tamir-bakımında uygulanan kaynak yöntemleri toplu olarak anlatılmış, ve sektördeki kaynaklı imalat ve tamir-bakım yöntemi seçiminde etken olan unsurlar belirtilmiştir. Ayrıca ithal yollarla yurda giren malzemelerin kaynaklı tamir-bakım yoluyla ülke ekonomisine geri kazandırılmasında katkı sunulmaya çalışılarak, demiryolu sektöründeki kaynak uygulamalarına klavuz olabilecek bir çalışma sunulmuştur.

STUDY OF WELDING METHODS BY COMPARING THAT ARE APPLIED TO THE PRODUCTION AND REPAIR-MAINTENANCE OF RAILWAY VEHICLES AND RAILS

SUMMARY

Railway transportation, which is a mass transportation vehicle, has been used commonly in developed countries, speedy-train projects have been started to make use of. It becomes inevitable that Turkey should give importance to the railway transportation due to various causes such as high capacity, needed a small area, environmental and economic.

The rail, made of metal, is the most important element of railway construction. Vehicles are formed of the metal parts which work in this system. Therefore, welding have an important role in the process of production of railway vehicles and rails, and repair-maintenance. Technological developments have brought renovation to the railway vehicles and manufacture of the materials of rails and railway which the vehicles work on, this results welding technic, which is very important factor at manufacture, is getting importance. Rail systems are used for a long period as 20-50 years. Therefore manufacture, installation, maintenance and selection of repair method of them are pretty important. Due to increased weight and speed of train, manufacture of rail and switch have developed. So new and developed materials have lead to apply welding process for construction and maintenance of railways

Now, welding, electric arc welding, gas welding, powder spraying, arc brazing, flash bult welding etc. have been used. However the most common application methods are flash bult welding and alumino-termit welding. These welding methods are the manufacture processes for the aim to combine of rails. Flash bult welding is common used for atteching rails in workshop and manufacturing long welded rails. Alumino-termit welding method is more prefered at railways.

Known methods as gas welding, gas metal arc welding, submerged arc, and electric arc welding methods are used commonly. Together with the application of welding method, criterions, which are factors of the selection of methods, are also important. These are genarally material,construction type and production needs. Rails and vehicles, which are manufactured appropriate for the railway contruction, have damaged naturally in time,working over each other. These damages, which are seen of railway vehicles and rails, are because of wear. Direct and indirect effects of wear damages causing, create up to 100 billion dollars of cost per year to global economy. Wear spesification isin't a material spesification as hardness and strain streghth. Wear, which includes main material, intermediary material, environmental and moving compenents, is a system that is called" Tribolgy" The best way of recovery of these damages, which are seen at the rail and vehicles, is repair and maintenance welding. Welding methods, which are

used in manufacture, have been used in repair-maintenance but, welding techniques can be different due to the damage

In this study, welding methods, that are applied to the production and repair-maintenance of railway vehicle and rails, are given totally, and factors, which are effective on the selection of the welding manufacture, and repair-maintenance methods in sector, are stated. Besides, trying to contribute to recovery of materials imported to the Turkish economy by way of welding repair-maintenance, a study, that should be a guide to the welding applications in the railway sector, has been applied.

1. GİRİŞ

Dünya ulaşım sistemlerine bakıldığında; yolcu ve yük taşımacılığında demiryolları kapasitesi, geniş araziye ihtiyaç duymaması ve petrole bağımlı olmaması gibi önemli nedenlerden dolayı, ülke ekonomisi ve çevre sağlığı açısından bugün artık gözerdi edilemez avantajlara sahip bulunmaktadır. Ülkemizin gerek ekonomik, gerekse stratejik açıdan en önemli unsur olan ulaşım yön vermesi kaçınılmaz olmuştur. Avrupa ülkelerinin tek devlet olma aşamasında ilk ele aldıkları nokta, birbirleri arasında ekonomik ulaşımı sağlamak amacıyla hızlı tren projelerini uygulamak olmaktadır. Bu anlamda demiryolu taşımacılığında reform sayılabilecek hızlı tren projeleri sektöre verilmesi gereken önemi daha da arttırmıştır.

1973 yılından itibaren bütün dünya ülkelerinde petrol krizi ile birlikte ivmelenen demiryolu yatırımları hızlanarak devam etmektedir. 1990 yılında demiryollarına yapılan 60 milyar dolarlık yatırımın yakın gelecekte katlanarak büyüyeceği ve sektörün lider konumuna geleceği tahmin edilmektedir.

Demiryolu taşımacılığının diğer taşımacılık yöntemlerine göre avantajlı yönleri şunlardır[1].

- En kısa mesafeli yol
- En az yakıt tüketimi
- En düşük kaza oranları
- En düşük egzoz gazı ve çevre kirliliği oranları
- Az alan ve yüksek kapasite
- Düşük yol yapım maliyeti

Günümüzde raylı taşıt araçları kent içi, kentler ve ülkeler arası taşımacılıkta özellikle yolcu taşımacılığında hava deniz ve karayolları ile rekabet etmesi bu taşıtların daha güvenilir, daha konforlu, güzel görünümlü, ekonomik ve

hızlı olmalarını gerektirir. Tüm bu faktörlerde kaynaklı imalat açısından seçilen yöntem ve kaynak uygulamaları çok büyük öneme sahiptir.

Demiryollarının başlangıcından bu yana demiryolu yapısının prensipleri esas olarak değişmemiştir. İkinci Dünya savaşından sonra olan önemli gelişmeler; uzun kaynaklı rayların girişi, beton traverslerin, ağır rayların, elastik bağlantı elemanlarının kullanımı, bakımından mekanizasyon ve gelişmiş ölçme teçhizatının girişi ile demiryolları ilk hantal yapısından bugünkü modern yapısına doğru sürekli bir gelişim süreci yaşamıştır ve bu süreç devam etmektedir. Raylar demiryolu yapısının en önemli parçasıdır. Ray sistemleri 20 ila 50 yıl gibi oldukça uzun yıllar hizmet ederler. Bu nedenle ray sistemlerinin seçimi, döşenmesi, bakım ve tamir metotlarının seçimi son derece önemlidir. Teknik alandaki sürekli gelişmeler, gerek demiryolu taşıtlarında gerekse taşıtların üzerinde hareket ettiği ray ve yol malzemeleri ile bunların imalatında sürekli yenilikler getirmekte, bunun sonucunda imalatta önemli rol oynayan kaynak tekniği de bir o kadar önem kazanmaktadır.

Trenlerin ağırlığı ve hızlarının daima artması ile ray ve makasların imalatının gelişimi, dolayısıyla yeni ve gelişmiş malzemeler, İmalat ve bakım prosedürlerini değiştirmek zorunluluğunu getirmiş, bu da demiryolu yapımında ve bakımında kaynak prosesinin daha yaygın uygulanmasına öncülük etmiştir. Demiryollarının yapımında spesifik bir kaynak prosesinin ilk önemli uygulaması muhtemelen kısa uzunluktaki rayların birbirine bağlanması için termit kaynağının 1902 yılında Avusturya demiryollarında, Budapeşte’de kullanılması ile gerçekleşmiştir[2]. O zamandan beri çeşitli kaynak prosesleri demiryollarında değişik amaçlarla uygulamaya konulmuş ve uzun kaynaklı rayların imalatı ile birlikte elektrik yakma alın kaynağı uygulamaya girmiştir. Bugün kilometrelerce uzunlukta tek parça halinde sürekli kaynaklı raylar demiryollarında kullanılmaktadır. Elektrik yakma alın kaynağının bazı durumlarda rayları kaynatmanın en etkili metodu olduğu kabul edilmekte ve demiryollarında yaygın olarak kullanılmaktadır

Demiryollarında çekirdek unsur olan raylara gerek imalat gerekse bakım, onarım ve yenileme prosedürlerinde sıklıkla çeşitli kaynak prosesleri uygulanır. (Bu uygulamaların seçimi ve kalitesi demiryollarına ilişkin kalite konfor ve hız gibi diğer ulaşım yöntemleriyle rekabeti sağlamak zorundadır.) Demiryollarında kaynak uygulamaları bugün fabrikada (atölyede) olduğu

kadar yol kenarında hatta yolda ve demiryolu trafiğini aksatmadan gerçekleştirilebilecek bir seviyeye ulaşmıştır.

Demiryolunun bir diğer temel unsuru ise demiryolu taşıtlarıdır. Dünya üzerinde kullanılan demiryolu taşıtlarının yapıları incelendiğinde genellikle üç türde dizayn ve imalat ile karşılaşılmaktadır. Bunlar

1. Bojilerin ,taşıyıcı elemanların, iç takviyelerin karbonlu ve az alaşımlı çeliklerden yapılmasına karşın, dış kısımların paslanmaz çelik saçlardan kompozit olarak yapıldığı konstrüksiyonlar.
2. Bojilerin çelik, taşıyıcı elemanların ve iç takviyelerin alüminyum alaşımları ile dış kısımların da özel olarak geliştirilmiş ve dizayn edilmiş alüminyum malzemelerden yapılır.
3. Bojilerin, taşıyıcı elemanların, iç takviyelerin karbonlu ve az alaşımlı çeliklerden, vagon dış yapısının da aynı tür malzemelerin 1 veya 1.5 mm. kalınlığındaki saçlardan yapıldığı konstrüksiyonlar.

Ülkemizde imal edilen demiryolu taşıtları 3. maddede belirtilen şekilde üretilmektedir[3].

Lokomotifin keşfi ile başlayan raylı taşıtların imalatında karbonlu çelik tercihi, ağırlığı, zayıf korozyon direnci ve emek yoğun şekillendirme tekniği gibi çeşitli faktörlerin etkisi ile paslanmaz çelik, alüminyum ve kompozit malzemelerinde tercihi gündeme getirmiştir. Raylı taşıt imalatında kullanılan. alaşımsız karbonlu çelikler genellikle St 37, St 42, St 44'tür[1].Karbonlu ve az alaşımlı çelik saçların kullanıldığı vagonların ömrü dikkate alınırsa kullanım ömürlerini artırmak ancak paslanmaz çelik kullanılarak sağlanabilir. Bunun için en uygun paslanmaz çelik türlerinin başında krom-nikelli, krom-nikel-titanyumlu ve krom manganlı ostenitik paslanmaz çelikler gelmektedir[3].

Raylarda ise 1950'lere kadar alaşımsız çelikten üretilmiş tipik ray bileşimleri % 0.50 C ve %1.0 Mn içeren Fe-70 (veya St70) tipi çeliktendir. 1970 'lerden sonra ray malzemesine %1.00-1.30 kadar Cr ilave edilerek sertliği ve mukavemeti artırılmıştır. Son yıllarda kullanılan ray çeliklerinin bileşimleri Tablo 1.1'de verilmiştir[4].

Tablo 1.1 Son yıllarda kullanılan tipik ray bileşimleri[4]

Çelik cinsi	KİMYASAL BİLEŞİM%					
	C	Mn	Si	Cr	Mo	V
Standard C çeliği	0.75	0.90	0.20	-	-	-
Yüksek silisli	0.75	0.80	0.70	-	-	-
Kromlu ray	0.75	0.65	0.25	1.15	-	-
Krom-silisli	0.70	1.05	0.75	1.00	-	-
Krom-vanadyumlu	0.70	1.00	0.60	1.00	-	0.80
Krom-molibdenli	0.75	0.60	0.30	0.60	0.20	-

Yukarıda bilgiler ışığında demiryolu taşıt ve raylarının üretiminde kullanılmakta olan tüm malzemeler toplu olarak düşünüldüğünde çok büyük kısmını metal malzemelerin oluşturduğu açıkça görülmektedir. İşte bu noktada gerek demiryolu taşıtlarının, gerekse rayların üretiminde kaynaklı üretim yöntem ve metodlarının belirlenmesi, üretimin sağlıklı olması açısından kaçınılmazdır.

Söz konusu bu kaynak metotlarının incelenmesi sadece demiryolu taşıt ve raylarının üretiminde değil, aynı zamanda büyük maddi kayıpların önlenmesi açısından bakım tamirinde de önemli bir yer tutmaktadır.

Tablo 1.2’de 1995-1998 Yıllarında Demiryolu Sektörü Kuruluşların Onarım Miktarları görülmektedir.

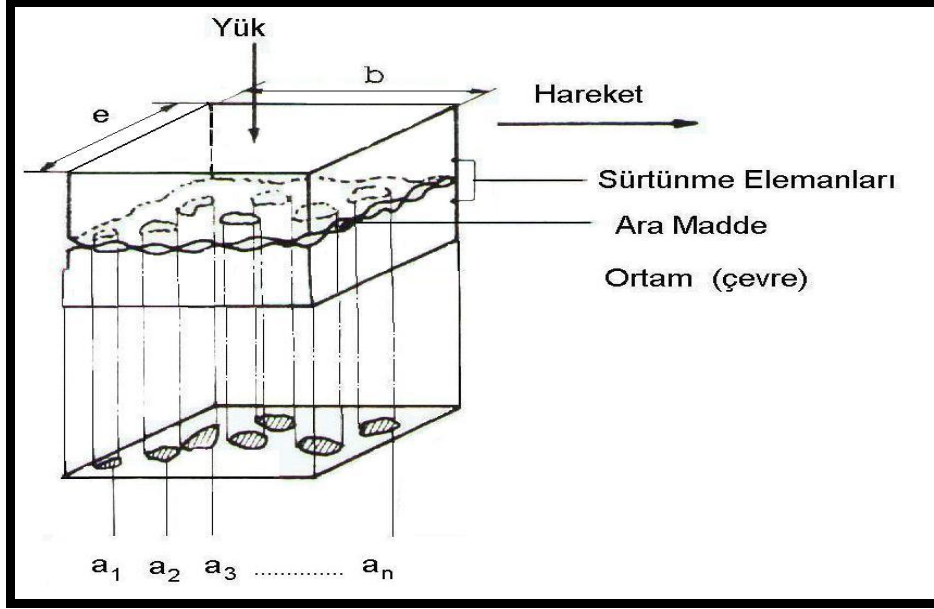
Tablo 1.2’de görüleceği gibi Türkiye demiryolu taşıtlarının bakım- tamirinin, sektörünü oluşturan kuruluşların faaliyet alanlarında önemli bir yer tutmaktadır.

Tablo 1.2 1995-1998 Yılları Kuruluşların Bakım-Tamir Miktarları[5]

	Kuruluş Bakım-Tamir	YILLAR			
		1995	1996	1997	1998
TÜLOMSAŞ					
1	DH-DE-E lokomotif onarımı	74	76	80	99
2	Yük vagon onarımı	469	474	424	45
TÜVASAŞ					
1	Yolcu vagon Onarımı	477	536	591	600
2	Elektrikli banliyö treni onarımı	16	17	10	11
3	Dizel motorlu tren onarımı			6	1
TÜDEMSAŞ					
1	Yük vagon onarımı	2459	2546	2768	3662
ADF					
1	DE lokomotif onarımı	40	43	42	34

Demiryolu taşımacılığında taşıtlar ve raylar bir sistemin olmazsa olmaz temel taşlarını oluşturan bir sistemler bütünüdür. Birbiri ile birlikte çalışan ray ve taşıt ve ortam aşınmanın temel mekanizması olan tribolojik sistemi oluştururlar. Aşınma çiftini oluşturan ana cisim ve karşı cisim aralarında belirli bir ara malzeme varken az veya çok yük altında hareket ettiklerinde aşınma başlar. Aşınma özelliği veya mukavemeti, sertlik veya çekme mukavemeti gibi spesifik bir malzeme özelliği değil bir sistem özelliğidir[6]. Şekil 1.1’de “Aşınmanın Temel Unsurları” şematik olarak verilmiştir.

Demiryolu taşıtları ile rayları arasındaki hasarın büyük kısmını aşınma oluştururken, bir bütün olarak sistemi oluşturan tüm malzeme ve makine elamanları birlikte düşünüldüğünde hasarları çatlak kırık ve aşınma olarak üç ana grupta toplamak mümkündür[7].



Şekil 1.1 Sürtünen İki Cismin Aşınma Temel Faktörleri [6]

Büyük maliyetlerle hazırlanan çok amaçlı konstrüksiyonların birçok fonksiyonu birden yapması sırasında, zaman içerisinde oluşabilecek anormal zorlanmalar sonucunda oluşan bu hasarların giderilmesinde en etkili ve en ekonomik yöntemin hasara uğrayan elemanın değiştirilmesi yerine, kaynak yapmak olduğu aşıkardır. Bu tip hasarlarda, tamir-bakım metotlarının kullanılmasında, konstrüksiyonların gene eskisi gibi fonksiyonlarını aynı verimle görebilmeleri için, bir takım ön araştırmalarına yapılması ve bunlara göre kaynak ekipmanlarının sağlanıp en uygun kaynak metodunun seçilmesi gereklidir. İşte bu nokta da tüm unsurları ile demiryolu taşıt ve raylarının üretimi ve tamir-bakımında uygulanan kaynak yöntemleri açısından, bu çalışma sektöre rehberlik etmekte önemli katkı sağlayacaktır.

2. DEMİRYOLU TAŞITLARI ÜRETİMİNDE KAYNAK UYGULAMALARI

2.1 Demiryolu Taşıtları Tanıtımı

İki ray arasında çalışan demiryolu taşıtlarında çeken araç lokomotif ve çekilen araç vagonlardan meydana gelen kompozisyona tren adı verilir. Trenleri oluşturan vagonları aşağıdaki gibi sınıflandırabiliriz[1].

- Yolcu Vagonu
- Yemekli Vagon
- Lüks Yataklı Vagon
- Pulman Vagon
- Banliyö Vagonu
- Hızlı Yük Vagonu
- Yavaş Yük Vagonu
- İmdat Vagonu
- Posta Vagonu
- İş Vagonu

TCDD 'de kullanılmakta olan Yük vagonu çeşitleri ve kullanım alanları Tablo 2.1'de, Bunlardan en yaygın olarak kullanılan yolcu vagonlarının bazı konstrüktif özellikleri ise Tablo 2.2'de gösterilmiştir[1,8].

Demiryolu taşıtlarından bahsederken özellikle Türkiye ulaşım politikası açısından demiryolu taşıtlarının her bakımdan diğer taşıtlardan avantajlı yönlerini belirtmemek mümkün değildir. Bunlar ;

- Gerekli olan en kısa mesafeli yol
- En az yakıt sarfiyatı
- En düşük kaza oranları

- En düşük egzoz gazı ve çevre kirliliği oranlarıdır.

Tablo 2.1 Yük vagonu  e itleri ve kullanım alanları[8]

Tahıl Vagonu	Dökme tahıl taşıması için otomatik tertibatlı
Kapalı Vagon	Ev eşyası,yiyecek giyecek,hayvan taşımacılığı
Normal Platform Vagonu	İ� makinaları oto , kamyon,demirçelik,a��ap taşımacılığı
Özel Platform Vagon	Tank,ağır i� makinaları, tır taşımacılığı
Normal Yüksek Kenarlı Vagon	Kömür ,demir,tu�la taşımacılığı
Özel Yüksek Kenarlı Vagon	Kömür ve cevher taşımacılığı otomatik tertibatlı
Sarnı�lı Vagon	Her türlü akaryakıt taşımacılığı
Ağır Yük Vagonu	Demir beton köprü iskeletleri taşımacılığı

Tablo 2.2 Yolcu Vagonu Konstrüktif  zellikleri[1]

Tampon �zerindeki boy	(mm)	23000
Vagon genişliği	(mm)	2912
Ray üzerinden y�kseklili�i	(mm)	3920
Boji eksen uzaklığı	(mm)	15500
Boji dingil uzaklığı	(mm)	3000
Vagon i� geni�ligi	(mm)	2759
A�ırlılı�ı	(kg)	36000
Hız	(km/h)	Max.120

Günümüzde demiryolu taşıtları kentiçi kentlerarası ve ülkeler arası taşımacılıkta özellikle yolcu taşımacılığında hava deniz ve karayolları ile rekabet etmesi bu taşıtların daha güvenilir, daha konforlu güzel görünümü, ekonomik ve hızlı olmalarını gerektirir. Tüm bu faktörlerde kaynaklı imalat açısından seçilen yöntem ve kaynak uygulamaları çok büyük öneme sahiptir. Özellikle son yıllarda hizmete girmiş olan hızlı trenlerle demiryolu taşımacılığında yeni bir reform yapılmış olup bu sektöre verilmesi gereken ağırlığı daha da arttırmıştır.

Dünya üzerinde kullanılan demiryolu taşıtlarının yapıları incelendiğinde genellikle üç türde dizayn ve imalat ile karşılaşılmaktadır. Bunlar

1. Bojilerin ,taşıyıcı elemanların, iç takviyelerin karbonlu ve az alaşımlı çeliklerden yapılmasına karşın, dış kısımların paslanmaz çelik saçlardan kompozit olarak yapıldığı konstrüksiyonlar.
2. Bojiilerin çelik, taşıyıcı elemanların ve iç takviyelerin alüminyum alaşımları ile dış kısımlarıda özel olarak geliştirilmiş ve dizayn edilmiş alüminyum malzemelerden yapılır.
3. Bojilerin, taşıyıcı elemanların, iç takviyelerin karbonlu ve az alaşımlı çeliklerden, vagon dış yapısının da aynı tür malzemelerin 1 veya 1.5 mm. kalınlığındaki saçlardan yapıldığı konstrüksiyonlar.

Ülkemizde imal edilen demiryolu taşıtları 3. maddede belirtilen şekilde üretilmektedir.

2.2 Türkiye Demiryolu Taşıtları İmalat Sanayii

Demiryolu Taşıtları İmalat Sanayii, aşağıda belirtilen çeken-çekilen demiryolu araçlarının yapımını ve bu araçların bakım dışında kalan planlı onarımlarını kapsamaktadır.

1.Çeken Taşıtlar

- Dizel lokomotifler.
- Elektrikli lokomotifler.
- Motorlu ve elektrikli trenler , Ray Otobüsleri, metro ve hafif raylı Sistem araçları ve kendinden tahrikli demiryolu hizmet Araçları

2.Çekilen Taşıtlar

- Yolcu Vagonları, Metro ve hafif raylı sistem araçları
- Yük vagonları

Sektörde aşağıda kısa tanımı yapılan TCDD Genel Müdürlüğüne bağlı ortaklıklar ve Ankara Demiryol Fabrikası faaliyette bulunmaktadır[5].

Türkiye Lokomotif ve Motor Sanayii A.Ş. (TÜLOMSAŞ) Genel Müdürlüğü:

1894 yılında Eskişehir'de kurulmuş, çeşitli aşamalardan geçtikten sonra 1965 yılında başlatılan tevsii çalışmalarıyla bojili yük vagonu ve dizel lokomotif yapımına başlamıştır. 1971 yılında müessese haline getirilen kuruluş, 1986 yılında çıkartılan Bakanlar Kurulu Kararı ile TCDD Genel Müdürlüğü'nün bağlı ortaklığı haline dönüştürülmüş ve Türkiye Lokomotif ve Motor Sanayii A.Ş. (TÜLOMSAŞ) olarak yeni bir statüye kavuşturulmuştur. 500.000 m² açık alan üzerine kurulu bulunan TÜLOMSAŞ'ta 176.000 m²'lik kapalı alan mevcuttur.

Türkiye Vagon Sanayii A.Ş. (TÜVASAŞ) Genel Müdürlüğü:

1951 yılında yolcu ve yük vagonlarının onarımını yapmak üzere Adapazarı'nda kurulmuştur. 1964 yılında yolcu vagonu yapımına başlamıştır. 1975 yılında müessese haline getirilen kuruluş, 1986 yılında da A.Ş. statüsüne kavuşmuştur. TÜVASAŞ yolcu vagonu yapım ve onarım konusunda ülkemizin en büyük sanayii kuruluşlarından. 750.000 m²'lik toplam alanda 85.000 m²'lik kapalı alanı bulunmaktadır. 17 Ağustos 1999 tarihinde yaşanan Marmara Depreminde, tesisleri büyük hasar gören şirket, üretim kapasitesini tamamen, onarım kapasitesini de önemli ölçüde yitirmiş bulunmaktadır.

Türkiye Demiryolu Makinaları Sanayii A.Ş. (TÜDEMSAŞ) Genel Müdürlüğü:

1939 yılında Sivas Cer Atölyesi olarak kurulan, 1975 yılında Müessese ve 1986 yılında bugünkü A.Ş. statüsüne kavuşan TÜDEMSAŞ yük vagonu yapım ve onarımı konusunda ülkemizin en büyük sanayii kuruluşudur. 287.467 m²'lik toplam alanda 92.650 m²'lik kapalı tesisi mevcuttur.

Ankara Demiryol Fabrikası (ADF):

1946 yılında Motorlu demiryolu taşıtlarının onarımı için kurulmuş, zamanla yedek parçaların elektrojen gruplarının ve motorlu drezinlerin yapımına başlanmıştır. Daha sonra kapasitesi artırılarak Ankara Behiçbey'e taşınan

fabrika bugün için 104.200 m².’lik toplam alanda 42.800 m².’lik kapalı tesisi ile faaliyet sürdürmektedir.

Yukarıda bahsedilen demiryolu taşıtları imalat ve onarım sektöründeki kuruluşların tamamı kamu kuruluşudur. Bu kuruluşlar ilgili faaliyet alanlarında tekel konumuna sahiptir. Sektördeki kuruluşların üretim kapasiteleri Tablo 2.3’de verilmiştir. Bu kuruluşlarca 1995-1998 yılları arasında gerçekleştirilen yapım ve onarım adetleri Tablo 2.4 ’de verilmiştir. Her iki tablo incelendiğinde sektörde faaliyet gösteren kuruluşlar kapasitelerinin altında yapım ve onarım gerçekleştirmiş olduğu görülmektedir.

Tablo 2.3 Sektörde Faaliyet Gösteren Kuruluşlar ve Üretim Kapasiteleri[5]

KURULUŞ	Yeri	Üretim Konusu	1999 Yılı Kapasitesi
TÜLOMSAŞ	Eskişehir	Lokomotif ve vagon üretimi	60 ad/yıl, elektrikli/ dizel elektrikli lokomotif 500 ad/yıl bojlili yük vagonu 30 ad/yıl lokomotif Revizyonu
TÜVASAŞ	A.pazarı	Ray otobüsü,yolcu vagon üretimi	200 ad/yıl vagon yapımı 1200 ad/yıl vagon Onarımı
TÜDEMSAŞ	Sivas	Yük vagonu üretimi	1500 ad/yıl vagon yapım 7600 ad/yıl vagon onarım
ADF	Ankara	Demiryolu makineleri Onarımı	48 ad/yıl lokomotif revizyonu Çeşitli loko. Ana gruplarının onarım ve yedek parça yapımı

Tablo 2.4 1995-1998 Yılları Demiryolu sektörü kuruluşların Üretim Miktarları[5]

Üretim	1995	1996	1997	1998
Manevra lokomotifi	3	7	8	-
Teleskopik yük vagonu	1	-	-	-
Sabit semerli cevher vagonu	38	62	-	392
Konteyner vagonu	-	-	50	-
Vinçli poz otosu	5	10	-	5
Ray otobüsü	3	2		
Lüks pulman vagon (WSPIm)	2	20	15	
Lüks yemekli vagon (WRIm)	6		10	
Lüks personel vagon (WSPRIm)	9		5	
Bm komp. Vagon (Avrupa hattı)	-	20		
Jeneratör vagonu	2	9	15	19
Lüks yataklı vagon				25
Sabit semerli cevher vagonu	75			140
Balast vagonu		25		

Bu sektörde ithal edilen yan ürünler genellikle AB ve AB'ye aday ülkelerden temin edilmektedir. 1995-1998 dönemi içinde sektördeki kuruluşlardan sadece TÜLOMSAŞ Fransa, Suriye, İran ve Türkmenistan'a ihracat gerçekleştirmiştir.

Çeken-çekilen demiryolu araçları imalat sektöründeki rekabet tüm dünyada hızla artmaktadır. Dünya ölçeğinde faaliyet gösteren firmalar daha az enerji tüketen, yüksek kalite, güvenilirlik, konfor ve hafif konstrüksiyona sahip araçlar üretmek için sürekli olarak araştırma-geliştirme faaliyetlerine yatırım yapmaktadır[5].

2.3 Demiryolu Taşıt imalatında Kullanılan Malzemeler

2.3.1 Ana Malzemeler

Günümüzde demiryolu taşıtları kent içi, kentler arası ve ülkelerarası taşımacılıkta, özellikle yolcu taşımacılığında hava, deniz ve karayolları ile rekabet etmek zorundadır. Bu rekabetin demiryolu taşıtları lehine gelişmesi,

bu taşıtların daha güvenilir, daha konforlu, güzel görünümlü ve hızlı olmalarını gerektirir.

Demiryolu taşıtlarının yapımında kullanılan malzemelerin yüksek mukavemetli olmalarının yanısıra atmosferik ve kimyasal korozyona karşı yüksek dirençli olmaları arzu edilir. Bu amaçlar için, ferritik ve ostenitik paslanmaz çelik türleri ve alüminyum alaşımları tercih edilmektedir[3].

Gelişmiş ülkeler teknolojilerinin gelişmesine paralel olarak demiryolu taşıtlarının imalatında karbonlu çeliğe alternatif olarak paslanmaz çelikler, alüminyum, ve kompozit malzemeleri kullanmaya başlamıştır. Kompozit malzemelerin kaynak ile direk ilgisi olmadığından ilk üç malzemeye yer verilecektir. Özellikle de paslanmaz çelikler ve alüminyum malzemelerin demiryolu taşıt imalatında kullanımı ülkemizde yeni kullanım alanı bulunduğundan bu iki malzemenin alternatif malzeme olabileceği detaylarıyla anlatılacaktır.

2.3.1.1 Çelikler

Demiryolu taşıt imalatında kullanılan. alaşımsız karbonlu çelikler genellikle St 37, St 42, St 44'tür. Tablo 2.5'de bu malzemelerin kaynak için bilinmesi gereken dayanım değerleri gösterilmiştir.

Tablo 2.5 Demiryolu Taşıtlarında Kullanılan Çelikler [1]

İşareti	Malzeme No	DIN	C	Akma N/ mm ²	Çekme N/mm ²	Uzama %
USt 37-2	1.0036	17100	0.17	235	360-470	26
St 37.3	1.0116	17100	0.17	253	360-470	26
St 42	1.0042	17100	0.19	250	400-510	24
St 44-2	1.0044	17100	0.21	270	430-540	22

2.3.1.2 Paslanmaz Çelikler

Paslanmaz çelikler, A.B.D.' de 40, Avrupa' da da son 20 yıldan beri artan bir oranda demiryolu taşıtlarının yapımında kullanılmaktadır. İlk yatırım olarak, paslanmaz çeliklerin vagon üretiminde kullanılması pahalı olmasına karşın, sürekli boya, bakım ve korozyonla mücadele giderleri göz önüne alınırsa, uzun vadeli bir analizde bu uygulamanın daha ekonomik olduğu ortaya çıkmaktadır.

Paslanmaz çelikten yapılmış vagon komponentlerinin birleştirilmesinde elektrik direnç ve MIG kaynak yöntemleri yaygın bir şekilde uygulanmaktadır. Bu yöntemler ile paslanmaz çeliklerin sade karbonlu ve az alaşımlı çeliklerle birleştirilmesinde ortaya çıkan bütün sorunlar çözülmüştür. Önerilen türde demiryolu taşıtlarının imalatı için gerekli teknoloji ve potansiyel ülkemizde mevcuttur.

Tüm yapıda karbonlu ve az alaşımlı çeliklerin kullanıldığı vagonlarda, dış kısımlar çeşitli renklerde boyalar ile boyanarak korozyona karşı korunmakta ve güzel görünümleri sağlanmaktadır.

Paslanmaz çelik saçların kullanıldığı vagonlarda ise 1,5 mm. kalınlığında paslanmaz çelik saçlar özel yöntemler ile parlatılarak kullanılmaktadır. 0.8 mm. gibi ince paslanmaz saclarda güzel ve dekoratif görünüm vermek için ondüleli olarak dış kısımları oluşturmaktadır. Pencere ve iç donanımlar ise birinci tür ile aynı özellikleri taşımaktadır. Bu tür vagonlarda sonradan oluşacak hasarlar kolayca tamir edilebilmekte ve boya gibi koruyucu gereçlere hiç gereksinim duyulmamaktadır.

Karbonlu ve az alaşımlı çelik saçların kullanıldığı vagonların ömrü dikkate alınırsa en az 40 yıllık bir ömür ancak paslanmaz çelik kullanılarak sağlanabilir. Bunun için en uygun paslanmaz çelik türlerinin başında krom-nikelli, krom-nikel-titanyumlu ve krom manganlı(son yıllarda geliştirilmiş) ostenitik paslanmaz çelikler gelmektedir[3]. Ancak % 17 kromlu ferritik paslanmaz çeliklerin gerek dekoratif görünüşleri gerekse mukavemet ve korozyon özellikleri açısından ostenitik paslanmaz çeliklerin hemen ardından hızla kullanım alanına girmesi ve paslanmaz çelik piyasasında ostenitiklerden sonra % 30 luk bir payı ele geçirmesi bu tür çeliklerin vagon yapımında rahatlıkla kullanılabileceğini gündeme getirmiştir. Gerçekten Ni gibi pahalı ve stratejik bir element içermediklerinden ostenitik krom nikelli

paslanmaz çeliklere nazaran daha ucuz olan bu tür çeliklerin vagon yapımında taşıyıcı elemanlara ve iç takviyelere çeşitli kaynak yöntemleri ile birleştirilmesi rahatlıkla gerçekleştirilebilmektedir[3].

Tablo 2.6'da Demiryolu taşıtları imalatında kullanılan paslanmaz çeliklerin dayanım değerleri gösterilmiştir.

Tablo 2.6 Demiryolu Taşıtlarında Kullanılan Paslanmaz Çelikler [1]

İşareti	Malzeme No	DIN	C	Mn	Cr	Ni	Akma N/mm ²	Çekme N/mm ²	Uzama %
X5CrTi12	1.4512	SEW 400	0.8	1	10.5 12.5	0.5	260	400-600	30
X12CrNi17	1.4310	SEW 400	0.12	2	16-18	7-9	350	700-950	45

Paslanmaz çelik vagonlarda yapı elemanları ile bağlantıda konstrüksiyon tekniğinde yegane birleştirme yöntemi olan kaynak teknikleri çok sık kullanılır. Özellikle kalın malzemelerin kaynağında gazaltı kaynak yöntemleri(MIG/MAG) ve sac malzemelerin kaynağında ise elektrik direnç kaynağı nokta ve dikiş) yöntemleri kullanılır. Gazaltı kaynağı yöntemlerinde genellikle karışım gaz tavsiye edilir. Nokta kaynağı ile ilgili tüm parametreler bilimsel çalışmalar ile ortaya konmuş ve bu tür çeliklerin kaynağında tüm problemler çözülmüştür. Ancak bu tür kompozit birleştirmelerde (çelik+paslanmaz çelik) başlıca iki önemli sorun ortaya çıkmaktadır.

Birincisi ve en önemlisi kontakt korozyon problemi ve paslanmaz çelik üzerinde kaynağın oluşturduğu renklenmeleri gidermek için kullanılan ve yüzeyi pasifleştiren asitlerin dağılayıcı etkisi sonucu normal çelik tarafındaki korozyon problemidir.

İkinci önemli sorun ise farklı malzeme kaynağı problemi olup kalifiye ve yetişmiş kaynakçı gerektirmektedir. Buna karşın vagon üst yapısının tamamen paslanmaz çelikten yapılması halinde ekstrüzyon ile elde edilmiş

profiller yerine paslanmaz saclardan kıvrılarak mukavemetli hale getirilen sac profiller yeterli olabilmektedir[3].

2.3.1.3 Alüminyum – Alüminyum Alaşımları

Alüminyum özgül ağırlığı 2.7 gr/cm^3 elastiklik modülü 70.000 N/mm^2 dir. Periyodik tabloda Na ile aynı yatay çizgiyi paylaşan alüminyumun atom numarası 15 atom ağırlığı 27 olup tek izotoplu bir malzemedir. Günümüzde en çok kullanılan alüminyum alaşımlarını sodyum periyodundaki Li, Mg, Si, Cu oluşturur.

660 °C'de ergiyen alüminyum, ön alaşımlarla nihai bileşimlerine ulaştırılır, Alüminyuma alaşımlama tekniği, büyük oranda oksidasyon kontrolüne bağlıdır. Oksijenin ergitme, dövme ve her türlü şekil verme işlemlerine olumsuz etkileri bulunmaktadır, çeşitli alüminyum alaşımlarının ilavesi ve ısıtılı işlemlerle alüminyumun orta karbonlu takım çelikleri düzeyinde mukavemeti arttırılabilir.

Alüminyum alaşımlarının kullanıldığı vagonlar ki bu türler genellikle kent içi hafif raylı ulaşım sistemlerinde tercih edilmekte ve paslanmaz çelik vagonlara nazaran bir seri dezavantajı da beraberinde getirmektedir.

Bu dezavantajların başında alüminyum alaşımlarının çelikler ile kaynağında ortaya çıkan sorunlar gelmektedir. Bu vagonların kaynağında yeni kaynak tekniklerinin geliştirilmesi ve kullanılması gerekmektedir. Çünkü alüminyum ve çeliğin genleşme katsayılarının çok farklı olması bunların çekme ve çarpılmalarının farklı olacağını ve servis anında sıcaklık değişimleri bir seri özel problemin ortaya çıkmasını gündeme getirir.

Ayrıca bu malzemelerin aşınma ve darbe dayanımları oldukça düşük olduğundan sonradan bakım ve tamirleri de oldukça büyük masraflara yol açmaktadır. Bir diğer dezavantajları da, çelik vagonların üretimi için kurulmuş fabrikalarda yeni düzenleme ve yatırım masrafı gerektirmeleridir[3].

Demiryolu taşıtlarında kullanılan alüminyum alaşımları Tablo 2.7'de gösterilmiştir[1].

Alüminyum Malzemeleri DIN 1712, 3.Kısım, DIN 1725-1.Kısıma Göre															Metal Dolgu Kaynağı Kaynağı DIN 1732, 1.Kısım Göre		Yeni İşlenmiş Ürün
DIN Malzeme Numara			Ana Malzeme		Kaynaklı Birleştirme					MIG Kaynağı							
			TIG Kaynağı t<6mm		t<10 1)					10 mm<t<15mm 15mm<t<25mm							
			AA	R _m	R _{po2}	A ₅	R _m	R _{po2}	R _m	R _{po2}	R _m	R _{po2}	R _m	R _{po2}			
			Numara	N/mm ²	N/mm ²	%	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²			
Sertleştirilmemiş Alaşımilar	3.0255524	Al99.5	F9	1050A	90	60	9	65	20	65	20	65	20	-	-	SG-4199,5Ti	Metal
	3.3535.10	AlMg3	W19	5754	190	80	18	190	80	190	80	190	80	-	-	SG-AlMg5	Metal Plaka
	.24		F22		220	165	9	190	80	190	80	190	80	-	-	SG-AlMg5	Metal Plaka
	.29		G27		265	190	7	190	80	190	80	190	80	-	-	SG-AlMg5	Metal Plaka
	3.3527.10	AlMg2MnO.8	W19	5049	190	20	18	190	80	190	80	190	80	-	-	SG-AlMg5	Metal Plaka
	.28		F27		265	215	4	190	80	190	80	190	80	-	-	SG-AlMg5	Metal Plaka
Sertleşmiş Alaşımilar	3.3547.25	AlMg4.5Mn	G31	5083	310	205	10	275	125	275	125	275	125	275	125	SG-AlMg5 SG-AlMg4.5Mn	Metal Plaka Metal Plaka
	3.3206.71	AlMgSi0.5	F22	6060	215	160	12	85	55	95	65	85	55	85	55	SG-AlMg5 SG-AlMg4.5Mn	
	3.3210.71	AlMgSi0.7	F26	6005A	260	215	8	150	100	165	115	160	105	-	-	SG-AlMg5 SG-AlMg4.5Mn	
	.71		F27		270	225	8	150	100	165	115	160	105	-	-	SG-AlMg5 SG-AlMg4.5Mn	
	3.2315.72	AlMgSi1	F31	6082	310	260	10	170	110	190	125	185	115	165	95	SG-AlMg5 SG-AlMg4.5Mn	
	.72		F32		315	255	10	170	110	190	125	185	115	165	95	SG-AlMg5 SG-AlMg4.5Mn	
	3.4335.71	AlZn4.5Mg1	F34	7020	340	270	9	275	195	275	195	275	195	260	150	SG-AlMg5 SG-AlMg4.5Mn	
	.71		F35		350	275	10	275	195	275	195	275	195	260	150	SG-AlMg5 SG-AlMg4.5Mn	
					290											SG-AlMg4.5Mn	
	Dipnot: 1) Araştırmalar VAW göre yapılmıştır. 2) Plakalar DIN 1745, 3) Dolgu kaynağı Redüksiyon Faktörü için= 0.65 4) Referans DVS 1608 5) R _m =Kopma dayanımı R _{po,2} =Akma dayanımı																

Tablo 2.7. Demirli Taşıtları için Alüminyum ve Alaşımları (Alman Standartları DIN 5513 ve DVS 1608)

Değişik yarı mamül (alüminyum profil, boru ve sac) üreten kuruluşların, sertleştirme işlemini, çoğu kez birbirine uymayan şartlarda gerçekleştirdikleri gözlenmiştir. Özellikle korozyonun. engellenmesi açısından, konuyla ilgili olarak yapılan deneysel bir araştırmada AlZn4, 5Mg1, F32 ve F36 alaşımlarında MIG kaynağı ile hazırlanan deney numuneleri kullanılmıştır. (Bu alaşımların seçilmesinin nedeni, diğer alüminyum alaşımlarının hepsinden daha yüksek statik ve dinamik zorlamalı konstrüksiyonlarda tercih edilmesidir.)

- a) Oda sıcaklığında 3 gün 120°C de 24 saat
- b) Oda sıcaklığında 7 gün 120°C'de 24 saat
- c) Oda sıcaklığında 7 gün 130°C'de 24 saat
- d) Oda sıcaklığında 7 gün 90°C'de 12 saat
- e) Oda sıcaklığında 7 gün 180°C'de 10 dakika
- f) Oda sıcaklığında 7 gün 90°C'de 8 saat 145°C'de 16 saat.

Bu deneyler sonunda, özellikle tabakalar halinde oluşan korozyona, en etkin şekilde d) ve f)'de belirtilen ısıt işlemlere tabi tutulmuş parçalarda engel olduğu saptanmıştır. Dolayısıyla AlZn4.5Mg1, F32, F36 alaşımlarının kullanıldığı kaynaklı konstrüksiyonlarda kaynaktan sonra mutlaka d) ve f)'deki gibi bir ısıt işlem uygulanması önerilmektedir. AlZn4.5Mg1 alaşımının geliştirilmesi demiryolu taşıtlarında dahil üretim tekniği açısından çok faydalı olmuştur[9]. Tablo 2.8'de AlZn4.5Mg1 alaşımının kimyasal bileşimi gösterilmiştir.

Tablo 2.8 AlZn4-5Mg1 Kimyasal Bileşimi (%) [1]

Zn	Mg	Mn	Cr	Ti	Al	Fe	Si	Cu
4.0	1.0	0.1	0.1	0.01	Arta	Max.	Max.	Max.
5.0	1.0	0.5	0.25	0.10	kalan	0.5	0.5	0.1

Tablo 2.9'da AlZn4.5Mg1 alaşımının mekanik zelliklerin St 37 yapı çeliğin değerleriyle karşılaştırılmasını gösterilmektedir.

Isıl işlem sonunda sertleştirilmiş bu alaşımın dayanım değerleri Tablo 2.9' da da görüleceği gibi St 37 yapı eliğinkilerle hemen hemen aynıdır.

Tablo 2.9 AlZn4-5Mg1 ile St 37'nin Mekanik zelliklerinin Karşılaştırılması

MEKANİK ÖZELLİKLER	AlZn4,5Mg1	St 37
Akma Sınırı (N/mm ²)	280-340	240
Çekme Dayanımı (N/mm ²)	360-400	370
Uzama (%)	100-12	23
Brinel Sertliği (daN/mm ²)	80-110	110

Tablo 2.8 'deki kimyasal bileşimi verilmiş olan bu alaşımın geliştirilmesi diğer alaşım sistemlerinde şimdiye kadar elde edilemeyen sertleştirilebilirlik ve kaynak edilebilirlik özelliklerinin bir arada olması dolayısıyla, alüminyum alanında en başarılı buluşlardan birisi olmuştur[9].

Tablo 2.10'da Demiryolu Taşıtları İmalatında kullanılan alüminyum ve alaşımlarının kaynak kabiliyeti gösterilmiştir. Buradaki alaşımların kaynak kabiliyetleri ayrı ayrı verilmiş olup, tablodan da görüleceği gibi kaynak kabiliyeti açısından diğer alaşımlara göre AlZn4-5Mg1 alaşımı çok büyük avantajlara sahiptir.

Tablo 2.10 Demiryolu Taşıtları İmalatında Kullanılan Alüminyum ve Alaşımlarının Kaynak Kabiliyeti [10]

Kaynağa uygunluk	Alaşımlar	Düşünceler
Çatlaksız	Saf Alüminyum	Yüksek ısı iletimi nedeniyle gözenek oluşumu eğilimi vardır.
Çok iyi kaynak Kabiliyeti	Al Mg Mn	Yüksek mukavemet söz konusu değildir.
İyi kaynak kabiliyeti	Al Mg 3 Al Mg 5 Al Mg 4,5 Mn AlMgSi(yumuşak)	Konstriksiyonda kullanılır
	Al Zn 4.5 Mg 1	Sertleştirilmiş durumda kaynak edilir.Kaynaktan sonra soğuk olarak sertleşir.İlave kaynak malzemesi olarak S-Al Si 5 kalın kesitlerde S-Al Mg 5,S-Al Mg 4.5 Mn S-Al Zn 3 Mg4(sertleştirilmiş)
	Al Mg Si (sertleştirilmiş)	Ekseriya soğuk sertleştirilmiş durumda kaynak edilir. Arkasından sıcak olarak bekletilir. İlave kaynak malzemesi olarak S-Al Si5,S-Al Mg 4,5 Mn
Çatlama hassasiyeti	Al Cu Mg Al Zn Mg Cu	
Kaynak yapılamayanlar	Talaş kaldırma kabiliyetlerini iyileştirmek için kurşun katılan alaşımlar,basınçlı dökümler	

2.3.2 Yardımcı ve İlave Malzemeler

Kaynak işlemleri ilave malzemeli ve ilave malzemesiz olarak yapılabilir. Bunun dışında, gerek kaynak dikiş kalitesinin iyileştirilmesi ve gerekse bazı durumlarda kaynak işleminin mümkün hale getirebilmesi veya kolaylaştırılması için bazı yardımcı malzeme ve ortamlara gereksinme duyulmaktadır. Metallerin birleştirilmesinde yararlanılan başlıca malzeme ve ortamlar şunlardır. Örtü,öz, toz, curuf, pasta,gaz ve vakum, Bu ilave malzeme ve ortamlar başlı başına kullanılabildiği gibi, bunların kombinasyonlarından da yararlanılabilir.

2.4 Demiryolu Taşıtları Üretiminde Kaynak Yöntemi Seçimi

2.4.1 Seçimi Etkileyen Faktörler

Demiryolu taşıtlarında yapılacak olan kaynaklı imalatla hangi yöntemin kullanılacağına karar vermek için kaynak yönteminin seçimini etkileyen parametreleri bilmek gerekmektedir. Kaynak yöntemlerinden her biri kendine has özelliklere ve çekiciliklere sahiptir. Bu yöntemlerden bazıları geniş seçimdir?ölçüde kullanılırken, diğerleri sadece uzmanlar tarafından bilinir.

Belirli bir uygulama için hangi yöntemin kullanılacağına nasıl karar verileceği sorusuna "Seçilen yöntemin, en düşük maliyete gerekli kaliteyi sağlaması" ilk akla gelen cevaptır. Bu üretim yapan bir işletmenin ilk hedefi olmakla birlikte, karar alırken işletme tarafından bazı fedakarlıklar yapılmasını gerektiren zorlayıcı faktörler her zaman mevcuttur. Yöntemler arasında bir seçim yaparken; kaliteyi sağlamak için söz konusu üretim için mevcut olan kaynakçılarının becerileri açısından da değerlendirilmesi gerekir. Benzer şekilde, ekipmanların mevcudiyeti önemli bir sınırlama yaratmaktadır. Yapılacak üretimin hacmi yeni teçhizat yatırımı yapmaya veya kaynakçıları yeniden eğitmeye değmeyecek kadar küçükse, görünür maliyet yüksek olsa bile, genellikle mevcut kaynak makinaları kullanılır.

Yöntemin gerçek maliyetini saptarken ek bir problem daha ortaya çıkmaktadır. İlk bakışta bir kaynak işleminin maliyetini hesaplamanın zor olmadığı düşünülebilir. Sarf malzemelerin ve kaynak zamanları kolaylıkla ölçülebilir. Elde edilen verilerde kaynaklı bağlantının metre uzunluğu başına maliyeti her bir yöntem için hesaplanıp sonuçlar karşılaştırılabilir. Ancak bu hesaplamalar tam bir analiz için yeterli değildir. Kaynakla diğer imalat işlemleri arasındaki karşılıklı etkilerin göz önüne alınması gerekir. Bazı kaynak ağızlarının hazırlanma maliyeti diğerlerinden yüksektir. Önemli ölçüde distorsiyon oluşturan kaynak yöntem ve işlemler için bozuklukların düzeltilmesi nedeniyle bitirme maliyetlerinde artmaya neden olurlar. Bitmiş bağlantıların yüzeylerinin düz olması gereken yerlerde, en düşük miktarda fazla metal ve saçılma ile birlikte düzgün bir kaynak profili veren bir tekniğin kullanılması, kaynak sonrası taşlama veya işleme işlemlerinden tasarruf etmemizi sağlar. Talaş kaldırılarak işlenmiş küçük elemanların üretiminde duman, saçılma ve benzeri şeyler oluşturmayan, torna ve planya gibi tezgahların yanında kullanılabilen bir kaynak yöntemi hem üretim

zamanında, hem de taşıma maliyetinde önemli bir tasarruf sağlar. Bu birkaç örnek, kaynağın tüm üretim operasyonunun ayrılmaz bir parçası olarak göz önüne alınması gerektiğini açıkça göstermektedir. Bu örnekler aynı zamanda, kaynak için gerçek bir maliyet hesabına kalkışıldığında karşılaşılabilecek zorlukları da belirtmektedir.

Açıklanmış olan bu sınırlamalar bir durumdan başka bir duruma göre değişmektedir.

Diğer bir kriter teknik taleplerin yerine getirilmesini sağlamaktır. Göz önüne alınması zorunlu olunan hususlar, uygun üç başlık altında gruplandırılabilir: Bunlar malzemenin tipi, bağlantının tipi ve üretim ihtiyaçlarıdır[11].

2.4.1.1. Malzemenin Tipi

- a) İşlem bağlantı yüzeylerinde başarılı ve kontrollü bir erime oluşturmalıdır.
- b) Kaynak metali atmosferik kirlenmeye karşı yeterli bir şekilde korunabilmelidir. Bir örnek olarak düşük karbonlu çelikte zirkonyumu karşılaştırabiliriz. Düşük karbonlu çelikte tüm yöntemler başarılıdır; buna karşılık zirkonyum çok reaktif bir metal olup oksijen ve azotu hızla absorbe eder. Uygun kaynaklar TIG kaynağı ile elde edilebilir Ancak en iyi sonuçları elde etmek için genellikle elektron ışını ile kaynak seçilir.
- c) Dekapan kalıplarının bir sorun çıkarma olasılığı hesaba katılmalıdır. Örnek olarak alüminyum için gaz ile koruma yönteminin tercih edilmesinin nedenlerinden biri, oksijen-asetilen ve elektrik ark kaynaklarındaki dekapanların tamamıyla giderilememesi durumunda, metalin korozyona uğramasıdır.
- d) Metal çatlakların oluşumundan kaçınmak için özel önlemler gerekip gerekmediği önceden bilinmeli ve buna göre seçim yapılmalıdır. Örneğin yüksek mukavemetli çeliklerde kaynak metalindeki hidrojen içeriği, gaz korumalı yöntemlerde, elektrik ark kaynağına nazaran, çok daha kolaylıkla kontrol edilebilmektedir.
- e) Uygun sarf malzemeleri kolaylıkla elde edilebilirliği tercih nedeni olmalıdır. Örneğin elektrik ark kaynağının en önemli çekiciliği, dekapanların kimyasal bileşimlerinin özel talepleri karşılamak üzere kolaylıkla hazırlanabilmesidir.

g) Fiziksel özellikleri bazı özel hususların göz önüne alınmasını gerektiriyorsa kaynaklanacak malzemeyi önceden tanımak büyük önem arz etmektedir. Örneğin bakır, yüksek ısı iletkenliği nedeniyle, erime oluşturulabilmesi için bir ön tavlama gerektirir. Argon-helyum korumasının kullanıldığı gazalaltı kaynağında artmış ısı girdisi belirli bir kalınlık aralığındaki bakırın ön tavlamasız bir şekilde kaynak edilmesine olanak sağlar.

2.4.1.2 Bağlantının Tipi

- a) Alın veya iç köşe kaynağı gerektirip gerektirmediği
- b) Kaynak pozisyonunun tespiti, örneğin düşey ve tavan pozisyonları otomatik kaynak için nadir olarak uygundur. Diğer yandan birçok elektrik ark kaynağı elektrodları, bu pozisyonlarda kullanılmak üzere özel olarak tasarlanmışlardır.
- c) Elektrodun, kaynak tabancasının veya kaynak kafasının kaynak yerine ulaşması için yeterli bir geçit olup olmadığı
- d) Hangi kaynak ağızı kullanılacağı, örneğin bağlantıyı doldurmak için çok büyük miktarda kaynak metali gerekliyse, kaynak zamanlarını minimumda tutmak için tozaltı veya sprey iletimli gazaltı kaynağı gibi yüksek yığılma özelliğine sahip yöntemler tercih edilir.
- e) Desteksiz tam nüfuziyetli bir kök pasosunun gerekli olup olmadığı, bu husus, TIG ve kısa devre iletimli gazaltı kaynağı gibi iyi bir kaynak banyosu kontrolü veren ancak düşük akımla çalışan yöntemlerin seçimini engeller. Bunun yerine elektron ışını ile kaynak gibi delik açma tekniğinin kullanımı tercih edilebilir.

2.4.1.3 Üretim İhtiyaçları

- a) Takımlar veya döndürme tertibatlarının gerekli olup olmadığı, bunlar, kaynak yerine ulaşmak için gerekli geçit ihtiyacını değiştirebilir.
- b) Yöntemin diğer üretim işlemleriyle bütünleştirilebilirliği
- c) Havalandırmanın gerekli olup olmadığı
- d) Yüksek akımlı sistemlerin kullanılışını engelleyecek bir güç sınırlaması olup olmadığı

e) Bakım ihtiyaçlarının karşılanabilirliği

2.4.2 Demiryolu Taşıtlarının Kaynaklı İmalatında Seçim Kriterleri

Her kaynaklı imalat prosesinde olduğu gibi, demiryolu taşıtlarının kaynaklı imalatında da kaynak yöntemleri için uygulama sınırlarının saptanması ve daha sonra değiştirilmesi sıkça görülen bir durumdur. Bu değişikliğin nedeni, zaman süreci içinde teknik ve ekonomik gelişmelere paralel "uygun yöntem" tanımının da değişmesidir.

Bir birleştirme işleminin herhangi bir yöntemle yapılabilmesi aşamasına gelmeden önce, koşulların, malzemenin, eldeki kaynak cihazlarının, kaynakçı potansiyelinin, gerekli yardımcı tertibat ve donatımlar gibi etkenlerin iyi tanınması gerekmektedir.

Genel olarak, seçilen bir yöntem ile birleşme kalitesinde daha iyi sonuçlara ulaşılması yanında, ekonomik koşullarda sağlanıyorsa, sağlanıyorsa bu yöntem "uygun yöntem" olarak adlandırılır. Birleşme bölgesinin çok değişik zorlanma koşullarına sahip bulunması veya insan emniyeti faktörünün birinci derecede önemli olması durumlarında ise bir istisna olarak, sadece ön görülen dikiş kalitesine göre yöntem seçimine gidilmelidir.

Ergitme esaslı kaynak yöntemlerinde birçok oluşumlar birbirine benzer şekilde ortaya çıkmaktadır. İşlem sıcaklıklarının, ergime sıcaklıklarının üstünde olması malzeme içerikleri ile ortamı çevreleyen gazlar arasında kimyasal bağlar oluşum eğilimini arttırmaktadır. Bu nedenle, yüksek sıcaklıklarda (örneğin çeliklerde 800°C'in üstünde), mutlak bir koruyucu gaz gereği ortaya çıkmaktadır. Ayrıca ergiyik metalsel banyonun korunmasında ortam gazlarına karşı alınması gereken önlemler iki aşamada tamamlanmaktadır.

- a. Ergiyik metalsel banyonun ortam gazlarına karşı korunması ve kaynak bölgesinin sıcaklığının çok fazla yükseltilmesinden kaçınılması
- b. Ergiyik metalsel banyoya nüfuz etmiş gazların mümkün oranda giderilmesi.

Uygulamalardaki yöntemlerde koruyucu gaz, toz. Örtü, öz vb. ilave malzemelerle bu koşulların, çok iyi, yada yeterli olarak tanımlanabilecek seviyelerde sağlandığı gözlenmektedir.

Metalsel malzemeler kaynak işlemi ile biçimlendirilmeye aynı seviyede yatkın bulunmamaktadırlar. Kaynak kabiliyeti olarak tanımlanan bu teknolojik kavram bir birleştirme veya dolgu işleminde seçilen malzeme uygulanan yöntem ve konstrüksiyon ile kalınlık faktörlerinin bir arada düşünülmesiyle anlam kazanmaktadır.

Bir malzemenin kaynaklanabilirliğinin iyi olduğu ifadesinden o malzemenin ön görülen yöntem ile, herhangi bir önlem almadan tasarlanmış konstrüksiyona uygulanabilmesi anlaşılmaktadır. Elde edilen kaynak dikişinin ise amaçlanan kalite seviyesinde olması ön şart olarak gerekmektedir.

Malzemenin kaynak işlemindeki tutumu, kimyasal bileşimi, üretim metodu, üretim ve daha sonraki aşamalarda görmüş olduğu işlemlerin etkilerine bağlı olarak ortaya çıkmaktadır.

Belirtilen tüm bu kriterler göz önüne alınarak demiryolu taşıt yapılarında uygun kaynak yöntemleri Tablo 2.11'de gösterilmiştir. Demiryolu taşıt yapımında uygulamaların %90'nında koruyucu gaz kaynağı uygulanmaktadır. Uygulamalarda genellikle çekme dayanımı 370-520 N/mm² aralığında alaşımsız çeliklerden sac ve profiller, 1-30 mm kalınlık aralığında (genellikle 6-16 mm) kullanılmaktadır. Sac ve profiller birim elemanlar olarak kaynak edilerek, daha sonra tabandan başlanarak kaynak birleştirmelerle, hacimsel üniteler haline getirilir. Bu yapımlarda tavan, yanlar ve çevresel yüzeyler beraberce taşıyıcı elemanlar olup, birleştirmelerde dövme ve döküm parçalar da bulunmaktadır.

İşlemlerde imalat türüne uyarlanmış MAG cihaz ve donanımlarından yararlanılır. Çalışma bölgesi 12-26 mm aralığındadır. Kısa dikişlerde manuel, uzun dikişlerde mekanik kumanda sistemleri kullanılır. Demiryolu taşıtlarında hafif metal, paslanmaz çelik, sert Mn çeliği ve sfero döküm parça birleştirmelerinde ve ince kesitlerde TIG, relatif kalın kesitlerde MIG yöntemi daha uygundur. Taşıt yapımında E yöntemi de kullanıma alanına sahip bulunmakta, bu tercihler konumsal kolaylık ve alaşımlı malzemelerde kolay bileşim ilave malzeme seçimi olanağına dayanmaktadır. MAGC yöntemi, birleştirme bölgelerinde, yüksek dinamik zorlamalar karşısında, özellikle kritik yük taşıma bölgesi ve kök pasoya rastlanmasında yeterli dayanım öngörülmesi durumlarında, karışım gazlı koruyucu gaz kaynağı metodu olarak tercih edilir. Daha uygun şekli olarak MAGCI yöntemi önerilmektedir.

Tablo 2.11 Demiryolu Taşıt yapılarında Uygun Kaynak Yöntemleri[1]

TAŞIT YAPILARI	E	TIG	MAG	MIG	TA
Şase-boyuna, enine ve üst kirişler	X		X		
Üst gövde-kafes , saç , tavan				X	
Dönel dingil çerçevesi (boji)	X		X		
Kazan, kazan vagonu			X		X
Diğer parçalar			X		
Tampon			X		
Aks yatağı kutusu				X	
Sürgülü kapı-kapak-AI		X		X	
Taban grupları			X		
Yan cidarlar			X		
Tahrik dingili şasesi	X				
Üst şase	X		X		
Gövde			X		
İç kafes takviyeler			X		
Gövde kaplama			X		
Tavan			X	X	
E :Örtülü Elektrotla Elektrik Ark Kaynağı TIG :Tungsten Inert Gaz Gazaltı kaynak Metodu MAG:Metal Aktif Gaz Gazaltı Kaynak Metodu MIG :Metal Inert Gaz Gazaltı Kaynak Metodu TA :Tozaltı Kaynak Metodu					

2.5 Demiryolu Taşıtlarının Kaynaklı İmalatında Dizayn Esasları

2.5.1 Kaynaklı İmalatta Uyulması Gereken Kurallar

Bir konstrüktör, konstrüksiyon projesi ile yapının temel biçimini belirler. Konstrüktör bununla konstrüksiyon için amaçlanan hedefin yerine gelmesini üstlenmiş olur. Konstrüksiyonda ve özellikle de kaynaklı imalata ait bulunan bir konstrüksiyonda ;

- a) Mevcut zorlamalara uygun,
- b) Kaynak dikişlerinin tahribatsız muayenesine uygun,
- c) İmalat yöntemlerine uygun,
- d) En az distorsiyon oluşturmaya uygun,
- e) Seçilen malzemeye uygun,
- f) Tamir ve bakıma uygun,
- g) Mekanizasyon ve otomasyona uygun bir dizayn şeklinin seçilmesi gereklidir. Bütün bunların yanında projeyi yaparken konstrüksiyonun ekonomik imalatı da düşünülmelidir

Her zaman,çok sayıda kaynak dikişi bir avantaj sağlamaz. "En iyi konstrüksiyon en az kaynak dikişi içerendir." sözü de çelişkilidir. Fakat çok defa da doğrudur. Herşeyden önce her kaynak dikişinin bir maliyeti vardır. Diğer taraftan da en iyi çözümün de en basit olduğu bilinen bir gerçektir.Bu nedenle yalnız rekabet amacı ile değil, bilakis "En iyi çözüm amacı ile istenenleri gerçekleştiren ekonomik bir konstrüksiyon" teknik olarakta en uygun çözüm anlamına gelir.

Genel olarak bir dizayndan konstrüktör sorumludur. Fakat bu husus kaynaklı imalatta çok sınırlı olarak söz konusu olmaktadır. Çünkü, burada parçanın şekillendirilmesi, malzemenin seçimi,kullanılacak ilave kaynak malzemesi, kaynak yöntemi, kaynağın muayene ve kontrolü, kaynak sırasında parçaya verilen ısı girdisi, kaynaktan önce ve sonra uygulanacak ısıl işlemler gibi birbirinin içerisine girmiş bir çok etkenler bulunduğundan, konstrüktörün yanında uzman kaynak mühendisliği ihtiyacı da vardır. Bunun için kaynaklı imalat yapan işletmelerde, özellikle üretimin % 80'i kaynaklı imalatla gerçekleşen demiryolu taşıtı imalatında muhakkak surette bulunması gereken kaynak mühendisleri ile konstrüktör sırasında sıkı bir bilgi alış verişi

yapılmalıdır. Zira uzman kaynak mühendisi, kaynak iş parçasının imalatından müştereken sorumludur. Örneğin, Almanya'da özel bir eğitimle yetiştirilen uzman kaynak mühendislerinin imzalayarak sorumluluğunu almadığı hiçbir kaynaklı imalat, işlem görmez. Almanya'da demiryolu taşıtı imalatı yapan işletmelerde muhakkak surette bir kaynak mühendisi bulundurmaları zorunludur.

Aşağıda verilen bilgiler, demiryolu araç kaynak konstrüksiyonları için genel bir değerlendirme olup, konstrüksiyonlardaki çeşitli kaynak yöntemlerinden istenen hususları içermektedir. Her kaynaklı parçada, imalat maliyetleri de önemli olduğundan aşağıdaki hususlara uyulması gereklidir.

- 1.Parçaya ait teknik resimlerin anlaşılır ve tam olmaları istenir.Yanlış anlama ve hatalardan kaçınmak için konstrüktörün,imalatın gidişi hakkındaki bütün düşünceleri ve onayı alınmalıdır.
- 2.Konstrüksiyonun tarzı ve uygulaması için kullanılan malzemenin kaynağa uygunluğu şarttır.
- 3.Her konstrüksiyon için gerekli gerçek parça kalınlığı tespit edilmeli ve mümkün mertebe az malzeme çeşidi ile çalışılmalıdır.
- 4.İş parçasından aşırı bir emniyet istenmemelidir. Kaynak dikişinin kesiti ve kalınlığı gereğinden fazla olmamalıdır. İç köşe dikişlerinde, imalat maliyetleri dikiş kalınlığı tedrici olarak artar. Kaynak dikişin hacmi ne kadar az ise, mevcut gerilmeler,çarpılmaları daha sonraki doğrultma işlemleri de o derece de azalmış olur.
- 5.Özel kaynak kalitesi ancak ortaya çıkan zorlamalardan kaçınılmayan hallerde istenir.
- 6.En güvenli kaynak bağlantısı (en başta dinamik zorlama hallerinde) alın dikişleridir.
- 7.Şiddetli kuvvet akışları (sapmalar) konstrüksiyon ve imalattan kaynaklanan çentiklerden ve ani rijitlik değişikliklerinden ileri geldiği için bunlardan kaçınılmalıdır.
- 8.Mümkün olduğu kadar az sayıda parça, az sayıda kaynakla birleştirilmelidir. Hurdaya çıkan kesme artıklarının minimumda tutulmasına dikkat edilmelidir.

9.Kaynak dikişleri mümkün mertebe konstrüksiyonun daha az zorlanan yerlerine getirilmelidir. Böylece parça kalınlığına bakılmaksızın yerel olarak müsaade edilen zorlamalar taşınabilir. Bu suretle de özellikle yüksek muayene maliyeti gerektiren yüksek kalite istekleri ile ilgili olan özel şartnamelerden daha kolay kaçınılabılır. Dikişler imkan nispetinde sistemin atalet eksenine (tarafsız çizgisine) göre simetrik düzenlenmelidir. İki taraftan aynı anda kaynak yapılmak suretiyle çarpılmalar en asgari düzeyde tutulabilir.

10.İnce sac konstrüksiyonlarında sürekli iç köşe dikişlerinden mümkün mertebe kaçınılmalıdır.

11.Kaynak yerlerine kolayca ulaşılabilmelidir. Eğer kaynak dikişinin kusursuz ve kaliteli olması için kaynakçı serbestçe hareket edebilmelidir. Eğer kaynak dikişinin gerçekleştirilmesi için montaj sırasında belirli bir işlem gerekiyorsa bu husus teknik resimle özellikle belirtilmelidir. Dikişlerin yanına kolayca yaklaşılabılması ve gerekli tahribatsız muayenelerin yapılması için de yeterli hareket alanı bulunmalıdır.

12.Çeşitli kaynak yöntemlerinde oluk pozisyonu vazgeçilmezdir. Bu el ile yapılan kaynakta en ekonomik pozisyonudur. Oluk pozisyonunun sağladığı rahatlık sayesinde, kaynak hatalarından kolaylıkla kaçınılabılır. Böylece genellikle yüksek bir verim sağlanır. Uygun kaynak pozisyonları için gerekli bağlama ve döndürme tertibatları kullanmak yararlıdır.

13.Toleranslar gereğinden düşük tutulmamalıdır. Sonradan yapılan alıştırmalar pahalıya mal olur.

14.Isıl işlemler ekonomik yapılmalıdır.

15.İmal edilen parçalarda asla fazla miktarda düzeltme istenmemelidir. Düzeltme ile iç gerilme koşulları kötüleşebilir. Bu yüzden de emniyet tehlikeye girer. Eğer düzeltmeyi müteakip bir gerilme giderme tavlama ön görmüyorsa, iç gerilme durumu daha da artar. Daha projelendirme sırasında çarpılmalar, distorsiyonlar, çeşitli kendini çekme gibi form bozuklukları mümkün mertebe düşük tutulmaya çalışılmalıdır. Böylece kaynaktan sonraki düzeltme ve doğrultma işleminden tasarruf yapılır. Bazı durumlarda doğrultma ve distorsiyonlardan kaçınmak için daha kalın sac da kullanılabilir.

İyi düşünölmüş bir kaynak planı ve sırası ile elde edilen doğrusallık ve düzlemsellikte yetinilmelidir.

16. Her kaynak konstrüksiyonunda distorsiyon görölebilir. Eğer kaynak yerinin mekanik olarak işlenmesi ön görölüyorsa, işleme payları için bir ölçü vermek kolay değildir. Temel olarak konstrüksiyonu küçük gruplara ayırmak gerekir. Bunlar tek tek işlenmeli, bunlardaki ölçü sapmaları önceden verilen ilave distorsiyon ile kısmen dengelenebilir. Distorsiyon ve çarpılma toleranslarını karşılayacak derecede büyük işleme payları verilmelidir. Kaynak sırasında kullanılacak tertibatlarla, çarpılmalar düşük değerlerde tutulabilir. Böyle durumlarda işleme payları azaltılabilir ve sonuçta mekanik işletme maliyetleri de daha düşük olur[12,1].

2.5.2 Demiryolu Taşıtı Konstrüksiyonları

Demiryolu araçlarında malzeme kullanımı aşağıda sözü edilen yapım elemanlarına göre ayırt edilmektedir.

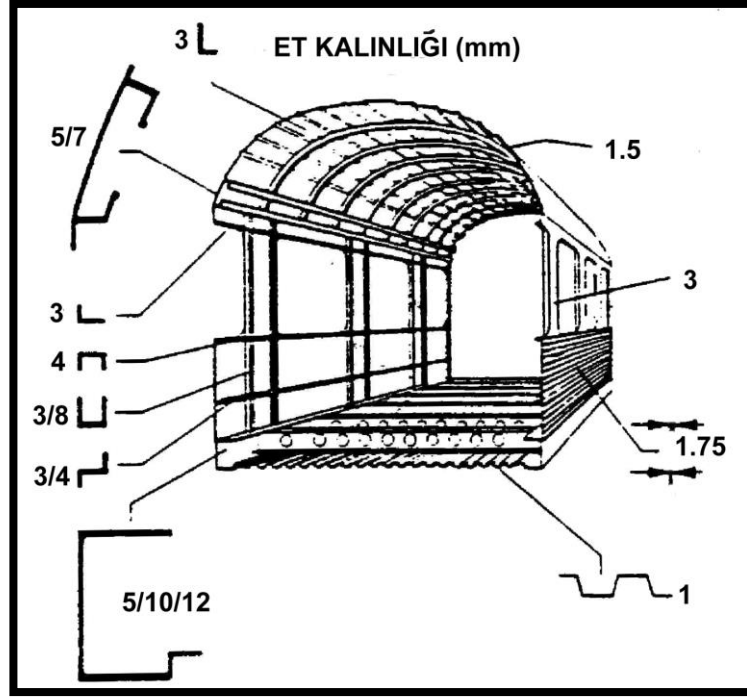
- a) Yük taşımayan yapım elemanları (duvar ve tavan kaplamaları, döşeme süs çatıları, kollar ve benzeri)
- b) Kendini taşıyan yapım elemanları (su ve yakıt tankları, basınç tankları, kapılar, koltuk yüklükler, sürmeli yan duvarlar)
- c) Yük taşıyıcı yapım elemanları (bojiler, yolcu ve yük vagonlarının bojileri, lokomotiflerin şasileri, yolcu ve yük vagonlarının kasaları)

Yük taşıyıcı yapım elemanlarında, özellikle yolcu vagonlarına ait alanlarda iki yapım türü ile ayırt edilir[13].

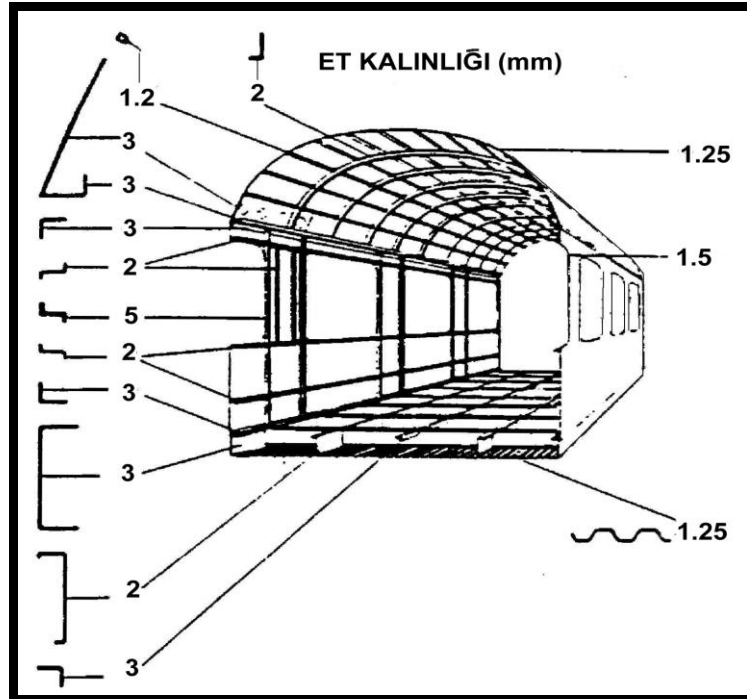
2.5.2.1 Klasik Yapı Biçimi :

Bu tür konstrüksiyonlarda taşıyıcı sistemi boyuna ve enine kirişler oluşturur. Burada (kutu) tipi yan duvarlar yükleri anılan kirişlerle birlikte taşırlar. Bu yapı biçimine örnek olarak Şekil 2.1'de şehir içi ve kısa mesafeli şehirler arası taşıma sistemine ait alüminyum iskeletli vagon gösterilmiştir. iskelet (karkas) yapımında sertleştirilebilen AlMgSi1 ekstrüzyon profilleri kullanılmıştır. Söz konusu alüminyum konstrüksiyonunda 164 kg/m Şekil 2.2'deki tamamen benzeri bir çelik iskeletli vagonda ise, dayanım hesaplarının gereği izin verilebilir en ince profiller kullanılmış olmasına rağmen, ancak 273 kg/m'lik bir ağırlık elde edilmiştir. Diğer bir deyişle söz

konusu demiryolu taşıma sistemine ait alüminyum iskeletli vagona çelik vagonunkine oranla % 60'lık bir ağırlık tasarrufu sağlanmıştır.



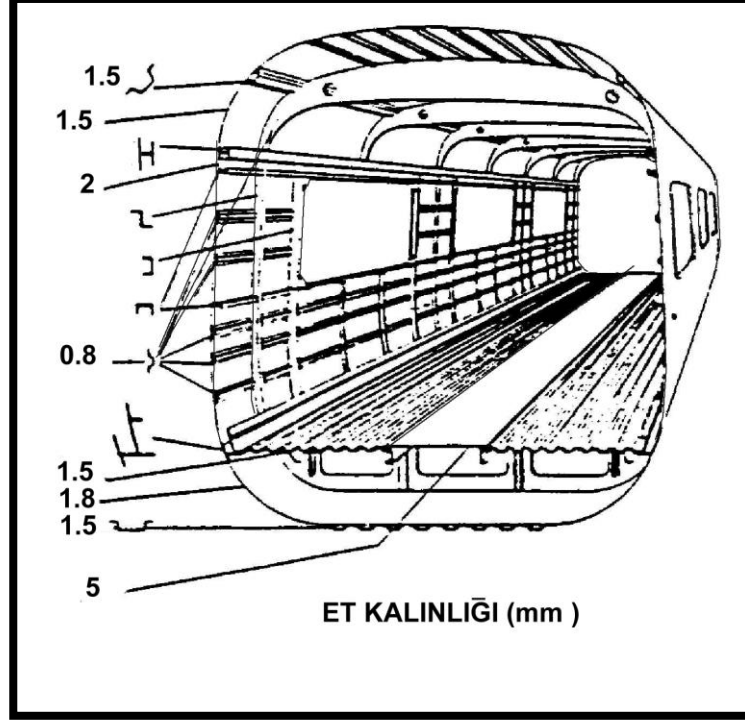
Şekil 2.1 Şehir İçi ve Kısa Mesafeli Şehirler Arası Raylı taşıma Sistemine Ait Alüminyum İskeletli Vagon (164kg/m)[13]



Şekil 2.2 Şehir İçi Ve Kısa Mesafeli Şehirler Arası Taşıma Sistemine Ait Çelik İskeletli Vagon (273 Kg/m)[13]

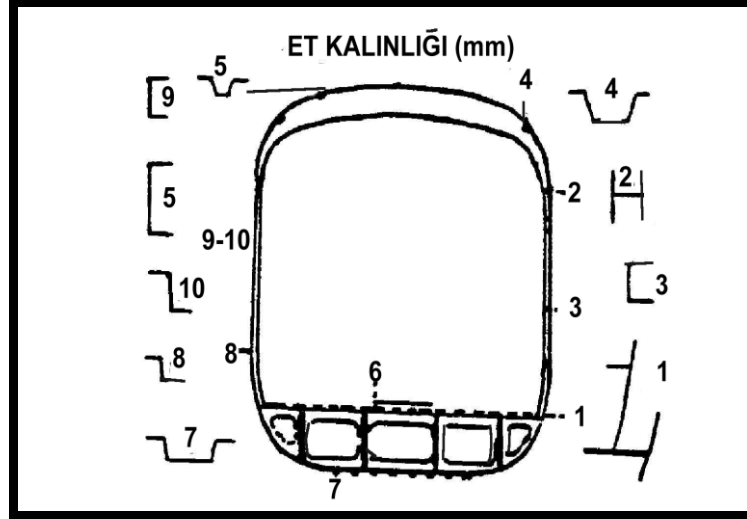
2.5.2.2 Kabuk Yapı Biçimi

Burada konstrüksiyon. bir bütün olarak yük taşıyıcıdır. Bu yapı tipine örnek olarak Şekil 2.3 'de şehirlerarası uzun mesafeli bir TEE süper ekspres yolcu trenine ait ekstrüzyon profilleriyle gerçekleştirilen vagon iskeleti gösterilmiştir.

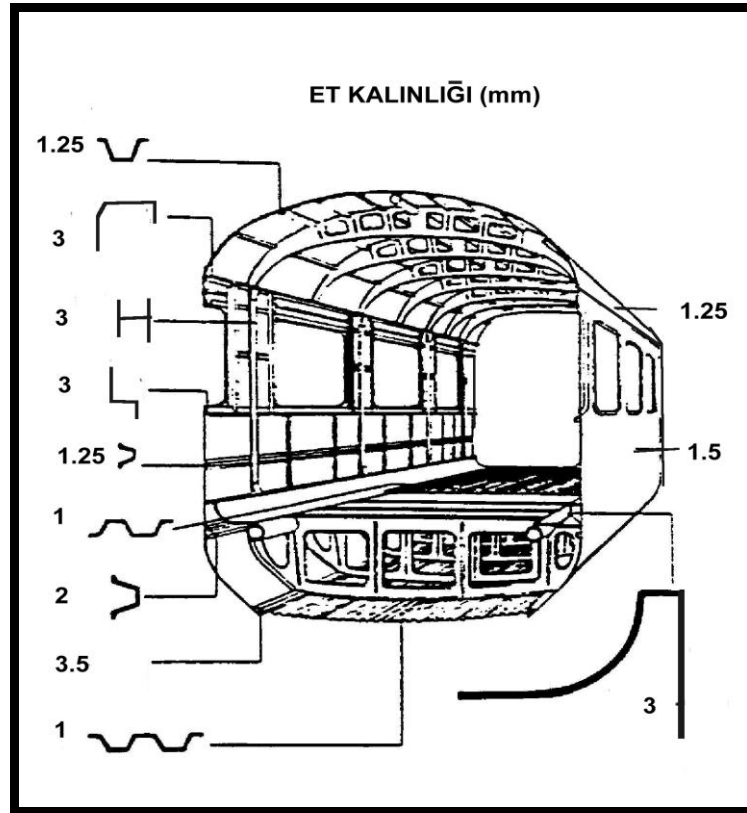


Şekil 2.3 Şehirler Arası Uzun Mesafeli Bir TEE Süper Ekspres Yolcu Trenine Ait Ekstrüzyon Profilleriyle Gerçekleştirilmiş Olan Vagon İskeleti [13]

Şekil 2.4 'de Almanya Demiryolları için geliştirilmiş olan TEE yürütücü demiryolu araç gövde konstrüksiyonu verilmiştir. Günümüzde demiryolu taşıtları alanında yeni bir konstrüksiyon türü olarak kabul edilen bu yapı tasarımı biçimine öncelik tanınmaktadır. Şekil 2.5 'de bu düşünce tarzı ile üretilmiş çelik profilli hız vagonu gösterilmiştir.



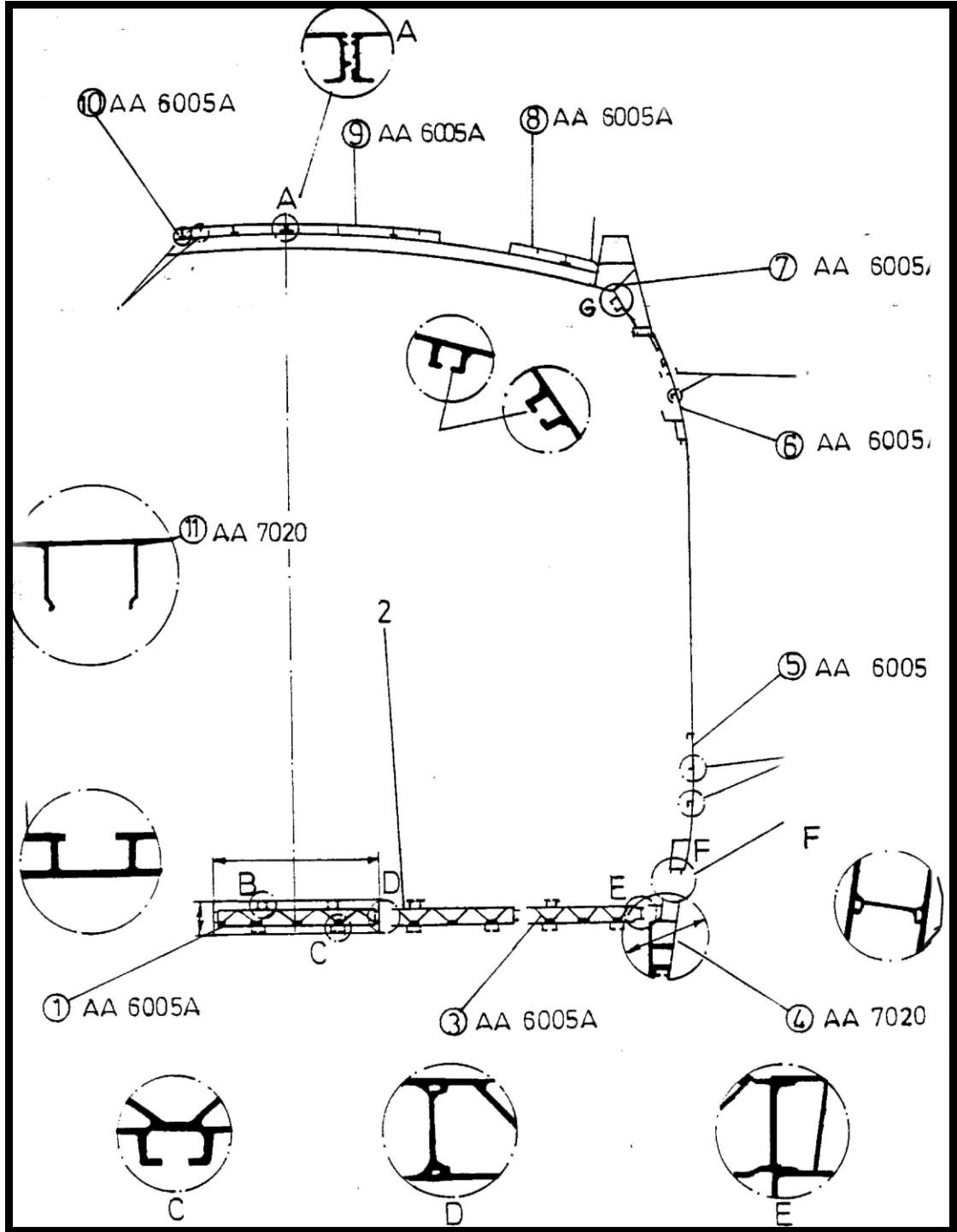
Şekil 2.4 Almanya Demiryolları İçin Geliştirilen TEE Yürütücü Demiryolu Araç Gövde Konstrüksiyonu [13]



Şekil 2.5 Çelik Profillerden Yapılmış Hız Vagonu [13]

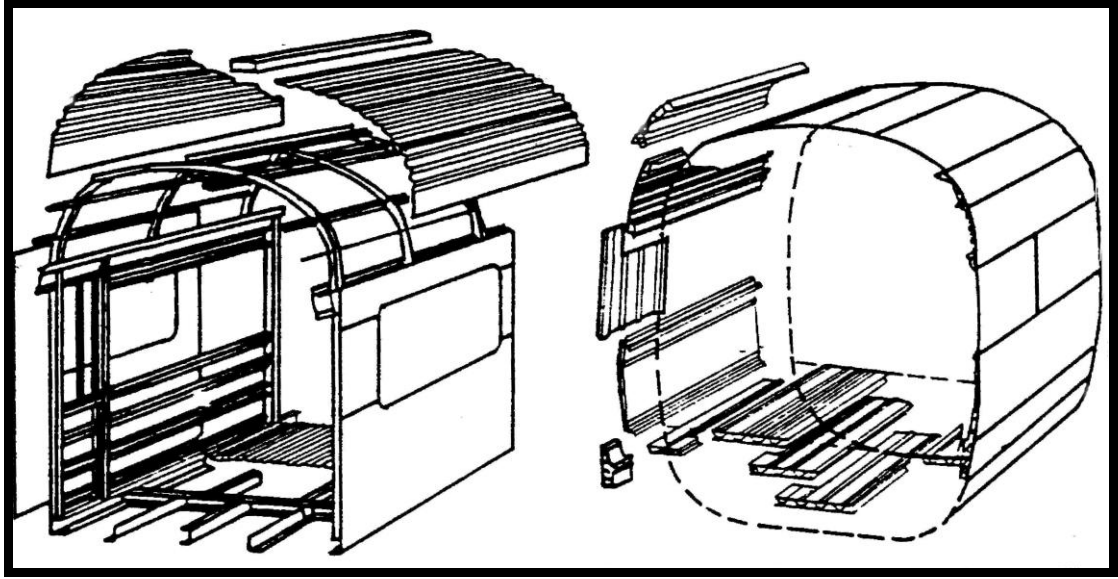
Şekil 2.6 'da Alüminyum. dizaynı bir vagon gövdesinin detay resmi gösterilmiştir. Dizaynda önemli olan ekstrüzyon işlemiyle elde edilen kaynak ağızlı hemen hemen ideal profil şekilleri kullanılabilmesidir. Böylece

üretimde maliyeti arttıran bir faktör olarak addedilen kaynak ağızları hazırlanması için gereken maliyet düşürülebilmektedir



Şekil 2.6 : Alüminyum. Dizaynlı Bir Vagon Gövdesinin Detay Resmi [1]

Şekil 2.7 'de çelik plakalardan dizayn edilmiş bir vagon ve tamamı Al'dan dizayn edilmiş vagonun kesitleri gösterilmiştir.



Şekil 2.7 : Çelik plakalardan dizayn edilmiş bir vagon ve tamamı Al'dan dizayn edilmiş vagon kesitleri[1]

Birleştirme yoluyla gerçekleştirilen imalatlarda şüphesiz kaynak işlemi ana yöntemlerden biri olarak ortaya çıkmaktadır. Son zamanlarda uluslararası bilimsel araştırmalar sayesinde her ne kadar çok sayıda yeni ve modern kaynak yöntemleri geliştirilmiş ise de günümüzde alüminyum konstrüksiyonlarının yüksek kaliteli kaynak bağlantıları için ileri teknolojisi olan ülkelerde bile, en yaygın bir şekilde uygulanan kaynak işlemlerinin başında koruyucu gazla ark kaynağı (MIG/TIG)gelmektedir. Söz konusu kaynak yöntemlerinin diğer eritme kaynak yöntemlerine tercih edilmesinde başlıca etkenler, şekil ve boyutsal hassasiyet kaynak birleştirmesinde yüksek dayanım ve ekonomiktir. Bu nedenlerden ötürü alüminyumdan dizayn edilen vagon iskeletinin birleştirilmesinde TIG ve MIG kaynak yöntemleri uygulanmaktadır[1].

2.6 Demiryolu Taşıtlarında Kaynak Sırası Dizaynı

2.6.1 Kaynak Sırası Dizaynının Amacı

Bir metal parçasının ısıtıldığı zaman genişlediği ve soğurken de küçüldüğü herkesçe bilinmektedir. Isıtma esnasında genleşme, metalin akma noktasına

kadar devam eder. Bu noktanın üstünde ısıtılan metaller ise eski hallerine dönmeyip şekil değiştirirler. Bu ikinci hal metallerde çarpılmalara sebep olur.

Genel olarak kaynak sırası kaynak işlemi sonucu oluşacak çarpılmaların azaltılması ve montajın kolaylaştırılması açısından birinci derecede düşünülmelidir. Kaynak sırası bilhassa kalın levhaların ve döküm parçaların kaynatılması sırasında kaynak çatlamlarının olmaması isteniyorsa çok önemli olabilir. Ufak geçme parçalarda, geçme levhalarının içinde yüksek gerilmeler birikecektir. Böylece eğer uygun bir kaynak sırası uygulanmazsa kaynak boyunca çatlamların önüne geçilemeyecektir.

Kaynak sırası basit ve uygulaması kolay olmalıdır. Çünkü kolayca anlaşılamayacak bir şekilde karışık olursa uygulamadan vazgeçilebilir. Aynı şekilde kaynak sırası bir çok sayıda kaynakçının bir arada aynı zamanda çalışabileceği şekilde pratik olmalıdır.

Kaynak sırasının hedefi iki madde altında toplanabilir

- a) Kaynaktan dolayı oluşan büzülmeler ve gerilmeleri gidermek
- b) Çarpılmaları minimuma indirmek.

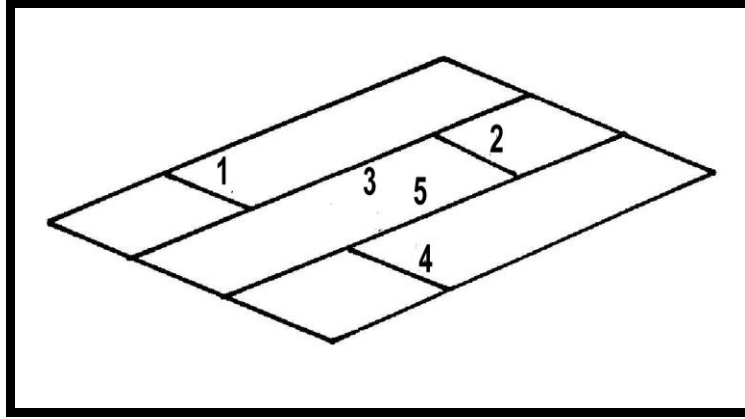
2.6.2 Kaynak Sırasının Tespitinde Genel Esaslar

a)Kaynak metalinin tesiri ile meydana gelen ısıdan dolayı birleştirilen parçalar küçülür ve bir çekilme hareketinde bulunurlar. Eğer birleşen iki parçanın serbestiyeti tam ise, asgari değerde doğacak gerilmelere mukabil biraz çarpılma meydana gelecektir. Buna karşın, eğer birleştirilen parçaların hiç bir serbestiyeti yoksa çarpılma fazla olacak ve küçülme gerilmelerini doğuracaktır. Buda kaynağın çatlaması gibi kötü neticeler doğurabileceğinden tam serbestiyeti olmayan yerlerde oyuklar açılarak veya yuvarlamalar yapılarak gerilme akışını temin etmek lazımdır.

b)Bir konstrüksiyonun elemanında meydana gelen çarpılmalar, montajdan önce düzeltilmelidir.

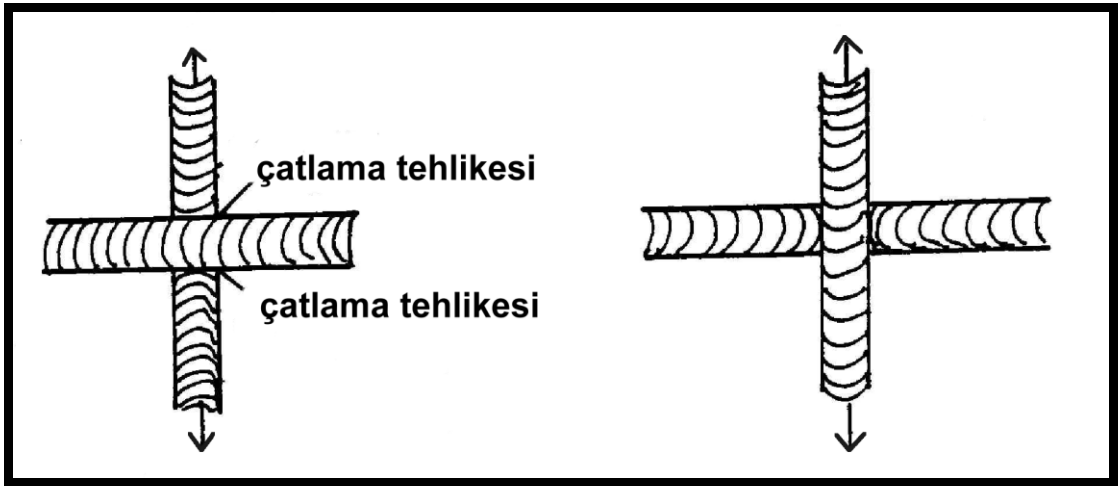
c)Şekil 2.8'de boylamasına ve enlemesine dikişlerin birbirleriyle karşılaşması hali gösterilmiştir. Rakamlar kaynak sıralarını göstermekte olup tesadüf eden dikiş daima devamlı dikişten önce kaynak edilmelidir. Hasıl olan distorsiyonun serbest kalması ve iki dikişin birleştiği yerde lokal bir

gerilme toplanmasının meydana gelmemesi için boylamasına dikiş, enlemesine dikiş kaynak edildikten sonra puntalanmalıdır.



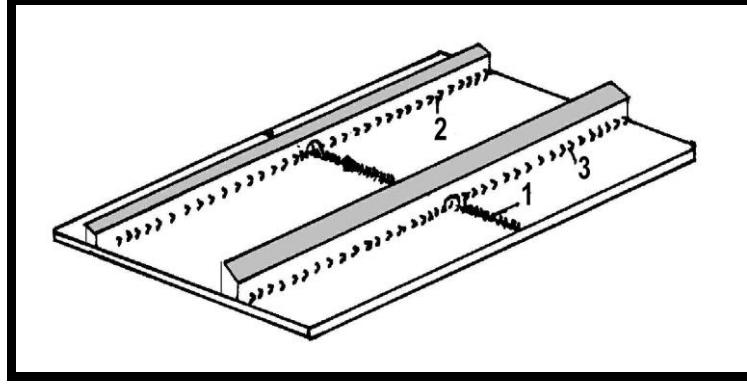
Şekil 2.8 Bir Konstrüksiyonda Boylamasına Dikişlerin Enlemesine Dikişlerle Karşılaşması Hali[1].

d)Şekil 2.9’da çekme yönüne göre alın dikiş yönü görülmekte olup, iki kalın dikişin birbirini kesmesi halinde çekme zorlamalarına maruz kalan yönün devamlı olarak kaynak yapılması gerekir. Aksi takdirde maruz kalan dikişin bitiş kraterlerinde çatlamlar meydana gelir.



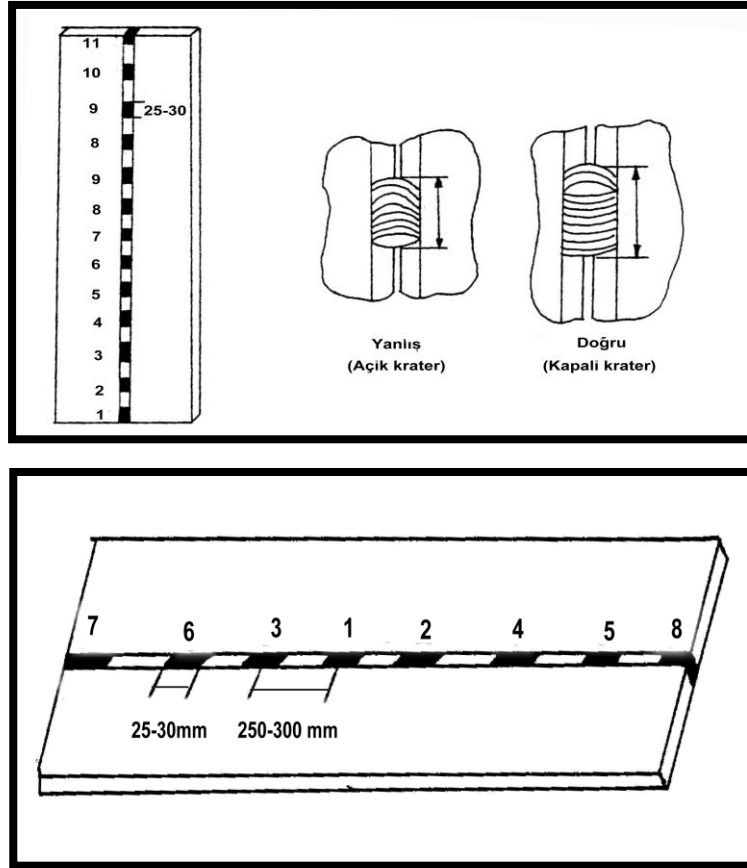
Şekil 2.9 Çekme Yönüne Göre Alın Dikişi Yönü[1]

e) Şekil 2.10’da iç köşe dikişi ile alın dikişinin birbirini kesmesi hali görülmekte olup, bir alın dikişi ile bir iç köşe dikişinin birbirini kesmesi halinde, önce alın dikişi kaynak edilir. Eğer iç köşe dikişi evvela kaynak edilirse, alın kaynağının enine distorsiyonu azalır.

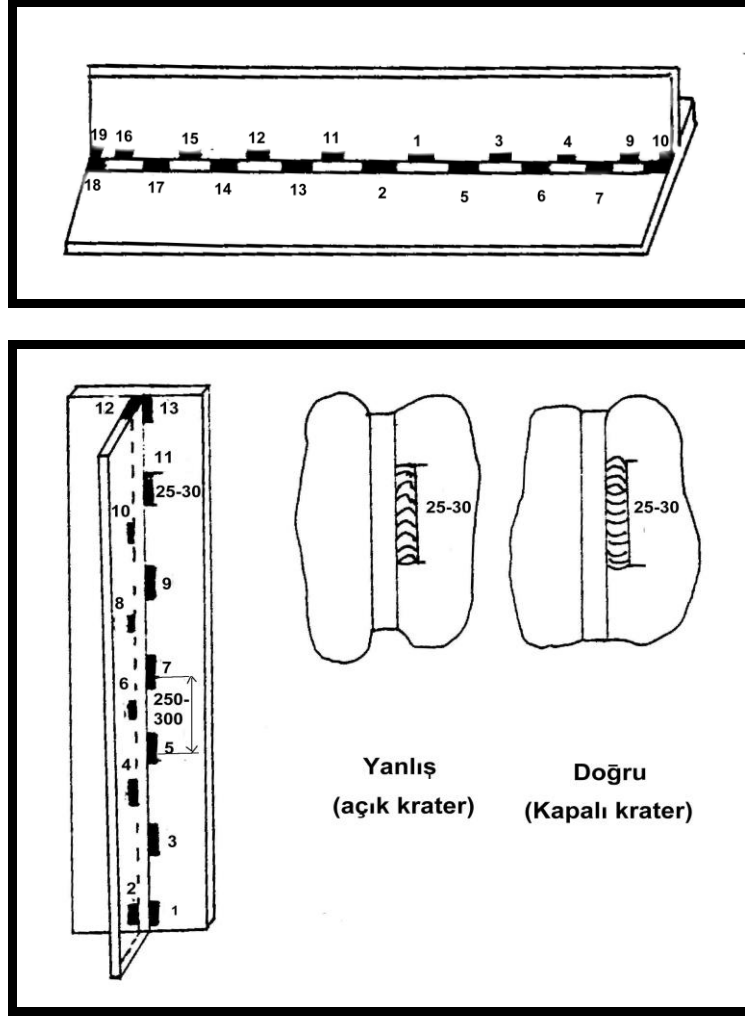


Şekil 2.10 Alın Dikişi İle İç Köşe Dikişinin Birbirini Kesme Hali [1]

f)Şekil 2.11’de yatay ve düşey pozisyonundaki alın birleştirmelerinde puntalama sıraları, Şekil 2.12’de ise yatay ve düşey pozisyonlardaki iç köşe birleştirmelerinde puntalama sıraları gösterilmiştir. İki parça arasındaki mesafe kaynak bağlantısının enine distorsiyonunu azaltacak derecede kuvvetli puntalarla birleştirilerek tespit edilmelidir.

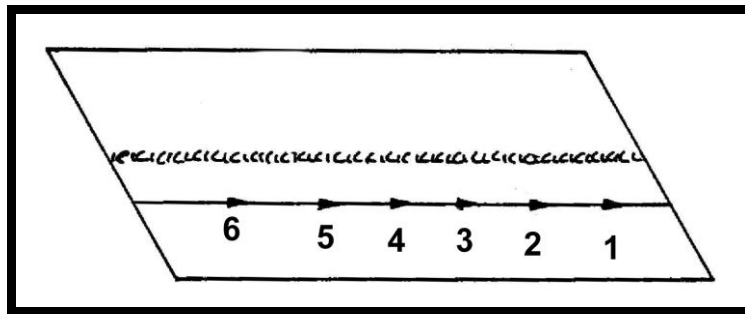


Şekil 2.11 Yatay Ve Düşey Pozisyonundaki Alın Birleştirmelerinde Puntalama Sırası[1]



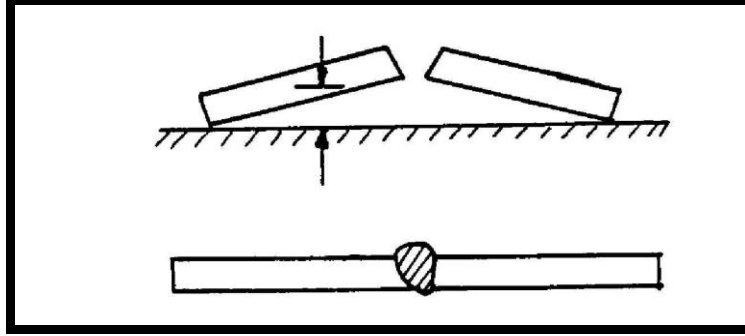
Şekil 2.12 : Yatay Ve Düşey Pozisyonlardaki İç Köşe Birleştirmelerinde Puntalama Sıraları[1]

g) Şekil 2.13'te Uzun kaynak dikişlerine ait kök pasolarının geri adım usulü ile kaynak edilmesi gösterilmiştir. Bu yöntem dikiş boyunca muntazam bir enine distorsiyonun meydana gelmesini önlemektedir.



Şekil 2.13 Uzun Dikişlere Ait Kök Pasolarının Geri Adım Usulu İle Kaynak Edilmesi [1]

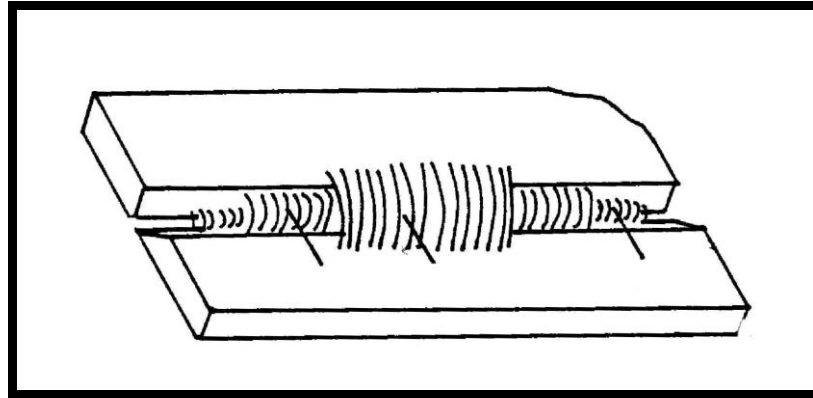
h)Şekil 2.14'te açısai distorsiyonu azaltmak için birleştirilecek parçalara,kaynaktan evvel ters istikamette bir meyil verilmesi ve kaynaktan sonraki durumu gösterilmiştir. Kaynak sonunda parça düz duruma gelmektedir.



Şekil 2.14 Parçalara Kaynaktan Önce Ters İstikamette Bir Meylin Verilmesi Ve Kaynaktan Sonraki Durumu[1]

i)İlk pasonun, levhanın ağırlık merkezinden geçmesini sağlamak üzere, (X) birleştirilmelerinde ağızların 2/3 X tarzında hazırlanması faydalıdır .

k)İyi tespit edilen parçaların kaynağında, kök pasonun zayıf yerlerinde meydana gelecek gerilme çatlaklarını önlemek için dikişler kaskat usulü tertiplenir. Şekil 2.15'te kaynak dikişlerinin kaskat usulü teşkili gösterilmiştir.



Şekil 2.15 : Kaynak Dikişlerinin Kaskat Usulü Teşkili[1]

l)Bütün bu çarpımlar tamamıyla giderilemediğine göre gerilme yığılmasına mani olmak maksadıyla bir miktar çarpılmaya müsaade edilir. Bu,serbest uçlara doğru kaynak sırası takip etmekle elde edilebilir. Bütün vagonda

arpımlara mani olmak amacıyla mümkün olduğu kadar simetrik kaynak yapmaya gayret edilmelidir.

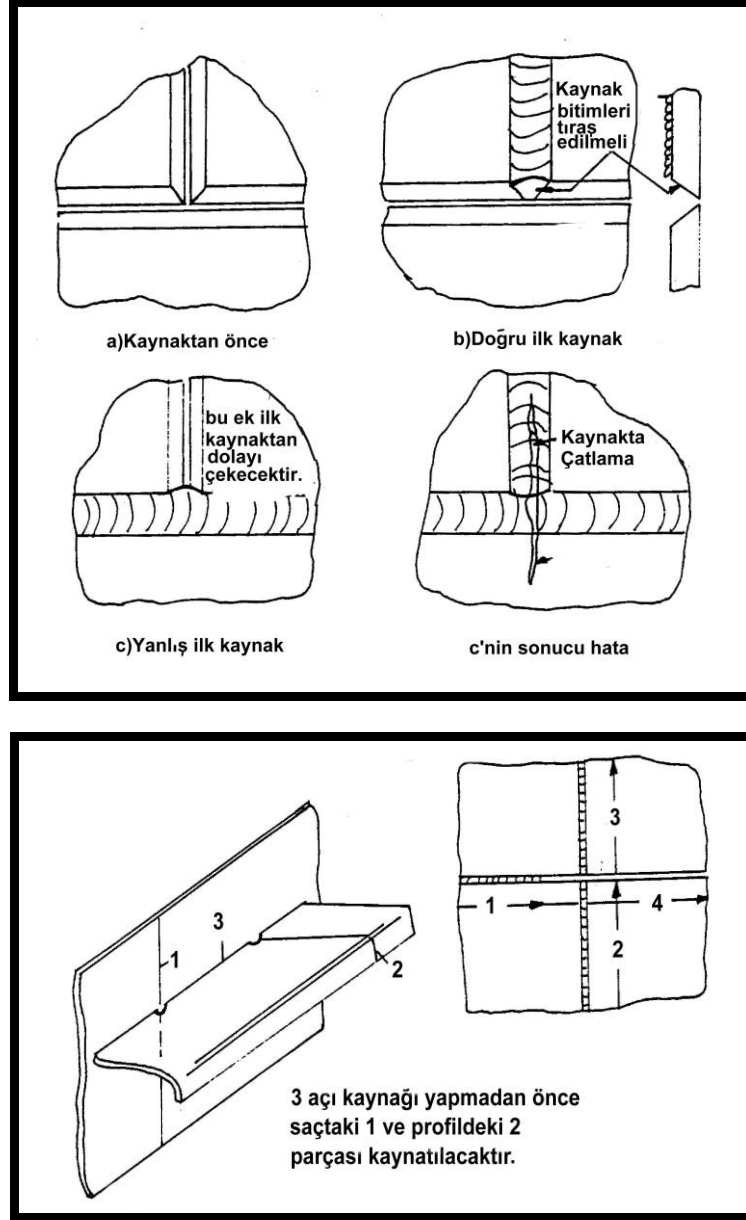
m)Kaynağa daima konstrüksiyonun ağırlık merkezinden bağlanarak muntazam bir Şekilde dışa doğru gidilmelidir.

n)Birbirinin tam simetriğine düően dikişler büyük çarpılma momenti meydana getireceğinden bunların aynı anda iki kaynakçı tarafından kaynak edilmesi gerekir.

o)Hazır parçaları kaynak sahalarına takviye lamalarıyla bağlamak suretiyle çarpımlara mani olunmalıdır.

p)eőitli sa kalınlığına sahip bir konstrüksiyonun simetrik kaynak dikiőlerindeki enine çarpılma kuvvetlerini dengelemek için,imkan nispetinde dikişlerin kesiti birbirine eşit kılınır. Bu da ince saçlarda ağız açısını veya iki sa arasındaki mesafeyi bytmekle temin edilir.

r)Şekil 2.16'da levhalarda ve T kesitlerde kaynak sırası gösterilmiştir.Tek kaynak sıralarında esas kaide kaynağı yapılmamış bir eki çaprazlayan kaynağı yapmaktır. Bu da bütün ek ve takviye elemanlarının aı kaynaklarına veya diğer T bağlantılarına da teőmil edilebilir. Bunun sebebi, ilk kaynaklar ikinci kaynakta bağlanacak elemanların çarpılmasına mani olacak ve sıkıőtırılmıő gerilme kuvvetlerine sebep olacaktır. Böyle bir kaynak atlamasa bile diğer levhada bir çatlamaya sebep olacaktır. Bunun en bariz rneği şekil 2.16'da gösterilen profillerde görülmektedir. Bu tip çatlama en fazla rastlanan bir tiptir.

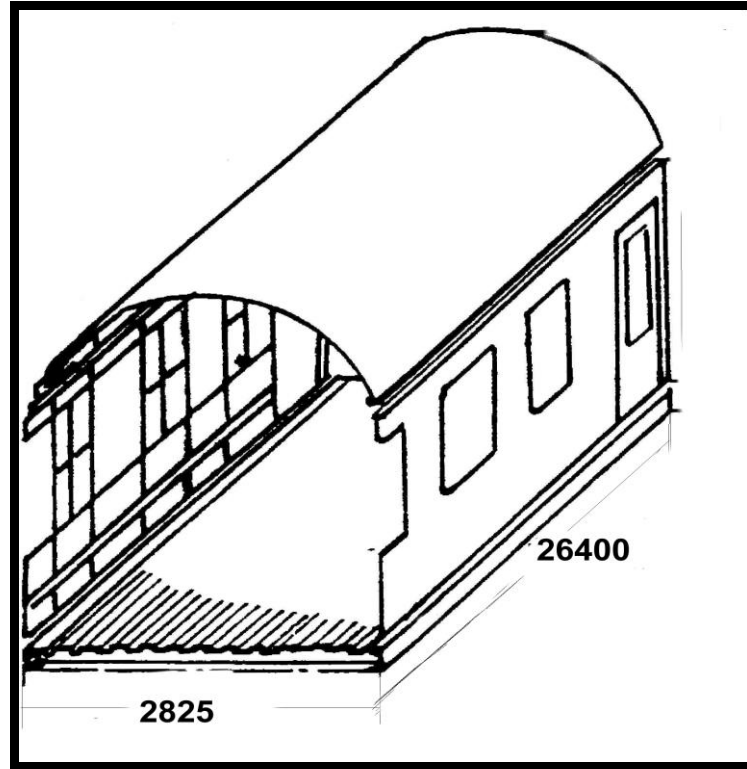


Şekil 2.16 Levhalarda ve T Kesitlerde Kaynak Sırası[1]

2.6.3 Demiryolu Taşıt Konstrüksiyonlarında Kaynak Sırası

Demiryolu taşıyıcılarında çatı, yan ve ön duvarlar diğer taşıyıcı araçlarda olduğu gibi metal plakaların birleştirilmesiyle oluşur. Gövde konstrüksiyonu metal plakaların tipik montajı şeklindedir. Gövde,Z profilleri ve 2,5-3 mm kalınlığındaki hafif köşe profillerinden yapılır. Kaplama metal plaka kalınlığı 1,5-2,5 mm'dir. Vagon gövdesinin yapısı (ön duvarsız) vagonun ana boyutlarıyla birlikte Şekil 2.17'de gösterilmiştir. Daha küçük gövde ve metal plaka bölgelerinin montajı için bağlama tertibatıyla uç uca eklenerek nokta kaynağı ve dolgu kaynağı ile hazır edilir. Küçük parçaların kaynakla

birleştirilmesinde kaynak deformasyonları ve boyutsal değışiklikler olur. Bu sadece vagonların görünüşlerine değil aynı zamanda üretimine de etki eder. İmalat sırasında boyutsal değışmeler tümseklik, eğrilik, pürüzlülük ve kıvrılmalar şeklinde olabilir. Bunlarla üst sınır gözönünde bulundurulmalıdır. Optimum kaynak sıraları ve birleştirilen parçaların uygun kaynak sıralarına göre sıralandırılmaları sağlanmalıdır. Her bir montajın özel deformasyon dönemi vardır. Başlangıç noktası olan imalat safhasında yapısal ve teknolojik olarak istenmeyen ölçülerin bilinmesi için deformasyonların yön ve büyüklüğünün bilinmesi gerekir. Demiryolu taşıtlarında düz metal plakaların montajında statik ölçmenin ana prensibi tecrübe yapılarak rapor edilmesidir. Konstrüktör, ana montajın birleşme noktalarının ve birleştirme toleranslarının normal boyutlarla uyum içinde olmasını istemelidir.



Şekil 2,17 Vagon Gövdesinin Yapısı ve Ana Boyutları [1]

Kaynak esnasında meydana gelen ısı gerilmeler düzgün olmayan soğuma nedeniyle konstrüksiyonda basma kuvvetleri oluşturur. Konstrüksiyonun rijitliğine göre, bu basma kuvvetleri bir takım çarpılmalar ve kabarmalar meydana getirir. Burkulmaya karşı rijitlik derecesi, konstrüksiyonun formuna bağlı olduğu gibi, özellikle saç konstrüksiyonlarında tespit derecesine de bağlıdır. Düzgün olmayan haller çarpılmaya karşı rijitliği düşürür. Bunun

içinde ince saç konstrüksiyonlarda burkulma mukavemetini yükseltecek bazı takviyeler konur. Düşük derecedeki bir rijitlik, soğuma sırasında büyük çarpımlara sebep olur. Demiryolu taşıtlarda kullanılan parçalarda oluşabilecek çekme ve çarpılma çeşitleri aşağıda belirtilmiştir.

- Enine Çekme : Parçada kaynak dikişine dik yani X eksenini boyunca meydana gelen kendini çekmedir.
- Boylamasına Çekme : Parçanın, kaynak dikiş yönünde yani Y eksenini boyunca kendini çekmesidir.
- Açısal Çarpılma : Enine çekmenin özel bir şekli olup, parçanın ilk başlangıç durumuna göre kendisini bir (α) açısı kadar çekmesidir.
- Kalınlık Çekmesi : Parçanın kendisini kalınlığı yani Z eksenini boyunca çekmesidir. Çok küçük olduğu için uygulamada büyük bir önem taşımaz.

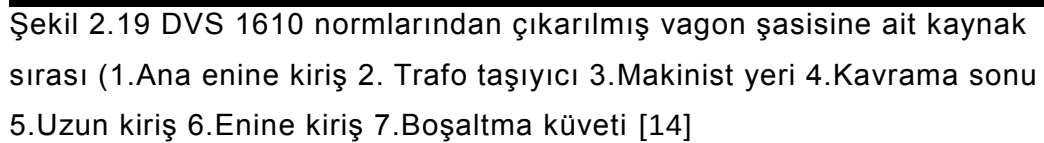
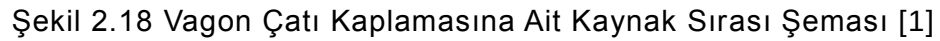
Kaynak işlemi sırasındaki oluşan kaynak gerilmelerinin çarpımların ve kendini çekmelerin meydana gelmesine etkileyen başlıca üç ana faktör vardır. Bunlar ısıtma veya tavlama gerilmeleri, konstrüksiyonun rijitliği ve malzemenin metalurjik özellikleridir.

Bir parçanın bölgesel olarak ısıtılması sırasında uzamanın sınırlandırılması ile oluşan gerilmelere ısıtma gerilmeleri denir ve bu da şu faktörlere bağlıdır. Sıcaklık farkı, kaynak hızı, özgül ısı, ısı iletim kabiliyeti, ısıl uzama katsayısı, elastiklik modülü, parçanın hacmi ve formudur.

Ön duvar ve çatı üzerinde kaynak ve birleştirmelerle birlikte vagon altında yapılan birleştirmeler, yan duvarların dış hatlarla hemen hemen aynı yapılması teknolojinin ana problemlerindendir. Vagon gövdesine yapılan düzeltme tavlamasından sonra metal levhaların ortalama gerilme kuvveti değiştirilip basma gerilmesi ve pürüzlenme çoğunlukla önlenir. Özellikle çatı bölgesindeki doğrultma tavlamasında ön darılma kaybında sonuca varmak için efektif kıvrılma anında prova yapılmalıdır. Bu işlem vagonun tam ortasında yan duvarın sehimlenmesi ve çatının eğilme miktarı birlikte bulunur.

Özellikle uygun kaynak sıralarının araştırılması montajın ve vagon gövdesinin deformasyonu için önemlidir. Kaynak sırasının uygun bir şekilde seçilmesiyle bazı bölgelerde oluşabilecek bozulmalar ve sinüzoidal

Şekil 2.18 Vagon çatısı kaplamasına ait kaynak sırasını, Şekil 2.19 DVS 1610 normlarından çıkarılmış vagon şasisine ait kaynak sırasını göstermektedir. Bu konstrüksiyonlarda genelde MAG ve elektrik ark kaynağı uygulanmaktadır.



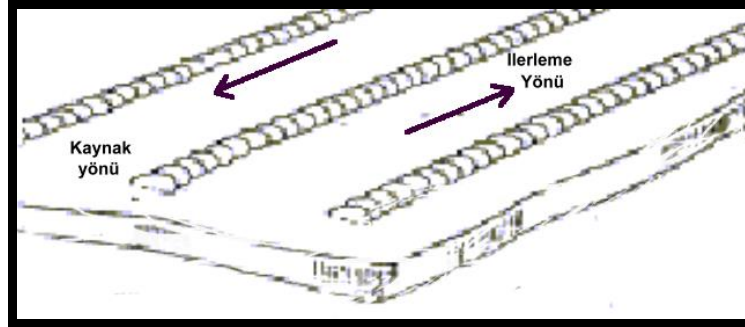
2.7 Demiryolu Taşıtları İmalatında Uygulanan Kaynak Metodları

Demiryolu taşıtlarında saçlar kaynak edilirken meydana gelen hararetin tesiri ile çarpılırlar. Bu çarpımlara mani olmak için birçok metod tatbik edilir. Bütün metodların gayesi ısının eşit miktarda yayılmasıdır.

Genel olarak demiryolu taşıtı sanayiinde kullanılması gereken metodlar şunlardır.

2.7.1 Geri-adım metodu

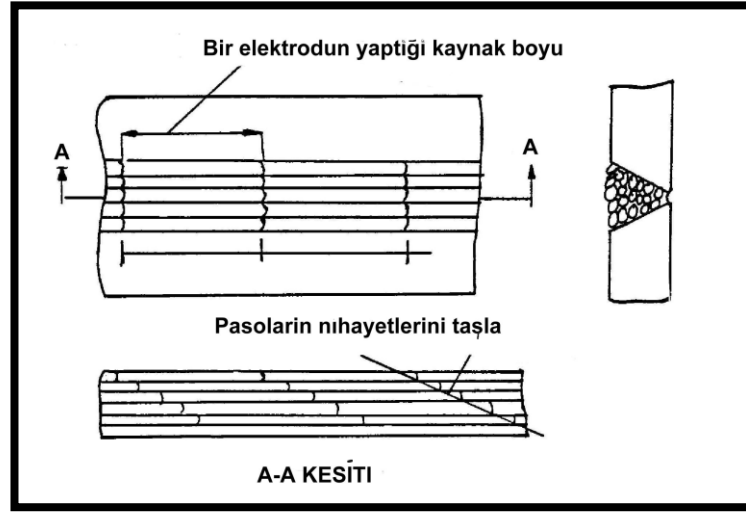
Bu metotta, dolgu,tek paso halinde,kaynak ilerleme yönünün aksi yönünde konur. Dolgu boylarının kısa olması ısının yayılmasına mani olur. Dolgu boyu bir tek elektrodun depozit edeceği miktar kadar olmalıdır. Bek-step metodu uzun eklerde ve 6-19 mm. kalınlığındaki saçların kaynağında kullanılır. Şekil 2,20'de geri adım metodu gösterilmektedir.



Şekil 2. 20 Geri Adım Metodu[1]

2.7.2 Blok Metodu

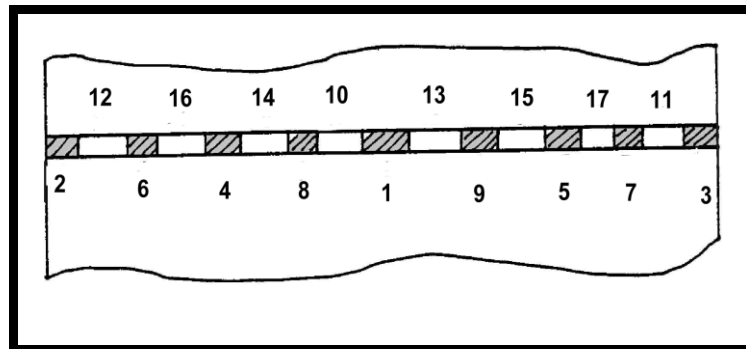
Blok metodunda dolgu tek paso halinde yapılmayıp birçok paso halinde uygulanır. Dolgu boyu, her paso için bir tek elektrotdan eriyen metal miktarı kadar olup, bir blok teşkil eder. Bloklar sırası ile ortadan kenarlara doğru konarak yapılır. Bu metod 19 mm'den kalın saçlar için elverişlidir. Her blok yapıldıktan sonra kök kısım taşlanır. Bir sonraki sıraya geçilir. Şekil 2.21'de blok metodu şematik olarak gösterilmektedir.



Şekil 2.21 Blok Metodu[1]

2.7.3 Karşılıklı Atlamalı (Şaşırtma) Metodu

Bilhassa kalın saçların kaynağında tavsiye edilir. Blok metodunun bir değişik şeklidir. Kaynak blok halinde bir üst paso alttakine nazaran biraz daha kısa olmak üzere yapılır,öyleki bloklar her iki taraftan eğik olur. Gene blok metodundaki gibi kenarların taşlanması lazımdır.Blok boyları 100-250 mm. arasında değişir. Şekil 2.22 'de Şaşırtma metodu ve blokların yerleşme sıraları gösterilmiştir.



Şekil 2.22 Karşılıklı Atlamalı (şaşırtma) metodu[1]

Bütün bu metodlarda kullanılan kaynaklar düz veya örme olarak iki şekilde yapılır. Yer kaynağında genel olarak düz sistemi kabul edilir. Duvar kaynaklarında her iki metodda kullanılır. Duvar kaynaklarında kaynak

aşağıdan yukarı yönde yapılmalıdır. Geri adım metodu korniş kaynakları için çok elverişlidir. Tavan kaynakları ise genel olarak örme sisteminde yapılır. Örme sistemi kullanılırken çok geniş kaynak yapmamaya dikkat edilmelidir.

2.8 Demiryolu Taşıtlarında Uygulanan Kaynak Yöntemleri

Kaynaklı imalat için çok geniş uygulama alanına sahip olan ve Demiryolu taşıt imalatında yararlanılan başlıca kaynak yöntemleri şunlardır [1,14]:

1. Gaz ergitme kaynak yöntemi
2. Örtülü elektrodlarla kaynak Elektrik ark kaynak yöntemi
3. Toz altı kaynak yöntemi
4. Gaz altı kaynak yöntemleri
 - a. MIG/MAG
 - b. TIG/WIG
5. Direnç kaynak yöntemleri
 - a. Nokta b. Dikiş c. Alın

Saplama , plazma kesme, lazer ışını ile kaynaklama gibi çok çeşitli yöntemler olmakla birlikte, Yukarıdaki yöntemler demiryolu taşıtları imalatında en çok kullanılan kaynak yöntemleridir. Kaynak yöntemlerine değinmeden önce kaynak yönteminin seçiminde en büyük parametrelerden olan, söz konusu kaynak yöntemlerinin kaynaklanabilirliğine değinilecektir.

2.8.1 Ergitme Kaynak Yöntemlerinde Kaynak Kabiliyeti

Kaynak edilen metal ve alaşımlar çok az istisna dışında, bütün kaynak usullerinde kaynak yerinin erimeye yakın bir sıcaklığa kadar ısıtılması gerekir. Burada kaynak tekniğinde kullanılan ısı mabainin, kaynak usulün de etkili olduğunu unutmamak gerekir. Yüksek sıcaklıklara ısıtma sonucunda malzemenin gerek kaynak bölgelerinde, gerekse kaynağa komşu bölgelerde, kimyasal ve metalurjik pek çok değişim olmaktadır. Örneğin yüksek karbonlu çeliklerin kaynağında, yüksek soğuma hızları nedeni ile kaynağa komşu bölgede çok yüksek sertlikte bir yapı ortaya çıkmaktadır[15, 16].

Bu nedenle tamamen hatasız bir kaynak yapmanın her tip çelik için kolay olmadığı bilinir. Bazı malzemeler için böyle bir güçlük olmamasına rağmen

bazı malzemeler için özel tedbirler almak gerekir. İşte böyle hallerde, kaynak kabiliyetinden bahsedilir [16].

Kaynak kabiliyeti kesin ve kantitatif olarak ifade edilebilen bir özellik olmayıp, karmaşık bir anlam taşır. Milletlerarası Kaynak Enstitüsünün (IIWIS) IX numaralı “Kaynak Kabiliyeti” Komisyonu kaynak kabiliyetini şöyle tarif etmektedir.

“Bir metalik malzeme, verilen bir usul ile bir dereceye kadar kaynak yapılabilir diye kabul edilir. Uygun bir usul kullanılarak kaynaklı metalik bağlantı elde edildiği zaman bağlantının yerel özellikleri ve bunların konstrüksiyona tesirleri bakımından önceden belirlenmiş bulunan şartları sağlamalıdır.”[16].

Yukarıdaki tariftan de anlaşılacağı üzere, kaynak kabiliyeti yalnız malzemeye bağlı bir özellik değildir. Aynı zamanda, kaynak usulüne ve kaynaklı konstrüksiyona da bağlıdır. Bir metal veya alaşım, bir kaynak usulünde gayet iyi derecede bir kaynak kabiliyeti göstermesine rağmen, diğer bir usulde çok zayıf bir kaynak kabiliyetine sahip olabilir. Örneğin, alüminyum ve paslanmaz çelikler oksii-asetilen yönteminde zayıf bir kaynak kabiliyeti göstermelerine karşın gazaltı (MIG-TIG) yönteminde iyi bir kaynak kabiliyetine sahiptirler[15].

Bir malzemenin yüksek kaynak kabiliyetine sahip olması demek kaynak şartları geniş bir aralıkta değişirken hiçbir tedbire gerek kalmadan, tatminkar bir kaynak kalitesinin elde edilebilmesi demektir[15,16].

Düşük derecede kaynak kabiliyeti ise, tatminkar bir netice alabilmek için özel tedbirlere ihtiyaç olduğunu ve kaynak şartlarının çok dar limitler arasında tutulmasının gerektiğini ifade eder.

Kaynak kabiliyetinin derecesini belirten özellikler, malzemenin tipine göre değişir. Mesela; birçok çelik malzemenin kaynağında iyi mekanik özellikler elde etmek istenirken, ostenitik paslanmaz çeliklerde ısıdan etkilenmiş bölgenin (IEB) korozyona dayanıklı olması istenir.

Kaynak kabiliyeti deyimi kaynağa elverişlilik, konstrüksiyonun kaynak emniyeti ve imalatta kaynak yapılabilme kavramlarını içine alır. Bu kavramlar malzeme, imal usulü ve konstrüksiyonun etkisi altındadır. Şekil 2.23’te DIN

8528'e G6re kaynak kabiliyetinin, 6retim y6ntemi Ve konstr6ksiyona baēlılıēı g6sterilmektedir.

DIN 8528'e g6re Bir malzemenin kaynak kabiliyetinden s6z edebilmek i6in en azından aēaēıdaki iki ēart ger6eklemelidir [16]:

- Par6aların belirli bir kaynak usul6 ile birleētirilebilmesi m6mk6n olmalıdır (kaynaēa elveriēlilik deyimi).
- Kaynak edilen malzeme, maruz kalacaēı zorlamalara dayanmalıdır (kaynak emniyeti deyimi).

Bir konstr6ksiyonun kendisinden beklenenleri saēlaması malzeme, konstr6ksiyon, imal usul6 ve iēletme zorlamaları gibi fakt6rlerin tesiri altındadır. Hatalı bir durum ortaya 6ıktıēı zaman b6t6n kusur malzemeye y6klenemez. Diēer fakt6rler de g6z 6n6ne alınmalıdır. Bu nedenle; kaynak konstr6kt6r6, malzeme m6hendisi ve iēletme m6hendisi birlikte 6alıēmak mecburiyetindedir. İyi tasarlanmış bir konstr6ksiyon, se6ilen malzeme ile bir dereceye kadar ger6ekleētirilebilir. Fakat bu konstr6ksiyonun bekleneni tam olarak verebilmesi i6in uygun bir imal usul6n6n de se6ilmesi gerekir [15,17, 18].

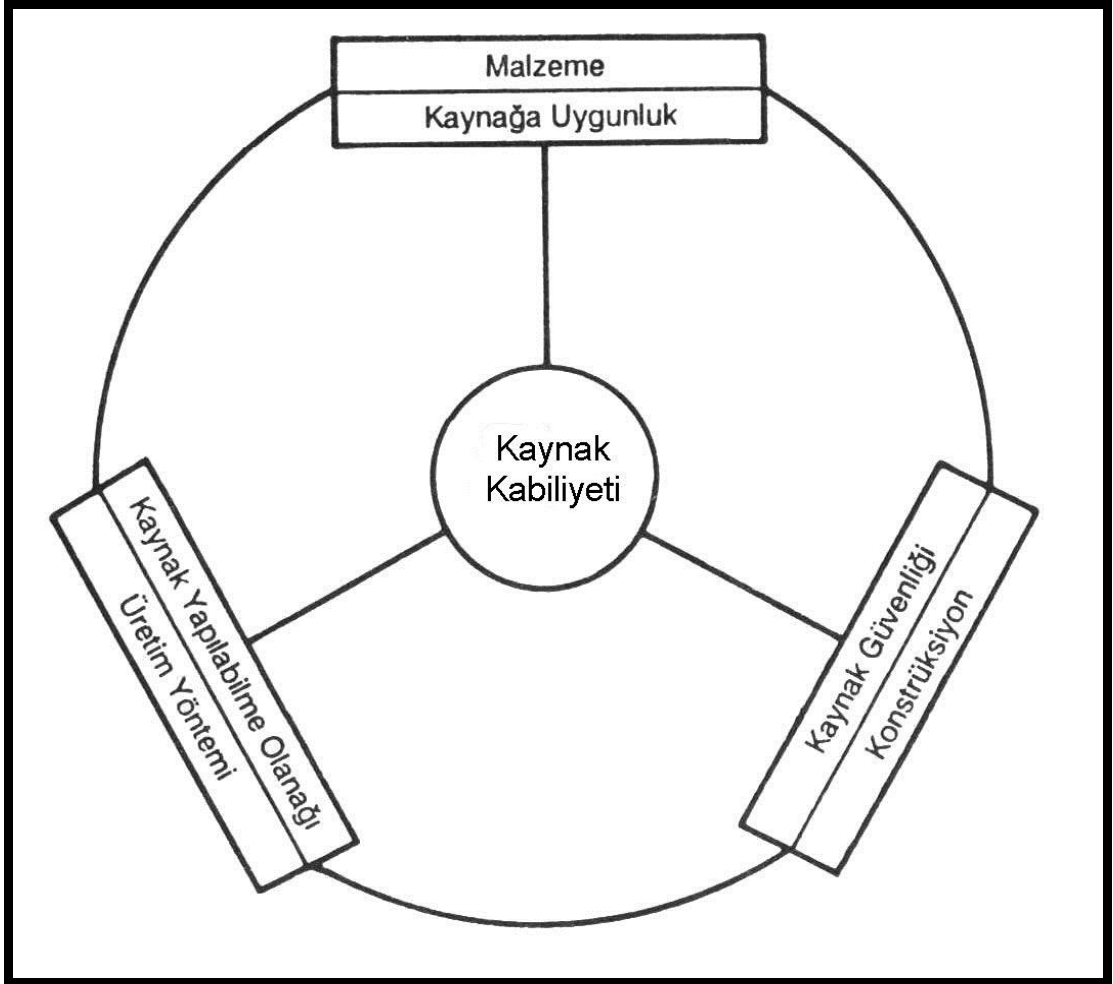
Pratikte kaynak kabiliyetinin ifadesi olarak "iyi kaynak edilebilir", "kaynak edilebilir" ve "ēartlı olarak kaynak edilebilir" deyimleri kullanılır. Bu deyimlerin manaları 6elik malzeme i6in ē6yle ifade edilebilir [16,17]:

- İyi kaynak edilebilir; Malzemenin hi6bir 6n ve nihai tavlamaya ihtiya6 olmadan kaynak edilebileceēini ifade eder .
- Kaynak edilebilir; Kaynak yapılacak malzemenin kalınlıēı arttıēa, bir 6n tavlama gerekir. Bu t6r malzeme i6in, kaynak edilebilir deyimi kullanılır.
- ēartlı olarak kaynak edilebilir; Bu t6r malzemede ya karbon oranı y6ksektir veya bileēiminde 6eēitli alaēım elemanları vardır. Kaynaklı baēlantının ge6iē b6lgesinde sertleēme ve 6atlama tehlikeleri sebebiyle, 6zel tedbirler alınmalıdır. 6n tavlama tatbik edilmeli ve soēuma kontroll6 olmalıdır.

End6stride en yaygın kullanılan malzeme 6eliktir. Bu nedenle 6elik malzemelerde kaynak kabiliyetinin incelenmesinde fayda vardır. Alaēımsız

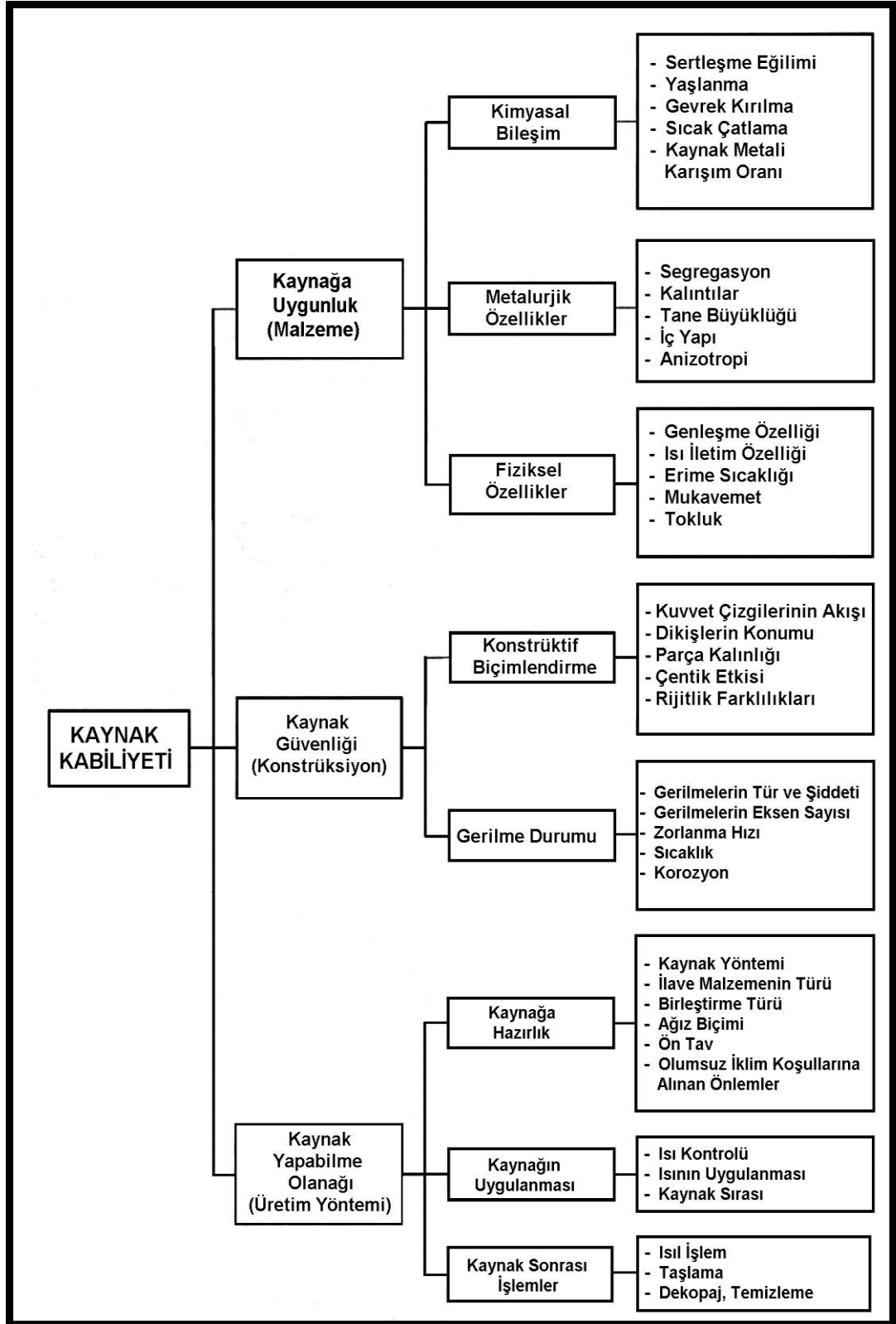
veya hafif alaşımlı yüksek mukavemetli bir çeliğe iyi bir kaynak kabiliyetine sahiptir diyebilmek için, aşağıdaki iki şartın bir arada bulunması gerekir.

- Kaynaktan önce ve sonra iyi bir sünekliğe sahip olmalıdır.
- Kaynak metali esas metal ile karıştığı zaman, gevrek olmayan bir kimyasal bileşim sağlamalıdır.



Şekil 2.23 DIN 8528'e Göre Kaynak Kabiliyetinin, Üretim Yöntemi Ve Konstrüksiyona Bağlılığının Gösterilmesi [17]

DIN 8528' e göre kaynak kabiliyetini etkileyen faktörler şematik olarak Şekil 2.24' de gösterilmiştir.



Şekil 2.24 DIN 8528' e göre kaynak kabiliyetini etkileyen faktörlerin şematik

gösterilişi [15]

Yapı çeliklerinin kaynağında, kaynağın neticesine tesir eden en önemli faktör esas metalin bileşimidir. Bilhassa bileşimindeki karbon ve manganez oranı kaynak kabiliyeti bakımından çok önemli olup, maksimum miktarları sınırlandırılmıştır. Mesela; gazı alınmış çelikler için İsveç'te maksimum karbon oranı %0,25 olarak tavsiye edilmiştir. Amerika Birleşik Devletleri bu sınırı %0.30'a çıkarmış ve daima bir ön tavlama önermiştir. Manganez ve diğer alaşım elemanlarının kaynak kabiliyeti üzerindeki tesirleri, karbon cinsinden ifade edilerek “karbon eşdeğeri” terimi ortaya atılmıştır. Karbon eşdeğeri çeşitli şekillerde ifade edilmiştir. Milletlerarası Kaynak Cemiyetinin karbon eşdeğeri aşağıdaki ifadeyle verilmektedir.

$$C_{eş} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15} \quad (2.1)$$

Karbon eşdeğerinden faydalanılarak bir yapı çeliği için gerekli ön tav sıcaklığı Tablo 8.1 deki gibi tavsiye edilmiştir.

Tablo 2.12 $C_{eş}$ 'e Bağlı Olarak Ön Tav Sıcaklığının Belirlenmesi [17]

Karbon Eşdeğeri (%)	Ön Tavlama Sıcaklığı (°C)
0,45' e kadar	Gerek yok
0,45 – 0,60 arası	100 – 200
0,60' dan yukarı	200 – 350

Daniel Saferian, parça kalınlığının, soğuma hızına olan etkisini de içeren bir ön tavlama sıcaklığı tespit formülü önermektedir; buna göre ön tavlama sıcaklığı şu şekilde hesaplanır.

$$T_{öntav} = 350\sqrt{(C_{eş} - 0,25)} \quad (2.2)$$

$$C'_{eş} = C_{eş}(1 + 0,005d) \quad (2.3)$$

d : Sac kalınlığı (mm)

Yalnız bu formül için Seferian, kendi geliştirdiği karbon eş değeri formülünü kullanmaktadır.

$$360 C_{eş} = 360.\%C + 40.(\%Mn+\%Cr) + 20.\%Ni + 28.\%Mo \quad (2.4)$$

2.8.1.1 Çeliklerin Eritme Kaynağında Kaynak Bölgesi

Metallerin kaynaklı birleştirme bölgelerinde kaynak bölgesi iki bölgeye ayrılmaktadır.. Bunlar erime bölgesi ve ısıdan etkilenmiş bölgedir.

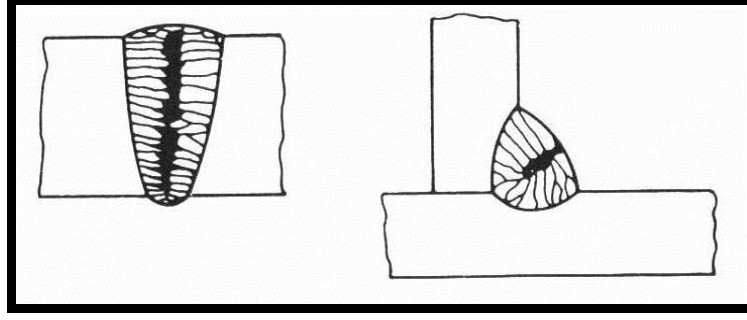
Erime bölgesi:

Bir kaynak dikişinin kesiti, metalografik olarak incelendiğinde erimiş olan bölgeyi sınırlayan erime çizgisi gayet belirgin bir şekilde görülür. Metalin solidüsünden daha yüksek bir sıcaklık derecesine kadar ısınmış olan erime bölgesi kimyasal bileşim olarak kaynak banyosunda meydana gelen türbülansın dolaylı katılaşmadan önce iyice birbirine karışmış esas ve kaynak metali (elektrod metali) karışımından ibarettir. Karışım oranı, her pasoda farklı olduğundan, her pasonun kimyasal bileşimi de birbirlerinden farklıdır [17].

Bu karışımda esas metalin kaynak metaline oranı kaynak usulü ve ağız biçimine bağlıdır. Belirli bileşim ve miktarlardaki kaynak metalin karışımından oluşan eriyen bölgenin hesaplanan bileşimi, kimyasal analiz neticeleri ile aynı değildir. Çünkü bazı elemanlar kaynak sırasında yanmakta ve kaybolmaktadır. Bu elemanların yanma derecesi; ısıya, kaynak yöntemine, kaynak yerini çevreleyen atmosfer ve kaynak usulüne bağlıdır.

Eriyen bölgenin katılaşması, kendini çevreleyen esas metale ısı iletimi ile olur ve yapısı iri ve uzun tanelidir. Bilhassa kalın parçaların derin nüfuziyetli kaynağında, eriyen bölgenin ortasında segregasyondan dolayı bir boşluk oluşur.

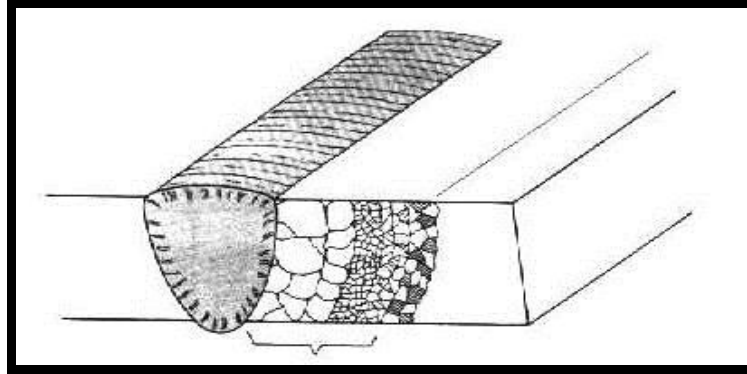
Buna örnek olarak Şekil 2.25'te alın ve Köşe birleştirmelerinde segregasyon bölgeleri gösterilmiştir.



Şekil 2.25 Alın Ve Köşe Birleştirmelerinde Segregasyon Bölgeleri.[17]

Isıdan Etkilenmiş Bölge (IEB):

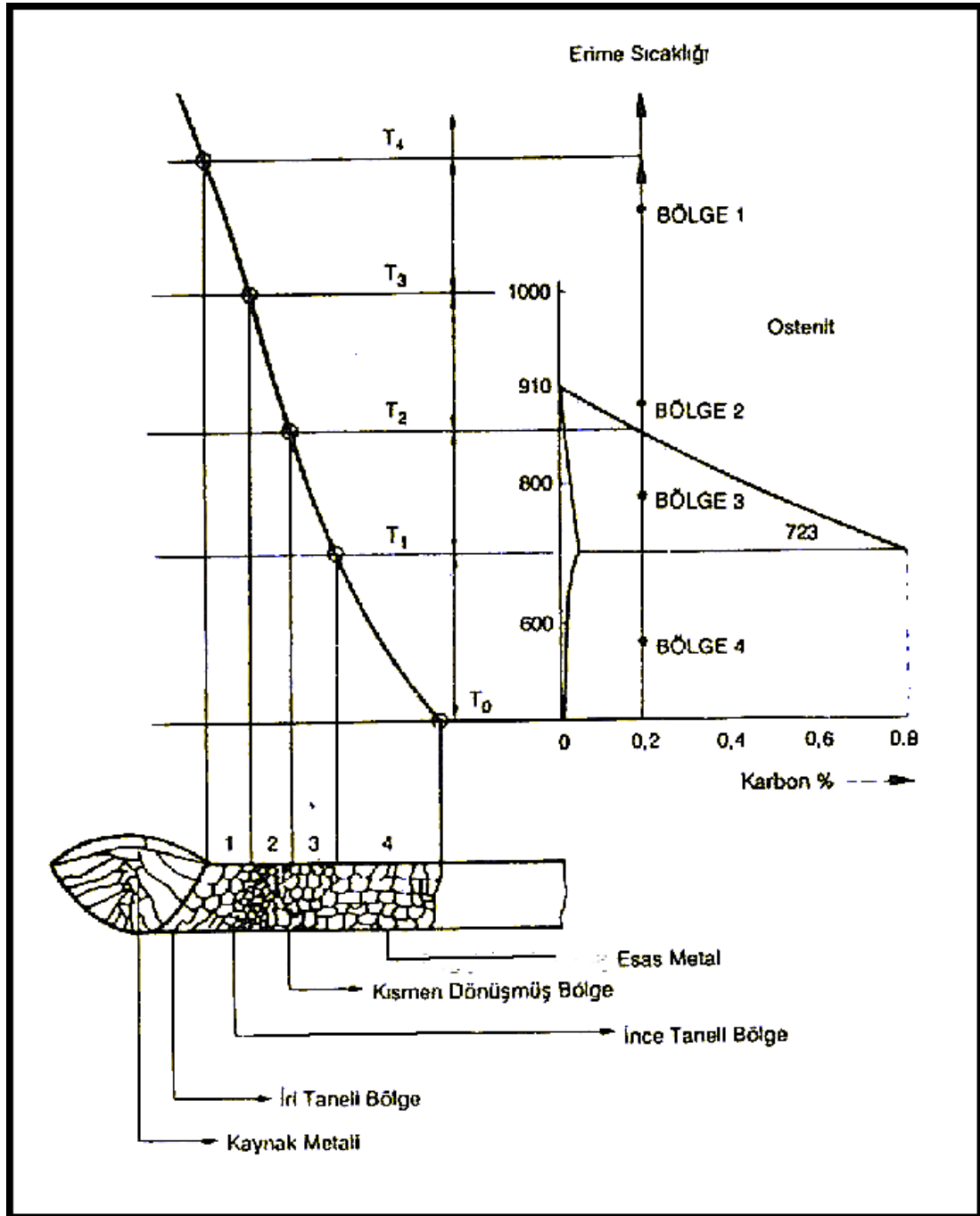
Metalsel malzemeler bir kaynak işlemi gördükleri zaman, kaynak dikişine bitişik olan bölge, kaynağa uygulanmış olan sıcaklık derecesinin, daha doğrusu ısı çevrimin etkisi altında kalır. Yüksek mukavemetli yapı çeliklerinde bu ısı çevrim, çeliğin elde edilmesi esnasında görmüş olduğu ısı çevrimlerden farklı olduğundan, ortaya içyapısı, buna bağlı olarak da mekanik özellikleri farklı bir bölge ortaya çıkar. Şekil 2.26'te IEB'de tane yapısı değişimi gösterilmiştir [17].



Şekil 2.26 Isıdan etkilenmiş bölgedeki (IEB) tane yapısı değişimi [16].

Erime çizgisinin esas metal tarafında, kaynak sırasında uygulanmış olan ısıнын oluşturduğu çeşitli ısı çevrimlerden etkilenmiş ve dolayısı ile içyapı değişimine uğramış bir bölge vardır; bu bölgeye, "ısıdan etkilenmiş bölge (IEB) adı verilir. Şekil 2.27'de kaynak sırasında ısıdan etkilenmiş bölge gösterilmiştir. Isıdan etkilenmiş bölge kaynak metali ile esas metalin birleştiği sınırdan başlayarak, kaynak işlemi anında sıcaklığın içyapıyı, dolayısı ile metalin özelliklerini etkilediği bölgedir. Çeliklerin kaynağında, bu bölgede sıcaklık 1450-700 °C arasında değişmektedir; burada erişilen

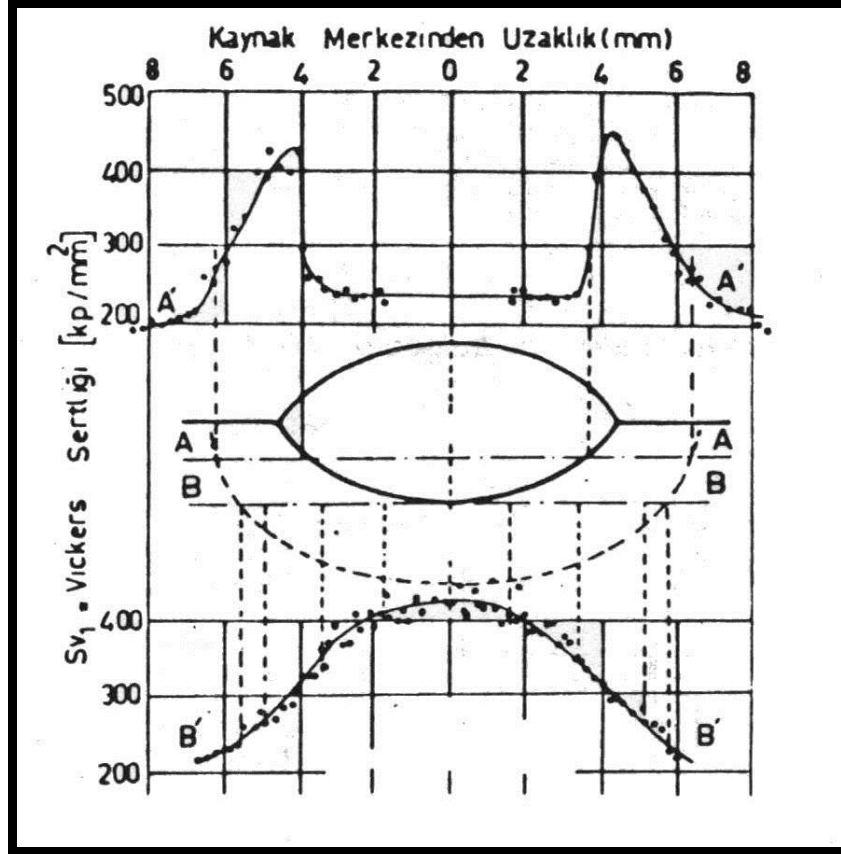
maksimum sıcaklığa bağlı olarak çeşitli içyapı ve özellik gösteren bölgeler görülür.



Şekil 2.27 Kaynak sırasında ısıdan etkilenmiş bölge (IEB) [15]

IEB.'deki sıcaklık dağılımı ve soğuma hızının bilinmesi halinde, kaynaktan sonra bu bölgede meydana gelecek iç yapının tespiti mümkün olmaktadır. %0.25'in üzerinde karbon ihtiva eden alaşımsız yapı çelikleri ve yüksek mukavemetli hafif alaşımlı yapı çeliklerinde ısıнын tesiri altındaki bölgenin

900 °C'nin üzerinde tavlanan kısımlarında çok sert bir yapı meydana gelir. Bu yapı gevrek kırılmalara çok uygun bir yapıdır. IEB.'de çatlak oluşumunu önlemek için Milletlerarası Kaynak Enstitüsünün kaynak Kabiliyeti komisyonu bu bölgenin, maksimum sertliğinin 350 Vickers değerini aşmamasını tavsiye etmiştir. Buna örnek olarak Şekil 2.28'de yüksek mukavemetli bir çeliğin kaynağında IEB' de sertlik dağılımı gösterilmiştir.



Şekil 2.28 Yüksek Mukavemetli Bir Çeliğin Kaynağında IEB' De Sertlik Dağılımı [16]

2.8.1.2 Elektrik Direnç Kaynağında Kaynak Kabiliyeti

Elektik direnç kaynağında, birleştirilecek parça malzemenin cinsine göre elektrik akımının geçişine büyük bir direnç gösterir. Bunun sonucu olarak, parçalar ısınır. Ohm kanununa göre ısıya dönüşen elektrik enerjisi aşağıdaki ifadeyle belirlenir.

$$N_s = I^2 \times R \quad (2.5)$$

Burada;

Ns: Isı enerjisine dönüşen elektrik enerjisi

I : Kaynak yapılan parçadan geçen akım şiddeti (kaynak akım şiddeti)

R : Kaynak yapılan parçanın elektrik direnci

Yukarıdaki ifadedden, elektrik direnç kaynağında kaynak kabiliyetinin malzemenin cinsine bağlı olduğu ortaya çıkmaktadır. Elektrik direncinin düşük olması; ortaya çıkan ısı miktarını azaltacağından. kaynak yapılması güçleşir. O halde; elektrik iletkenliği yüksek bir malzemenin kaynak kabiliyeti, elektrik iletkenliği düşük malzemeye göre daha kötüdür. Elektrik direnç kaynağında kaynak kabiliyetinin tarif edilmesinde malzemenin ısı iletkenliğinin ve erime noktasının da göz önüne alınması gerekmektedir [16].

Isı iletkenliğinin yüksek olması, kaynak için gerekli ısı yoğunlaşmasını zorlaştırmaktadır. Bu sebepten ısı iletkenliği yüksek bir malzemenin elektrik direnç kaynağında kaynak kabiliyeti düşük olmaktadır. Diğer taraftan erime noktasının yüksek olması, kaynak için gerekli ısı miktarını artırmaktadır.

Yukarıda belirtilen sebeplerden dolayı malzemenin elektrik iletkenliği, ısı iletkenliği ve erime noktası göz önüne alınarak elektrik direnç kaynağında kaynak kabiliyeti aşağıdaki ifadeyle verilebilir

$$S = \frac{10^4}{\alpha \cdot \lambda \cdot t_e} \quad (2.6)$$

Burada;

S : Kaynak kabiliyeti faktörü

α : Elektrik iletkenliği (m / $\Omega \cdot \text{mm}^2$)

λ : Isı iletkenliği (cal / cm.sn.°C)

t_e : Erime noktası (°C)'.

Yukarıdaki ifade ile bulunan kaynak kabiliyeti faktörlerine göre kaynak kabiliyeti Tablo 8.2'de gösterilmiştir[16].

Tablo 2.13 Kaynak Kabiliyeti Faktörüne Göre Kaynak Kabiliyeti [18]

Kaynak kabiliyeti faktörü	Kaynak kabiliyetinin durumu
0,25' e kadar	Kötü
0,25 – 0,75 arası	Yeterli
0,75 – 2,0 arası	İyi
2,0' den yukarısı	Çok iyi

Tablo 2.14'de bazı metallerin fiziksel özellikleri ile kaynak kabiliyeti faktörleri. Tablo 2.15'de ise bazı alaşımların fiziksel özellikleri ve kaynak kabiliyeti faktörleri verilmiştir[65]. Bu tabloların incelenmesinden mesela; saf bakırın kaynak kabiliyeti çok kötü iken ($S = 0,18$), bakır alaşımı olan pirincin kaynak kabiliyeti çok iyidir ($S = 3,2$).

Tablo 2.14 Bazı metallerin fiziksel özellikleri, kaynak kabiliyeti faktörleri [65]

Metaller	Elektrik iletkenliği $A(m/\Omega.mm)$	Isı iletkenliği (cal/cm.s.°C)	Erime noktası $t_e (°C)$	Kaynak Kab.Fak. S	Kaynak Kabiliyeti durumu
Alüminyum	36	0,53	659	0,79	İyi
Demir	10	0,16	1530	4,1	Çok iyi
Altın	45	0,74	1063	0,28	Yeterli
Kobalt	11	0,17	1490	3,6	Çok iyi
Bakır	56	0,94	1083	0,18	Kötü
Magnezyum	22	0,41	650	1,7	İyi
Nikel	11	0,21	1453	3,0	Çok iyi
Platin	9	0,17	1770	3,7	Çok iyi
Gümüş	62	1,1	960	0,15	Kötü
Titan	1,85	0,041	1660	79,0	Çok iyi
Tungsten	18	0,40	3380	0,41	Yeterli

Tablo 2.15 Bazı alaşımların fiziksel özellikleri ile kaynak kabiliyeti faktörleri [65].

Alaşımlar	Elektrik iletkenliği A(m/Ω.mm)	Isı iletkenliği (cal/cm.s.°C)	Erime noktası t _e (°C)	Kaynak Kab.Fak. S	Kaynak Kabiliyeti durumu
Karbonlu çelik	6,0	0,12	1490	9,3	Çok iyi
Ostenit	3,5	0,05	1420	40	Çok iyi
Magnezyum Alaş.	16,0	0,28	620	3,6	Çok iyi
Al Mg3	20,0	0,37	625	2,2	Çok iyi
Al Mg5	16,5	0,28	605	3,6	Çok iyi
Al Mn	25,0	0,41	645	1,5	İyi
Al Mg Mn	22,0	0,35	630	2,1	Çok iyi
Al Mg Cu	27,5	0,37	590	1,7	İyi
Al Mg Si	31,0	0,42	620	1,2	İyi
Çinko	17,0	0,25	400	5,9	Çok iyi
Pirinç Alaşımları	12,0	0,28	925	3,2	Çok iyi
Alüminyum Alaş.	22,0	0,37	610	2,0	İyi

2.8.2 Gaz Ergitme Kaynağı

Kaynak gerekli ısının biri yanıcı, diğeri yakıcı olan gazların yakılmasıyla oluşan alevden faydalanılarak yapılan kaynağa “gaz ergitme kaynağı” adı verilir. Yakıcı gaz olarak genellikle oksijen kullanılır. Tablo 2.16’ da yanıcı gazların fiziksel özellikleri verilmiştir.

Gaz ergitme kaynağında kullanılacak gazın seçiminde aşağıdaki şartlar göz önüne alınır.

- Yüksek bir ısı değer,
- Yüksek bir alev sıcaklığı,

- Yüksek tutuşma hızı,
- Kaynak banyosunu havaya karşı koruma,
- Artıksız bir yanma,
- Ucuz ve kolay üretilebilme.

Tablo 2,16 Yanıcı gazların fiziksel özellikleri [16, 19]

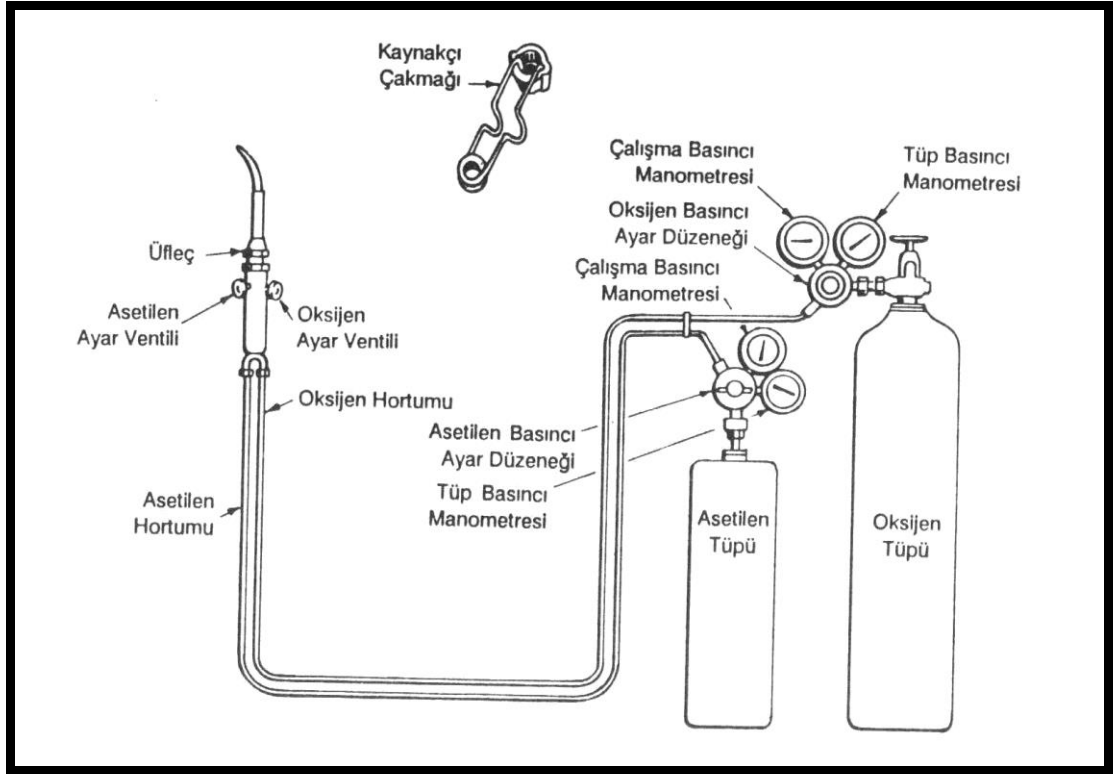
Gazlar Özellikleri	Asetilen C_2H_2	Hidrojen H_2	Propan C_3H_8	Bütan C_4H_{10}	Havagazı
Isı değeri (kcal/m ³)	13600	2580	21700	28300	4200
Alev Sıcaklığı (°C)	3120	2280	2780	2500	2000
Tutuşma hızı (cm/sn)	1350	890	450	450	705

Yukarıdaki şartları en iyi karşılayan gaz, Tablo 2.16' dan da görüldüğü gibi asetilendir. Bu nedenle sanayide en çok asetilen kullanılır ve gaz ergitme kaynağına "oksi-asetilen kaynağı" adı verilir.

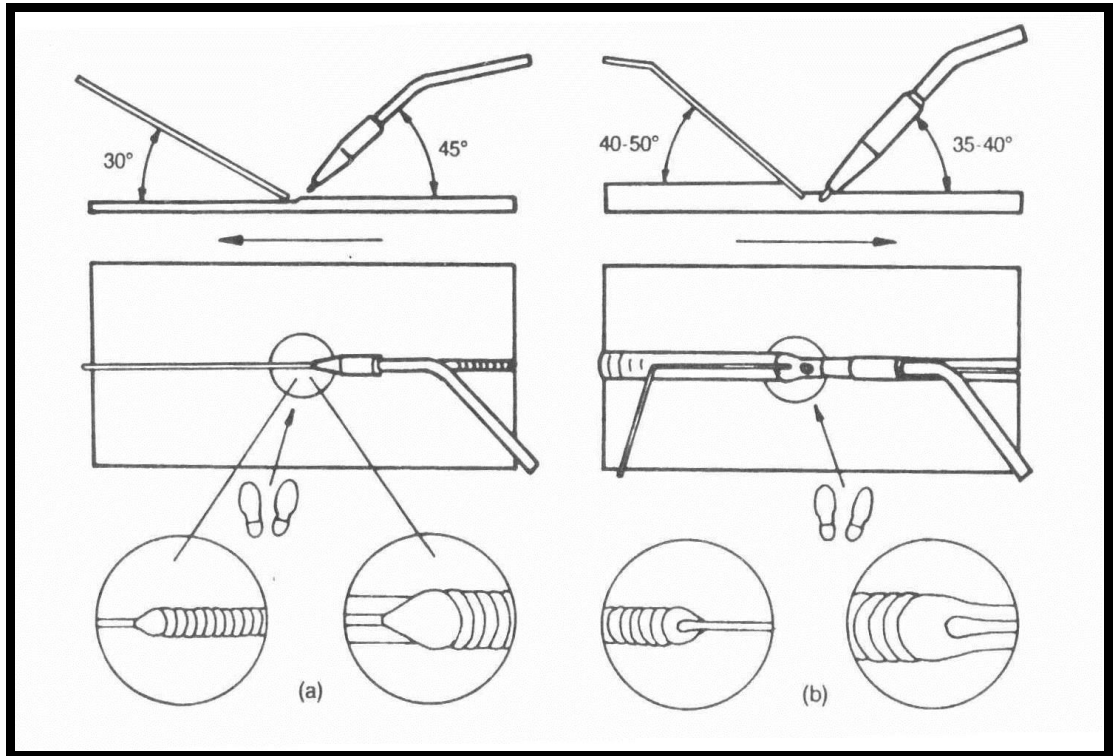
Şalamo veya üfleç diye adlandırılan bir yakıcıya asetilen ve oksijen iki ayrı hortum tarafından iletilir; üfleçte bu gazlar istenen oranda karışır ve üflecın bek kısmından dışarı çıkar ve burada yanarak kaynak alevi oluşturur.

Şekil 2.29' da tipik bir oksi-asetilen kaynak donanımı görülmektedir.. Kaynak alevi gerek iş parçası ve gerekse de ek kaynak metalini eritecek güçtedir. Ek kaynak metali gerektiğinde tel çubuk halinde kaynak bölgesine kaynakçı tarafından verilir.

Şekil 2.30'da oksi-asetilen kaynağının uygulaması gösterilmiştir.



Şekil 2.29 Oksi-asetilen kaynak donanımı [17]



Şekil 2.30 Oksi-asetilen kaynağının uygulanması [17]

(a) Sol kaynak

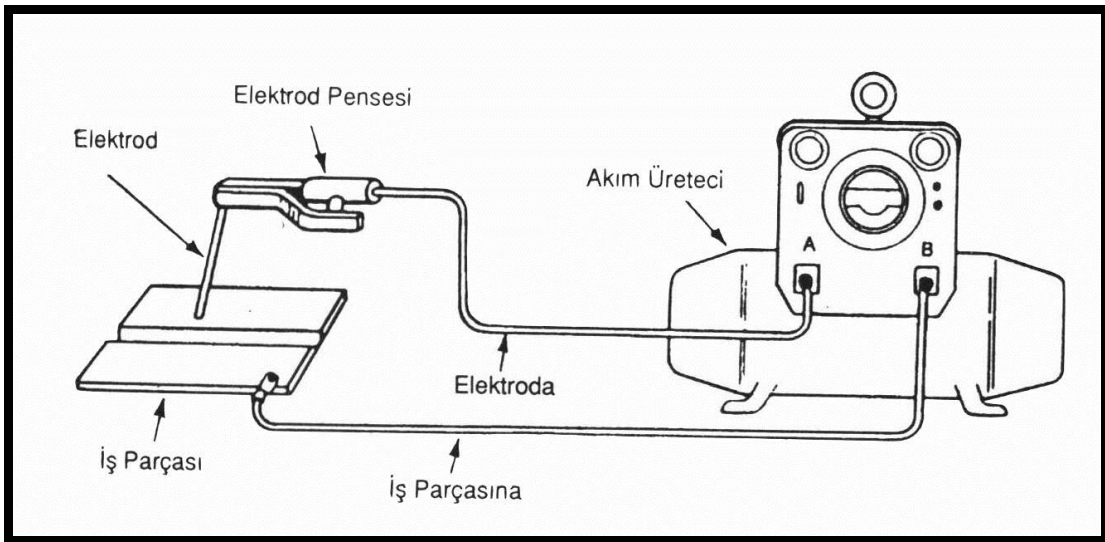
(b) Sağ kaynak

Her tür metal ve alaşımlarının kaynak edilebildiği bu yöntem gerek yavaşlığı ve gerekse de yetişmiş personel gereksinimi nedeni ile bu gün sadece tamir işlerinde uygulama alanı bulmaktadır.

2.8.3 Örtülü Elektrod İle Elektrik Ark Kaynağı

Bütün kaynak yöntemlerinde işlemi gerçekleştirebilmek için bir kaynak enerjisine, bu enerjiyi sağlayan ve kaynak bölgesine taşıyan bir donanım, kaynak ağzını doldurmak için bir ilave kaynak metaline ihtiyaç vardır. Kaynaklı bağlantı için gerekli ısıнын elektrodlar arasında oluşturulduğu ve ark vasıtasıyla sağlandığı eritme kaynağı türüne "elektrik ark kaynağı" adı verilir. Şekil 2.31'de elektrik ark kaynağının donanım şeması gösterilmiştir. Ark esaslı uygulamalarda,ark oluşturulmasında kullanılan ve elektrod olarak adlandırılan elemanlar,ergiyerek metalse banyoya göçme durumlarında ergiyen elektrod olarak tanımlanmakta ,bunlar yöntemlere bağlı olarak çıplak örtülü, özlü,örgülü,çubuk veya band şeklinde olabilmektedir.

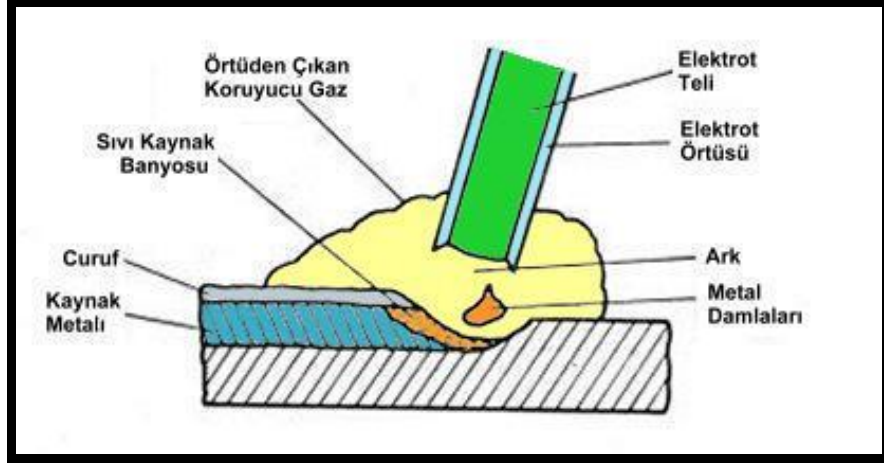
Sadece ark oluşumuna katkıda bulunan ergimeyen elektrodlar ise karbon volfram ve alaşımlı volfram elektrodlar olarak adlandırılabilirler.



Şekil 2.31 Elektrik ark kaynağının donanım şeması [15]

Örtülü elektrod ile elektrik ark kaynağında ark, iş parçası ve eriyen elektrod arasında yanar ve bu şekilde eriyen elektrod aynı zamanda kaynak metali haline geçer. Elektrod örtüsü aynı anda yanarak erir. Açığa çıkan gaz ark bölgesini korur ve yanma sonucu oluşan cüruf ise kaynak dikişini örterek

kaynak bölgesinin korunmasını sağlar. Şekil 2.32’de örtülü elektrotla elektrik ark kaynağı prensibi gösterilmiştir. Arkın teşkili sırasında elektrotdan eriyen damlaların iri taneli, orta taneli veya ince taneli olması elektrodun örtüsüne bağlıdır[1].



Şekil 2.32 Örtülü elektrod ile ark kaynağı prensibi [17]

Ayrıca elektrod örtüsüne katılan alaşım elementleri yardımı ile, kaynak dikişini alaşımlandırarak, istenen özelliklerde kaynak bağlantısı elde edilebilmektedir. Örtülü elektrod ile elektrik ark kaynağı, ark kaynak yöntemleri içinde en basit, en popüler ve en universal özelliğe sahip olan yöntemdir. Bu yöntem uygulamada, demir esaslı veya demir dışı metal ve alaşımlarının kaynağında 1,2 mm.den daha kalın parçalara, her kaynak pozisyonunda uygulanabilmektedir [20].

Bu metodun çok kullanılır olmasının nedenleri :

- Elastikliği
- Her yerde ve her pozisyonda kullanılabilmesi
- Hemen. her metal için uygun örtülü elektrodun bulunabilmesidir. Fakat verimlilik ekonomiklik yönünden metodun sakıncaları vardır.

Bu sakıncaları şu maddelerle özetleyebiliriz :

- Arkın başlatılması, yanması, boyunun ayarı, söndürülmesi,
- Sap kayıplarından kaçınılamamasıdır.

- Kullanılmış elektrod sapını atmak ve pense ve yeni bir elektrot takmak için ark söndürülmekte ve zaman kaybolmaktadır.
- Elektrodların taşıdıkları akım sınırlı olmaktadır.
- Elektrod boyutlarında bir sınırlama söz konusudur. Elektrodların daha uzun olması halinde kaynakçı kaynak banyosuna hakim olamaz ve dikiş bozulur.
- Sıcak hava koşullarında, kaynakçının kullanabileceği elektrod çapı sınırlı olmaktadır.
- Bu elektroddan arzulanan neticenin elde edilebilmesi tamamen kaynakçının ustalığına ve becerisine kalmıştır.
- Kaynak hızı ve eriyen elektrod metalinin kaynak ağzını doldurması için gerekli işlemlerin tamamen kaynakçı tarafından yapılması

Örtülü elektrod kullanılarak el ile yapılan elektrik ark kaynağında teknik donanım kadar kaynakçının bilgisi ve el becerisi de büyük bir önem taşımaktadır. Son yıllarda kaynak teknolojisindeki en son gelişmelerden biri de inverter kaynak makinalarının (Şekil 2.33'te inverter tip kaynak makinesi gösterilmiştir.) uygulamaya girmiş olmasıdır [15]. Bu makinaların avantajları aşağıda sıralanmıştır.

Transformatörlerin büyüklüğü alternatif akımın frekansı ile ters orantılıdır; frekans büyüdükçe transformatör küçülür. Aynı akım gücündeki bir normal redresör ve inverter karşılaştırıldığında, inverterin ağırlık olarak % 25 ve boyut olarak ta %33 daha küçük olduğu görülür.

İnverter kaynak makinalarının daha yüksek bir verim ve daha büyük bir güç faktörüne sahiptirler ve dolayısı ile inverter kullanımı halinde elektrik giderlerinde önemli bir azalma ortaya çıkmaktadır ve özellikle 200 amperin altındaki akım şiddetleri ile çalışma halinde bu verimlilik daha da büyümektedir.

İnverter kaynak makinalarının en önemli avantajı kaynak arkının stabilitesinin, performansının ve kontrol kabiliyetinin artmasıdır. Kontrol devresi inverterin çıkışını saniyede 20.000 kez değiştirebilmekte ve ark kontrolünün çok hassas bir biçimde gerçekleşmesine yardımcı olmaktadır. Küçük transformatörler değişimlere alışılmış makinalarda kullanılan büyük

transformatörlerden daha az direnç göstermekte ve daha hızlı bir uyum sağlayabilmektedirler. Bu iki husus inverterlerin en önemli üstünlüğüdür.

İnverter kaynak makinalarının, endüktans (akımın inme ve çıkma hızı) üzerinde daha etkin bir kontrol sağlaması kaynakçıya kaynak arkını çok yumuşak bir ark halinden daha delici ve derin nüfuziyet sağlayan bir ark haline kadar ayarlama olanağını sağlar. Bu olay ise, kısa ark ile çalışma halinde karşılaşılan yanma oluğu, soğuk kalmış bölgeler oluşumu tehlikesini ortadan kaldırdığı gibi bu tür çalışmada görülen büyük miktarda sıçramanın azalmasını da sağlar.



Şekil 2.33 Inverter tip modern bir kaynak makinası [21,22]

Örtülü elektrodlardaki örtünün faydaları kısaca aşağıda sıralanmıştır.

- Arkın tutuşması ve oluşmasını kolaylaştırır. Böylece hem doğru hem de alternatif akım ile kaynak yapılması mümkün olur.
- Eriyen metal damlalarının yüzey gerilimlerine tesir ederek; tavan ve dikine kaynak işlemlerinin yapılmasını kolaylaştırır.

- Bir koruyucu gaz ortamı meydana getirerek, kaynak dikişinin havanın oksijen ve azotunun tesirinden korumuş olur. Böylece, kaynak dikişinin mekanik özellikleri yükselir.
- Kaynaktan sonra dikişin üzerini bir cüruf tabakası ile örterek, dikisin yavaş soğumasını sağlar.
- Dikişi alaşımlandırmak amacıyla, kaynak banyosunun içerisine alaşım elemanları ilavesini sağlar.
- Erime (kaynak) hızını yükseltir,
- Erimiş kaynak banyosunu deokside eder.

Örtülü elektrodlar çeşitli ülkelerin standartlarına göre farklı biçimde kodlanırlar. Ülkemizde elektrod üreticileri TS 563'ün yanı sıra ISO, DIN, AWS/ASTM standartlarına göre de elektrodlarını kodlamaktadırlar. Eylül 1989'da yenilenmiş olan TS 563'ün kodlama sistemi DIN 1913 ile paralellik göstermektedir. Tüm standartlarda kodlama elektrod örtüsünün türü, çekme ve akma mukavemeti, kopma uzaması, kaynak pozisyonu, akım durumu ve belirti sıcaklıklardaki çentik darbe dayanımı çeşitli simgelerle gösterilmektedir.

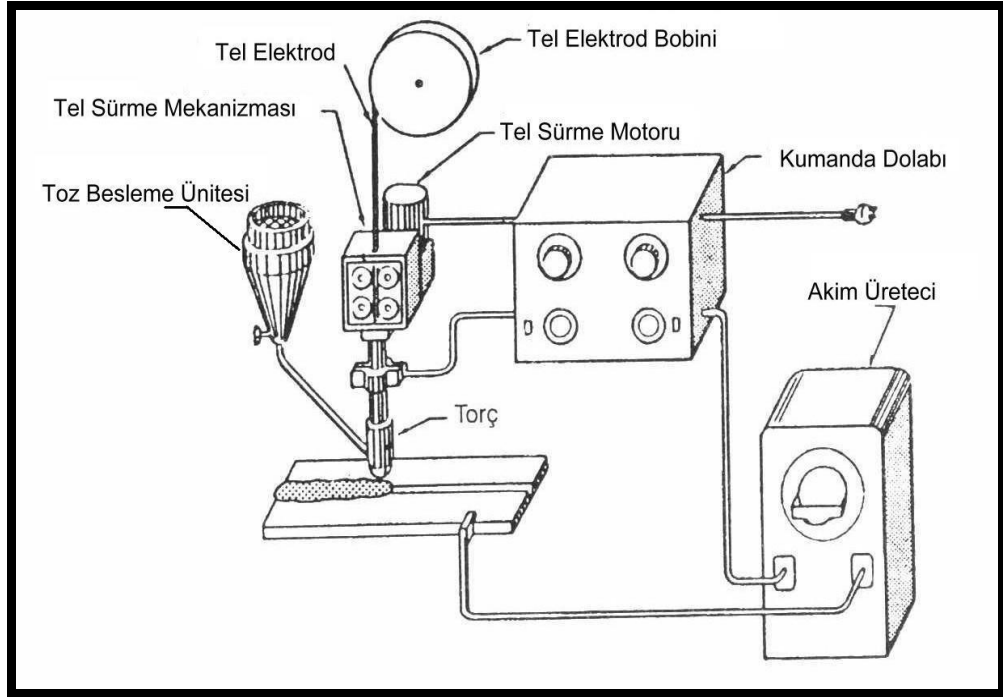
Kaynak işlemini hızlandırmak, kaynakçının dikişin kalitesine etkisini ortadan kaldırmak konusunda çalışmalar sonucunda iki ayrı yoldan gidilerek, bugün tozaltı ve gazaltı diye adlandırdığımız kaynak yöntemleri geliştirilmiştir.

2.8.4 Tozaltı Kaynağı

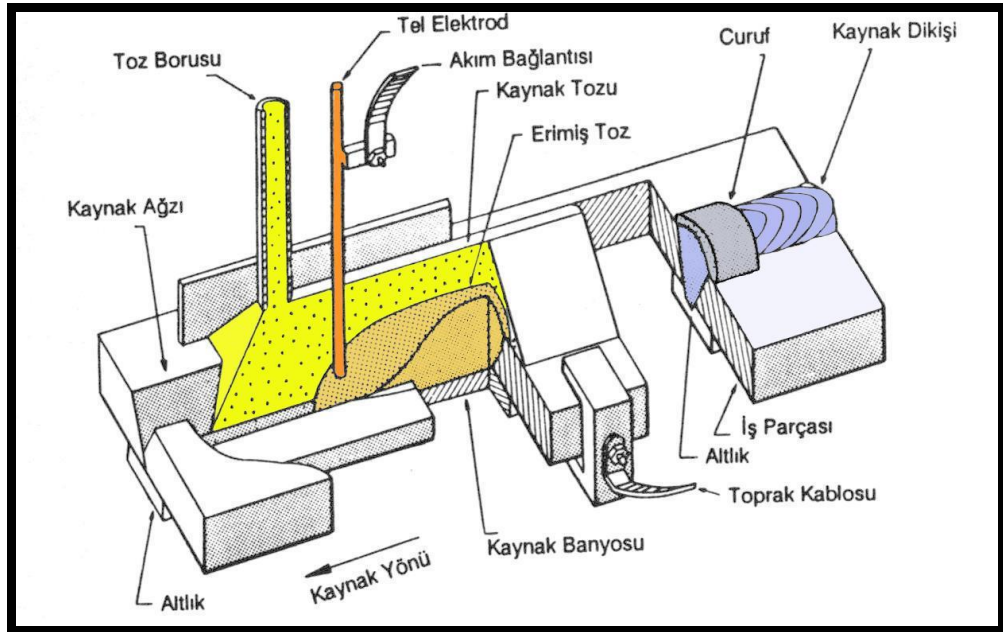
Temel olarak bir elektrik ark kaynağıdır. Kaynak arkı, otomatik olarak kaynak yerine gelen çıplak bir elektrod ile iş parçası arasında meydana gelir. Aynı zamanda, kaynak yerine devamlı olarak bir toz dökülür ve ark bu tozun altında yanar. Bu sebepten bu usul tozaltı ark kaynağı olarak adlandırılmıştır. Şekil.2.34' de tozaltı kaynak donanım şeması gösterilmiştir. Bu yöntem 1933 yılından itibaren yayılmaya başlamış ve İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra gelişerek endüstride önem kazanmıştır [20].

Şekil 2.35'de tozaltı kaynak yönteminin prensip şeması verilmiştir. Tozaltı kaynağı otomatik bir kaynak usulü olmanın yanında, yüksek güçlüdür. Bir paso ile 85 mm, iki paso ile 180 mm ve çok paso ile 300 mm kalınlığa kadar

parçaların kaynağını yapmak mümkün olmaktadır. Kaynak yapılabilecek en ince sac kalınlığı ise, 1,2 mm'dir.



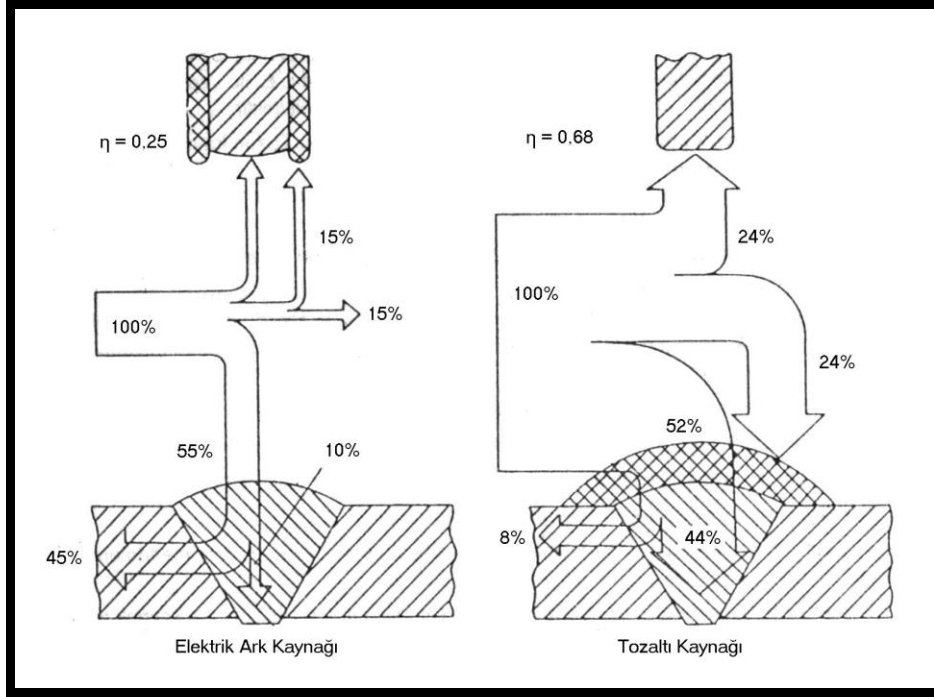
Şekil 2.34 Tozaltı kaynak yöntemi donanım şeması [15].



Şekil 2.35 Tozaltı kaynağının prensibi [16, 20]

Bu usulde normal elektrik ark kaynağına nazaran elektrod teli daha yüksek bir akım şiddeti ile yüklenebilir. Bu sebepten, derin nüfuziyetli ve geniş

banyolu dikişler elde edilir. Mesela 4 mm çapındaki bir elektrod ile ark kaynağında 150 ila 190 amper arasında akımla kaynak yapılırken, tozaltı ark kaynağında 400 ilâ 650 amper arasında bir akım ile kaynak yapılabilir. Şekil 2.36'da elektrik ark kaynağı ile tozaltı kaynağının ısı bilançosu gösterilmiştir.



Şekil 2.36 Elektrik ark kaynağı ve tozaltı kaynağındaki ısı bilançosu [17]

Yöntemin Avantajları :

- Kaynak parametreleri uygun seçildiği ve doğru çalışma şekli yapıldığında çok güzel görünümlü ve hatasız kaynak dikişleri elde edilir.
- Ark devamlı bir şekilde bir toz yığını altında teşekkül ettiği için arktan korunmak için tedbir almak ve zararlı ışınlardan müteessir olmak söz konusu değildir.
- Yöntemin derine işleme kabiliyeti olduğu için daha dar kaynak ağızları kullanılabilir. Bu ise daha az işçilik ve daha az masraf demektir.
- Sıçrama sorunu yoktur.
- Yüksek ergitme hızlarına sahip ve hızlı kaynak uygulamalarına elverişlidir.

- Kaynak tozunun kaynak dikişinin mekanik özelliklerini etkileyecek şekilde alaşımlandırmak mümkündür.
- Açık havada kayna yapıldığında rüzgarın etkisi diğer yöntemlere göre daha azdır.
- Tam otomatik uygulamalar için olduğu kadar elle uygulamalar için de kullanılabilir.
- Kaynak esnasında zararlı metal tozları ve duman çıkmaz.

Tozaltı kaynağında kullanılan kaynak tozlarında iyi bir kaynak dikişi ve mukavemeti alabilmek için bazı özelliklere sahip olması gerekir.

- Kaynak işlemi sırasında arkın kararlılığını sağlaması.
- Kaynak banyosunu ve esas metali havanın zararlı etkilerine karşı koruması,
- İstenilen kimyasal bileşim ve mekanik özelliklere sahip bir kaynak dikişi vermesi.
- Parçadan ısının dışa yayılmasını yavaşlatması.
- Çeşitli kaynak hatalarının oluşmasına sebebiyet verebilecek organik maddeleri içermemesi,
- Kaynak sırasında katı, sıvı ve gaz fazları arasındaki bütün reaksiyonların kaynak melali katılaşıncaya kadar geçecek olan kısa süre içerisinde meydana gelmesini sağlaması gerekir.

Yukarıda sıraladığımız önemli üstünlüklerine karşılık tozaltı kaynak tekniğinin de bazı sınırlamaları vardır. Bu yöntem ince saçlar için uygun değildir; el ile kullanılmak için geliştirilmiş donanımlar iyi sonuçlar vermemiştir; bu bakımdan yöntemin başarılı bir biçimde uygulanabilmesi için kaynak edilecek malzemenin biçimi, iletme tertibatının yörüngesine uygun olmalıdır, yeterli sayıda parçalar için özel yörüngeye sahip iletme tertibatları imal edilir. Tozaltı kaynak tekniği, ancak yatay kaynak dikişleri için uygundur, her ne kadar özel bir tertibat yardımı ile dik ve korniş kaynağı yapabilme olanağı elde edilmiş ise de, tavan kaynaklarını bu yöntem ile birleştirme olanağı yoktur; boru kaynağında ancak boru döndürüldüğü takdirde bu yöntem ile kaynak yapmak olasıdır; kısa dikişler halinde

makinanın ayarlanması için kaybedilen zaman göz önüne alındığında, İşlem ekonomikliğini yitirmektedir.

Tozaltı kaynak yöntemi ile sadece çeliklerin kaynatılabilmesi; araştırmacıları diğer endüstriyel metal ve alaşımların kaynağı için de etkin bir yöntem geliştirmeye zorlamıştır.

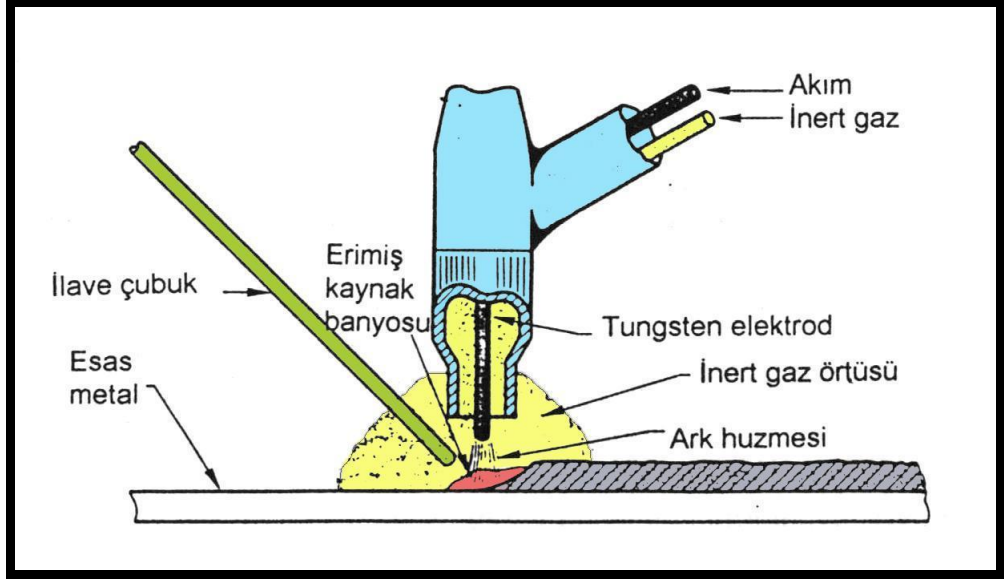
Anlatılan bu dezavantajlar kısaca özetlenecek olunursa bu kaynak yönteminde;

- Tesis masrafı fazladır.
- Kaynak tozunun yayılması ve toplanması ve elenmesi çoğu hallerde ilave bir ekipmana ihtiyaç gösterir.
- Her pozisyonda kaynağa elverişli değildir. Yüksek ergime neticesinde kaynak bölgesinde ve ısı geçiş bölgelerinde yapı bozulmaları olabilir.
- Kaynak tozu iyi korunamadığı durumlarda kaynak dikişinde hataların olma ihtimali yüksektir.
- Kaynak dikişinde istenen akma limiti sağlanamayabilir (bu durumda özlü tel veya çok pasolu kaynak tercih edilir).

2.8.5 Gazaltı Kaynak Yöntemleri

2.8.5.1 Gazaltı Tungsten Ark Kaynağı (TIG)

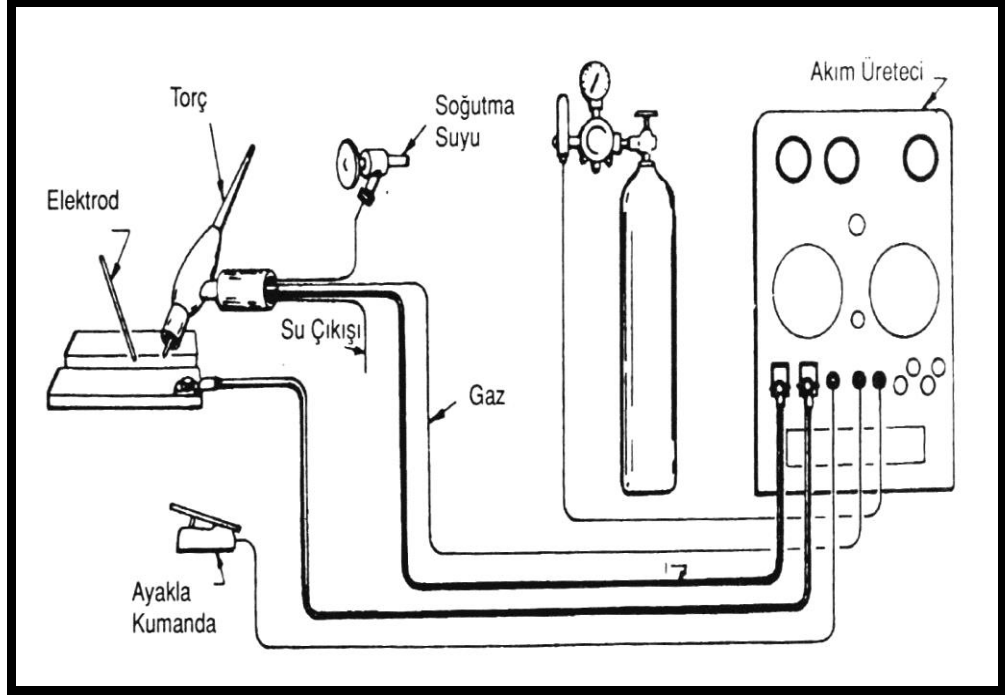
Kaynak bölgesini bir asal gaz ile koruma fikri 1920'lerin başlarına kadar gitmektedir, O yıllarda örtülü elektrodlardaki büyük gelişmeler, uygulama kolaylığı, çeşitlilik ve yöntemin endüstrinin gereksinimlerini karşılaması, pahalı asal gaz korumalı bu kaynak yönteminin gelişmesini önlemiştir. Bununla beraber bu konuda 1930 yılında Henry M. Hobart ve Philip K. Dewers soy gaz korumalı kaynak yönteminin patentini almışlardır. Sonraları, Tungsten Inert Gas kelimelerinin ilk harflerinden oluşmuş TIG kelimesi ile adlandırılan bu yöntemde, kaynak için gerekli ısı enerjisi bir tungsten elektrod ile iş parçası arasında oluşturulan ark tarafından sağlanmakta ve kaynak bölgesi de elektrodu çevreleyen bir lüleden gönderilen, soy gaz (Helyum veya Argon) tarafından korunmaktadır [16,17,18]. Şekil 2.37'de TIG kaynak yönteminin prensip şeması gösterilmiştir.



Şekil 2.37 TIG kaynak yönteminin prensip şeması [23]

1944'te Russell Meredith, magnezyum ve magnezyum alaşımlarının kaynağını yapabilme olanağı veren gazaltı yönteminin patentini almış ve önceleri sadece doğru akım ile kullanılan bu yöntem yüksek frekans dengeleme sisteminin geliştirilmesi ile alternatif akım ile de uygulanabilir hale gelmiştir.

Kaynak için eklenen metal, gerektiğinde, oksii-asetilen yönteminde olduğu gibi, tel çubuk halinde kaynakçı tarafından kaynak bölgesine sokulmaktadır. (Şekil 2.38'de TIG kaynak yönteminin donanım şeması gösterilmiştir.) Yöntemin, diğer ark kaynak yöntemlerinde görülemeyen en önemli üstünlüklerinden bir tanesi de ısı girdisi ve ek kaynak metali girdisinin birbirlerinden bağımsız olarak ayarlanabilmesidir.



Şekil 2.38 TIG kaynak yönteminin donanım şeması [17]

Aşağıda TIG kaynağı ile elektrik ark ve oksî-asetilen kaynağı arasındaki farklılıklar verilmiştir [16,18]:

- Bir dekapan (örtülü elektrodların örtüsü, tozaltı kaynağındaki toz vs.) gerektirmez; bitmiş kaynaklardan korozif artıkların temizlenmesine gerek duyulmaz.
- Kimyasal bileşim bakımından kaynak metalinin bileşimi, kaynak edilen esas metal ile hemen hemen aynıdır. Diğer yöntemlerle oluşturulan kaynaklara göre genellikle daha yüksek dayanımlı, korozyona karşı daha dirençli ve daha sünektir. İnert gaz, diğer maddelerle birleşmez ve kaynak metalinin bu tip maddelerle kirlenmesine müsaade etmez.
- Kaynak tüm pozisyonlarda kolaylıkla yapılabilir.
- Kaynak işlemi kolaylıkla gözlenebilir. Görüşü engelleyen herhangi bir duman veya sis oluşmaz ve kaynak banyosu temizdir.
- Kaynağa bitişik esas metaldeki distorsiyon miktarı minimumdur. Isı, küçük bir alanda yoğunlaşır ve dolayısıyla Isıdan Etkilenmiş Bölge daha küçük boyuttadır.

- Metal temizleme problemine yol açan sıçrama olayı yoktur. Ark sırasında herhangi bir metal taşınmadığından bu problemten kaçınılmaktadır.

TIG kaynak yöntemi çok geniş bir kullanma alanına sahiptir, demir esaslı alaşımların kaynağında ve endüstride karşılaşılan demir dışı metal ve alaşımların çok büyük bir kısmının kaynatılmasında başarı ile kullanılabilmekte ve tüm kaynak pozisyonlarında sağlıklı sonuç alınabilmektedir. Bu yöntem ince levhaların kaynağında çok başarılı sonuçlar vermesinin yanı sıra kalın parçalara da kolaylıkla uygulanabilmektedir [16].

Ergimeyen, tungsten elektrod kullanılması, gerektiğinde esas metal ergitilerek, ek kaynak metaline olan gereksinmeyi de ortadan kaldırmaktadır.

Bununla beraber yöntemin uygulamalarını sınırlayan bazı özellikleri de vardır; bunlar şu şekilde sıralanabilir:

- Kaynak hızı gerektiği kadar yüksek değildir ve özellikle kalın parçalar halinde bu önemli bir mahzur oluşturmaktadır,
- Yöntem özellikle kalın parçalar için ekonomik değildir,
- Kaynakçı bu yöntem için özel olarak yetiştirilmiş olmalıdır.

Başlangıçta sadece korozyona dayanıklı çeliklerin kaynağında uygulanabilen TIG yöntemi endüstriyel her tür metal ve alaşımı kaynatabilen bir yöntem olarak günümüzün en vazgeçilemez tamir ve üretim kaynağı yöntemleri arasında yerini almıştır.

TIG kaynak yöntemi ile her tür endüstriyel malzemedeki doyurucu kaynak bağlantıları elde edilebilmesine karşın yöntemin yavaşlığı araştırmacıları benzer sonuçlar veren ama daha hızlı bir yöntemin arayışına yöneltmiştir. Elle TIG Kaynağında Kullanılan Ekipman

TIG kaynağı için gerekli ekipman ve malzeme, içinden gaz geçen ve koruyucu gazı ark çevresine yönlendiren bir meme ile erimeyen bir tungsten elektrod içeren bir elektrod tutucusu veya torç; bir koruyucu gaz tüpü, bir basınç düşürme manometresi (basınç regülatörü) ve akışölçer (debimetre); bir elektrik akımı üretici ve bazı makinalarda da bir soğutma suyu devresinden oluşur. Şekil 2.39' de modern bir TIG kaynak makinası görülmektedir.



Şekil 2.39 Modern bir TIG kaynak makinası [21]

TIG Torcu:

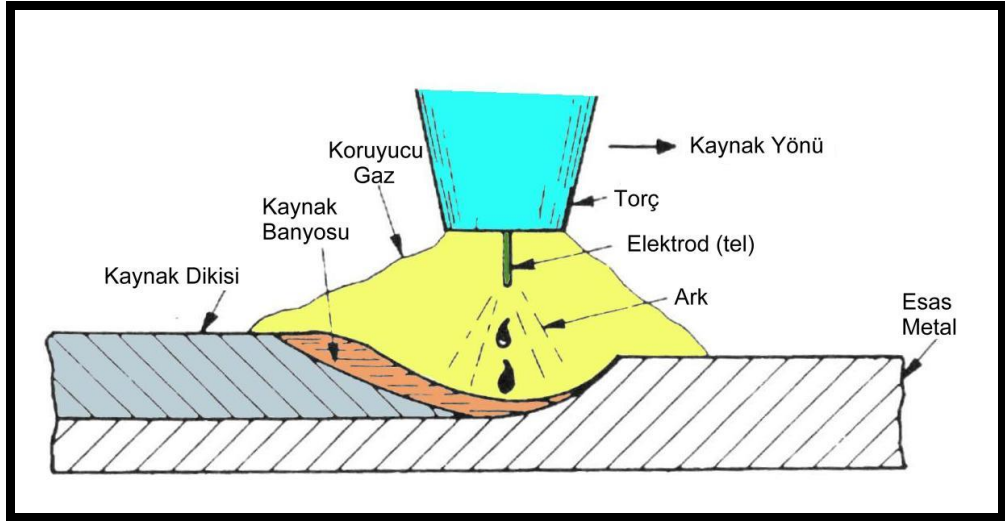
Bir TIG torcu, özel olarak tasarlanmış bir elektrod tutucusudur. Torç, çeşitli boyutlarda tungsten elektrodları kolaylıkla kullanabilecek tarzda imal edilmiş olup koruyucu gazın akışını yönlendirecek, değiştirilebilen bir gaz memesi ile donatılmıştır. Torçların bazıları hava soğutmalıdır ancak su soğutmalı torçlar daha yaygın şekilde kullanılmaktadır.

Tungsten Elektrodlar:

TIG kaynağı veya plazma kaynağı için kullanılan sürekli elektrodlar, TS EN 26848 'de standartlaştırılmıştır. Bu elektrodlar, genellikle silindirik çubuklar olup, tungsten metalinin yüksek erime sıcaklığı (3390°C) nedeniyle döküm yöntemiyle değil sinterlenerek ve bağlayıcı ile birleştirilerek imal edilir. Standartlaştırılmış çaplar 0,5; 1,0; 1,6; (2,0); 2,4; (3,0), 3,2; 4,0; (5-0); (6,0); 6,4; 8,0 mm dir. Eğriliklerden mümkün olduğunca kaçınılmalıdır. Yuvarlak enkesitli elektrodların haricinde, dikdörtgen kesitli elektrodlarda vardır.

2.8.5.2 Gazaltı Metal Ark Kaynağı(MIG/MAG)

Yapılan araştırmalar sonucu geliştirilmiş ve ilk kez 1948 yılında A.B.D' de alüminyum ve alaşımlarının sonra da sırası ile yüksek alaşımlı çeliklerin, bakır ve alaşımlarının, karbonlu çeliklerin kaynağında uygulanmış olan MIG (Metal Inert Gaz) kaynak yönteminde de ark, helyum ve argon gibi soy bir gazın koruması altında yanar; bu yöntemin TIG yönteminden farkı, arkın iş parçası ile kaynak metali gereksinimini de karşılayan bir elektrod arasında oluşturulmasıdır. Şekil 2.40'da MIG kaynak yönteminde ark bölgesi gösterilmiştir.



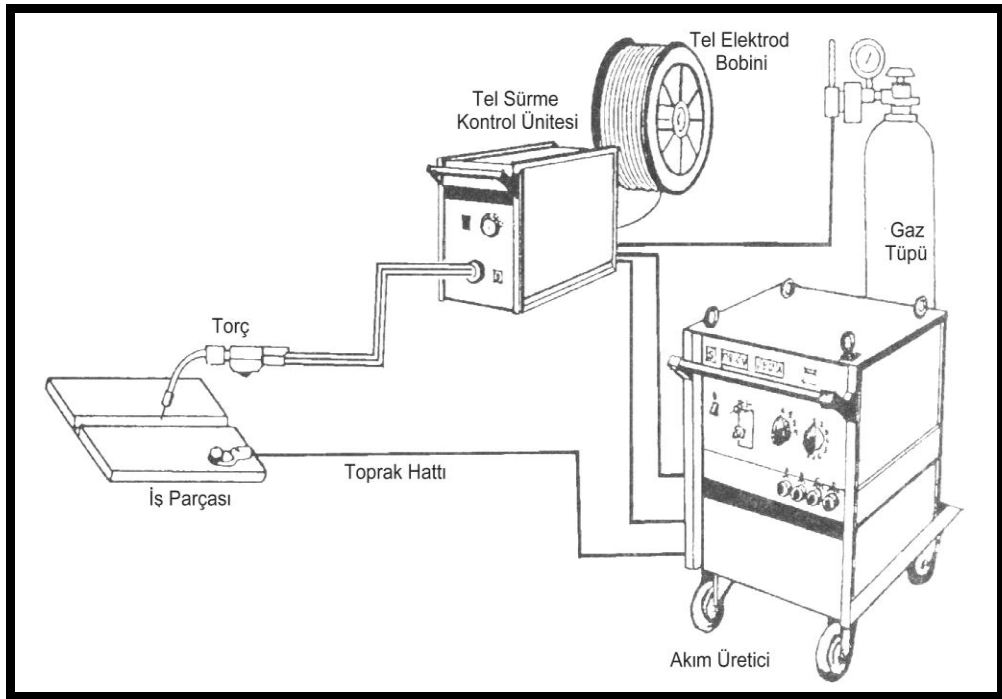
Şekil 2.40 MIG kaynak yönteminde ark bölgesi [15]

Ergiyen elektrod ile gazaltı kaynağı çok geniş bir uygulama alanına sahiptir, çok ince levhalar hariç, her kalınlıktaki demir esaslı ve demir dışı metal ve alaşımların kaynağında uygulanabilmektedir. Yatay karakteristikli, diğer bir deyim ile sabit gerilimli kaynak makinalarının gelişmesi sonucu ince çaplı kaynak teli ile yüksek akım şiddeti uygulama olanağı, ısıdan etkilenen bölgesi daha dar ve daha derin nüfuziyetli kaynak bağlantılarının elde edilmesine olanak sağlamıştır.

Bu yöntemin uygulanması çok basittir, operatör hiçbir zorlukla karşılaşmaz; toprak kablosunu iş parçasına bağlayıp, torcun ucundaki tel elektrodu kaynak ağzına değdirmek yeterli gelmektedir, torç önceden belirlenmiş bir

debide koruyucu gazı ve ergiyen elektrod miktarını karşılamak üzere, sabit hızda tel elektrodu bölgeye sevk etmekte, sistem uygun ark boyunu, kendisi otomatik olarak ayarlamakta ve sabit tutmaktadır.

Uygulama kolaylığı nedeni ile tüm demir dışı metal ve alaşımlarının kaynağında çok popüler ve aranan bir yöntem haline gelen MIG yönteminin yalın karbonlu ve az alaşımlı çeliklerde uygulama alanı bulamamasının nedeni soy gazın pahalılığı olmuştur. Şekil 2.41' de MIG kaynak donanımı şeması görülmektedir.



Şekil 2.41 MIG kaynak donanımı şeması [15]

Bilindiği gibi yalın karbonlu ve az alaşımlı çeliklerin örtülü elektrod ile kaynağında ark bölgesi, örtünün yanması veya ayrışması sonucu ortaya çıkan CO₂ tarafından havanın olumsuz etkilerinden korunmaktır; bu olaydan hareket edilerek CO₂' in koruyucu gaz olarak kullanıldığı ilk denemeler iyi sonuç vermemiş, çok fazla sıçrama ve dikişte aşırı porozite ile karşılaşmıştır. Araştırmalar bunun nedeninin CO₂' in safiyetsizliği ve içerdiği rutubet olduğunu ortaya koymuştur.

1950'li yılların sonlarına doğru özellikle otomobil endüstrisinde, tam otomatik olarak çalışan, yüksek ergime güçlü, çok hızlı ve sadece yatay pozisyonda

alışabilen, CO₂ koruyucu gazlı kaynak makinaları kullanılmaya başlanmıştır; bu yöntemde görülen sadece yatay pozisyonda çalışabilme olanağı ve fazla miktarda sıçrama araştırmacıları bu doğrultuda çalışmalara yöneltmiştir.

CO₂ gibi aktif bir koruyucu gaz altında yapılan bu kaynak yöntemine de Metal Aktif Gaz kelimelerinin baş harflerinden yararlanılarak MAG yöntemi adı verilmiştir.

Kısa devre halinde, akımı sınırlayan frekanslı akım üreteçleri geliştirilerek, kısa ark boyu ile çalışılarak sıçrama minimuma indirgenmiştir; diğerk önemli bir gelişme sonucunda da ince çaplı elektrod kullanabilme olanağı sağlanmış ve bu şekilde, her ne kadar elektrodun akım yoğunluğu artırılmış ise de, arkin oluşturduğu ısı azalmıştır. Akım yoğunluğunun artması, arkı yoğun ve istenilen yöne kontrollü olarak doğrultulabilir hale getirmiş ve dolayısı ile de her pozisyonda kaynak yapabilen bu yöntemde önceleri sadece CO₂ kullanılmıştır. Bunun nedenleri

- Yüksek ergime hızı
- Derin nüfuziyet
- Kaynak işleminin kolaylığı
- İnce saçlarda deformasyona sebebiyet vermemesi
- Her pozisyonda kullanabilme rahatlığı
- Malzemeden ve işçilikten tasarruf sağlaması gibi nedenlerdir.

Günümüzde gereken durumlarda, arkı yumuşatmak, sıçramayı azaltmak için CO₂' e argon karıştırılıp kullanılmaktadır; karışım oranı % 85 argona kadar çıkmaktadır. Bu yöntemde bir üçüncü gelişme de çeşitli bileşimlerde ki koruyucu gazlar ile spre y ark yönteminin bulunmasıdır. Argon içine çok az miktarda oksijen ilave edilerek çeliklerin kaynağında bu yöntemin uygulanması sonucu, daha kalın çaplı elektrodlar ile her pozisyonda atışabilme olanağı sağlanmış ve çok daha düzgün görünüşlü kaynak dikişleri elde edilebilmiştir [22].

Son yıllarda geliştirilen, darbeli akım yönteminde, kaynak akımı, ayarlanan frekansta bir alt ve bir üst değerk arasında değıştirilerek iş parçasına aktarılan ısı girdisi minimumda tutularak, özellikle ince parçalarda çarpılma

azaltılmıştır. Gene son yılların önemli gelişmelerinden bir tanesi de inverter tür kaynak makinalarının uygulama alanına girmesidir; bu tür akım üreteçleri ile gerçekleştirilen kaynak işlemlerinde saf CO₂ kullanılması halinde dahi sıçrama tamamen ortadan kalkmıştır [22]. Şekil 2.42'de modern bir MIG/MAG kaynak makinası görülmektedir.



Şekil 2.42 Modern bir MIG/MAG kaynak makinası [21]

Bu yöntemin yaygınlaşmasını, her tür metal ve alaşıma uygulanmasını sınırlayan önemli engellerden bir tanesi de esas metalin bileşimine uygun kaynak teli üretimi olmuştur; zira bazı tür alaşımları kaynak teli haline getirip makaralara sarmak teknolojik olarak mümkün olamamış ve de diğer bazı türlerinde tüketiminin sınırlı oluşu tel üretimini ekonomik olmaktan çıkarmıştır. Bu önemli engeli aşabilmek amacı ile günümüzde özlü tel elektrodlar geliştirilmiş ve bunlar yaygın bir uygulama alanına sahip olmuşlardır. İnce tel kalınlığında fakat boru biçiminde üretilmiş olan bu sürekli tel elektrodlarda, borunun içine alaşımlaşmayı sağlayan metal tozları ile gerek arkın kararlılığını ve gerekse de kaynak metalinin dezoksidasyonu sağlayan ve de sıçramayı azaltan ve hatta gerektiğinde yanarak koruyucu gazı da kendi oluşturan cüruf yapıcı maddeler konmuştur. Bu yeni buluş, bu kaynak yöntemini endüstrinin en önemli yöntemlerinden biri haline getirmiş ve yaygınlaşmasına olanak sağlamıştır.

MIG-MAG yönteminin diğer ark kaynak yöntemlerine göre çok önemli üstünlükleri vardır ve bu üstünlükler sayesinde endüstride bugünkü yaygın uygulama alanlarına sahip olmuştur. Bu üstünlükler şu şekilde sıralanabilir [22]

- Ergiyen elektrod ile ark kaynağı yöntemleri arasında, MIG-MAG yöntemi endüstriyel öneme sahip demir esaslı ve demirdışı tüm metal ve alaşımlara aynı etkinlik ile uygulanabilen tek kaynak yöntemidir.
- Yarı otomatik çalışma sırasında kaynak operatörü sadece torç açılırlarına dikkat etmek ve ilerleme hızını ayarlamakla sorumludur. Kaynak donanımının ayarı basittir ve tüm kontroller bizzat donanım tarafından gerçekleştirilmektedir. Operatörün özel ve uzun süren bir eğitimden geçmesi gerekmemektedir; diğer ark kaynak yöntemlerinden herhangi birisi için yetiştirilmiş kaynakçılar birkaç saatlik bir eğitim sonucu bu yöntemi kolaylıkla uygulayabilirler.
- Kaynak işlemi her pozisyonda rahatlıkla gerçekleştirilebilmektedir; bu konuda yöntemin en önemli rakibi olan tozaltı kaynak yöntemine nazaran büyük bir üstünlüğe sahiptir; ayrıca kaynak işleminde sadece az miktarda sıçrantı oluşumu ve cüruf oluşmaması kaynak sonrası temizleme işlemlerini kolaylaştırmaktadır.

- Kaynak telinin kaynak bölgesine sürekli olarak sürülmesi, elektrod değişimi için duraklamaları ortadan kaldırmakta ve çok uzun kaynak dikişleri ara vermeden yapılabilmektedir. Bu konu, hem elektrod değiştirmek için harcanan ölü zamanı ortadan kaldırmakta hem de her dikişin başlangıç ve sonunda oldukça sık karşılaşılan gözenek, cüruf kalıntısı, soğuk kaynak ve krater çatlağı gibi kaynak hatalarının oluşmasına olanak vermemektedir.
- Elektrod telinin otomatik olarak sistem tarafından kaynak bölgesine sürülmesi ve daha yüksek akım yoğunluklarında çalışılması gerek kaynak hızının yükselmesine ve gerekse de birim zamanda yığılan kaynak metali miktarının örtülü elektrod ve TIG kaynak yöntemlerinden çok daha fazla olmasına olanak sağlamaktadır.
- Sprey ark ile metal taşınımı halinde daha derin dikiş nüfuziyeti elde edilmekte ve daha az kaynak metali harcanması esas metal ile eş mukavemetli iç köşe kaynak bağlantıları elde edilmektedir. Kullanılan tel elektrod çapının diğer yöntemlere göre daha ince oluşu daha dar bir kök aralığı bırakılmasına ve daha dar bir kaynak ağzı içinde kaynak yapılmasına olanak vermektedir ve bu olay da aynı kalınlıkta bir parçanın kaynatılmasında daha az tel elektrod tüketimine neden olduğundan bağlantının maliyetinde önemli bir düşüş sağlanmaktadır.
- Elektrod fiyatları karşılaştırıldığında, örtülü elektrod ve tel elektrod arasındaki fiyat farkı piyasanın koşullarına göre değişmekte ise de çok büyük farklar göstermemektedir, ama buna karşın örtülü elektrodlarda koçan kaybı ortalama % 17, örtünün yanma ve sıçrama kaybı da % 27' ye kadar yükselmektedir. Bu hesaba göre 1 kg örtülü elektrod 0.560 kg kaynak metali vermekte buna karşın 1 kg tel elektrod ile 0.950 kg kaynak metali elde edilmektedir.

Bütün bu üstünlüklerinin yanı sıra MIG/MAG yönteminin uygulama alanlarını sınırlayan bir takım özellikleri de vardır, bunlar şu şekilde sıralanabilir [22]:

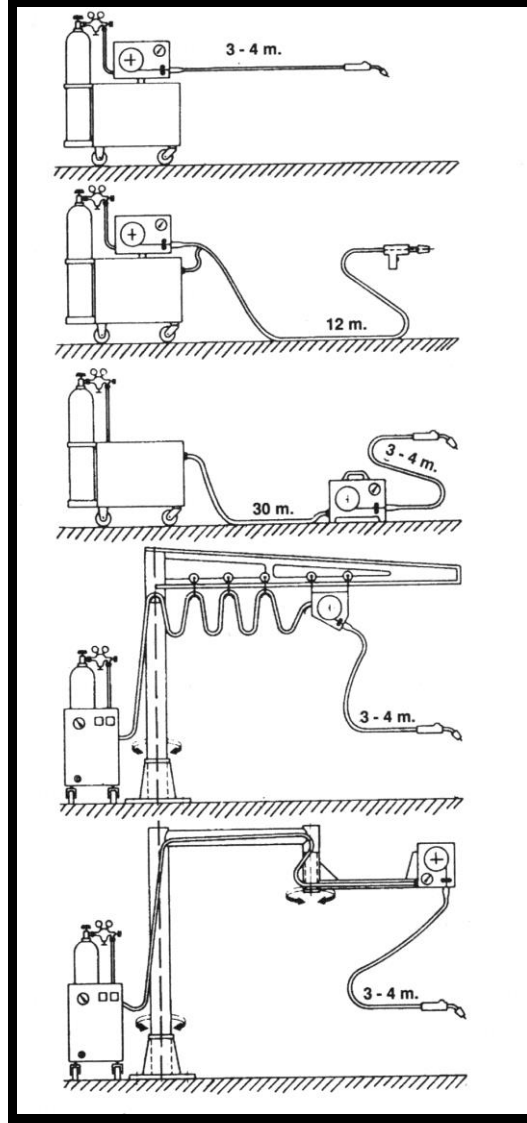
- Kaynak donanımı daha karışık bir yapıdadır, dolayısı ile daha pahalıdır ve daha etkin bir bakım gerektirir. Kaynak donanımı örtülü elektrod ile ark kaynağı donanımına nazaran daha zor taşınabilir bir yapıdadır; torç hortum paketinin uzunluğu esas donanım ile kaynak

yapılan nokta arasındaki mesafeyi sınırlamaktadır. Son yıllarda birtakım özel tertibatlar ile bu mesafe arttırılmaya çalışılmaktadır Buna örnek olarak Şekil 2.43'te çeşitli kaynak donanımları gösterilmiştir.

- Kaynak bölgesi torcun ucundaki gaz nozulundan çıkan koruyucu gaz tarafından korunmaktadır, bu gaz akımı ortamın rüzgarlı olması halinde gerekli korumayı yapamamakta ve bu da yöntemin şantiyelerde ve açık havada yapılan işlerde uygulanmasını kısıtlamaktadır.
- MIG-MAG yönteminde torç, örtülü elektrod ark kaynağında kullanılan elektrod pensesine nazaran daha büyük, daha az esnektir; dar ve zor erişilen yerlerin kaynağında zorluk göstermektedir.

Kaynak edilen metalin türü, elektrodun kimyasal bileşimini ve kullanılacak koruyucu gazın türünün seçimini belirler. Koruyucu gazın türü, tel elektrodun bileşimi ve çapı, kaynak akımının şiddetini, gerilimini ve kaynak işlemi sırasında ark içinde ergimiş metalin elektroddan kaynak banyosuna taşınım türünü belirler. Endüstride kullanılan başlıca metal ve alaşımları her pozisyonda uygun elektrod ve koruyucu gaz seçimi ve kaynak parametrelerinin iyi ayarlanması koşulu ile MIG/MAG yöntemi ile kolaylıkla kaynak edilebilmektedir.

Endüstrileşmiş ülkelerde günümüzün en popüler yarı otomatik kaynak yöntemi olan MIG/MAG yöntemi, son yıllarda ülkemizde de hızla yayılmaktadır; gerek MIG/MAG kaynak makinası ve gerekse de tel elektrod üretimindeki hızlı artış bunun en önemli göstergesidir.



Şekil 2.43 Çeşitli MIG/MAG kaynak donanımları [24]

2.8.5.3 Özlü Tel İle MIG/MAG Kaynağı

MIG/MAG kaynağında kaynak teli bileşimi esas metalin bileşimine uygun bir kaynak metali verecek biçimde ayarlanmıştır. Kaynak teli bileşiminde koruyucu gaz olarak karışım gaz veya karbondioksit kullanılması durumunda, ark bölgesinde CO_2 'nin ayrışması sonucu ortaya çıkan oksijenin etkisini ortadan kaldırmak, kaynak banyosunu dezokside etmek, kaynak banyosundaki oksitlerin karbon tarafından redüklenmesini önlemek esas metalden gelen kükürt ile fosforun olumsuz etkilerini ortadan kaldırmak için de bir takım alaşım elementleri içermek zorundadır.

Bu nedenlerden ötürü, bazı metal ve alaşımların kaynağı için talep azlığı bu tellerin üretimini ekonomik kılmamaktadır. Bazı metal ve alaşımların ise sertlik ve gevreklikleri nedeni ile tel haline getirilmelerinin teknolojik olarak olanağı yoktur.

Örtülü elektrod ve MIG/MAG kaynak yöntemlerinin en üstün özelliklerini bünyesinde toplayan bir yöntem arayışı sonucu 1950'li yılların ortalarına doğru ilk tel şeklinde özlü elektrod ile kaynak gerçekleştirilmiştir ve 1960'lı yıllarda bu yöntem önce ABD'de sonra da Avrupa'da uygulanır duruma gelmiştir. Özlü elektrod ile kaynak çok geniş bir uygulama alanı bulmuş ve sahip olduğu üstünlükler nedeni ile de birçok alanda dolu tel kullanarak uygulanan MIG/MAG yöntemi ile rekabete girmiştir.

Özlü tel elektrodlar ile kaynak yöntemi esas olarak MIG-MAG kaynağında olduğu gibi dolu tel yerine içi öz diye adlandırılan ve örtülü elektrodun örtüsü görevini üstlenen bir madde ile doldurulmuş boru şeklinde elektrod kullanan bir kaynak yöntemidir.

Özlü tel elektrodlar , gazaltı kaynağı (MIG-MAG) donanımı ile, gaz kullanarak veya kullanmadan (açık-ark) uygulanmaktadır. Son yıllarda bu tür elektrodların tozaltı yönteminde de kullanılan türleri geliştirilmiştir. Bu elektrodların sağladıkları üstünlükler şunlardır.

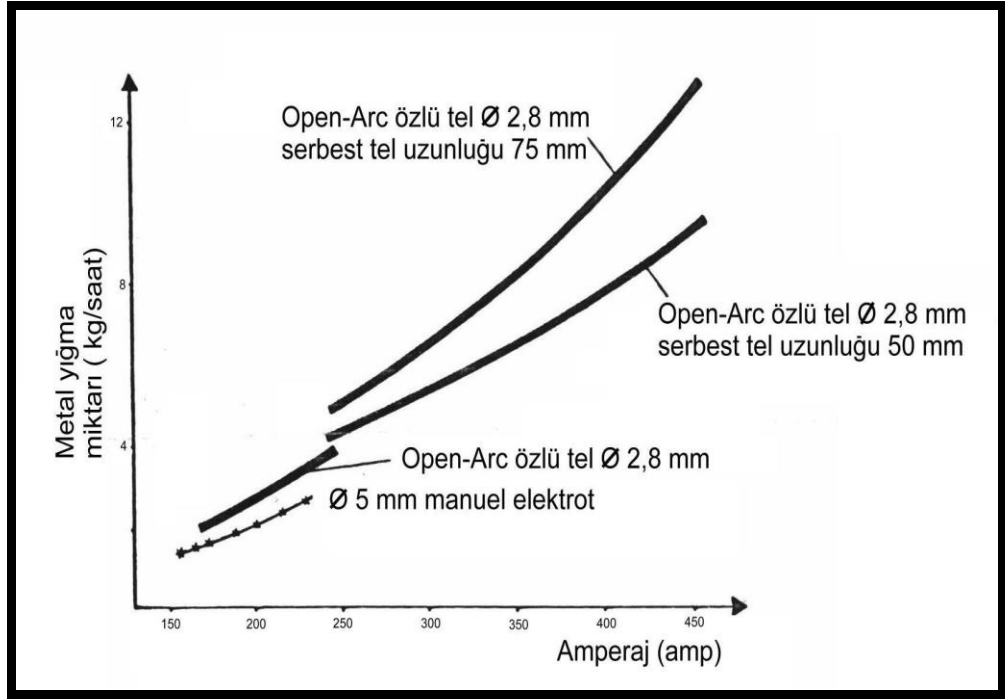
Yüksek bir ergime hızına sahiptirler, dolayısı ile daha yüksek kaynak hızlarında kullanılabilirler. Metal yığma hızını etkileyen parametreler şunlardır. Şekil 2.44'te metal yığma hızını etkileyen parametreler gösterilmiştir.

- Kaynak akım şiddeti,
- Özlü telin çapı,
- Parça ile torç arasındaki mesafe (serbest tel uzunluğu).

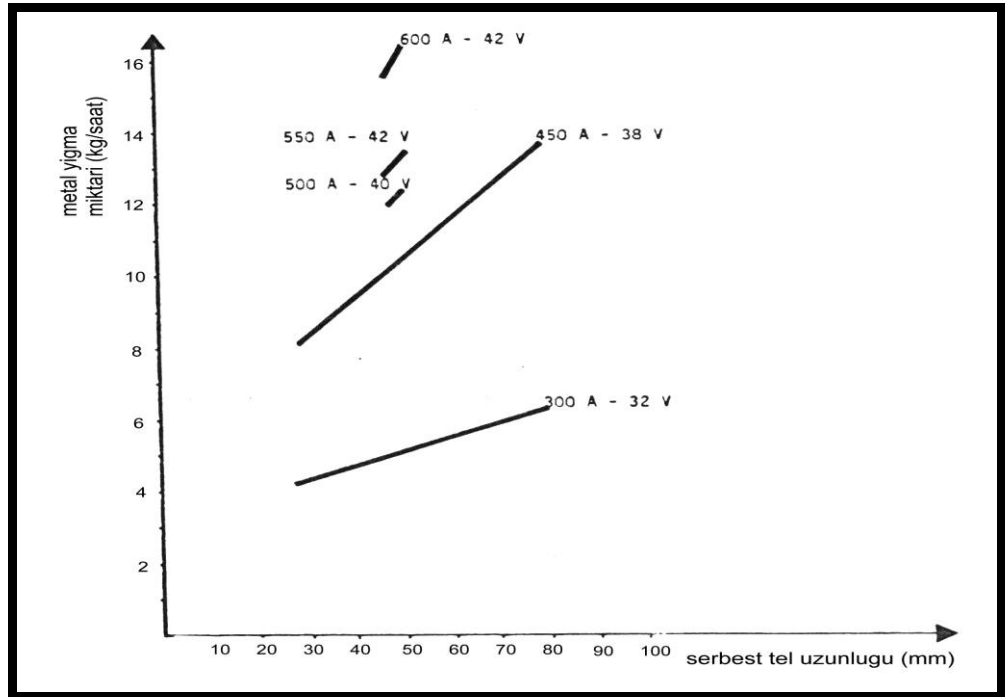
Şekil 2.46'da serbest tel uzunluğunun artması ile metal yığma miktarı arasındaki ilişki gösterilmiştir. Serbest tel uzunluğunun artması ile elde edilen avantajlar şöyle sıralanabilir [22].

- Birim zamanda yığılan metal miktarı artar.
- Ana malzemeye nüfuziyet azalır (dolgu kaynakları için).

- Ana metale düşük ısı girdisi sağlanır. Bu özellik %12-14 Mn içeren çeliklerin kaynağı için büyük avantaj sağlar.



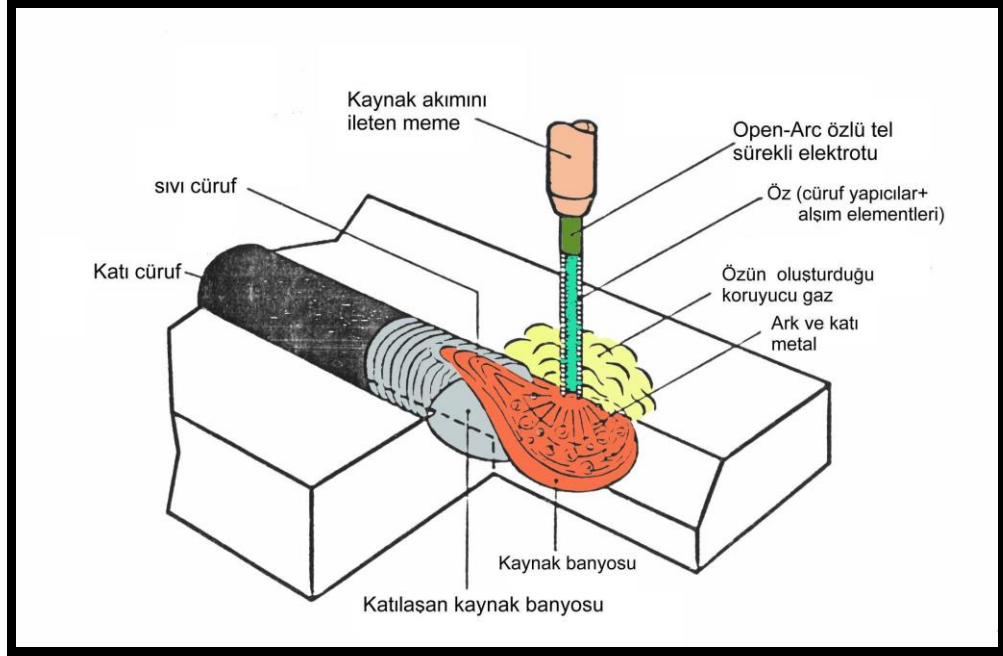
Şekil 2.44 Metal yığma hızını etkileyen parametreler [22]



Şekil 2.45 Serbest tel uzunluğu ile metal yığma miktarı arasındaki ilişki [22]

- İnce çaplı elektrodlar kullanarak her pozisyonda kaynak yapılabilir,

- Bazı tür özlü elektrodlar koruyucu gaz gerektirmezler (açık-ark), bu da donanımın basitleşmesine olanak sağlar, Şekil 2.46'da Gaz korumasız (açık-ark) özlü tel elektroduyla yapılan kaynağın ark bölgesi görülmektedir.
- Örtülü elektrodların bütün üstünlüklerine sahiptir buna karşın, koçan kaybı ile değiştirme zaman kaybı gibi sınırlamaları yoktur.



Şekil 2.46 Açık-ark özlü tel elektrodu ile yapılan kaynağın ark bölgesi [22].

Özlü elektrod ile kaynak uygulamalarında, boru biçiminde ergiyen elektrod ile iş parçası arasında oluşturulan ark, kaynak için gerekli ısıyı sağlar, iyonize olmuş gaz ortamını kateden elektrik akımı ark oluşturur; gerilim altında gaz molekülleri ayrışır ve atomlar elektron kaybederek iyonlaşır. Bu şekilde pozitif gaz iyonları, pozitif kutuptan negatif kutba, elektronlar da negatif kutuptan pozitif kutba doğru hızla hareket eder. Ark ısısının % 95' elektronlar % 5'i iyonlar tarafından taşınır ve arkın sıcaklığı hem elektrodun hem de iş parçasının ergimesini sağlar.

Kaynak bölgesinde ergimiş metal ya dışarıdan uygulanan koruyucu bir gaz örtüsü ya da özün çözünmesi sonucu ortaya çıkan bir koruyucu gaz atmosferi tarafından korunur; görüldüğü gibi burada öz, aynen örtül elektroddaki örtünün görevini üstlenmektedir. Ergimiş elektrod metali ark

tarafından kaynak banyosuna taşınır ve katılaşıp banyo üzerinde de kolaylıkla temizlenebilen bir cüruf tabakası oluşur [22].

Özlü elektrod ile ark kaynağında doğru akım kullanılır ve kaynak akım üretici yatay (sabit gerilimli) veya düşey (sabit akımlı) karakteristikli olabilmektedir. Genel olarak, ince çaplı özlü elektrodlar durumunda MIG-MAG yönteminde olduğu gibi yatay karakteristikli akım üreteçleri kullanılır.

Düşey karakteristikli akım üreteçlerinde ark boyunu sabit tutabilmek için bazı tozaltı kaynak makinalarında uygulanan sistem kullanılır. Burada akım şiddeti sabittir, ark boyu ark geriliminden aldığı komutla tel ilerleme hızını ayarlayan bir tertibat tarafından kontrol altında tutulur. Bu sistem çok daha pahalıdır ve ancak kalın çaplı elektrodların kullanıldığı durumlarda iyi sonuç verir.

Özlü tel elektrod ile kaynak yöntemi esas olarak MIG/MAG kaynak yöntemine benzese bile, örtülü elektrodteki örtünün görevini tamamen veya büyük bir bölümünü üstlenen özlü tel ile kaynak yöntemidir.

Özlü tel elektrodlarda kullanılan özün işlev ve avantajları şöyle sıralayabiliriz.

- Kaynak metalinin kimyasal bileşimini ayarlayarak arzu edilen mekanik ve metalurjik özellikleri ve korozyon direncini sağlamak,
- Ekonomik veya teknolojik bakımdan tel haline getirilme olanağı olmayan bileşimlerde kaynak teli üretimine olanak sağlamak,
- Gerektiğinde kaynak banyosunu ve kaynak bölgesini atmosferin olumsuz etkilerinden korumak, ve böylece gazaltı kaynak tellerinden farklı olarak açık havada da kaynak yapma imkanı sağlamak,
- İçerdiği dekapanlar yardımı ile kaynak banyosunda reaksiyonlar oluşturarak istenmeyen katışkıların (gayri safiyetlerin) miktarını en aza indirmek,
- Dikiş üzerinde bir cüruf oluşturarak, kaynak dikişine uygun bir biçim vermek ve soğuma sırasında kaynak dikişini korumak,
- Arkı dengeleyerek, sakin yanmasını sağlamak ve sıçrantıyı en aza indirmek [22].

Özlü tel elektrodlar kullanılan özün türüne göre rutil, bazik ve metal özlü. olmak üzere üç ayrı grupta incelenebilirler [82,65].

Rutil özlü elektrodlar; üstün kaynak özellikleri ve kaynak dikişinin çekici görünüşü nedeni ile kaynaklı konstrüksiyon üreticileri arasında çok popüler bir konuma sahiptir. Rutil öz, aynen rutil örtülü elektrodlarda olduğu gibi sakın ve yumuşak bir ark ile daha akışkan bir kaynak banyosu sağlar ve düşük yüzey gerilimi nedeni ile tüm akım aralığı boyunca kaynak metal elektrod ucundan kaynak banyosuna sprej ark andıran biçimde ince damlacıklar durumunda geçer. Sıvı kaynak metali üstün bir ıslatma özelliğine sahiptir ancak bu akışkanlık tek taraftan kaynak durumunda kök paso çekimini zorlaştırdığından bu gibi durumlarda metal veya seramik altlık kullanılmasına gerek vardır.

Günümüzde rutil özlü elektrodların 650 N/mm^2 çekme mukavemetine ve -50°C ' de üstün çentik darbe dayanımına sahip türleri geliştirilmiştir. Rutil özlü tel elektrodlar daha düşük sıcaklıklar ve sürünmeye (creep) dirençli olması gereken kaynaklı bağlantılar için önerilmemektedir; bu elektrodlar ile elde edilen kaynak metalinin tokluğu ve sürünme direnci gerilmeleri azaltma tavı sonrası belirgin bir biçimde düşmektedir. Bununla beraber % 0.5 kadar molibden katılması ile sürünme direnci oldukça önemli ölçüde yükseltilebilmektedir.

Her pozisyonda uygulanabilen, diğer bir anlatım ile cürufu çabuk katılaştıran rutil esaslı özlü tel elektrodların geliştirilmesi sonucu alışılmış rutil özlü elektrodların uygulama alanı oldukça daralmıştır.

Bazik özlü elektrodlar; kaynak metalinin özellikle düşük sıcaklıklarda gerek kaynak edildiği gerekse de ısıtılma işlemi sonrası üstün tokluk özellikleri nedeni ile tercih edilirler. Alışılmış bazik özlü elektrodlar özellikle pozisyon kaynağı için çok uygun değildir. Kısa ark ile çalıştırlarından dikiş içinde cüruf kalma tehlikesi vardır ve nüfuziyet iyi değildir, buna karşın kök pasoda köprü kurma kolaydır ve altlık gerektirmez. Alışılmış bazik özlü elektrodlar bu bakımdan örtülü bazik elektrodla ciddi bir rakip olamamaktadırlar.

Son yıllarda geliştirilmiş olan yeni nesil ve pozisyon kaynağına uygun bazik özlü tel elektrodlar daha yüksek gerilim ve akım şiddetlerinde çalışmakta olup arkta kaynak metal taşınımı sprej arkı andırdığından bu tür metal geçişine yarı sprej ark adı verilmektedir. Yüksek ark gerilim ve akım şiddeti

sonucu ark ve banyo daha sıcak olduğundan nüfuziyet artmış, ergime hataları ve dikişte cüruf kalıntısı tehlikesi hemen hemen ortadan kalkmış ve bunun sonucu olarak ta düşük sıcaklıklarda yüksek tokluğa sahip, yüksek kalitede kaynak dikişleri elde edilebilmiştir.

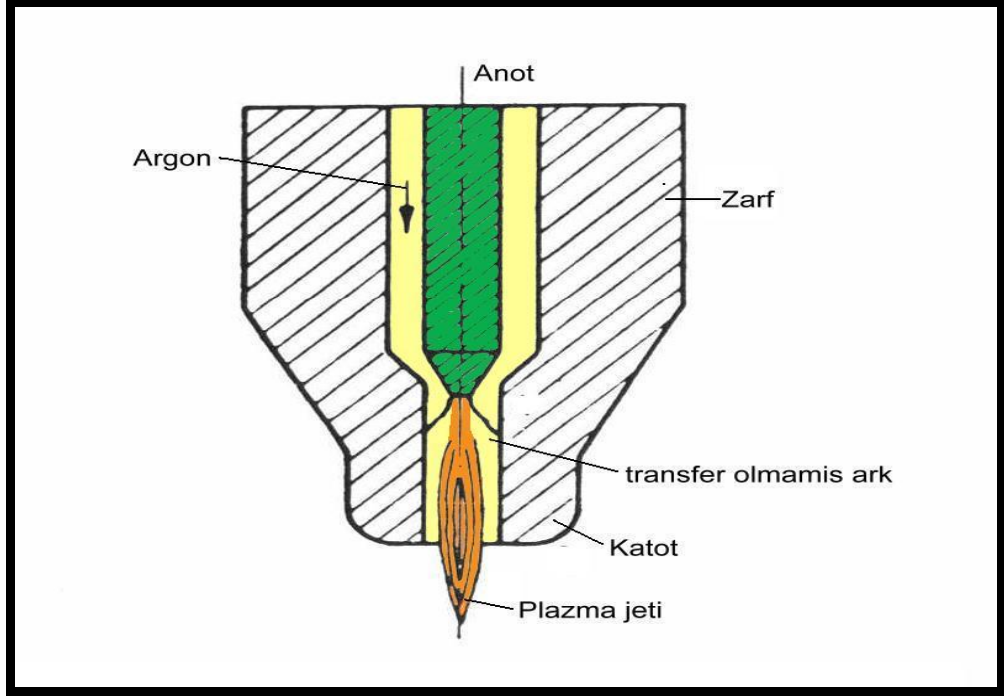
Metal özlü elektrodların özünde arzulanen alaşımlamayı sağlayacak miktar ve türde metal tozları ile çok az miktarda ark dengeleyen maddeler bulunur. Bu bir özlü elektrodlar ile kaynak sonrası dikiş üzerinde cüruf oluşmadığından pasoları üst üste çekmek olasıdır ve -40 °C' ye kadar tokluğunu koruyan kaliteli kaynak dikişleri elde edilmektedir. Metal özlü elektrodlar son yıllarda alaşımlı dolu tel elektrodla ciddi bir rakip haline gelmişlerdir.

2.8.5.4 Plazma TIG Kaynağı

Plazma kavramından; moleküllerin, atomların ve elektronların oluşturduğu kızdırılmış gaz anlaşılır. Bu gazın tamamı, elektriksel olarak nötrdür.

Plazma TIG kaynağında esas olarak, iki farklı ark düzeni kullanılır. Bunlardan birisi olan taşıyıcı olmayan ark, erimeyen tungsten elektrod ve su ile soğutulan bakır meme arasında teşekkül eder. Bakır meme; arkı odaklayıcı, güç yoğunluğunu artırıcı ve bu sebepten plazma demetinin sıcaklığını yükseltici bir etki yapar. Tungsten elektrod negatif, bakır meme pozitif kutup olarak kullanılır. Diğer ark sisteminde (taşıyıcı ark); ark toryumla alaşımlandırılmış bir ışını odaklayan bakır memenin içerisinde geçen tungsten elektrod ile iş parçası arasında teşekkül eder. Plazma gazı, elektrodla meme arasındaki silindirik hacime püskürtülür. Bu sistem plazma birleştirme kaynağında ve plazma ile yapılan kesmede kullanılır.

Şekil 2.47'de plazma ark kaynağında plazma teşekkülü gösterilmiştir.

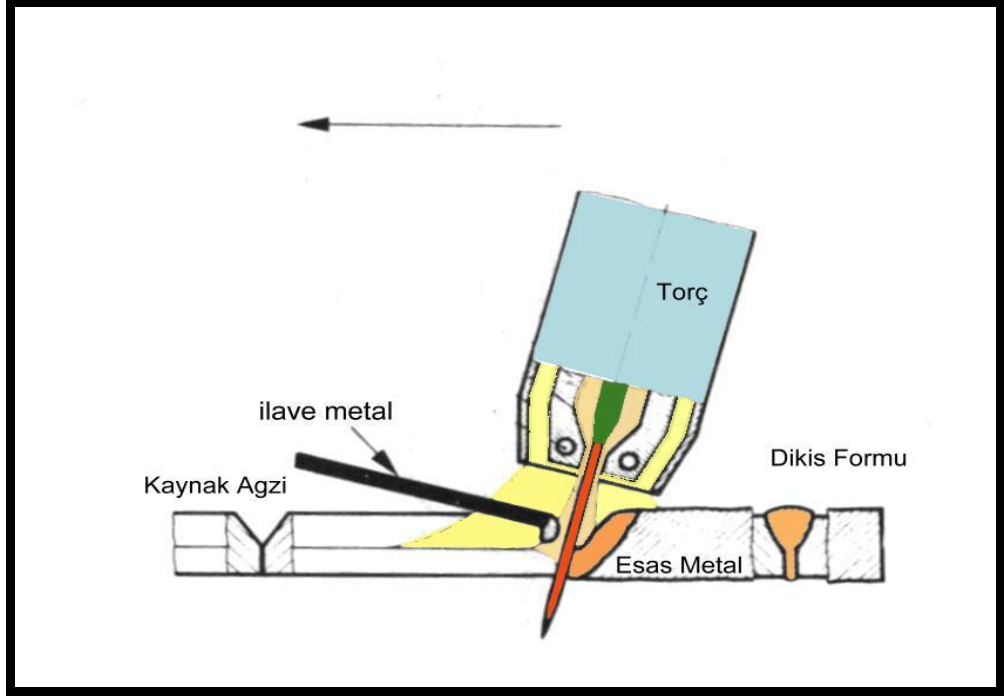


Şekil 2.47 Plazma ark kaynağının plazma teşekkülü [16]

Taşıyıcı ark, yardımcı ark ile elektrod ve meme arasında yakılır. Taşıyıcı ark tutuştuğu zaman, yardımcı ark söner. Plazma birleştirme kaynağında plazma gazına ilaveten, kaynak banyosunu havanın tesirlerine karşı korumak üzere ikinci bir gaz akımı (argon) kullanılır. Plazma kaynağı cihazlarının büyük çoğunluğunda üçüncü bir gaz akımı, plazma demetini odaklayıcı ve meme dışında daraltıcı olarak kullanılır. Odaklayıcı gaz olarak; argon-helyum, argon-hidrojen veya argon-azot gaz karışımları kullanılmaktadır.

Plazma birleştirme kaynağı, kalın sacların küt alın birleştirilmelerinde ilave metal kullanmadan tatbik edilebilir. Kaynak hızı, TIG usulünün yaklaşık iki katı kadardır. Plazma kaynağı ile hafif ve yüksek alaşımlı çelikler, nikel ve alaşımları, zirkonyum, bakır ve alaşımları birleştirilebilir. Mikroplazma donanımları ile, 0.01 mm kalınlıktaki folyeler 0,5 amper akım şiddetiyle birleştirilebilir.

Plazma TIG kaynağında ilave metal kullanılması durumunda kaynak ağzının şekli, dikişin görünüşü ve yöntemin uygulanma prensibi Şekil 2.48'de verilmiştir.



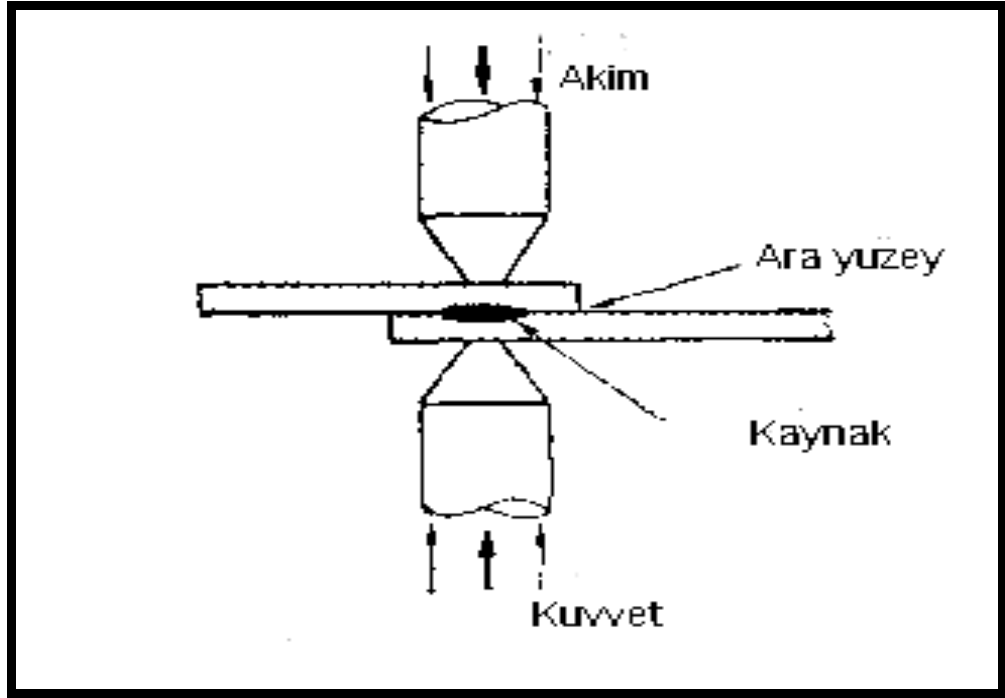
Şekil 2.48 Plazma TIG kaynağında prensip ve dikiş formu [22]

Kullanılacak gazların enerji yönü yanında, kaynak banyosuna etkisi de oldukça önemlidir. Bu nedenle moleküler gazların seçimi kaynağı yapılacak malzemeye göre yapılmalıdır. Örneğin saf argon Cr-Ni çeliklerde yanma oluşu (çentik) yapar. Bunu önlemek için odaklama ve koruyucu gaza H_2 veya N_2 katılır. Azot gazı ise ostenit yapıcıdır. N_2 ve H_2 karışımı da kısmen d-Ferit yapar [22]

2.8.6 Punta (Direnç) Kaynağı

Birbiri üzerine bindirilmiş saçlar iki bakır elektrod arasında sıkıştırılarak, Düşük gerilimli yüksek şiddette bir elektrik akımı elektrodlar arasındaki iş parçasından geçirilir. Ara yüzeyde akım geçişine karşı gösterilen direnç nedeniyle, ısı oluşumu nedeniyle, ara yüzeyde bir metal nokta eriyerek bir köprü oluşturur. Akım çok kısa bir süre için geçmektedir.(0,06-3 saniye). Akım otomatik olarak kesildiğinde kaynak basınç altında katılaşır. Demiryolu taşıtları yapımında özellikle hafif ince saçların kaynağında uygulanmaktadır.

Punta kaynağının boyut ve şekilleri, kullanılan elektrotların boyut ve şekillerine bağlıdır. Örneğin nokta kaynağı, alın kaynağı, dikiş kaynağı gibi Şekil 2.49'da direnç nokta kaynağının şematik diyagramı gösterilmiştir[25,26].



Şekil 2.49 Direnç Nokta Kaynağının Şematik Diyagramı [25]

2.9 Kaynak Yöntemlerinin Birbirleri ile Karşılaştırılması

MAG kaynağının MIG kaynağına olan üstünlükleri :

- Karbondioksit gazı argon gazına göre daha ucuzdur.
- Aynı hacimli tüplere argona göre takriben üç misli daha fazla karbondioksit konur.
- MAG kaynağında daha derin nüfuziyet sağlanır[1].

MAG kaynağının tozaltı kaynağına olan üstünlükleri :

- Tozaltı kaynağında kullanılan kaynak tozu rutubet çektiğinden kaynak dikişi hidrojen gazı absorbe eder.
- Kaynak yerini kaynakçı tozaltı kaynağına nazaran daha iyi görür.
- Tozaltı kaynağında, dikişe eriyerek bir miktar hidrojen geçer. MAG kaynağında böyle bir sorun yoktur.

- Tozaltı kaynağında pahalı ve çeşitli kaynak tozları kullanılır. MAG kaynağında ise toza ihtiyaç olmadığı gibi karbondioksit de tozdan daha ucuzdur.
- MAG kaynağı daha derin nüfuziyet verir[1].

Tozaltı kaynağının örtülü elektrod ile kaynağa göre avantajları:

- Tozaltı kaynağında 200 ila 5000 amper akım şiddeti ve 6 ila 300 m/saat kaynak hızları kullanılır. Bu değerler örtülü elektrod ile yapılan ark kaynağına göre çok yüksektir.
- Tozaltı kaynağında eriyen metalin 2/3'ünü esas metal ve 1/3'ünü ilave metal oluşturur. Bu sebepten ilave metal sarfiyatı oldukça azdır. El ile yapılan ark kaynağında, kaynak teli (ilave metal) kaybı da daha çoktur.
- Kaynak ağzı açılmadan, iki paso ile 18 mm ve ağız açarak iki paso ile 140 mm kalınlıktaki parçalar kaynak yapılabilir.
- Tozaltı kaynağında kaynak kafası (toz hunisi, tel iletme mekanizması, ayar ve kumanda tertibatı) hızı ayarlanabilen ve sabit tutulabilen bir arabaya monte edildiğinden, devamlı kaynak yapma imkanı vardır. Kalifiye kaynakçı kullanma zorunluluğu ortadan kalkmaktadır. Örtülü elektrod kaynağında ise, kalifiye elemana ihtiyaç vardır.
- Kaynak yerinin iyi bir şekilde cürufle örtülmesi, yavaş soğumayı sağlar. Bu ise kaynak hatalarının meydana gelme olasılığını azaltır.
- Kaynak yerinin toz tarafından gayet iyi bir şekilde örtülmesi sebebiyle, elektrik enerjisi kaybı çok azdır. El ile yapılan ark kaynağında ise çevreye ısı ve ışık enerjisi olarak elektrik enerjisi kaybı yüksektir (Şekil. 8.14)
- Tozun kaynak yerini gayet iyi şekilde koruması sebebiyle; ultraviyole ışınlar, gaz ve tozdan korunmak için Özel tedbirlere ihtiyaç yoktur. El ile yapılan Kaynakta kaynakçının göz ve cildini korumak için maske ve özel elbise kullanması gerekir[22].

MIG/MAG Gazaltı Ark Kaynağı İle Örtülü Elektrod Ark Kaynağının Maliyet Yönünden Karşılaştırılması:

Günümüzde büyük küçük pek çok işletmede MIG/MAG tipi gazaltı ark kaynak, sistemleri örtülü elektrod ark kaynağının yerini almıştır. Buna rağmen, MIG/MAG kaynak makinalarının ilk yatırım maliyetinin yüksek olması sebebi ile, bir kısım imalatçı bu makinaları işletmelerine almada tereddüt etmektedir. Ancak MIG/MAG kaynağı ile, örtülü elektrod ark kaynağını maliyet yönünden karşılaştırdığımızda MIG/MAG kaynağının örtülü elektrod kaynağına nazaran % 50-60 oranında ekonomiklik sağladığı görülmektedir. Ekonomikliği meydana getiren faktörleri şu şekilde sıralayabiliriz:

MIG/MAG Kaynağı

1. Elektrod ucuz,
2. Kaynak hızı yüksek,
3. Kaynak sonu temizleme işçiliği yok,
4. Nüfuziyet fazla,
5. Koşan kaybı yok, elektrod israfı çok az.

Örtülü Elektrod Ark Kaynağı:

1. Elektrod pahalı,
2. Kaynak hızı düşük,
3. Kaynak sonu temizleme işçiliği var,
4. Nüfuziyet az,
5. Koşan kaybı, atılan yarım elektrodlar ve rutubetli elektrodlardan dolayı kayıplar fazla.

Yukarıda belirtilen hususlar, ancak her iki kaynak yöntemi arasındaki fiyat mukayesesinin matematiksel formülle dökülmesi ile inandırıcı olabilecek ve ekonomiklik sınırı tayin edilebilecektir. Örtülü elektrodla ark kaynağında jeneratör tipi kaynak makinaları kullanımının aşırı derecede bir enerji maliyeti getirdiği herkes tarafından bilinmektedir. Bu nedenle denemelerimizde kaynak transformatörü kullanılmış ve maliyet mukayesesi kaynak transformatörü ile MIG/MAG tipi gazaltı ark kaynak makinası

arasında yapılmıştır. Hesaplamaların yapılmasında kabul edilen oransal faktörler şu şekilde sıralayabiliriz.

1)İşlem Faktörü:Kaynak arkının iş parçası üzerinde bilfiil muhafaza edildiği zaman dilimidir. Örneğin % 50 lik bir operasyon faktöründe, kaynak arkının İş parçası üzerinde 1 saatte 30 dakika muhafaza edildiği kabul edilir. Örtülü elektrodla ark kaynağında operasyon faktörü genellikle % 20-30 civarındadır. (Kaynak curufunun kırılması, tel fırça ile temizleme, gözenek kalan yerleri açılarak tekrar doldurulması v.b. gibi). Bu hesaplamalarda bu oran özellikle yükseltip % 40 olarak alınmıştır. Gazaltı ark kaynağında ise operasyon faktörü genellikle %70 mertebesindedir. Ancak hesaplamalarda bu oran % 55 olarak kabul edilmiştir. Bu durumun incelenmesinden anlaşılabacağı gibi, randıman yönünden örtülü elektrod kaynağının en iyi durum ile MIG/MAG kaynağının en kötü durumunda ekonomikliğin hangi oranda kalacağı saptanmıştır.

2. Dolgu Oranı: Kaynak üzerinde toplanan bilfiil elektrod yüzdesidir. Örtülü elektrota ark kaynağındaki koçan ve sıçrantı kayıpları, MIG/MAG kaynağındaki sıçrantı kayıpları v.b. gibi. Örtülü elektrot ark kaynağının max. deposit oranı % 70 dir. MIG/MAG kaynağındaki max. oran % 95 olmasına rağmen, hesaplamalarımızda bu oran % 90 olarak kabul edilmiştir.

3. Enerji Maliyeti: Oransal olarak herhangi bir değer alınmamıştır. Gazaltı ark kaynak makinelerinde kaynak trafosu torç butonuna basılması ile enerjilenir. Dolayısı ile makina ana şalterin açık olduğu zamanlarda ise sadece soğutma fanı motorunu çalıştıracak kadar enerji harcar. Oysa kaynak transformatörleri kaynak yapmadığı zamanlarda da devrede kalmakta ve kaynak transformatörünün kayıpları karşılayacak şekilde enerji harcamaktadır.

Tablo 2.17’de maliyet karşılaştırma formülleri gösterilmekte olup, hesaplamalarda bu formüllerden yararlanarak karşılaştırma yapılması gerekmektedir.

Bu bilgiler ışığında 6.0 mm kalınlığında bir sacın 1.0 mt kaynağındaki maliyeti MIG/MAG kaynağı ile örtülü elektrod ark kaynağı yönünden karşılaştırdığımızda,

Tablo 2.17 Maliyet Karşılaştırma Formülleri[27]

MIG/MAG GAZALTI ARK KAYNAĞI İLE ÖRTÜLÜ ELEKTROD ARK KAYNAĞININ MALİYET YÖNÜNDEN KARŞILAŞTIRILMASI	
İşçilik maliyet faktörü	=İşçilik Ücreti(TL/Saat)/Kaynak hızı(mt/saat)xişlem
Elektrod Maliyeti Dolgu oranı	=Elektrod ağırlığı (kg/mt) xElektrod fiyatı (TL/kg) /
Gaz Maliyeti	= Gaz debisi(Lt/dak)xGaz fiyatı(TL/Lt)/Kaynak hızı(mt/dak)
Enerji maliyeti zamanı (dak/mt)	= Enerji fiatı(TL/kw) x sarfiyat (w/dak) x kaynak 1000(w/kw)

Bu bilgiler ışığında 6.0 mm kalınlığında bir sacın 1.0 mt kaynağındaki maliyeti MIG/MAG kaynağı ile örtülü elektrod ark kaynağı yönünden karşılaştırdığımızda,

MIG/MAG kaynağı yapılması halinde Örtülü elektrotla kaynağına göre 2,3 kat daha fazla maliyet tespit edilmektedir[27].

2.10 Demiryolu Taşıtı İmalatındaki Kaynak Yöntemlerine Örnekler

Demiryolu taşıtları yapımında, MIG/MAG yöntemi geniş bir uygulama alanına sahiptir. Günümüzde lokomotif ve vagonların yapımında malzeme olarak büyük çapta az karbonlu çelik, paslanmaz çelik ve alüminyum kullanılmaktadır. Bu endüstri dalında bu malzemeler gerek tür ve gerekse de konstrüksiyon olarak MIG/MAG yöntemiyle kaynatılmaya çok uygundurlar.

Bu yöntemin demir esaslı ve demir dışı metallerin kaynağına uygunluğu yüksek erime gücü, kaynak hızı ve ısı girdisinin kontrol edilebilirliği tercih edilmesine neden olmaktadır. Özellikle MIG ve elektrik direnç kaynağı yöntemleri alüminyum vagon yapımında rakipsizdir.

Şaşe ve vagon karkaslarının yapımında kullanılan çelik profiller genellikle kaynar dökülmüş çelikten (gazı giderilmemiş) yapıldıklarından bunların kaynağında fazla miktarda dezoksidan içeren kaynak telleri (örneğin; SG3) tercih edilmelidir. Ayrıca örtülü elektrotla elektrik ark kaynağı yoğun olarak uygulama alanı bulmaktadır[15].

Örnek verilecek olunursa;

Şekil 2.50’de Türkiye Vagon Sanayi A.Ş. de üretilmekte olan yolcu vagonu kapısı gösterilmektedir. Vagonun boyanmasından sonra monte edilen kapılar alüminyum esaslı malzemeden üretilmekte olup, MIG kaynak metodu ile imal edilmektedir.



Şekil 2.50 TÜVASAŞ’da Üretilmekte Olan Yolcu Vagonu Kapısı[28]

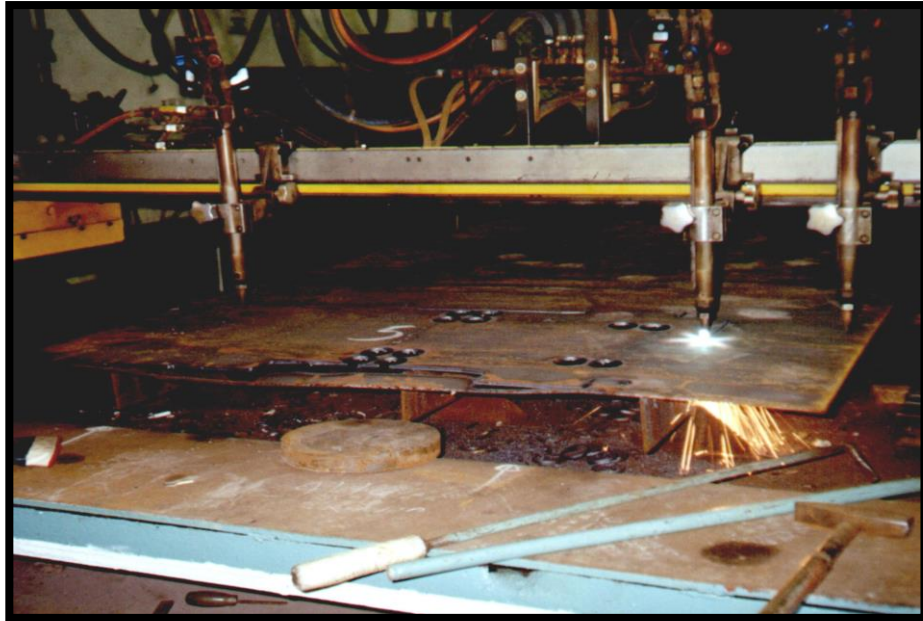
Elektrot olarak S-AlSi5 elektrot yaygın biçimde kullanım alanı bulmaktadır. TS6204’e göre S-AlSi5 elektrotun özellikleri Tablo 2.18’de gösterilmektedir.

Aluminyum vagon kapısı dışında bazı alüminyum profillerinin kaynağında TIG yöntemi de uygulanabilmektedir.

Tablo 2.18 T S 6204’de göre S-AlSi5 Kaynak Elektrotunun Özellikleri[29]

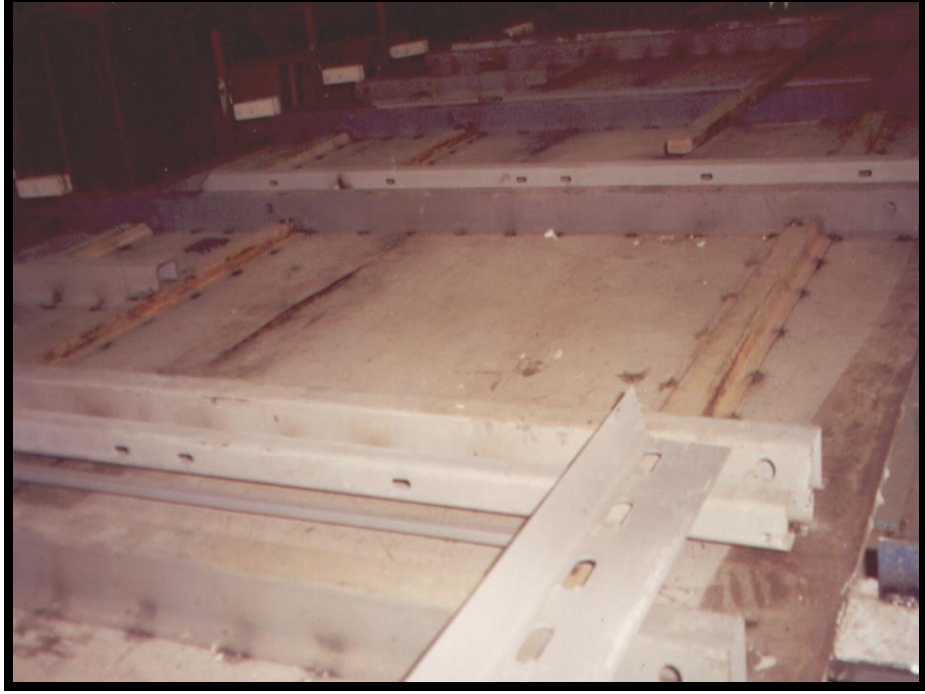
Bileşim%	TS 6204						
Alaşım Elementi	İzin verilen Safsızlıklar	Ergim. Aralığı	Yoğunluk	Kullanılabileceği esas metal	Gaz ergitme	TIG	MIG
Si 4,5-5,5	Fe 0,4 Ti 0,25 Zn 0,2 Mn 0,1	573		AlSi5 AlMgSi0,5 AlMgSi0,8 AlMgSi015	Çok Uygun	Çok Uygun	Çok Uygun
Kalanı Al	Mg 0.1 Cu 0,05 Diğerleri: Her biri için 0,05 Toplam 0,15	625	2.68	Saf Al ve alaşım elemanları kütlece% 0,2'den az olan Al Alaşımları % 7'e kadar Si içeren Al döküm	Mümkün	Mümkün	Mümkün

Şekil 2.51’de 3-350 mm et kalınlığına sahip malzemelerin, verilen teknik resme göre, oksii-asetilenle otomatik olarak kesildiğı ve TÜVASAŞ Vagon Fabrikası’nda kurulu olan kesme cihazı ile vagon saçlarının otomatik kesilmesi gösterilmektedir.



Şekil 2.51 Vagon Saçlarının Oksii-Asetilen İle Otomatik Olarak Kesilmesi[28]

Vagon yan duvarlarında genelde gazaltı kaynak yöntemlerinden MAG yöntemi uygulanmaktadır. Gaz olarak karışım gaz yerine CO₂ gazının kullanıldığı bu uygulamalarda, yapılan tespitlere göre tercih nedeni olarak gaz tüpü maliyetleri gösterilmektedir. Bu konstrüksiyonlarda TS 563 E 4222 R(C)3 elektrotların kullanıldığı elektrik ark kaynağı uygulamaları da vardır. Şekil 2.52’de elektrik ark yöntemiyle kaynaklanmış vagon yan duvarı gösterilmiştir.



Şekil 2.52 Elektrik Ark Yöntemiyle Kaynaklanmış Vagon Yan Duvarı [28]

Şekil 2.53’de Yarı montaj sac kaplanmış yolcu vagonu gösterilmiştir. Vagon iç bölmelerinin tamamında rutil elektrot kullanıldığı örtülü elektrotla ark kaynağı yöntemi uygulanmaktadır. Vagon altında da yine rutil elektrotlar kullanılmaktadır.

Şekil 2.54’de ise vagon uç kısımlarına monte edilen kaynaklanmış vagon rüzgarlıkları görülmektedir.

Rüzgarlıkların imalatında yine örtülü elektrotla elektrik ark kaynağı yöntemi uygulanmakta, elektrot olarak rutil elektrotlar tercih edilmektedir. Rüzgarlıkların vagona montajında ise rutil selülozik elektrotlar kullanılır.



Şekil 2.53 Yarı Montaj Sac Kaplanmış Yolcu Vagonu[28]



Şekil 2.54 Kaynaklanmış Vagon Rüzgarlıkları[28]

Vagon şasilerinin imalatında genellikle örtülü elektrotla elektrik ark kaynağı tercih edilmekte olup, Elektrot olarak bazık 3.25, 4,5mm örtülü elektrotlar kullanılır. Şasinin bazı yerlerinde gazaltı MAG kaynağı uygulanmaktadır. Örneğin yatay alanlar ve başlıklarda (Şasi uç kısmı) bu yöntem tercih

edilmektedir. Şekil 2.55'te kaynaklanmış vagon başlığı gösterilmiş olup, Burada S62 kaynak elektrotu kullanılmaktadır.



Şekil 2.55 Kaynaklanmış Vagon Başlığı[28]

Vagon çatı kısmında MAG gazaltı kaynak yöntemi uygulanır. Şekil 2.56'da yarı kaynaklanmış vagon çatısı görülmektedir. Elektrik ark kaynağı ile kaynaklanan bölümlerde elektrot (TS 563) E 4222 R(C)3 kaynak elektrotu tercih edilmektedir.

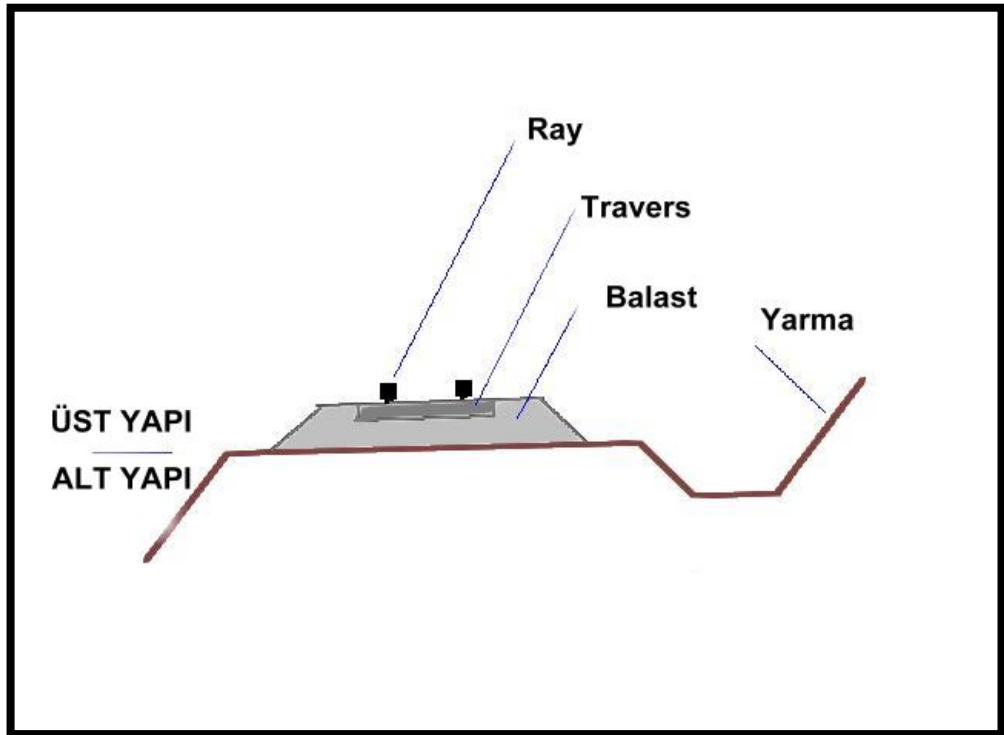


Şekil 2.56 Yarı Kaynaklanmış Vagon Çatısı[28]

3 RAYLARDA UYGULANAN KAYNAK YÖNTEMLERİ

3.1 Demiryolunun Yapısı

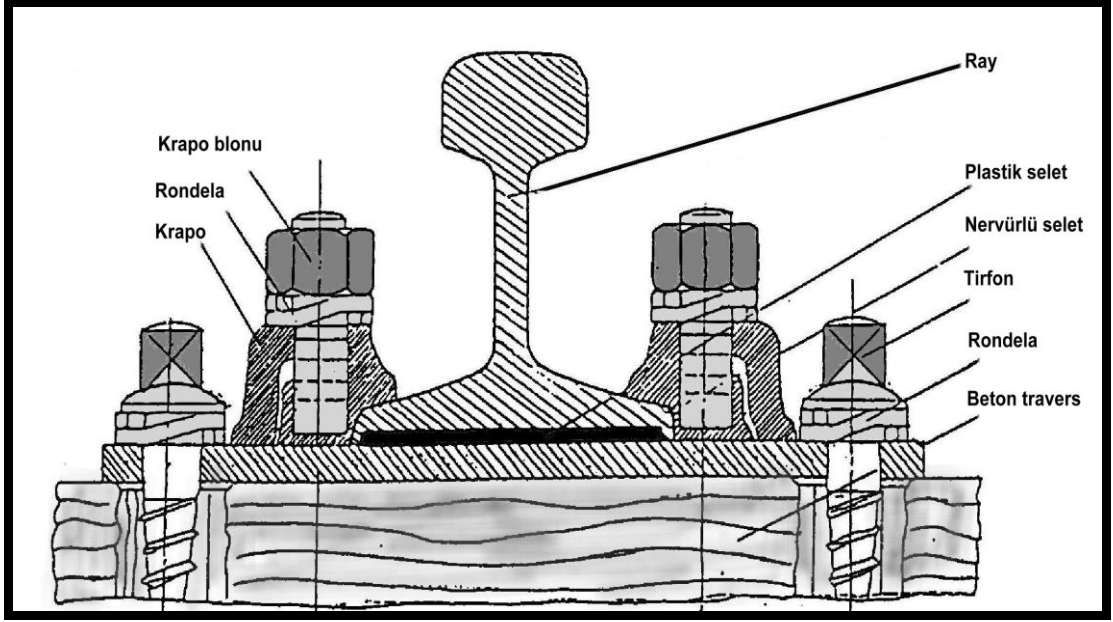
Demiryolu esas olarak ray ve traverslerden oluşan, ve balast üzerine yataklanmış bir düz yapıdan oluşur. Balast yatağı formasyonu geçiş tabakasını oluşturan platform üzerinde bulunur. Raylar ve traversler bağlama elamanları ile bağlıdır. Şekil 3.1’de demiryolu kesiti, Şekil 3.2’de ise ray bağlantı kesiti gösterilmiştir. Bu komponentler ve makasların her biri demiryolunun parçası olarak değerlendirilir[31].



Şekil 3.1 Demiryolu Kesiti [31]

Demiryollarının başlangıcından bu yana demiryolu yapısının prensipleri esas olarak değişmemiştir. İkinci Dünya savaşından sonra olan önemli gelişmeler, uzun kaynaklı rayların girişi, beton traverslerin, ağır rayların,

elastik bağlantı elemanlarının kullanımı, bakımından mekanizasyon ve gelişmiş ölçme teçhizatının girişi ile değişim göstermiştir.



Şekil 3.2 Ray Bağlantı Kesiti [31]

Seçilen yapı tipi sadece beklenen yük ve hızlara bağlı değil aynı zamanda gerekli servis ömrüne, bakım tipi ve miktarına, bölgesel şartlara ve temel malzemelerin kullanılabilirliğine de bağlıdır. Bu demektir ki demiryolunun seçimi her bir duruma göre cevap verebilecek teknik ve ekonomik bir problemdir. Demiryolunun ilk döşenme maliyetleri ile yenilenme maliyetleri arasındaki orantının önemi büyüktür. Sürekli bakım maliyetleri unutulmamalıdır. Diğer bir değişle minimum toplam ömür maliyetinde tamir bakımın önemi en önemli unsurlardandır.

Demiryolu dizaynının püf noktası demiryolu yapısının kendine uygulanan yükleri, bileşke gerilimleri ve deformasyonları dağıtmasını sağlamaktır. Klasik kaynaklı demiryolu rayları sıcaklık değişimlerine bağlı olarak ray uzamalarına veya kısaltmalarına imkan verecek şekilde genleşme payı ile bağlanmıştır. Bu kuvvetlerin doğmasını ve yüksek sıcaklıklarda demiryolu eğilme riskini önler. Fakat bunun bedeli tren geçişi esnasında yüksek dinamik yük üreten bakımı yoğun bağlantılardır. Bu yükler düşey yol geometrisinin çabuk bozulması, ray başlarının plastik deformasyonu, tehlikeli ray çatlakları dolayısıyla travers ve bağlantı malzemelerinde hasarlanma gibi birçok problemin kaynağıdır. Bu problem hıza göre

ilerleyerek artar. Demiryolu bağlantı komponentlerinin servis ömründe önemli ölçüde negatif etkisi vardır ve kaçınılmazdır.

Sürekli kaynaklı demiryolları yukarıdaki mahzurlara sahip değildir. Bağlantı yokluğuna bağlı olarak demiryolu geometrisinin kalitesi daha iyidir. Bu toplam ömür maliyetinde önemli bir düşmeye sebep olur. Ancak sürekli kaynaklı rayların sadece avantajları yoktur. Aynı zamanda dezavantajları da mevcuttur. Yapısından kaynaklanan gerilmeleri, kalıntı ray gerilmelerine ve tren yüküne bağlı eğilme gerilmelerine yol açar.

Gerilmeler özellikle küçük kusurlu rayların düşük sıcaklıkta yorulmasına neden olur. Diğer yandan 25°C'nin üzerindeki ortam sıcaklığında gelişen sıkıştırma kuvvetlerine direnç göstermek için kafi büyüklükte yanal stabiliteye sahip olmalıdır.

Köprü ve kemer köprülerde (viyadüklerde) deformasyon rejimi düz şekillenmiş yapıdan farklıdır. Raylar yapıyı izleyeceğinden demiryoluna bağlı büyük kaymalara maruz kalabilir. Bu da yüksek ray gerilmelerine sebep olur. Bu gerilmelerden sakınmak için genleşme bağlantıları uygulanır.

Tüm teknolojik sahalarda olduğu gibi demiryolu teknolojisi de mantıkî ve bilimsel bir platformda kurulmuştur. Dolayısıyla kendi içinde disiplinler arası bir yaklaşım gerektirir. Bu demektir ki demiryolu; üstyapısı, altyapısı, taşıtları makinaları vs. ile bir bütündür.

Raylar demiryolu yapısının en önemli parçası olarak görülebilir. Ray sistemleri 20 ila 50 yıl gibi oldukça uzun yıllar hizmet ederler. Bu nedenle ray sistemlerinin seçimi, döşenmesi, bakım ve tamir metotlarının seçiminde pek çok kriter dikkate alınmalıdır.

Bu değerlendirmede optimum dizaynı elde etmek için net olarak yükler ve maksimum hızlar hakkında kesin verilerin bilinmesi gerekir. Raylar ve makaslar her zaman konforlu geçişe uygun olmalıdır. Emniyet tehlikede olmasa bile seyahat sırasında lokomotif ve vagonları rahatsız edecek derecede vibrasyon ve sarsıntılara maruz kalabilir. Demiryolu çok iyi inşa edilmiş ve mükemmel geometride olsa bile makasların, kurpların ve zıt kurpların¹ düzensiz bir kombinasyonu yolcuları çok rahatsız edecek hatta korkutacak kuvvetli hareketlere sebep olabilir.

Demiryolu elektriksel olarak iyi yalıtımlı olmalıdır. Sinyal verme için gerekli olan ray devreleri kötü hava şartlarında bile fonksiyonunu yerine getirmeye devam etmelidir.

Raylar trenlerin çalışması ile gürültü ve yer titreşimleri şeklinde aşırı çevresel kirlenmeye sebebiyet vermeyecek şekilde inşa edilmelidir. Demiryolunun maliyeti toplam servis ömrüne göre mümkün olduğunca düşük olmalıdır. Demiryolunun bakımı ekonomik olmalıdır[31,32].

3.2 Rayın Fonksiyonları ve Konstrüksiyonu

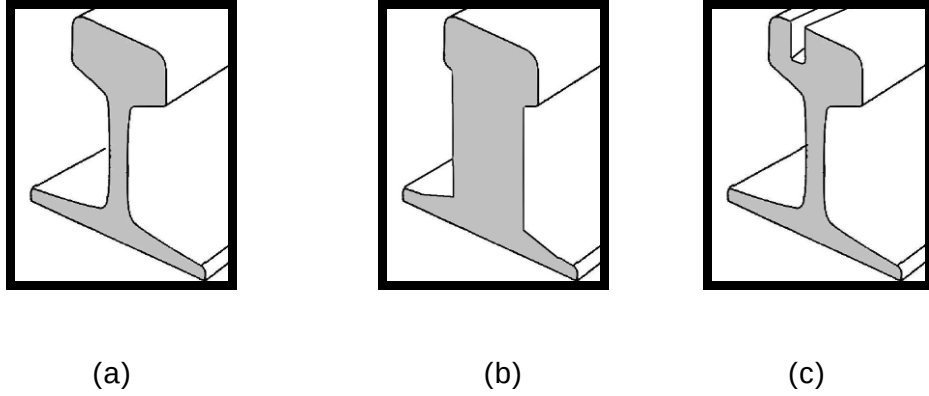
Rayların demiryolu yapısındaki temel işlevleri şunlardır[32].

- Tekerlek yüklerini karşılar ve bu yükleri traversler veya destekler üzerine dağıtır.
- Tekerleğe yanal yönde kılavuzluk eder ve ray başı üzerine gelen herhangi bir yatay enine kuvveti transfer ederek, traverslere ve desteklere dağıtır.
- Düzgün çalışma yüzeyi sağlar. Hızlanma ve frenleme kuvvetlerini dağıtır
- Elektrikli hatlarda elektrik iletkeni gibi fonksiyon gösterir.
- Sinyal akımlarını iletir.

Şekil 3.3' de bazı farklı tipte ray profilleri verilmiştir.

- Düz tabanlı ray; Klasik demiryollarında kullanılan standart profildir. (Şekil 3.3a'da gösterilmiştir.)
- Standart olmayan ray profili; düz tabanlı raylara göre farklılığı gövde kalınlığının daha büyük olmasıdır. (Şekil 3.3b'de gösterilmiştir.)
- Oluklu ray; bu tip bitişik yol yapılarında kullanılır[33,32,2]. (Şekil 3.3c'de gösterilmiştir.)

¹Kurp, demiryolu dönemeci (virajı) dır.

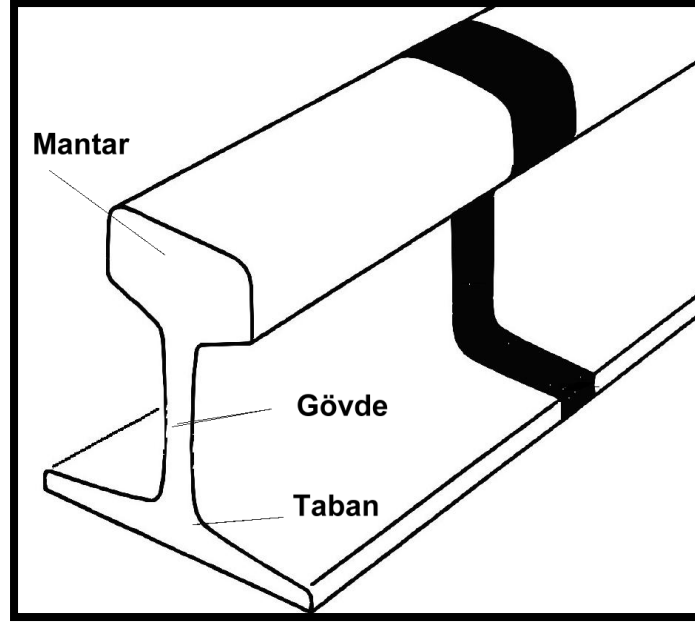


Şekil 3.3. Ray profil tipleri [32]

En yaygın olarak kullanılan temel ray kesiti Şekil 3.4'te gösterilmiştir. Şekil 3.4'teki ray kesitini inceleyecek olursak üç bölümden oluştuğunu görülür.

- Ray mantarı: Şekli, tekerlek profili ile iyi temas edecek biçimde olmalıdır. Ray mantarı ölçüleri yüksek aşınma toleransını sağlamaya yeterli olmalıdır.
- Ray gövdesi : Ray gövdesinin kalınlığı korozyondan etkilendiği durumda bile eğilmeye, burkulmaya karşı yeterli sağlamlığı sağlayacak şekilde olmalıdır. Ray başlarında cebire (rayları birbirine bağlamada kullanılan bağlantı parçası) bağlantı delikleri, gövde kısmında bulunur. Bağlama yüzeyleri olarak bilinen ray mantarı ve ray tabanına geçiş bölgeleri, bağlama için meyillidir. Dolgu radyusu gerilim yığılmasını önlemek için 6 mm'den daha büyük olmalıdır.
- Ray tabanı: Ray tabanının genişliği; ray profilinin stabilitesini traverslere yük dağılımını ve yanal istikametteki gerekli atalet momentini sağlamak üzere geniş olmalıdır. Ray tabanı aynı zamanda direk veya dolaylı olarak traverse rayı bağlamaya hizmet eder. Bir başka profille değiştirildiği zaman unutulmamalıdır ki farklı ayak genişlikleri mevcut bağlayıcı kullanarak her zaman kolaylıkla bağlanamayabilir.

İmalat prosesleri sırasında oluşan ray profillerindeki şekil ve ölçü sapmaları belli limitleri aşmamalıdır. Çünkü bu proses sırasında problemlere sebep olur ve yüksek dinamik kuvvetler oluşabilir[32, 33].



Şekil 3.4 Ray kesiti [34,31]

Raylar ya kendi aralarındaki mekanik bağlantılarla veya kaynaklama ile birleştirilirler. Geometrik sapmalar dinamik etkileri sınırlamaya yetecek küçüklükte olmalıdır. Mukavemet ve sağlamlık tüm rayın kendi değerlerine yakın olmalıdır [35,32,2].

Kaynaklı birleştirmelerde genleşme imkanı bağlantılı birleştirmelere nazaran daha sınırlıdır. Ayrıca bağlantı tiplerine göre de genleşme imkanı sınırlanabilmektedir.

Genleşme imkanı olan bağlantılarına değinecek olursak ;

Cebire bulonlu¹ bağlantılar: Rayları ek yerlerinden birbirine bağlamak için kullanılır. Cebire ve bulonlar vasıtasıyla yapılır. Sıcaklıktaki değişimler sonucundaki eksenel yer değiştirmeler uyumlu olmalıdır. Yüksek darbe etkisi dikkate alınarak cebire bulonlu bağlantılar çoğu zaman çift traverse bağlanır. Yük iki travers üzerine dağılmasına rağmen bağlantı hala fazla miktarda bakım gerektirir. Ayrıca farklı travers kalıpları buraj² sırasında ekstra dikkat gerektirir. Fazla bakım ihtiyacından dolayı cebire bulonlu bağlantılar mümkün mertebe az kullanılır.

¹Bulon, cebireyi bağlamak için kullanılan civatadır.

²Buraj, demiryollarında balastı travers yatağına mekanik sıkıştırmadır.

Genleşmeli bağlantılarda genleşmenin temel mekanizması sıcaklık farklılıkları sonucundaki büyük yer değiştirme ve büzülmeye maruz yol yapılarında belli yapıları gerilimsiz korumaya hizmet etmesidir. Bu bağlantılar maksimum 120 mm'lik yer değiştirmeye imkan verir. Standart olmayan raylardan yapılır. Bazı demiryollarında (BR gibi) uygun olarak işlenmiş standart raylardan yapılır. Genleşme bağlantılar pahalıdır ve sadece sürekli kaynaklı yolların uçlarında, çok büyük yapıların hareket edebilir yataklarına yakın yol bağlantılarında veya makas ve köprü gibi yapıdaki değişikliklerde kullanılır. Genleşme mekanizması; sabit bir destek ray ve 220 mm'lik maksimum mesafede destek raya göre hareket edebilen bir kanattan oluşur. Bu mekanizma büyük genleşme boyu olan sürekli kaynaklı yollarda kullanılır.

Aşağıdaki bağlantı tipleri ise genleşme imkanı olmayan bağlantılara örnektir.

- İzoleli bağlantı: Otomatik blok sistemi çalıştığı zaman, yol devrelerini ayırmak için izoleli bağlantı kullanılır. Böyle ray bağlantıları bu yüzden iki bitişik rayı birbirinden izole etmek için fazlaca kullanılır. Bağlantı takviye parçaları ve izole malzemesinden yapılır.
- Yapışmamış izoleli bağlantı: Burada raylar ve cebireler arasındaki sentetik dolgu ve raylar arasındaki kanalda 6 mm'lik bir plastik parça (selet) vardır. Bulonlar cebireden çok iyi izole edilmiştir. Büyük boylamasına kuvvetlere dayanamayacağından bu yapı sürekli kaynaklı (CWR) yollarda uygun değildir.
- Yapışmış izoleli bağlantı : Bu yapışmamış izoleli bağlantıya benzer, dolgu haricinde burada izole etkisi sentetik yapıştırıcı kullanılarak elde edilir. Bu bağlantı takribi 1000 kN'a kadar CWR yollardaki kuvvetleri transfer etme kapasitesine sahiptir. Bu bağlantılar ya atelyede yapılabilir veya daha sonra yola termit kaynağı ile kaynatılan bir ray parçası içinde hazır olabilir[32].

3.3 Türkiye Ray ve Yol Malzemeleri Üretimi

Türkiye'de Cumhuriyetin ilanından sonra ulaştırma alanında bir demiryolu politikası üretilmiş ve uygulanmıştır. Demiryolu politikası Cumhuriyetin kuruluş dönemini simgeleyen hareketlerin başında gelmektedir.

1924'te başlayan, 1927 den sonra hızlanan ve 1939' a doğru sona erdiği anlaşılan demiryolu politikası yeni rejimin kuruluşu ile özdeşleşmiştir.

Demiryollarında 1927 de başlayan devletleştirme işlemleri 1943 yılında tamamlanmıştır. 1924-1939 döneminde mevcut demiryolu şebekesine yıllık ortalama 266 km. olmak üzere yaklaşık 4000 km.lik bir ekleme yapılmıştır. 1923 yılında 2378 km.si şirketlerce işletilen toplam 3756 km. demiryolu bulunan Türkiye'de 1940 yılında 434 km'si şirketlerce işletilen toplam 7381 km. demiryolu bulunmaktadır. 1940 yılından 1950 yılına kadar geçen 10 yıl içinde ise mevcut şebekeye yıllık ortalama 30 km. eklenmiştir. 1950-1960 yılları arasında ise demiryolu şebekesi uzunluğu yıllık ortalama 22 km artmıştır. Aynı dönemler için Türkiye'de demir-çelik sektörünün gelişimine bakıldığında ilk çelik fabrikamız olan Kırıkkale Çelik Fabrikasının 1929 yılında kurulmuş olmasının rastlantısal bir olay olmadığı görülebilmektedir. Söz konusu fabrika demiryollarının inşası için ihtiyaç duyulan demir-çelik malzemelerinin üretimine yönelik olarak kurulmuş ve rayda dahil olmak üzere bir çok alanda çalışmıştır.

Ancak 1940'lı yılların sonlarına doğru değişen ulaştırma politikalarına paralel olarak demir-çelik sektörümüzde demiryolu ihtiyaçlarının karşılanmasına ilişkin üretim çalışmalarından uzaklaşmıştır. Çevreye karşı duyarlı politikalar ve sürdürülebilir bir ulaştırma politikasının demiryollarını göz ardı edilerek oluşturulamayacağı gerçeği demiryollarının özellikle Avrupa'da tekrar canlanmasının ana nedenlerini teşkil etmektedir. Türkiye'de de benzer yönde gelişimlerin olması kaçınılmazdır. Bilindiği gibi Türkiye'de toplu taşıma hizmetlerinin sunulmasına yönelik yapılan hafif raylı sistemler ve metrolar da demiryolu sektörü içerisinde yerlerini almaktadır. Bu gelişimler demir-çelik sektörümüz için unutulmuş bir pazar görünümünde olan demiryollarının tekrar gözden geçirilmesini ülkemiz açısından bir gereklilik haline getirmektedir.

Demir-çelik sektörünün bir ülkenin sanayiisinin gelişmesinde lokomotif olduğu demir-çelik sanayii olmadan bir ülkede sanayileşmenin olamayacağı bir gerçektir. Demir-çelik sektörünün gelişmesinin de ürünlerinin kullanımının artmasıyla orantılı olduğu bilinmektedir.

Demiryolları ulaşım sektöründe demir çelik üreticilerinin önemli bir tüketicisi konumundadır. Ülkemizde yaklaşık toplam 10.000 km hat uzunluğu üzerinde çalışan araçları, yolun yapımı ve bunların bakım ve yenileme işleri

düşünüldüğünde demir çelik sektörü için iyi bir potansiyel olduğu görülmektedir.

Ülkemizde çelik üretiminin yaklaşık % 30'u cevher ve kömüre dayalı entegre tesislerde gerçekleştirilirken, % 70'i hurdaya dayalı olarak işletilen elektrik Ark Ocaklı tesislerde gerçekleşmektedir. Türkiye dünya toplam çeliğinin yaklaşık 1/60'ını üretirken yaklaşık 6-7 milyon ton/yıl hurdayı ithal etmektedir. Bu açıdan bakıldığında TCDD'nin hurda temini açısından da belli bir potansiyele sahip olduğu görülmektedir.

TCDD'nin her yıl belirli miktarlarda malzemesi bakım , yenileme çalışmaları ile değiştirilir. Kullanılmaz duruma gelen çelik malzemeler hurdaya ayrılır. Yıllık hurda miktarı ortalama olarak 50.000 ton olup, 2001 yılı için ise hurda miktarı 108.000 tondur.

Ülkemizde, şu andaki yapısı ile çelik endüstrisi oldukça önemli bir gelişme içerisinde. 2000 yılı verileriyle yıllık üretimimiz 14 milyon tona ulaşmıştır. Çelik endüstrimizdeki gelişimin sadece nicelik olarak bir artış gösterdiğini söylemek gerçeklerle bağdaşmamaktadır. Teknolojik gelişmelere paralel olarak içinde bulunduğumuz dönemde ülkemizde daha temiz ve kaliteli çelik üretilmektedir. Özellikle uzun ürün tüketiminin yurt içi yetersizliği nedeniyle uzun ürün üretiminin büyük bir bölümü ihraç edilmektedir. Bu sebeple Türk Demir Çelik Sektörünün dünya uzun ürün ihracatındaki payı %30 gibi oldukça yüksek bir seviyeye ulaşmıştır.

TCDD mevcut koşullar göz önüne alındığında yıllık yaklaşık 100.000 ton demir-çelik malzemesini rutin olarak kullanmaktadır. Bunun dışında hafif raylı sistemlerin ve metroların devreye girmesi ile bu tür işletmeler de potansiyel demiryolu malzemesi alıcısı konumuna gelmiştir. Ülkemizde bu malzemelerin bir çoğunun üretilmemesi, söz konusu malzemelerin dış alım yoluyla tedarikini zorunlu kılmakta bu da ekonomik açıdan bakıldığında ülke kaynaklarının akılcı kullanımında olumsuzluklar taşımaktadır[35].

TCDD her yıl Tablo 3.1'de yer alan malzemelerden yol yenileme veya bakım amacıyla belirli miktarlarda satın almaktadır. Bunların büyük çoğunluğu yurtdışından temin edilmektedir

Tablo 3.1 İthal edilen Demir-Çelik Ürünü Vagon ve Lokomotif Parçaları[36]

MALZEME	TEKNİK ÖZELLİKLER	İHTİYAÇ/YIL
Monoblok Tekerlek 1100 mm	UIC 812-3 standardına uygun R9T sınıfı alaşımsız çelik	2.600 Ad.
Monoblok Tekerlek 1000 mm	UIC 812-3 standardına uygun R9T sınıfı alaşımsız çelik	1.100 Ad.
Monoblok Tekerlek 1220 mm	UIC 812-3 standardına uygun R9T sınıfı alaşımsız çelik	500 Ad.
Tekerlek Takımı	UIC 812-3 standardına uygun R9T sınıfı alaşımsız çelik	10.000 Ad.
Tekerlek (Gövde)	UIC 812-3 standardına uygun R9T sınıfı alaşımsız çelik	15.200 Ad.
Fren Pabucu(Pik 250)	Pik Döküm	200.000 Ad.
Fren Pabucu(Pik 149)	Pik Döküm	5.000 Ad.
Fren Pabucu(Pik 3601)	Pik Döküm	120.000 Ad.
Fren Pabucu(Pik 3201)	Pik Döküm	400.000 Ad.
Fren Pabucu(Pik E7)	Pik Döküm	50.000 Ad.

Tablo 3.2 'de TCDD tarafından düzenli olarak kullanılan demir-çelik ürünü yol malzemeleri görülmektedir.

Tablo 3.2 TCDD Kullanılan Demir-Çelik Ürünü Yol Malzemeleri [35]

MALZEME	TEKNİK ÖZELLİKLERİ	YILLIK İHTİYAÇ
Ray	UIC 860-0 standardına uygun 900 A kalitesinde alaşımsız çelik	50.000 ton
Mantarı sertleştirilmiş ray	900 A Kalitesinde mantarı ısıtılma tabi tutularak sertleştirilmiştir	10.000 ton
Krapo	Çekme Mukv. : 700-610 N/mm Kırılma Uzaması :min%18	200 ton
Cebire	Çekme Mukv. : 550-650 N/mm ² Kırılma Uzaması : min %18	300 ton
9.4 mm Gergi Çeliği	Çap :9.4±0.05 mm Uzunluk :4730-4700±1.5 mm Çekme Mukv. : 160 Kg/mm ² Akma Mukv.:140 Kg/mm ² Sürünme Sınırı :100 Kg/mm ² Elastisite Sınırı :116 Kg/mm ²	2.600 ton
HM Gergi Kıskaçı	Kıskaç Basma Kuvveti 2x10=20 (kN) Sertlik(Vickers 30) :400-460	2.000.000 Adet
Besleme Rondelası	DIN 1624 St 2 K 60 (1.0330K60) Üretim Şekli : Soğuk Çekme Kalınlık : 4 ±0.6 mm Çekme Mukv: 590-740 N/mm ² Sertlik HV : 120-220	2.000.000 Adet

Tablo 3.3’de TCDD tarafında düzenli olarak kullanılmakta olan demir-çelik ürünü malzemeler görülmektedir.

Tablo 3.3 Düzenli Olarak Kullanılan Makine Parçaları[35]

MALZEME	TEKNİK ÖZELLİKLERİ
KAZMA	MKÇ 1350 (DIN 46 Mn7) Dövme malzeme
KÜREK-BAKLA	DINX 120 Mn 12 Çelik Döküm Malzeme
PİM	DIN 16MnCr5 Soğuk Pres Malzeme
BALKON	DIN 34 Cr Mo 4
DREZİN TEKERLEGİ	8 mm Saçtan Soğuk Pres
MONOBLOK TEKERLEK	UIC 812-3 Standardına uygun R 7 sınıfı alaşımsız çelik

3.3.1 Ray üretim Prosesi ve Türkiye’ki Durumu

Yukarıdaki tablolarda bahsedilen ve TCDD tarafından düzenli olarak kullanılmakta olan bu malzemelerden tabiki üretim teknolojisi açısından en önemli kalemi ray üretimi oluşturmaktadır. Son yıllarda çelik üretiminin büyük ölçüde modernize olması ile birlikte, Bazik oksijen ocağı kullanımının yanı sıra ikincil metalurji ve havasız ortamda gaz alma (vacuum degassing) yöntemleri de pratik olarak kullanılmaktadır. Çelik yapımında bilgisayar kullanımının başlaması kaliteyi yükseltmiş ve daha kontrollü hale getirmiştir. Sürekli döküme geçilmesi çelik kalitesinin yükselmesinde önemli bir katkıda bulunmuştur. Aynı uygulamalar daha doğru ölçüm teknikleriyle farklı işlem aşamalarından oluşmuştur. Ray üretimini anlayabilmek açısından çelik üretim safhalarını iyi anlaşılmalıdır. Çelik üretim işlemi aşağıdaki ana bölümlerden oluşmaktadır;

- Yüksek fırın
- Çelik yapımı
- Sürekli döküm veya ingot döküm

- Haddeleme
- Doğrultma
- Ölçüm (ultrasonik, geometri, kontrol)

Çelik gerçekte demirin arıtılarak bir kaç element katkısıyla elde edilen halidir. Demir doğada oksitler halinde demir cevheri olarak bulunur. Demir dünyada bir kaç bölgeye yayılmış bir şekilde ve yeterli çoklukta bulunmaktadır.

Cevher ocaktan alınıp belli büyüklükte kırılır. Küçük parçalar ayıklanarak sinterlenmek üzere sinter ünitesine gönderilir. Burada küçük parçacıklar kok ve kireç taşı ile karıştırılarak demirce zengin parçalar haline getirilir. Bu parçalara sinter adı verilir. Bu sinter parçaları diğer demir cevheri ile birlikte yüksek fırına atılır. Ayrıca bunlarla beraber kok ve belirli ölçüde kireç taşı da fırına atılarak hepsi birlikte yakılır. Bu sırada fırının içine sıcak hava üflenir, yanma hızlandırılır ve büyük bir ısı açığa çıkar. Bu sayede demir cevheri indirgenir. Fırına atılan sinter parçaları ve cevher eriyerek yaklaşık 1500°C de fırının dibinde toplanırlar. Fırına atılan kireç taşı ile cevherdeki istenmeyen maddeler birleşir ve curuf oluşturur. Bu oluşan curuf sıvı metalden daha hafiftir ve metalin üzerinde yüzer.

Yüksek fırındaki işlemler sürekli dir. Metalin üzerinde curuf oluşur oluşmaz periyodik olarak alınmaya başlar. Aynı şekilde curufun altından başlayarak da erimiş metal alınarak buradan sıvı çelik üretimine gider, Cevher, sinter, kok ve kireç taşı sürekli olarak yüksek fırına yüklenir ve sıcak hava aşağıdan üflenir. Bu işlem, fırının ısıya dayanıklı refraktörünün bozulmasına veya düzenlenmesine ihtiyaç göstermesine kadar yaklaşık 4 yıl veya daha fazla süre sürekli olarak devam eder. Bir sonraki işlem çelik yapım işlem inin gerçekleştiği bazik oksijen fırınıdır.

Bazik oksijen ocak (BOF) işlemi diye bilinen yöntem çelik yapımında oldukça önemli bir yer tutar. Modern bir fırın bir defada 150-350 ton malzeme alır ve yaklaşık 40 dakikada çelik üretir. Sıcak metal bazik oksijen işleminin en önemli malzemesidir. Fırına önce hurda atılır, daha sonra sıvı metal yüklenir ve ağzı yukarıya getirilerek işlem başlatılır. Fırına yüklenen malzemenin % 70'i sıvı metal, % 30'u ise hurdadır.

Su ile soğutulan oksijen borusu fırının içine daldırılır ve oldukça yüksek bir hızla kuru ve saf oksijen üflenir. Üflenene oksijen karbonla ve diğer istenmeyen elementlerle birleşerek sıvı malzemeyi temizler. Karbon % 0.1 den aşağıya düşünceye kadar oksijen üfleme devam edilir. Oksijen üfleme süresince akışkanlığı arttırmak amacıyla kireçtaşı eklenir. Kireç taşının etkisiyle oksijen istenmeyen malzemelerle birleşerek oksitlerini oluşturur. Bu oksitler curuf oluşturup yüzeyde kalırlar. Fırının içine daldırılan oksijen borusunun konumu, üflenecek oksijen miktarı, eklenecek malzeme miktarları bilgisayar kontrolünde ve tamamen otomatik olarak yapılır. İşlem bitiminde metal alma kapağından tüm metal potaya alındıktan sonra ocak ters çevrilerek daha önceden hazırlanmış olan curuf potasına yüzeyde kalan curuf boşaltılır.

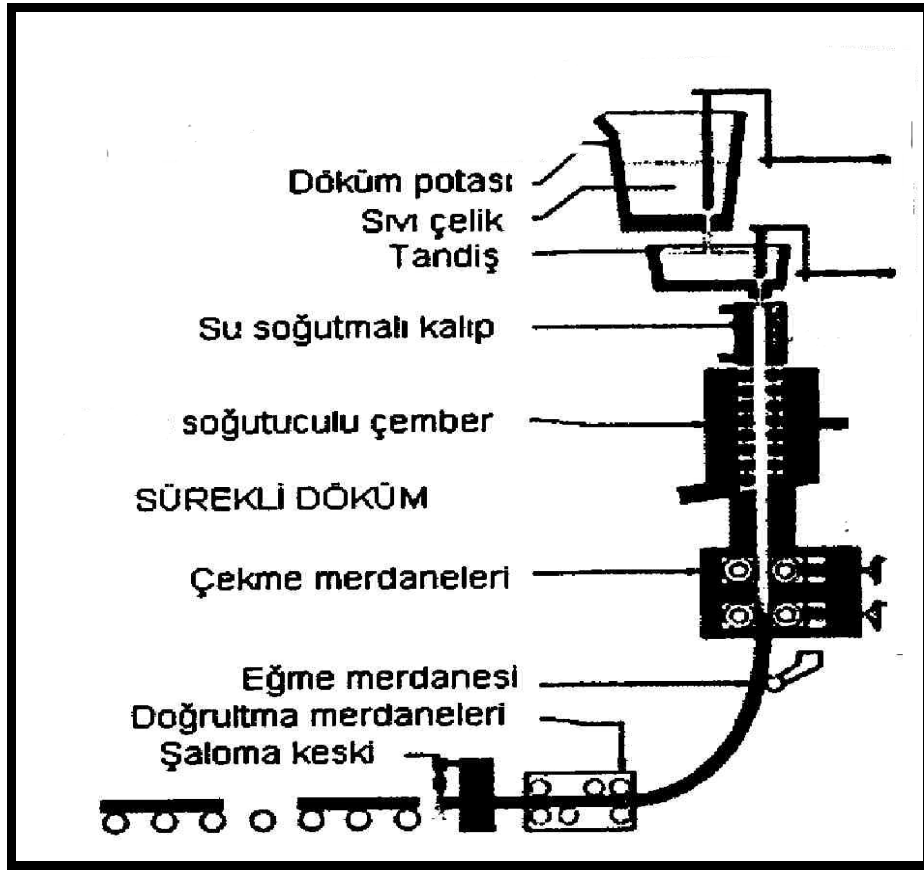
Potaya alınan sıvı metale alaşım elementleri atılarak karbürize edilir. ikincil metalurji diye adlandırılan proseste kimyasal kompozisyon, sıcaklık ayarlanır ve istenmeyen maddeler atılır. Modern çelik yapımında çelik kalitesini yükseltmekte kullanılan bir kaç işlem vardır. Argon üfleme yöntemi sıcaklığı ve kimyasal kompozisyonu homojenleştirmekte kullanılır. Vacuum degassing ünitesi çelikteki hidrojen oranını 2 ppm.'den aşağıya düşürmek ve çelikteki oksitleri yok etmekte kullanılır.

Hidrojen miktarının sıvı çelikte 2 ppm.'in altında olması hidrojen flakelerinin (birikinti, yapraklanma) oluşmasını önler. Dolayısıyla soğuma hızını sürekli ölçmemize gerek kalmaz.

Hidrojenin ray üzerindeki olumsuz etkisine değinilecek olunursa, içerisinde hidrojen flakeleri bulunan ray üzerine gelen tekerlek yükü altında ray içinde hidrojen nedeniyle çatlak başlayacak zamanla yorulmadan dolayı kırılmaya neden olacaktır.

Bir sonraki adım döküm işlemidir. Şu anda çelikhanelerin çoğunda kullanılmakta olan yöntem sürekli döküm yöntemidir. Sıvı çelik 150-350 tonluk potalarda biriktirilerek turretlerin içine yerleştirilir. Turretler 2 pota alabilir. İlk pota tandişle dökülür dökülmez ikinci pota hazırlanır. Bu yolla döküm sürekli olarak devam eder.

Şekil 3.5'de sürekli döküm işlemi görülmektedir.



Şekil 3.5 Ray Üretiminde Sürekli Döküm İşlemi [35]

Sıvı çelik potadan tandiştir'e dökülürken gömme döküm tekniğı kullanılır. Tüm kalıplara aynı miktarda metal akmasını sağlayan hassas ölçülü döküm ağızlıkları kullanılır. Pota ile tandiştir arasına ve tandiştir ile kalıp arasına refraktör koruma konarak tüm sıvı çeliğın döküm esnasında atmosferden etkilenip oksitlenmesi önlenir. Çift duvarlı kalıplar su soğutmalıdır. Kalıplar farklı şekillerde olabilir ve tandiştirlerden akan sıvının belli bir şekilde olmasını sağlar. Kalıbın köşeleri oluşabilecek çatlakları önlemek amacıyla yuvarlanmıştır. Sıvı çeliğın çok yüksek sıcaklığa sahip olması döküm kütüğünü metalurjik kalitesi açısından büyük ölçüde etkiler. Bu nedenle tandiştirdeki çeliğın sıcaklığı sıvı haldeki sıcaklığının 15 °C üzerinde tutulur. Döküm süresince çeliğın bakır kalıba yapışmasını önlemek amacıyla döküm hızına ve sallantı vuruşuna göre kalıp dakikada 60-200 dönüşlük bir sıklıkla sallanır. Döküm hızı yaklaşık 0.8 m/dak.dır. Sağlıklı katılşma sağlamak amacıyla kütükler elektro magnetik olarak soğutulacak şekilde donatılmıştır.

Haddeden çıkan sıcak kütükler 10-13 m.lik bir yarıçapla dönerek doğrultma tezgahlarına ikinci soğutmayı sağlayan spre y çemberinden geçerek gider.

İstenen uzunlukta kesilen kütükler yığın halinde soğurlar. Daha sonra kütükler yürüyen bantlarla yeniden ısınmak üzere ısıtma ünitesine giderler. Döküm işleminin başında hidrojen yüklemesi olabilir. Eğer hidrojen miktarı kritik bir değere ulaşırsa kütükler hidrojen miktarını kontrol altında tutmak amacıyla kontrollü olarak soğutulurlar. Sürekli döküm ile elde edilen çelik ingot döküme nazaran daha temizdir ve içerdiği istenmeyen maddeler daha küçük boyutta ve uniform dağılımlıdır.

Kütükler kontrol edilerek son mamülün oldukça iyi bir yüzeye sahip olmasının sağlanması amacıyla bozukluklarından arındırılır. Daha sonra kütükler özel dizayn edilmiş fırınlarda 1250° C ye kadar tavlanırlar Tav fırınından çıkan kütüklerin üzerine 200 barlık bir basınçla su fışkırtılır. Bu işlem haddelerin ve haddelenen yüzeylerin zarar görmesini engeller.

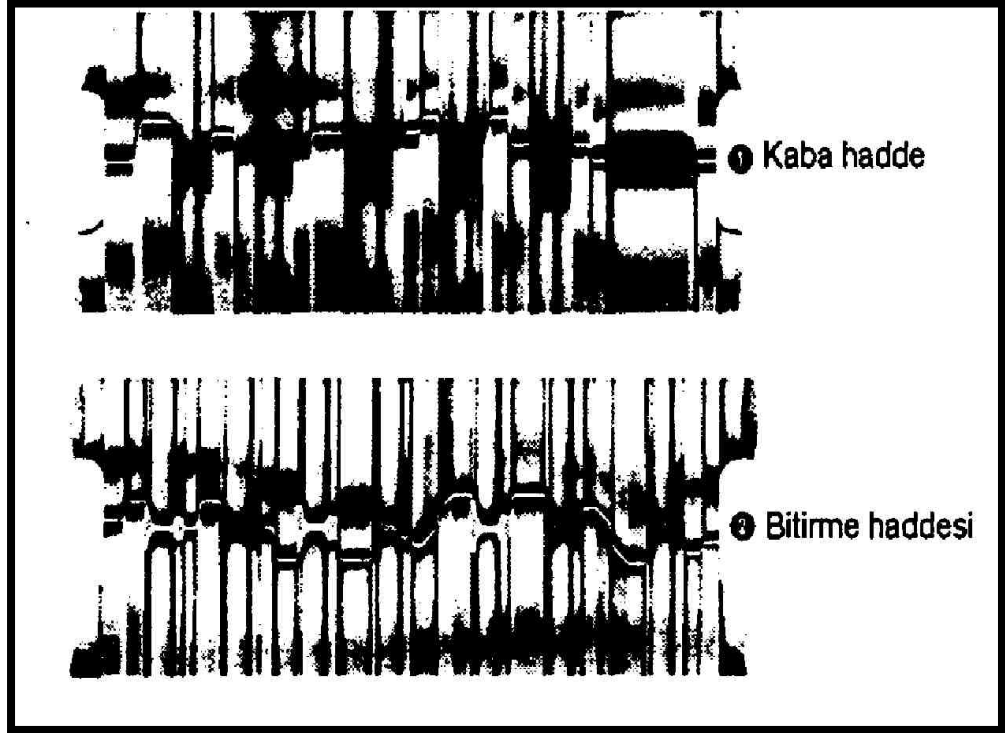
Haddeleme aşamasından itibaren üretilmek istenen malzeme şekline göre hadde hattına girer. Aşağıda ray üretimi örnek alınmıştır.

Kütükler ray formunu veren haddeye girmeden önce ilk şekilleri verilmek üzere ön haddeden geçerler. Ray son şeklini alıncaya kadar 8-11 defa haddeden geçer.

Şekil 3.6'da ray haddesi görülmektedir. İlk olarak kütük yüzeyine dik olan iki bıçak geçer ve ilk çıkıntıyı yapar. Oluşan ilk çıkıntıları yatay olarak yeniden düzeltme ray tabanının dinamik eğilme gerilimi altındaki davranışını düzenler. Ürünün son olarak yüzeyi temizlenir ve düz bir yüzey elde edilir. Son haddeden geçerken ray üzerine markalama yapılır. Bu marka üretici hakkında bilgi, üretim yılı, üretildiği bölüm ve ray kalitesi bilgilerini içerir. 125 m ye kadar ray çekmek mümkündür.

Son şeklini alan raylar sıcak-kesme ile istenilen boyda kesilirler. Bütün raylar sıcak markalanırlar ve bu marka ray hakkındaki tüm bilgileri içerir. (ingot numarası, kütük numarası gibi)

Sıcak raylar yürüyen bantlar üzerinde soğumaya götürülürler. Soğuma yaklaşık 3-4 saat sürer. Ray sıcaklığı 800°C den 100°C ye düşer. Rayın yürüyen bantlarla taşınması rayı tutmakla meydana gelebilecek yüzey kusurlarının oluşmasını önler. Soğumanın ardından raylar doğrultma ünitesine giderler.



Şekil 3.6 Haddeleme Son İşlemlerin Yapıldığı Bölüm [35]

Sonradan uygulanan düzeltme işlemi her ne kadar düzgünlük sağlasa da rayda zararlı gerilmelere yol açar. Rayın akma gerilmesine bağlı olarak 100-300 N/mm² mertebesinde kalıcı gerilmeler meydana gelir. Bütün raylar doğrultma haddesinden çıkınca test merkezine giderler. Burada rayın tüm özellikleri test edilir. ve varsa içsel hataları, yüzey hataları ve boyut hataları tesbit edilir. İçsel hatalar ultrasonik yöntemle tespit edilir.

Üretim sonunda raylar istenilen boyutlarda kesilirler, gerekli ise cebire delikleri delinir. Raylar tekrar teste tabi tutulur ve fabrikadan çıkar. Yukarıda anlatılan işlemler diğer malzemeler içinde aynı şekilde gerçekleşir.

Perlitik yapının mekanik özellikleri sementit (Fe₃C) lamellerinin aralarındaki uzaklığa, kalınlıklarına ve tane boyutuna bağlıdır. Perlitik yapı oluşurken farklı miktarda karbonun ostenitik yapıdan difüzyonuna sebep olur. Difüzyon hızının kontrol edilmesi alaşım elementlerinin miktarının kontroluyla aynı etkiyi yaratır. Akma sınırı ve çekme mukavemeti, lameller arasındaki mesafe azalırken artar. Sementit lameller arasındaki mesafenin akma sınırını direkt

olarak etkilemesi nedeniyle, çekme gerilmesi artarken, akma sınırı da yükselir. Tokluk, sementit lamellerinin kalınlığı ve tane boyutuyla ilgilidir.

Ray üretiminin Türkiye'deki tarihçesine bakılacak olunursa, İlk ray 1932 yılında 1929 yılında temeli atılan Kırıkkale Çelik Fabrikasında yapılmış ve o tarihte bu fabrikada bir çok çelik cinsi üretilebilmiştir. Ve 1937 yılında da KARDEMİR'in temeli atılmış burada da ray ve bazı demiryolu malzemelerinin üretimine bir süre önem verilmiştir. 2001 yılında Kardemir'in TCDD'ye olan taşıma borçlarına karşılık ray üretimine başlanmıştır[35].

3.4 Rayların Metalurjik Özellikleri ve Ray Kaliteleri

Ray üretiminin iki yüz seneye yaklaşan bir geçmişi olmasına rağmen, Türkiye'de ancak Kırıkkale ve Karabük Çelik Fabrikaları kurulduktan sonra ray üretimine teşebbüs edilmiştir. Karabük'te 1950-51 ve 55 yıllarında küçük partiler halinde ray üretimi yapılmış ve bu esnada Türkiye'de kullanılmış raylardan bazıları da Karabük'de etüd edilmiştir. Bu münasebetle ray imalatı şartnamesinde istenen göz muayenesi ve boyut kontrolü yanında en önemli laboratuvar kontrolleri, kimyasal bileşim, mekanik özellikler, sertlik (ağırlık düşürme) deneyi, metalografik yapı, kesit makro yapı v.b. muayeneler yapılmıştır. Bağdat hattında kullanılmış UTTE 1383 ve KRUPP 1891 işaretli rayların özellikleri Tablo 3.4'de verilmiştir. Bunların Thomas çeliğinden yapıldığı, ve tarihsel gelişimde ilk safha ürünlerini temsil ettiği söylenebilir.

Tablo 3.4 Bağdat hattında kullanılmış UTTE 1383 ve KRUPP 1891 işaretli rayların özellikleri [37]

Tipi	Kimyasal Bileşim%					Akma Mukav	Kopma Mukav.	Kopma Uzama. %
	C	Mn	Si	P	S			
Krupp 1891	0.36	0.6	0.21	0.085	0.077	36.9	66.5	18
Utte 1883	0.34	0.1	0.81	0.10	0.073	Yok	80.6	16

3.4.1 Metalurjik Esaslar

Perlitik eliklerde mekanik özellikler büyük ölçüde sementit (Fe_3C) tabakalarının kalınlıkları ve tane boyutlarına bağlıdır. Sementit tabakalar arasındaki mesafe azaldıkça, kırılma dayanımı ve akma noktası artar. Çünkü akma noktasında sementit tabakalar arasındaki mesafenin etkisi daha büyüktür. Bu elastiklik değerinde geleieme demektir. Ray mukavemeti tane boyutları ve sementit tabakalar arasındaki kalınlığa bağlıdır. Benzer bağlantı çarpma testlerinin sonuçları içinde elde edilir[32].

Ray uçlarının birbirine kaynatılması son yıllarda yaygın bir şekilde uygulanmaktadır. Diğer demir-elik ürünlerinde olduğu gibi, raylarda da kaynak kabiliyeti, karbon oranı arttıkça azalmaktadır. Normal olarak alaşımsız standart elik tipi raylar kolay kaynak yapılabilmektedir. Mn, Cr, Si, Mo gibi alaşım ilaveleri ise kaynak kabiliyetine olumsuz etkilemektedir. Alaşım elementleri, kaynak esnasında martenzit oluşıumuna ve dolayısıyla fazla sertlik ve gevreklik tehlikesine sebebiyet vermektedir[4].

3.4.2 Isıl İşlem

Rayları alaşımlandırarak kırılma dayanımını arttırmak mümkün olduğu gibi, bir diğer yöntem raylara uygulanan ısııl işlemlerdir. Bu yöntemle yalnız kırılma dayanımı değil, aynı zamanda diğer dayanım değerlerinin gelişmesinde de büyük avantaj sağlar. Isıl işlem ya tüm bölüme yada sadece ray mantarına uygulanabilir. Sadece ray başına uygulandığı durumda ray mantarına çok büyük aşınma dayanımı sağlayan 1200-1350 N/mm² arasında kırılma dayanımına sahip olurken, ray gövdesi ve tabanında 900 N/mm²'lik kırılma dayanımı ile standart derecede dayanım değerlerine ulaşılır.

Raylara uygulanan ısııl işlemlerde rayın tamamı veya yalnız mantar kısmı ısııl işleme tabi tutulmaktadır. Rayın tamamını sertleştirerek ısııl işleme tabi tutmak suretiyle, çok ince perlitik bir yapı elde etmek için ekonomik olmayan bir tesis inşa edip işletmek zorunluluğu vardır. Ancak sonradan yapılacak kaynak etkisi ile malzemenin yumuşaması tehlikesini gözardı etmemek gerekir.

Bu durumda göz önüne alınarak, rayların tam olarak ısııl işleme tabi tutulmasına gerek kalmadan, kontrollü soğutma ile çok ince perlitik yapı oluşması, Cr-Mo ilavesiyle sağlanmaktadır. Bu bileşimdeki raylar

soğutulurken 560-600 °C'de ince perlit (veya üst beynit) yapısı oluşmaktadır. Standard C-çeliklerinde ise aynı dönüşüm 675-705°C'de meydana geldiği için daha kaba perlitik yapı meydana gelmektedir. Climax Molibdenum Co.(U.S.A) nin geliştirdiği Cr-Mo'li çelikten rayların bu şekilde üretimden sonra, bunların çatlamadan doğrultma makinesinden geçirilebildiği ve standard C-çelik rayları gibi kaynak yapılabildiğini iddia etmektedir[4].

Ray uçlarının ısıtılma işlemle sertleştirilmesi de 1950'lerden beri geniş çapta uygulanan bir yöntemdir. Bunun için ray uçlarını genellikle gaz alevinde ısıttıktan sonra hava üfleyerek hızlı soğutmak gerekmektedir.

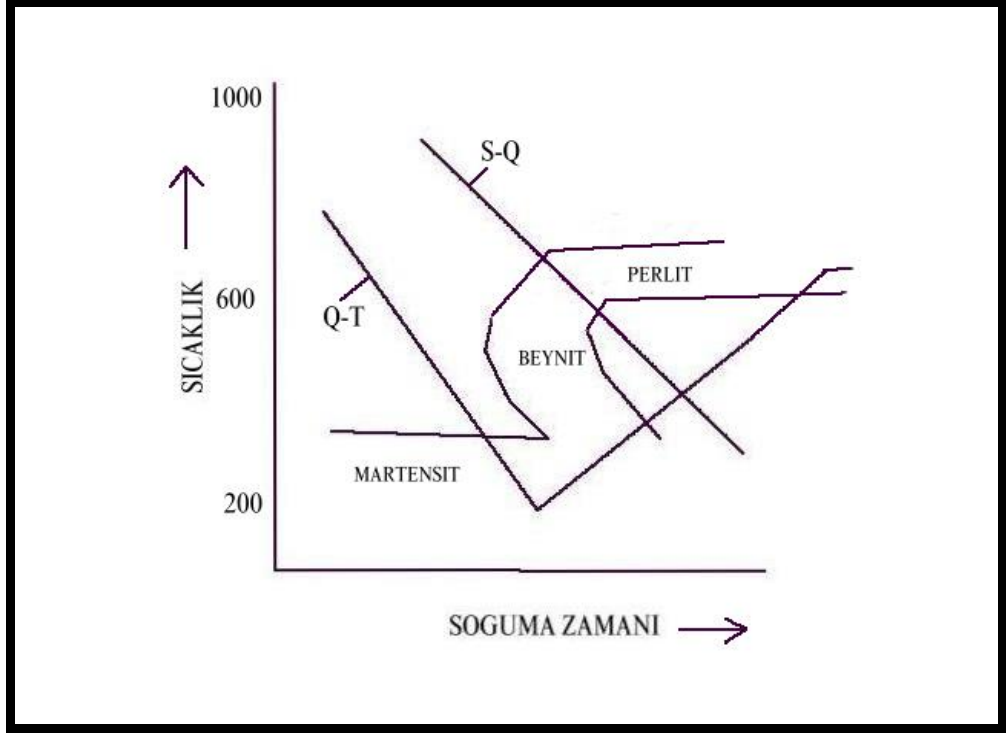
Rayın tamamı yerine yalnız mantar kısmına ısıtılma işlem uygulanması, bugün en çok kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem, genellikle % 0.60-0.75 C, %, 0.70-1.10 Mn içeren raylara uygulanmaktadır. Japonya'da JIS ve JRS standartlarına uygun çelikler için ray mantarı yüzeyinde sertlik 50 ± 3 shore, kesitinde ise max. 390 Vickers sertliğindedir. sertlik derinliği 20-35 mm kadardır.

(Q-T) ısıtılma işlem yöntemi ismi verilen bu uygulamada ray mantarı 815 °C de ostenitlendikten sonra su ile soğutulurken martenzit yapı elde edilmekte, sonra tekrar yaklaşık 550 °C'e ısıtılıp su veya hava ile soğutulmak suretiyle menevişlenmektedir. Mantarın etkilenen yapısı, sorbit şeklinde çok ince perlitten oluşmaktadır.

(Q-T) ısıtılma işleminden daha basit bir ısıtılma işlem olan (S-Q) ısıtılma yöntemi son yıllarda Japonlar tarafından geliştirilmiştir. Yeni gelişen bu (S-Q) yönteminde ray mantarı 500 °C'e kadar ön ısıtıldıktan sonra süratle diğer bir fırına verilmekte ve yüzeyi, en az 1000 °C'e kadar yükseldikten sonra da alınıp basınçlı hava ile soğutulmaktadır. Böylece işleminden etkilenen bölgede 370 Vickers sertliğinde ince perlitik bir yapı oluşmaktadır.

(S-Q) işlemindeki ön ısıtılma fırını, basınçlı kok gazı ile 400-600 °C'e kadar ısıtılmakta, hızlı ısıtılma fırını ise, (basınçlı kok gazı+ oksijenle) 1100-1200 °C'ye kadar uç brülör yardımıyla ısıtılmakta, soğutma ise, basınçlı hava ile gerçekleştirilmektedir. Rayın işleme hızı 50 cm/dak.dır.

(Q-T) ve (S-Q) işlemlerine ait soğuma eğrileri Şekil 3.7'de gösterilmiştir[4].



Şekil 3.7 T.T.T. Sıcaklık/ Zaman Dönüşüm Eğrisi ve (Q-T), (S-Q) Soğuma Eğrileri [4]

(S-Q) tipi ısıt işlem uygulanan raylarının özellikleri Tablo 3.5'de verilmiştir.

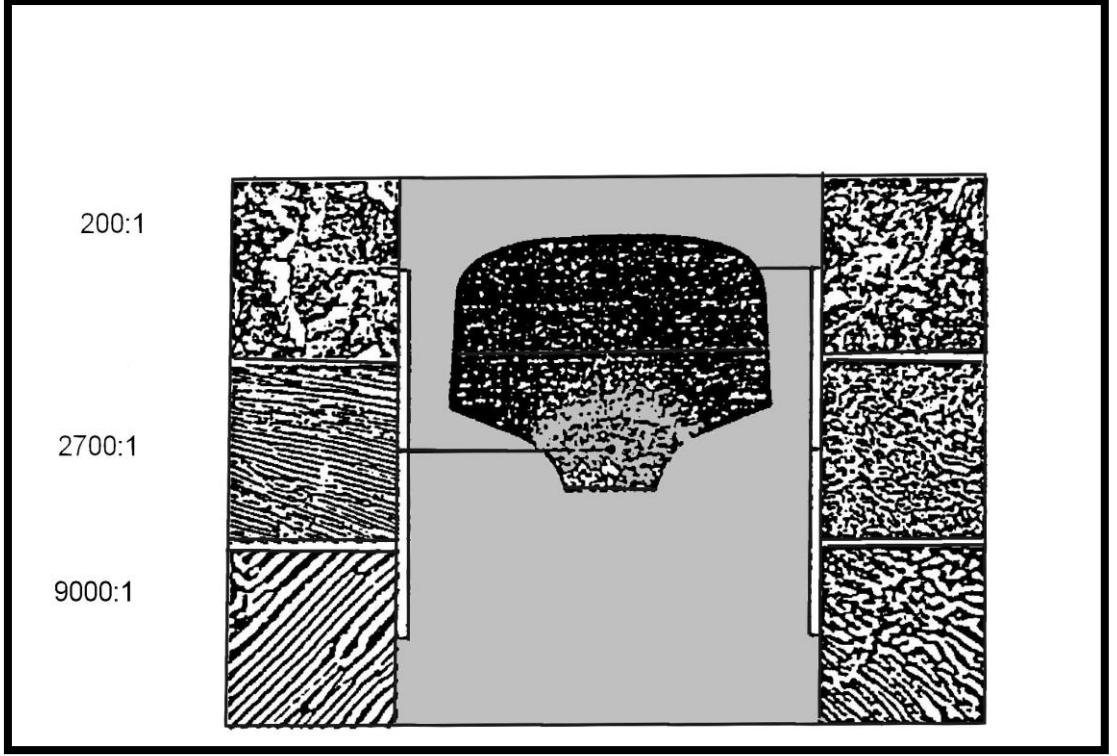
Tablo 3.5 (S-Q) tipi ısıt işlem uygulanan ray özellikleri [4]

Bileşim	Miktar%	Mekanik Özellikler	Değeri(min.)
C	0.69-0.82	%0.2 Akma.,kg/mm ²	30
Si	0.15-0.35	Kopma muk.,kg/mm ²	110
Mn	0.50-0.80	Kopma uzaması,%	14
P	0.035 max.	Kesit daralması,%	35
S	0.040 max.	Yüzey sertliği ,shore	47

Rayların sertleştirilme ısıt işlemin örnek olarak ray mantarının 850-950°C'lik ostenizasyon sıcaklığına 2-6 dakikada indüksiyon ile ısıtıldığı, daha sonra 650-500°C basınçlı hava vasıtasıyla hızlandırılmış soğutmanın yapıldığı ve

tam bir perlitik yapı elde edilinceye kadar bu sıcaklığın korunduğu Thyssen ısıtma tesislerinde elde edilen mantarın ısıtma sonucundaki mikroyapısı Şekil 3.8’de gösterilmektedir.

Sertleştirme ısıtma işlemi özellikle ağır işli yollarda kullanılan raylara ve cebireli ray bağlantılarının ömrünü uzatmak için uygulanmaktadır[32].



Şekil 3.8 Mantarın Isıtma Sonucundaki Mikroyapısı [32]

3.4.3 Aşınma Dayanımı

Aşınma dayanımı, mikro yapıya olduğu kadar karbon içeriği ve diğer alaşım elementlerine de bağlıdır. Normal şartlar altında bu demektir ki aşınma dayanımı kırılma gerilmesine orantılı olan sertliğe göre artar. Avrupa dışında, sertlik aynı zamanda ray kalitesini veya kırılma dayanımı belirlemek için de kullanılır.

NS; 900B kalitesi yanıl aşınmasının 700 kalitesi yanıl aşınmasına göre üç kat düşük olduğunu tecrübe etmiştir. 1100 kalitenin aşınması 900B kaliteden 2 veya 3 kez daha düşüktür. 900B, yağlama ile 1100 dereceye denk gelmektedir. 1100 kalitenin yağlanması sadece küçük gelişmeler sağlar.

Dikey ray mantarı aşınması takribi olarak toplam tonajla orantılıdır. Eğer tekerlek flanşları yağlanırsa aşınma 900N/mm² kırılma dayanımına sahip

raylar için, dikey aşınma her 100 megaton için takribi 1 mm'yi geçmez, yağlamaksızın bu değer 100 megaton'da 1 ile 2 mm'den başlar[32].

3.4.4 Yorulma Dayanımı

Ray ve kaynak herhangi bir çatlak oluşmaksızın 0(sıfır) ile yorulma gerilmesi değeri arasında en az $2 \cdot 10^6$ gerilme tekrarına dayanabilmelidir.

Yorulma dayanımı aşırı yüke dayanma için önemlidir. Eğer bu değer çok düşükse çatlaklar oluşabilir ve kabuklanma görülebilir. Haddelenmiş rayların yorulma dayanımı kırılma dayanımı ile lineer olarak artar. Rayın döşenerek kullanımı sırasında, korozyona bağlı olarak tekrar düşer[32].

3.4.5 Kırılma Mekanikleri

Rayların kırılmaya karşı emniyeti, demiryolu trafiği için kesin öneme sahiptir. Kırılma mekanikleri bu özellikleri değerlendirmek için kullanılabilir. Esas olarak iki ana durum vardır; kritik gerilim şiddeti faktörü olarak ifade edilen kırılma dayanımı ve çatlak uzama oranı. Gerilme şiddeti faktörü dolu raylar için değerlendirilirken kalıntı gerilmeler hesaba katılmalıdır. Bu gerilmeler testlerde ayrıca ölçülebilir.

Çatlaklar daima dış hasarlar veya iç kusurlardan kaynaklanabilen çentiklerden başlar. Bu nedenle yüksek seviyede temizlik yani düşük metalik olmayan bileşim muhtevası ve düşük hidrojen muhtevası önemlidir. Örneğin kaynaklanmış raylarda kaynak bölgesinin dayanımı eğilme testi ile kontrol edilmektedir. Aşağıdaki değerler eğilme dayanımı için NS'de kullanılır.

- Haddeli ray : $300 \pm 20 \text{ N/mm}^2$
- Kullanılmış ray yakma alın kaynağı: $220 \pm 20 \text{ N/mm}^2$
- Termit Kaynağı: $180 \pm 20 \text{ N/mm}^2$

Bu değerler 1,25 m'lik bir ray destekleme köprüsü ile 4 noktadan eğme testinde elde edilir ve minimum 20 N/mm^2 lik gerilim uygulanır[32].

3.4.6 Ray Kaliteleri

Ray kullanımının başlangıcından 1950'lere kadar alaşımsız çelikten üretilmiş tipik rayların bileşimleri ile Karabük'te üretilen rayların ilgili yapılan analiz ve araştırmalar göstermiştir ki, Karabük rayları ortalama % 0.50 C ve %1.0 Mn içeren Fe-70 (veya St70) tipi çeliktendir. Çeliğin sakin dökülmüş, yani Al ile deoksidi olmuş cinsten olması gerekir. Al ile deoksidasyon yöntemi malzeme yapısının temiz olmasına, yaşlanmaya karşı mukavemetine, kaynak kabiliyetinin artmasına ve kristal küçültmeye yardımcı olmaktadır. (Çelikte % 0.03 den fazla Al bulunması tavsiye edilir.) ingot dökümü ile üretimde sıvı çeliğin kalıba alttan doldurulması (alttan döküm) bilhassa tavsiye olunmaktadır. Aksi takdirde, yüzey pürüzleri artabilir. Son yıllarda çeliğin blum halinde sürekli dökümü ve blumdan raya geçilmesi önemli bir gelişme olmuştur.

Bu suretle:

- Malzeme kayıpları azalmakta,
- Daha homojen özellikler sağlanmakta,
- Enerjiden tasarruf edilmekte,
- Yatırım ve işletme maliyeti düşmekte,
- Seri üretim ve geçerli makineleşme ile daha düzenli ve emniyetli üretim yapılabilmektedir.

Tüm bu gelişmelerle birlikte 1970'lerden sonra ray malzemesine % 1.00-1.30 kadar Cr ilave edilerek sertliği ve mukavemeti artırılmıştır. (Bu çeliklerin bileşimlerindeki Si oranı da % 0.60-0.75 seviyesine çıkmaktadır). Son yıllarda (Cr-Mo)'li rayların üretimine gidilmektedir. Ray üretiminde çelikteki H₂'nin düşürülmesi için vakumla gaz giderme tekniği uygulanmakta ve H₂ oranının milyonda 2 ppm'nin altına düşürülmesi istenmektedir. Vakum tekniği sağlanamadığı takdirde, rayların haddelenme sonunda yavaş soğutulması (örneğin, 50 kg/m'nin üzerindeki rayların 7 saatten önce 150 °C altına soğutulmaması) tavsiye olunmaktadır[4].

Son yıllarda kullanılan tipik ray çeliklerinin kimyasal bileşimleri Tablo 3.6'da verilmiştir. Rayın kimyasal bileşiminin mekanik özellikler üzerinde çok büyük etkisi bulunmaktadır. Nitekim ray çeliğinde C oranı, %0.40'dan %

0.80'e doğru yükselirken, rayın sertliği ve mukavemeti artmakta, dolayısıyla aşınma azalmaktadır[4].

Tablo 3.6 Son Yıllarda Kullanılan Tipik Ray Çeliklerinin Kimyasal Bileşimleri[4]

% Çelik cinsi	C	Mn	Si	Cr	Mo	V
Standard C çeliği	0.75	0.90	0.20	-	-	-
Yüksek silisli	0.75	0.80	0.70	-	-	-
Kromlu ray	0.75	0.65	0.25	1.15	-	-
Krom-silisli	0.70	1.05	0.75	1.00	-	-
Krom-vanadyumlu	0.70	1.00	0.60	1.00	-	0.80
Krom-molibdenli	0.75	0.60	0.30	0.60	0.20	-

Tablo 3.7'de AREA ve ASTM-AI-680 standardına göre, ray ağırlıkları ve bileşimleri verilmiştir.

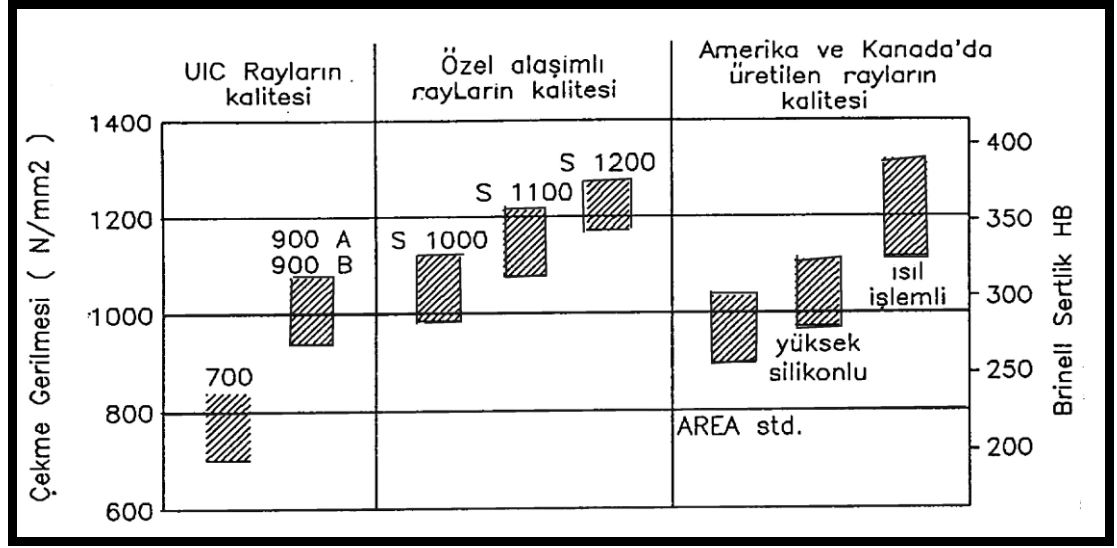
Türkiyede en yaygın olarak kullanılan rayların metre başına ağırlıkları 49.050kg ve 46.035 kg'dır[38].

Tablo 3.7 AREA ve ASTM-AI-680 gereğince ray ağırlıkları ve bileşimleri[4]

Kimyasal Bileşim %	Ray Ağırlıkları kg/m		
	40.1- 44.6	54.1- 59.5	60 ve üstü
C	0.64-0.77	0.67-0.80	0.69-0.82
Mn	0.60-0.90	0.70-1.00	0.70-1.00
Si	0.10-0.23	0.10-0.23	0.10-0.23
P(max)	0.04	0.04	0.04
S(max)	0.05	0.05	0.05

Şekil 3.9'da Avrupa ve Amerika'da kullanılan modern ray kaliteleri sertlik değerleri ve çekme dayanımları verilmiştir. UIC standart kaliteleri Avrupa'da kullanılmaktadır. Bunlar 700-1100 N/mm² arasında minimum kırılma

gerilmesine sahip 700, 900A, 900B ve 1100 kaliteli olarak dizayn edilmiştir. Bunların karakteristik elementleri karbon ve manganezdır.



Şekil 3.9 Avrupa Ve Amerika'da Kullanılan Modern Ray Kaliteleri ,Sertlik Değerleri Ve Çekme Dayanımları[32]

Kaliteler karşılaştırıldığında 700'e göre 900A kalitesi esas olarak karbon, 900B ise esas olarak manganez ile mukavemetin artırıldığını ifade eder. Bu 900A için daha iyi kaynak özellikleri fakat 900B için daha fazla dayanıklılık sonucunu verir. Avrupa'da kullanılan 900A standart kalitesi AREA standart kalitesine çok benzer. Tablo 3.8'de Avrupa ve Amerika'da kullanılan rayların kimyasal bileşimleri gösterilmektedir[32].

Tablo 3.8 Avrupa ve Amerika'da kullanılan rayların kimyasal bileşimi [32]

% bileşim	700	900A	900B	S 1000	S 1100	S 1200	AREA	Yük. siliko	Isıl İşl.
C	0.50	0.75	0.65	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Si	0.25	0.25	0.25	0.90	0.70	0.80	0.25	0.80	0.25
Mn	1.00	1.00	1.50	1.00	1.00	1.00	0.90	0.90	0.90
Cr					1.00	1.00			

V						0.10			
---	--	--	--	--	--	------	--	--	--

Daha ağır işi olan yollar için minimum kırılma gerilim değeri 1100 ve 1200 N/mm²) arasında olan özel haddelenmiş çelik kaliteleri geliştirilmiştir. Bu silikon içeriğini artırarak, krom ilavesi veya bazen vanadyum ilavesi ile kazanılır. Isıl işlemleri raylar daha büyük kırılma gerilmesine ve dolayısıyla daha büyük aşınma dayanımına sahiptir aynı zamanda nispeten serttir. Bu yüzden onlar ağır yüklü uygulamalar için bir alternatif teşkil eder[32].

3.5 Ray Hataları

Ray hataları ekseriyetle yorulma çatlağının ilerlemesi sürecinin sonucudur. Çatlak küçük kusurlardan veya gerilme konsantrasyonundan gelişir. Bu nedenle çoğu zaman kusur görülmeden önce çatlağı bulmak mümkündür. En yaygın uygulama ultrasonik muayene kullanımıdır. Ultrasonik ray kontrolleri iç kusurlar için yaygın kontrol metodudur. Bu tip kontroller dışarıdan görülemeyen iç yorulmaları belirleme yolu ile birinci derecede emniyetli sonuçlar verir. Diğer çok önemli durum tren trafiğini kesmeksizin düzenli prosesler halinde programlanabilen tamirler, daha önceden hataların aranmasıyla sağlanır. Rayların birkaç şekilde kusurlandığı bilinir[39,35,32].

3.5.1 Çatlaklar

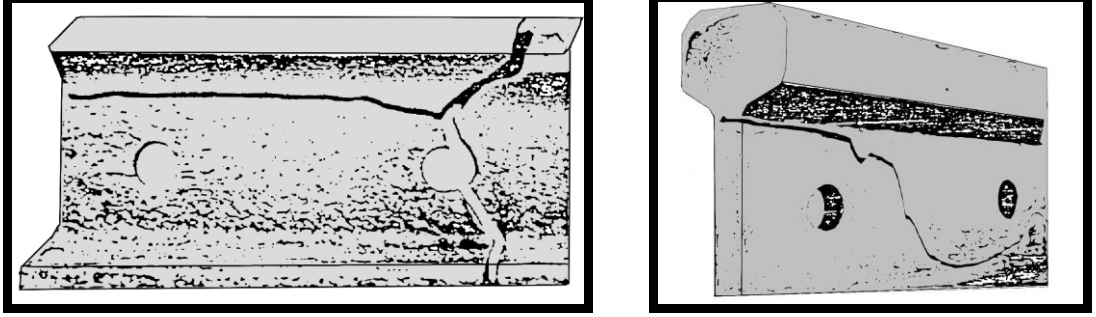
Ray ucunda, gövdesinde, mantarında ve bulon deliklerinde kılcal olarak görülebilir. Tekerleklerin raya yaptığı statik ve dinamik yükleri, doğa şartlarının (sıfırın altındaki sıcaklıklar, korozyon) etkisi ile adımsal olarak ilerleyip rayın kırılmasına yol açarlar.

Gövde - Mantar Dolgu Radyusunda Yatay Çatlaklar:

Bu çatlak ray ucunda başlar ve mantarı gövdeden ayırmaya zorlar. Çatlak gövde mantar radyusuna paralel seyreder ve ilerledikçe ya yukarı veya bulon delikleri arasından geçerek aşağı doğru yada benzer şekilde yukarı ve aşağı doğru yönelir.

Şekil 3.10'da Gövde-mantar dolgu radyusunda yatay çatlaklara örnekler gösterilmiştir. Çatlak şekli her durumda mantarın kırılmasına veya rayın

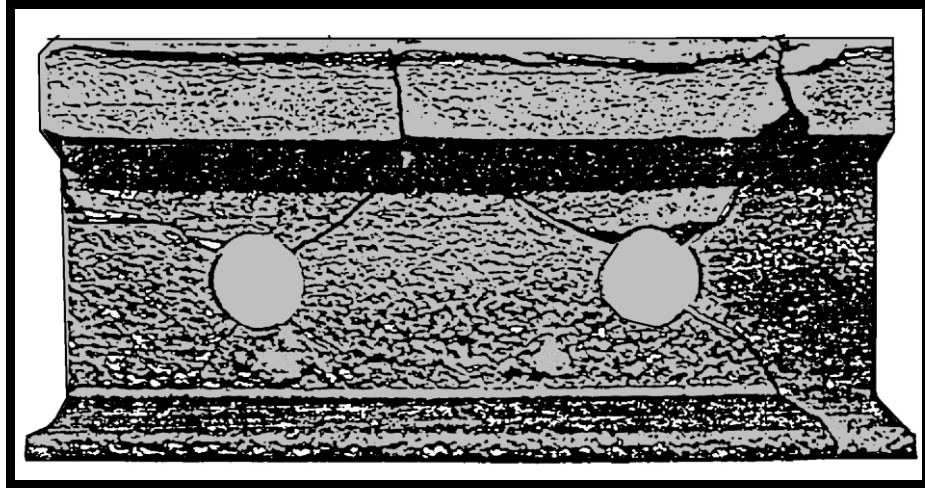
parçalanmasına sebep olur. Bu kusur ray parçası çıkarılarak elimine edilmelidir.



Şekil 3.10 Gövde-Mantar Dolgu Radyusunda Yatay Çatlaklara Örnekler [32]

Bulon Deliklerinde Yıldız Çatlaklar:

Bu kusurlar trafik yüküne bağlıdır. Bu kusurlar bulon deliklerinden dağılan çatlaklar ile karakterize edilmiştir. Çatlaklar genellikle takribi 45° lik açıda başlar ve kırılmaya sebep olabilir. Şekil 3.11'de bulon deliklerinde yıldız çatlaklara örnekler gösterilmiştir. Bu kusurların tamiri yeni ray boyuna uydurarak yapılır. [32]

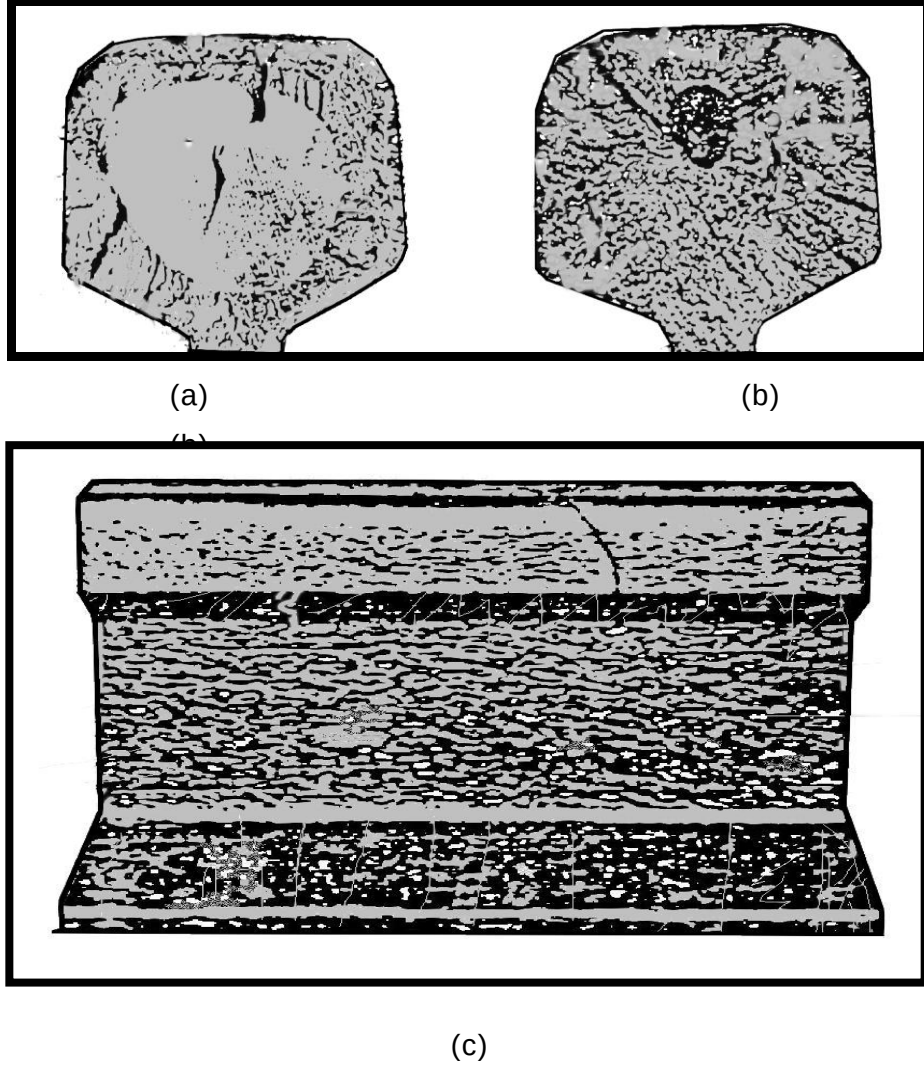


Şekil 3.11 Bulon Deliklerinde Yıldız Çatlaklara Örnekler [32]

İlerleyen Enine Çatlak :

Ray mantarındaki bir merkezden bir iç yatay çatlaktan ilerleyen imalat kusurudur.

Şekil 3.12’de ilerleyen enine çatlaklara örnekler verilmiştir. Belli bir süre sonra ray mantarına ulaşır. Sonra gövde yüzeyinde görülebilir. Bu aşamada ray kırılması yakındır. Bu tür çatlaklar rayın yorulma kırılmasına örnektir. Burada görüldüğü gibi çatlak belirli bir orijinden başlayarak dışa doğru yorulma kırılmasının tipik kumsal izleri şeklinde ilerlemektedir. Bu kusurlar rayın kısa bir parçasında kaynak ile tamir edilir.

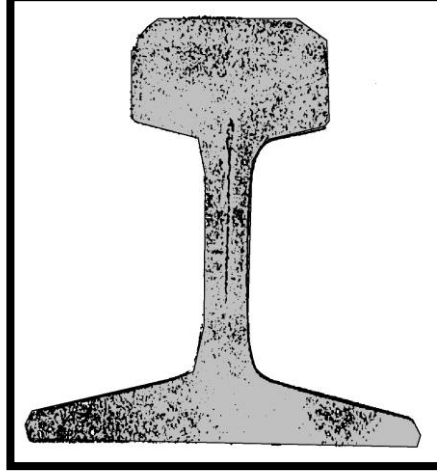


Şekil 3.12 İlerleyen enine çatlaklara örnekler [32]

Boyuna Dikey Çatlaklar:

Ray gövdesindeki boyuna dikey çatlaklar olup, imalat kusurudur. Bir diğer kusur ile birleşirse kırık oluşmasına sebep olabilir. Gövdenin her iki yüzünün şişmesi istisnai durumlarda görülebilir. Ray yenilenmelidir. Şekil 3.13’te boyuna dikey çatlak gösterilmiştir.

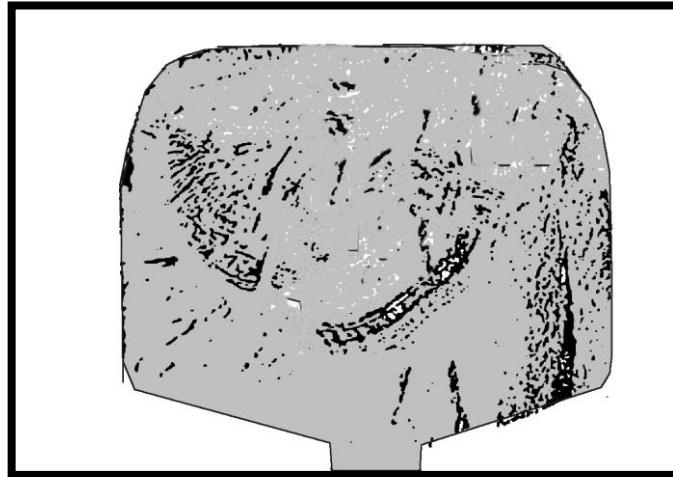
Ray tabanının alt kenarında orta kısımda bulunan ve trafik yüküne göre ilerleyen çatlaklar genellikle soğuk havalarda ani ray kırılmasına sebep olur. Çatlak orta kısımda olmadığı zaman kırık yarım daire şeklini alır ve taban kısmından parça kopmasına neden olur. Kırılan ray ilk fırsatta değiştirilmelidir[33,32].



Şekil 3.13 Boyuna Dikey Çatlak [32]

Yakma alın kaynağında profilin enine çatlamaşı:

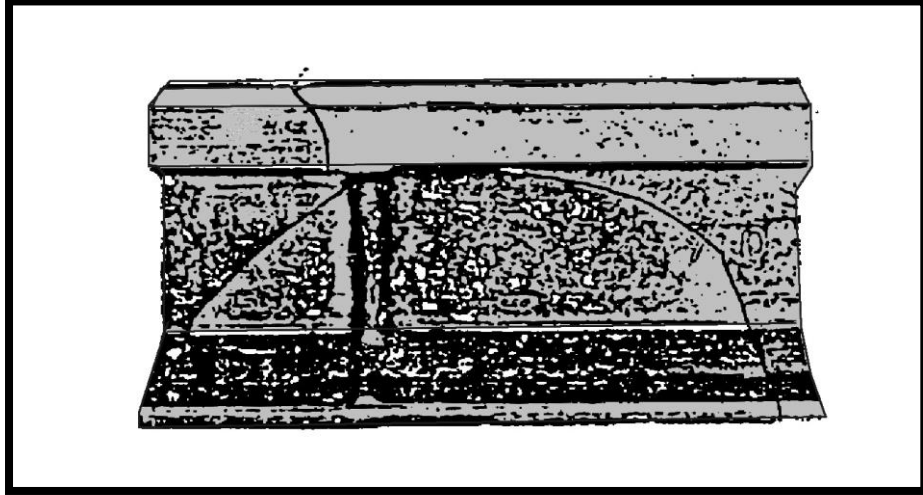
Çatlak, kaynakta ray mantarının iç kusurundan veya ray tabanındaki bir kusurdan başlayarak kaynak kesit alanında ilerler. Sonuç olarak kesitin tam kırılmasına sebep olur. Kırık şekli; mantar içinde düzgün ve parlak nokta veya taban üzerinde (koyu) nokta ile karakterize edilmiştir. Çatlak ilerlemeden tespit edilen kaynak kusurları kaynakla tamir edilebilir. Şekil 3.14'te yakma alın kaynağında profilin enine çatlamaşı gösterilmiştir.



Şekil 3.14 Yakma alın kaynağında profilin enine çatlama [32]

Yakma Alın Kaynağında Ray Gövdesindeki Yatay Çatlama:

Bu kusur kaynağa dik ilerler ve genellikle kaynakta bir köşe şeklinde kabul edilir. İlerledikçe aşağı veya yukarı ya da her iki yöne doğru dönebilir. Sonuç olarak kaynağa yakın ray kırılmasına sebep olur. Kırılma genellikle ısı tesiri altında kalan bölgede meydana gelir. Kısa uzunluktaki raylarda tamiri kaynak ile yapılmalıdır. Şekil 3.15'te yakma alın kaynağında ray gövdesindeki yatay çatlama gösterilmiştir.



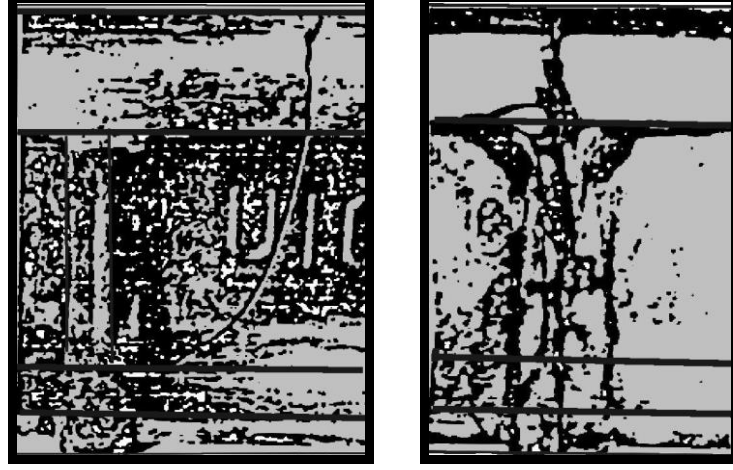
Şekil 3.15 Yakma Alın Kaynağında Ray Gövdesindeki Yatay Çatlama [32]

Termit Kaynağında Profilin Enine Çatlama:

Bu kusurlar profilin normal enine kesit bölgesine yakın bir düzlemde gelişir. Bunun sebebi kaynak bölgesinde oluşan yüksek ve dengesiz ısı dağılımıdır. Sonuç olarak profilde kırılmaya sebep olur. Bu kusurların bazı karakteristikleri aşağıda verilmiştir.

- Taban altında başlayan ve bitişik raylardaki enine bir düzlemde gelişen çatlak,
- Kaynakta yer alan dikey çatlak,
- Kaynak yakınındaki dikey bir düzlemdeki çatlak.

Tamiri yakma alın kaynağında olduğu gibidir. Profilin kaynak yakınındaki dikey düzlemde çıkan çatlaklar ilerlemeden uygun bir kaynak metodu ile tamir edilmelidir. Şekil 3.16'da termit kaynağında profilin enine çatlaması gösterilmiştir[32].

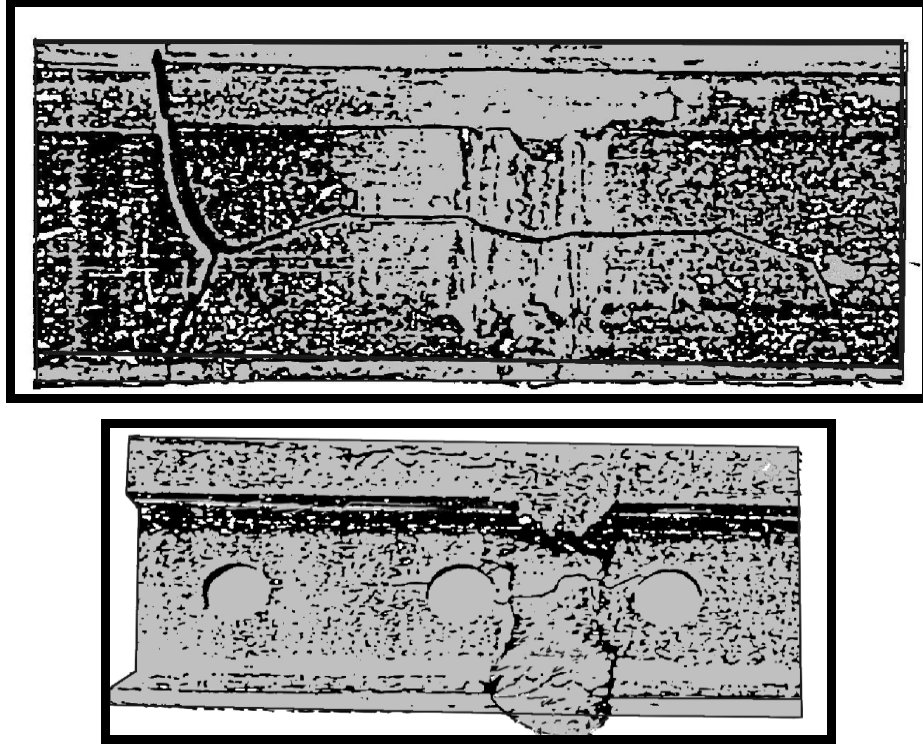


Şekil 3.16 Termit Kaynağında Profilin Enine Çatlaması [32]

Termit Kaynağında Ray Gövdesindeki Yatay Çatlama:

Bu kusur genellikle kaynaktan önce kesip çıkarılmayan ray uçlarının olduğu kaynaklı raylarda bulunur. Çatlak genellikle kaynağı karşıdan karşıya civata delikleri ile bağlar ve bitişik rayların taban ve gövdelerine yayılır. Sonrasında kırılmaya sebep olur.

Şekil 3.17'de termit kaynağında ray gövdesindeki yatay çatlamlar gösterilmiştir[32].



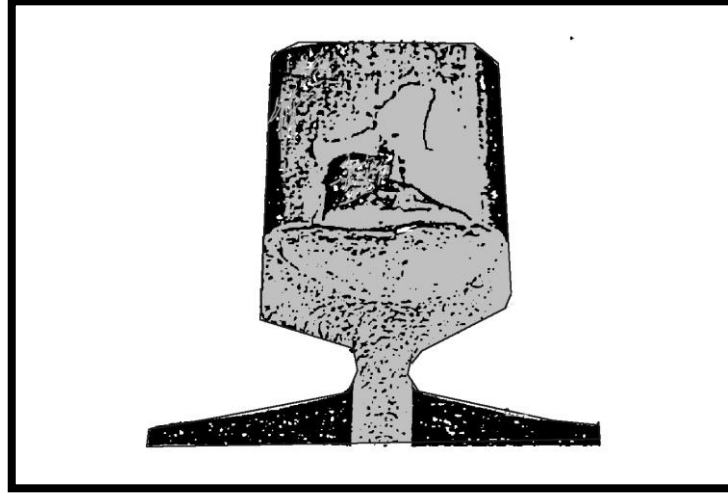
Şekil 3.17 Termit Kaynağında Ray Gövdesindeki Yatay Çatlamalar [32]

Aynı zamanda çok seyrek olmakla beraber delinmemiş rayların kaynağında da görülebilir. Böyle durumlarda dikey doğrultuda küçük bir çatlaktan gelişebilir ve aynı zamanda kırılmaya sebep olabilir. Termit kaynağında oluşan termal şok sonucu çatlak çekirdeklenir ve ilerler. İlerleme çatlak çekirdeğinin oluşumuna bağlı olarak her iki rayda görülebilir. Tamiri kısa uzunluktaki raylarda kaynakla yapılmalıdır.

Ray Mantarının Enine Çatlaması :

Enine yorulma çatlağı, kaynak metalinin merkezinde başlar. Bu merkez , kaynak kararsızlığına bağlı lokal bir süreksizlik olabilir. Çatlak ilerledikçe sonuç olarak ray kopmasına sebep olur. Kırık, kaynak metalinde başlayan düzgün, parlak benekler ile karakterize edilir. Kısa rayların tamiri kaynakla yapılmalıdır.

Şekil 3.18’de ray mantarının enine çatlaması gösterilmiştir[32].

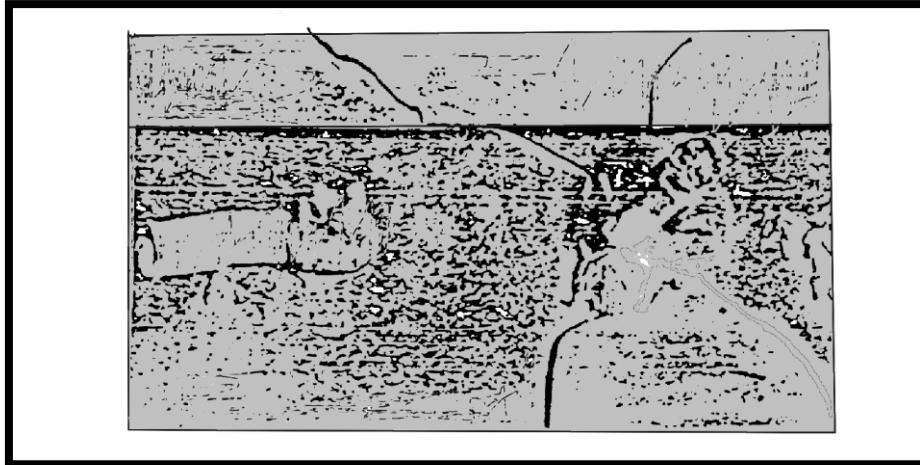


Şekil 3.18 Ray Mantarının Enine Çatlama [32]

Elektrik Bağlantılarının Altında Enine Çatlama :

Gövde yüzeyinin birinde veya taban flanşlarının birinde, ray mantarının dış yüzeyinde başlayan enine çatlaklardır. Elektrik bağlantısına dik açıdadır. Bu çatlağın ilerlemesi sonunda rayın kırılmasına sebep olabilir. Kısa rayların tamiri kaynakla yapılmalıdır.

Şekil 3.19' elektrik bağlantılarının altında enine çatlama gösterilmiştir[32].



Şekil 3.19 Elektrik bağlantılarının altında enine çatlama [32]

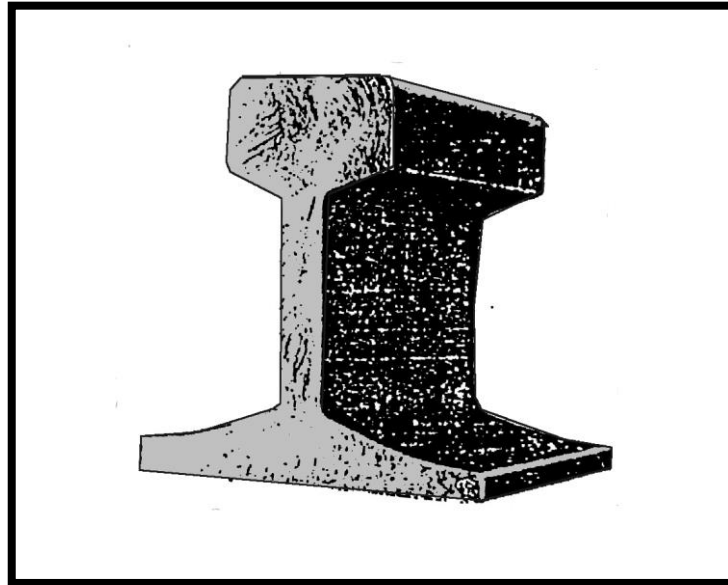
3.5.2 Kırıklar

Raylardaki kusurlardan kırılma bir malzemenin gerilme altında iki veya daha çok parçalara ayrılması olarak tanımlanabilir. Sebebi ve orijini belli olmayabilir. Bu tip kırıklar özellikle çok soğuk havalarda aniden görülür. Ray parçası kontrol edilmeli ve kırılma sebebi tespit edilmelidir. Rayın kırılma sebebi;

- Mantar içinde başlayan enine bir çatlak,
- Tekerlek yanıkları,
- Korozyon,
- Taban içinde uzunlamasına dikey çatlak,
- Makinalama hatası,
- Ezilme,
- Diğer sebepler olabilmektedir.

Kırılma sebebi belirlenmezse tüm ray parçası prensip olarak çıkarılmalıdır. Ancak ultrasonik muayene ile değiştirilecek tam ray uzunluğunu belirlemek mümkün olabilir.

Şekil 3.20’de görünür orijini olmaksızın çapraz kırılma gösterilmiştir[2,42].



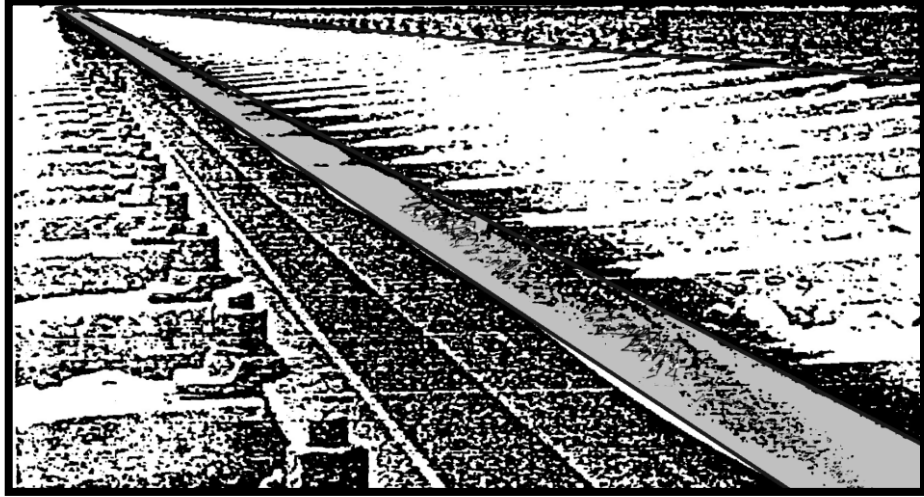
Şekil 3.20 Görünür Orijini Olmaksızın Çapraz Kırılma [2,42]

3.5.3 Oyuklar

Trafik yüklerine bağlı kusurlar olup kısa mesafede, uzun mesafede, rayların ısıtıl işleminde ya da tahrik dingilinin kayması sonucu oluşurlar. Erken safhalarda taşlama ile giderilebilirler.

Uzun Mesafeli Oyuk :

Trafik yüklerine bağlı kusurlardır. Oyuk boyu genellikle 8 ile 30 cm arasında değişir. ve genellikle kurplardaki iç raylarda görülür. Erken safhalardaki çözümü taşlamaktır. Şekil 3.21’de uzun mesafeli oyuk gösterilmiştir[42].



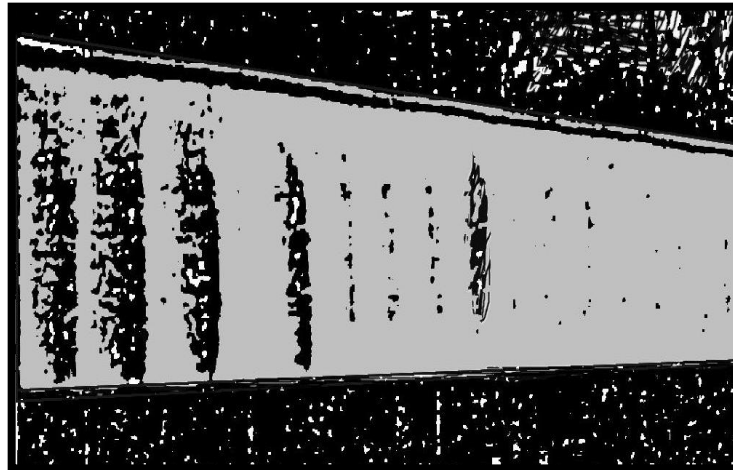
Şekil 3.21 Uzun Mesafeli Oyuk [42]

Kısa mesafeli oyuk:

Trafik yüklerine bağılı kusurlardır. Oyuk boyu genellikle 3 ile 8 cm arasında değişir. Erken safhalardaki çözümü taşlamaktır. Şekil 3.22(a-b)'de kısa mesafeli oyuk gösterilmiştir.



(a)

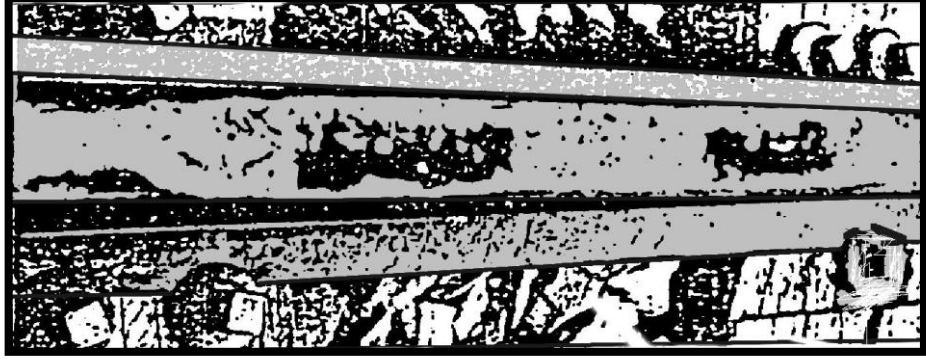


(b)

Şekil 3.22 a-b Kısa Mesafeli Oyuk [2,42]

3.5.4 Çalışma Yüzeyinde Tufal (kabuklanma) Oluşumu

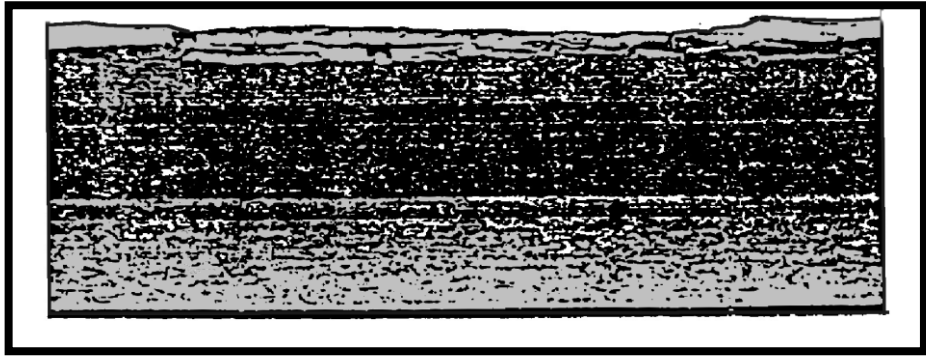
Bu rayların ısıtılmasında oksidasyon sonucu ortaya çıkan bir imalat kusurudur. Kabuklanmanın oluşmasından önce çalışma yüzeyinde düzensiz deformasyon gözlenir. Kabuklanma izole edilecek bir kusur değildir, geniş bir bölgede görülür. Erken safhalarda taşlama düşünülebilir. Aksi halde ray çıkarılmalıdır. (Şekil 3.23’de çalışma yüzeyinde tufal oluşumu gösterilmiştir.)



Şekil 3.23 Çalışma yüzeyinde tufal (kabuklanma) oluşumu [42,2]

3.5.5 Ray Mantarı Köşesinin Katmanlaşması

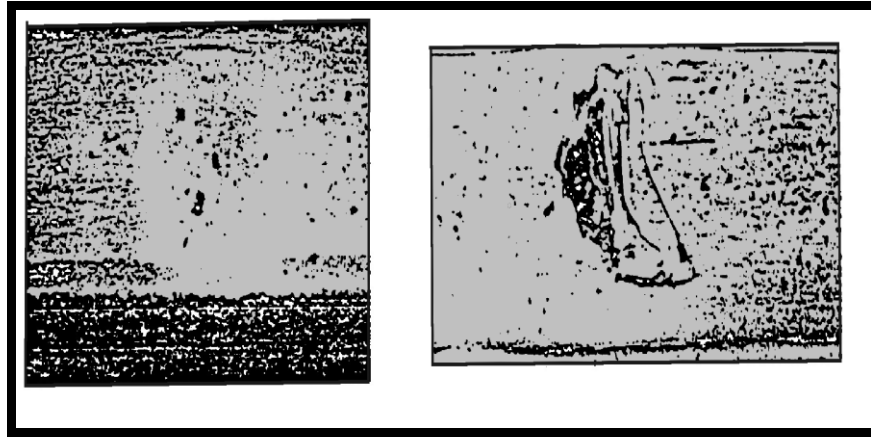
Öncelikle ray mantarının açıklık köşesi üzerinde nadiren yer alan uzun siyah noktalarda başlar. Genellikle yanıl aşınmadan kaçınmak üzere yağlanan kurplardaki dış raylarda kabuklanma görülür. Erken safhalarda taşlama bir seçenektir. Aksi halde ray çıkarılmalıdır. (Şekil 3.24’te ray mantarı köşesinin kabuklanması gösterilmektedir.)



Şekil 3.24 Ray mantarı köşesinin kabuklanması [42,2]

3.5.6 Tekerlek Yanıkları

Trafik yüklerine bağlı kusurlardır. Tahrik dingilinin kayması eliptik kendi kendine tavllanmış bir tabakanın oluşumuna sebep olabilir. Bu tabaka ya mantar içinde yatay olarak görülebilir, orada lokal kabuklanma haline dönüşü derinliklere doğru ilerlemez fakat tekrarlanan trafik yükleri altında çalışma yüzeyinin deprasyonuna sebep olur. Ya da mantar içinde enine görülür, gövdeye doğru ilerleyen iç çatlaklara neden olur. Bu çatlaklar hemen yüzeye ulaşır ve kırılmaya sebep olur. İlk safhalarda tekerlek yanıkları yüzey yenileme ile tamir edilebilir. Aksi takdirde kısa ray kaynatılmalıdır. (Şekil 3.25'te Tekerlek yanıkları gösterilmiştir.)



Şekil 3.25 Tekerlek yanıkları [42,2]

3.6 Ray Kaynağı

3.6.1 Tarihçesi

1850'lerde Birkenshaw tarafından raylardaki bağlantı problemlerini azaltmak için 6 metre uzunluğunda dökme demir rayları birbirine kaynatılması amaçlandı. Böylece tren tekerleklerinin düzgün bir zemin üzerinde yürümesini sağlayacak aynı zamanda bakım ihtiyacını azaltacaktı. Demiryollarının yapımında spesifik bir kaynak prosesinin ilk önemli uygulaması ise kısa uzunluktaki rayların birbirine bağlanması için termit kaynağının kullanımı oldu. Bu Avusturya Demiryollarında Budapest'dede 1902 yılında gerçekleşti. Dr.Hans Goldschmidt Almanya'da değişik kasabalardaki tramvaylar için orjinal prosesi geliştirdi. United Kingdom'daki bir ana hattaki ray bağlantılarında kullanılan termit kaynağı prosesinden sonra 27 yıllık zaman geçti. 1900 ile 1925 yılları arasındaki periyot arasında

oksi-asetilen gaz kaynağı prosesi uygulandı ve değişik konfigürasyon ve yapılardaki bağlantılar bu prosesi kullanarak yapıldı. Gaz kaynağı oldukça yaygın ölçüde aşınmış makasların bakımı için kullanıldı ve başarılı kullanımı önemsiz küçük değişikliklerle bu güne kadar uzandı. Elektrik ark kaynağının ise 1881 yılında keşfedildiği bilinir ve karbon-ark kaynak prosesi 1885 yılında N.N Bernardos tarafından ilk kez patent aldı. Aşınan makasların bakımında kullanılmak üzere 1920'lerin başlarında manuel metal-ark (MMA) prosesinin uygulamasına kadar 40 yıllık bir zaman geçti. Bu metodun raylarda uygulanma süreci ise, ray bağlantılarını yapmak üzere birkaç ark kaynak metodunun değişik türleri denenmesi ile gerçekleşmiştir. Kısa bir süre içinde dizayn için ilk adımlar atıldı ve imalatçılar tarafından temin edilenlerden daha uzun rayların kullanımı planlandı. Daha uzun bu rayların üretimi için mühendisler yakma alın kaynağı prosesine döndüler ve bunu ilk uzun kaynaklı raylarda (LWR) fabrikada imalat için kullandılar.

Trenlerin ağırlığı ve hızlarının daima artması ile ray ve makasların imalatının gelişimi, yeni ve gelişmiş malzemeler, imalat ve bakım prosedürlerini değiştirmek zorunluluğunu getirmiştir. Zorunlu olarak bu, demiryolu yapımında ve bakımında kaynak prosesinin daha yaygın uygulanmasına öncülük etmiştir.[2,41].

3.6.2 Ray Kaynak Prosesi ve Uygulamalarına Genel Bakış

Yapılacak iş için en uygun ve avantajlı proses seçilmeli ve arzu edilen standartlara göre kontrol edilmelidir.

Kabaca ray kaynağı uygulanma yeri bakımından iki yönden incelenebilir.

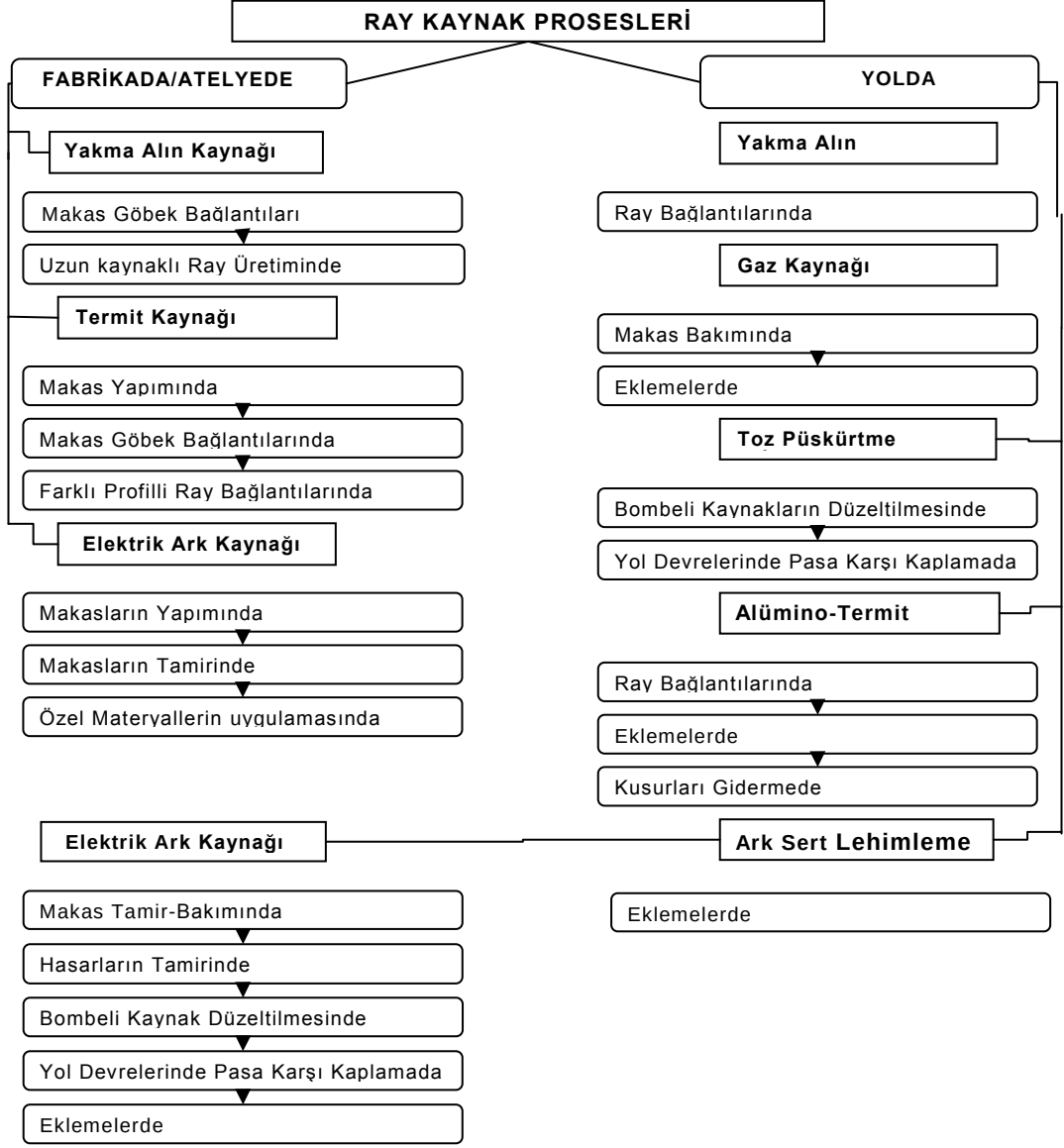
- Atölyelerde veya fabrikalarda yapılan kaynak
- Yolda yapılan kaynak (Techizat, personel v.b.'nin kaynak yapılması gereken yerde bulunması gerekir.)

Atölyelerdeki ray kaynağı bazı açılardan yolda yapılan kaynaktan farklıdır.

- Daha fazla işçilik,
- Daha fazla tesis,
- Daha etkili kontroldür.

Yolda ve Atölye/fabrika'da yapılan kaynak prosesleri ile uygulama alanları Tablo 3.9'da gösterilmiştir.

Tablo 3.9 Ray kaynağı proses ve uygulamaları [2]



Yolda rayları kaynatmak için seçilen proses ve çalışma metodu büyük oranda;

- Yola ulaşılabilmesi
- İşi gerçekleştirmek üzere zaman varlığı,
- Tren çalışması,
- Uygun ekip mevcudiyeti,
- Ray çeliğinin derecesine bağlıdır.

Bunlar ekonomik gereksinimlerle birlikte çok büyük ölçüde kaynak prosesinin adaptasyonunu etkiler. Bunların bazıları esas formlarındaki bir uygulamadan daha fazla uygundur veya bir derece esneklik vermek üzere kolaylıkla adapte edilebilirler.

Yolda dört farklı kaynak prosesi kullanılabilir. Bu iki kategori kendi içinde alt bölümlerde incelenebilir.

3.6.3 Raylarda Uygulanan Kaynak yöntemleri

3.6.3.1 Yakma alın kaynağı

Öncelikle yakma alın kaynağının en yaygın biçimi olan ,ve Tablo 3.7’de de belirtilen Atölye/Fabrika’da uygulanan biçimine değinelim. Bilindiği üzere yakma alın kaynağı atölyelerdeki ray bağlantılarında ve uzun kaynaklı rayların üretimi için en yaygın kullanılan kaynak prosesidir. Bir yakma alın (yakma direnç) kaynağı bir dövme bağlantıdır ve kaynak makinasının kapasitesine, birbirine bağlanacak kesit boyutlarına bağlıdır. Genellikle metalurjilerine göre seçilen doğru kaynak şartları ile uzun kaynaklı raylara başarılı kaynak yapılabilir. Perlitik çeliklerin kaynağı için (yani aşınma dayanımı derecesi A ve B ve 110 kg/mm² olan normal derecede raylar) fabrikada kazanılan tecrübeler arzu edilen yorulma mukavemetine sahip kaynak üretimini sağlar.

Bu tecrübelerden aşağıdaki kurallar çıkarılmıştır.

- İyi yakma durumuna göre mümkün olan en düşük kaynak voltajı kullanılmalıdır.
- Kaynak prosesinin ilk aşamasında kaynak uçları tüm ray bölümünün üzerinde iyi bir temas sağlamak üzere yakılmalıdır.

- Geniş ölçülü kısa bir ısıtma çevrimi uygulanmalıdır.
- Ön ısıtma aşaması sırasında, temas ve temassızlık periyotları benzer süreye sahip olmalıdır.
- Her bir ısıtma çevriminin arasında kısa yakma periyotları olmalıdır.
- Kısa yakma mesafesi tercih edilmelidir.
- Son yakma sırasında işlem hızlandırılmalıdır.
- Son yakma ve dövme arasında ara olmamalıdır.
- Atıkları çıkarmak için dövme makina uygulayabildiği maksimum yükü kullanarak yapılmalıdır.

Yüksek aşınma dayanımından dolayı yüksek ray aşınma oranının olduğu yollardaki ostenitik manganez çeliği (AMS) raylarına uygulanması çoğu kez tercih edilmektedir.. Son yıllarda daha düşük karbon daha fazla manganez içerikli bu çelik versiyonu "British Steel Track Products" tarafından geliştirilmiştir ve "düşük karbonlu ostenitik manganez çelik " (LC AMS) olarak tanımlanmıştır.

Bu malzeme elektrik ark kaynağı olduğu kadar termit ve yakma alın prosesi ile de kaynatılabilir makasların ve uzun kaynaklı rayların üretiminde kullanılabilir.

Fakat LC-AMS rayları; uygulamalarda görülen aşırı gerilme ve yol burkulması (malzemenin lineer genleşme yüksek katsayısından dolayı) riski olmaksızın açık yollarda sürekli kaynaklı raylara uygulanamaz. Sonuç olarak bu malzeme için uygun kaynak prosedürü tasarlamak gerekmektedir ve geri besleme kontrol sistemine sahip daha kolay kontrol sistemi kuran makineler AMS raylarda tatminkar kaynak sağlamak için ayarlanabilir. Besleme kontrol sistemi, düşük voltaj ile ön ısıtma olmaksızın ideal tarzda kaynak yapılması kabiliyetine sahiptir. Bu basit parametrelerin uygulanması üretilen kalitenin kesinlikle kabul edilebilir olmasını sağlar.

Yakma alın kaynağından sonra, normal derecede ve aşınma dayanım derecesi A ve B olan raylar doğal olarak soğumaya bırakılabilir. Yolda daha yüksek üretim oranını sağlamak için son proses/profil verme işleminden önce takribi çevre sıcaklığında olması gereken kaynak yerinde üretim hattına hızlandırılmış soğutma verilmelidir. Martenzitin oluşumu ile kırılmalardan kaçınmak üzere bu düzenin çalıştırılması deneme ile

görülmelidir. Sadece su spreyli soğutmanın uygulandığı yerlerde bu kaynağın bitiminden itibaren 8 dakikadan az olmamalıdır. Fakat hava-jeti ile soğutma 4 dakika sonra başlayabilir.

110 kg/mm² çekme dayanımına sahip, kromlu raylarda doğal soğutma ısı etkili bölgede (HAZ: Heat Affected Zone) martenzitin yüksek seviyede oluşumuna sebep olacaktır. Bu bölgedeki sertliğin artışı ve aynı zamanda rijitliğin azalmasına sebep olur. Sertleşmiş mikro yapı sonradan tavlama ile elimine edilebilir ve bu yakma kaynak makinasında kaynak işleminin bitiminden hemen sonra yapılabilir.

British Railways tarafından adepthe edilen prosedür kaynak işleminden sonra 2-3 dakika hava-propan şalomaları ile ısıtılan bir fırında kaynağı tavlama işlemidir.

Bu, sıkıştırmanın bitimini hemen takiben kaynak makinasında yüksek bir sıcaklığa ulaşılır, sonradan tavlama prosedürüne tam zıt bir soğutma işlemi olarak görülebilir. Bu B.R (British Railways) metodu kaynağa mükemmel özellikler verir ve dar bir HAZ sağlar. Bu prosedürün uygulanması (sonradan tavlamadan ziyade kontrollü soğutma) kaynak makinasının çıkış kenarı üzerindeki üretim hattında icra edilir ve makina bu operasyon sırasında boş olduğundan üretim oranında önemli bir azalma olmaz.

Yakma alın kaynağı aynı zamanda monoblok v.b merkezlere sahip makasların imalatında uygulanan bir kaynak prosesidir. Bu metod ile ayakların bağlanması çok uygundur. Ancak komponentler (parçalar)'in kaynak için yüklenmesine izin verecek tipte açık-önlü tip bir kaynak makinasının kullanımını gerektirir. Bu tip bir kaynak makinası uzun kaynaklı ray üretimine ve makaslara hizmet edecek şekilde dizayn edilebilir. Açık önlü makinaların kabiliyeti; bir kaynak fabrika üretim hattı dizayn edilirken, kaynaklı düz rayların üretimi için gerekli ihtiyaçlara ilaveten kaynatılmamış ve bitmiş durumdaki makasların taşınması için sağlanan ilave kolaylıklara göre değerlendirilmelidir.

Temizlenmiş (düzeltilmiş) kaynak, profilin ön belirlemesi için preslenmelidir, ray yola yerleştirilmeden önce uygun standartta ve düzgünlükte bir son profil vermenin sağlanması için bu gereklidir. Presleme operasyonu hassas limitlerde icra edilmelidir ve bu operasyonda operatör fonksiyonunu azaltma metodları geliştirilmelidir. Böyle bir sistem pres operatörüne, kaynak profili

gerekli düzeltmesini ve uygulanacak düzeltme ölçüsünü verir. Bu vasıta ile elde edilen profil herhangi bir arzu edilen şekle sahip olabilir. Fakat presleme son profil vermeden önce gerçekleştirilmelidir. O, taşlama veya benzer proses ile küçük miktarda metal sökümüne (temizlenmesine) izin verecek şekilde pozitif (fazla) bir preslenmiş profil şekli bırakmak için avantajdır.

Uygun standartta bir kaynak yapıldığından emin olmak gereklidir. Bağlanmış ana raylar kadar iyi bir profil sağlanmalıdır. Bu normal olarak taşlama veya değişik formlarda frezeleme ile gerçekleştirilir ve bu durumlarda ray kaynağının ortam sıcaklığında veya yakın derecedeki sıcaklıkta olması, yüzey işlemine müteakip herhangi bir ısı distorsiyon olmaması bakımından arzu edilir. Son profil vermenin değişik metotları araştırılmaktadır; sıcak haddeleme, frezeleme, planyalama, taşlama, eğeleme v.b teknolojik olarak daha gelişmiş yüzey işleme prosesleri kullanıldığı zaman birbirine kaynatılacak raylar arasındaki ray profillerinin varyasyonlarına bağlı olarak (varyasyonlar; aşınma, korozyon veya yuvarlanma toleransları veya bunların kombinasyonlarından kaynaklanır.) güçlük doğurur.

Sonuç olarak en iyi yüzey işlemeli profili üretebilecek iyi eğitilmiş ve deneyimli operatörlere gerek vardır. [2,43]

Yakma alın kaynağının diğer bir uygulama şekli yolda yapılan yakma alın kaynağıdır. Uzun kaynaklı rayların üretimine bağlı olan bu prosesin uygulama ve gereksinimleri atölyelerde (fabrikada)ki gibidir ve bütün bu faktörler yoldaki benzer işlerde aynen uygulanabilir. Metalurjik ve mekanik bağlantı açısından bir mobil kaynak makinası ile yapılan kaynak, sabit bir tesisdeki proses ile aynı kalitededir. BS.11 Normal derece ve aşınma dayanım derecesi B olan rayların her ikisi, alumino-termit kaynağı ile elde edilenden daha iyi tatminkar sonuç verir.

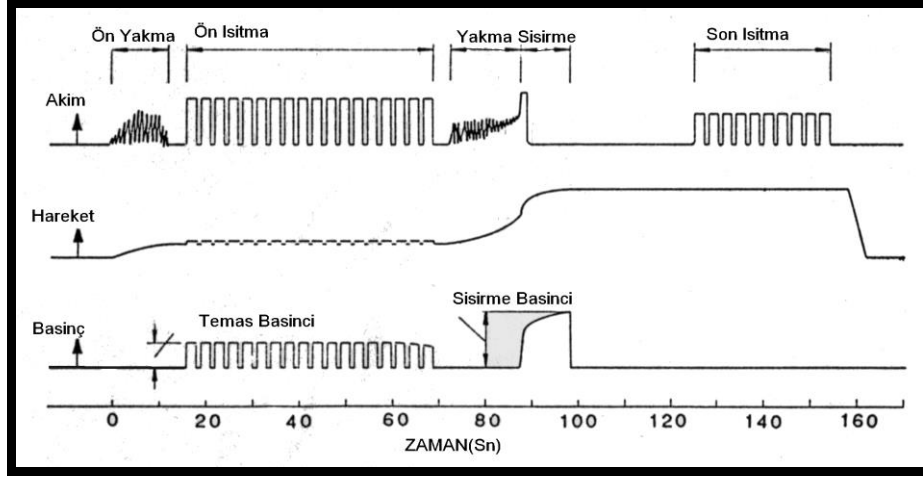
Yakma alın kaynak prosesinin uygulanması yoğun çalışan demiryolu sistemlerinde daha az avantajlıdır. Orada uzun kaynaklı raylar için üretim hatları mevcuttur ve büyük problemi olmayan uzun raylar yola taşınır.

Yolda yol makinaları kullanılarak Yakma alın kaynağı sadece geniş radyuslu kurplara sahip olan yeni hatlarda en iyi uygulanır olanıdır. Boyuna hizalama güçlüğü söz konusu olduğu zaman alternatif olarak alumino-termit kaynağı veya mobil kaynak düşünülebilir[2,44].

Yakma Alın Kaynağının Esasları:

Yakma alın kaynağı, her iki iş parçasının uçlarına kavrama çeneleri üzerinden bir tranformatörden beslenen bir elektrik akımının geçirilmesi suretiyle birbirine bağlanacak parçaların ısıtıldığı bir direnç kaynak işlemidir. İkinci devre iki iş parçasının bitişmesi sırasında kapanır[2,32,45,46,47].

Akım, hareket ve basınçla karakterize edilmiş yakma alın kaynağı prensipleri Şekil 3.26'de gösterilmiştir.



Şekil 3.26 Yakma alın kaynağı prensibi [32]

Her iki ray parçasının uçlarının hafif yakılmasından sonra ön ısıtma uygulanır. Burada enerji girişi yüksek ve yakma zamanı kısadır. Isı girişi kesit alanları boyunca üniform olmalıdır. Ön ısıtma aşamasından sonra bağlantıya dik sıcaklık rayına doğru yüksek bir seviyede ani olarak düşürülmelidir. Gizli yakma eğer mümkünse hareket oranı ve akımın artışıyla kademeli olarak yapılmalıdır. Bu şekilde metal buharı üretilir bu da oksidasyona karşı ekleme yüzeyini korur böylece metalik olmayan bileşiklerin oluşumu önlenir.

Yüksek kalitede kaynak elde etmek için yakma operasyonu krater oluşumu olmaksızın temas yüzeylerini yumuşatmalıdır. Yüzey ve komşu ray bölgesi; kaynak dikişinde gözenekler, mikro boşluklar ve metalik olmayan bileşikleri önlemek için şişirme esnasında kafi hareketi sağlamak üzere ergime sıcaklığında olmalıdır. En kaliteli raylar bile son ısıtma gerektirir. Son ısıtma programı ray çeliğinin transformasyon (dönüşüm) davranışına bağlıdır.

Yakma alın kaynağı işlemi beş farklı işleme kadar olan bir sıra ihtiva eder.

- Dik köşeli kıvılcımlanma (yakma)
- Ön ısıtma
- Kıvılcımlanma (yanma)
- Basma (şişirme)
- Soğutma

Yukarıdaki işlemler, kaynak işleminin karakteristiklerindendir ve daima gereklidir. Bu işlemler genellikle aşağıdaki parametrelerin gerektiği şekilde ayarlanması ile kontrol edilir.

- Transformatörün yüksüz voltajı
- Uçların ilerlemesi (hız, hareket)
- İş parçalarının uçlarına tesir eden kuvvet

Kaynak işlemi içindeki en önemli değişkenler bir kaynak diyagramı içinde zamana göre kayıt edilebilir. Bunlar ;

- İkinci devredeki akımın yoğunluğu (Şiddeti)
- Besleme seyri
- Besleme kuvveti

1. Aşama :Dik köşeli yanma (kıvılcımlanma):

Dik köşeli yakma için besleme miktarı çok azdır ve yüksüz durumdaki transformatörden temin edilen gücü kullanarak soğuk bir durumda olan iletirilmiş malzemeyi ortadan kaldırmak için yeterlidir. İşlem aşağıdaki gibi uygulanır.

İki ray ucu farklı noktalarda temas edene kadar birbirine yaklaştırılır. Bu temas noktasında akım akmaya başlar. Yüksek akım yoğunluğunda, çıkıntılı malzeme bölgesel olarak buharlaşıp eriyebileceği sıcaklığa kadar kısa sürede ısıtılır. Buharlaşma basıncının etkisi altında erimiş metal, aralıktan dışarı atılır. Dik köşeli yakmaya devam edildiğinden, uç yüzeyleri tüm kesit sahası üzerinde temas edene kadar, ray uçlarının diğer kesimleri arasında temas sağlanır[2,47].

2.Aşama Ön ısıtma :

Ön ısıtma için her iki ray ucu bir diğerine temas ettirilir. Transformatör tarafından temin edilen gücün, tüm kesit alanı boyunca çeşitli temas noktalarında metalin atılmasına lüzumundan fazla meydan vermemesi için besleme miktarı çok yüksek tutulur. Yüksek akım şiddeti sonucu olarak temas noktaları ve bunlara yakın bölgeler ısıtılır. Verilen bir besleme miktarında belirli bir güç yaratılır. Mevzi sahalarda bile herhangi bir oluşum olmamasını sağlamak için, bir geri çevirme işlemi ön ısıtma için kullanılır. Bunun için; muayyen bir temas süresinden sonra ray uçları geri çekilir ve sonra ikinci bir süre tekrar temas ettirilir. Bu 10 ila 20 defa tekrar ettirilir. Besleme kuvveti ön ısıtma son bulduğunda bunu gösterir. Bu şöyle anlaşılır; eğer ray uçları yeterli miktarda ve üniform olarak tüm kesit sahası boyunca ısıtılmışsa besleme kuvveti azalır. Bu, ön ısıtmadan sonra gelen kıvılcımlanma (yanma) için önemlidir. Özellikle şişirme için ray uçlarının tüm kesit alanı boyunca üniform olarak ön ısıtılması açısından önemlidir[2,47].

3.Aşama Kıvılcımlanma (yanma)

Kıvılcımlanmaya başlamak için besleme miktarı ön ısıtma ile mukayese edildiğinde önce azaltılır. Böylece transformatörden temin edilen enerji temas noktalarında metalin erimesi ve buharlaşmasına yeterli olur. Ray uçlarının ön ısıtma sıcaklığının faydası birleşen yüzeylerde oksidasyon oluşumunu engelleyen bir koruyucu atmosferin oluşumu için tüm kesit sahası boyunca üniform olarak ortaya çıkan metal buharlaşmasını sağlamak üzere kıvılcımlanmanın yeterli miktarda kısa sürede oluşabilmesidir. Sayısız temas noktalarından metalin dışarı atıldığı küçük kraterler oluşur.

Kıvılcımlanma sırasında, giriş akımının yoğunlaştırıldığı sadece birkaç temas noktasında çok yavaş bir kıvılcımlanma miktarı oluşur. Bu geniş kraterlerin küçük bir miktarını arkasında bırakacak bir kaç geniş metal artığının düzensiz aralıklarla dışarı atılması nedeniyledir. Yakma işlemi üniform olmaya başlar ve metal buharlaşması ile meydana çıkan koruma artık yetersiz olur. Ayrıca, kraterlerde daha sonraki şişirme ile bütünüyle ortadan kaldıracak büyüklükte olabilir. Bu nedenle, besleme miktarını ve böylece akımı yakma işleminin sonuna doğru artırmak yani yavaş yavaş artan miktarlarla yakmayı ilerletmek, avantajlarını ispat etmiştir. Bu birbirlerine basan ray yüzeylerinin metal buharlaşma ile ilave oksidasyona karşı korunması ve erimiş metalin dışarı atılması suretiyle bu yüzeyler temizlendiğinden şişirme işleminden önce derhal birleşim için bu yüzeylerin

en iyi yolla hazırlanmasını ve sayısız küçük kraterler nedeniyle kafi miktarda yassı damar oluşmasını sağlar[2,47].

4.Aşama Şişirme (kordon oluşumu):

Yakma ile hazırlanmış birleşme yüzeyleri şişirme sırasında yaklaşık 100 mm/saniyeye kadar yüksek bir besleme hızında birbirine bağlanır. Kaynak akımının şişirme başlayana kadar devrede kalması böylelikle son ana kadar birleşme yüzeylerinin korunmayı muhafaza etmesi önemlidir.

Birleşme yüzeylerinin birbirine karşı preslenmesi ile yumuşak metal, aralığın dışına sıkıştırılır ve ray uçları kendiliğinden tipik bir artık kordonu oluşturarak plastik deformasyona uğrar. Plastik deformasyonun bir sonucu olarak şişirme kuvveti muntazam olarak artar.

Uniform olarak iyi kaynaklar elde etmek için aşağıdaki hususlar, şişirme işleminde sağlanmalıdır.

Birleşme yüzeylerindeki yumuşak metalin sıkıştırılması için bir belirgin minimum şişirme hareketi gereklidir. Bu makinadan makinarya ve şişirmeden önceki yakma hareketine bağlı olarak değişir. Yakma sırasında iyi korunmuş birleşme yüzeyleri, düzensiz yakma hareketi altında çalışanlardan daha az şişirme hareketi gerektirir.

Gerekli minimum şişirme hareketi birleşim yüzeylerindeki yumuşak kütlenin dışarı bastırılmasında veya birleşim yüzeylerinin arkasındaki plastik deformasyon bölgesinde (aşırı ön ısıtmaya bağlı olarak)harcanır.

Aslında gerekli minimum şişirme hareketinin, bir aşırı kordon teşkil etmek üzere yumuşak metali dışarı bastırmak suretiyle harcanmasını sağlamak için bir belirli şişirme kuvveti, şişirme sırasında elde edilmelidir. Bu kuvvet sadece, birleşim yüzeyleri arkasındaki ısıtılmamış ray parçalarının bir geri tepki sahası olarak çalışması halinde verilen bir son şişirme hareketi ile yaratılabilir. Bir sabit tampon yardımıyla şişirme hareketini sınırlamak bütünüyle yanlış olacaktır. Bu elde edilen gerekli şişirme kuvvetini önleyecektir.

Gerekli şişirme kuvveti birleşim yüzeylerinin kesit sahasına ve kaynak edilecek rayın sıcak akma noktasına bağlıdır. Daha düşük çekme değerli ray çelikleri için basınç daha az olabilir. Örneğin; en azından 880 N/mm² lik bir

çekme mukavemetine bağlı rayların kaynağı için gerekli şişirme basıncı 40 N/mm²'dir.

Kesit alanı, uniform olarak şişirilebilmesi için uniform olarak ısıtılmalıdır. Eğer kesit alanının bir parçası, örneğin ray mantarı daha küçük sıcaklıkta ise, bu kısım tüm baskı kuvvetini diğer kısmı bırakarak emecek bu takdirde ray tabanı yetersiz şişirilecektir[2,47].

5.Aşama Soğutma:

Daha önce açıklandığı şekilde, tamamlanan kaynak, malzemenin özelliklerine uygun olarak kaynak edilen ray soğumaya bırakılmalıdır. Günümüzde yaygın olarak kullanılan haddelenmiş ray çelikleri için şişirmeden hemen sonra durgun havada soğutma, kaynak dikişi içinde ve ısıdan etkilenmemiş bölgede haddeleme şartındaki rayın yapısına uygun bir yapı elde etmek için yeterlidir. Ancak, hadde mamulü özel sınıflar durgun havada soğumaya bırakıldığında, 800°C ila 500°C arasında soğuma için geçen zaman gerekli minimum zamandan daha az olabilir. Soğutma olayını geciktirmek için kaynak yeniden ısıtılmalıdır. Bu işlem şişirmeden hemen sonra ray hala kaynak makinası içinde iken olmalıdır. Ostenit tane yapısını büyütmek için 1000°C'nin üstünde ısıtmadan sakınılmalıdır. Gerekli ısı bu nedenle, düşük bir giriş gücünden fasılalı veya sürekli olarak akımla üretilmelidir. Son ısıtmanın doğruluğu (düzgünlüğü) iki yolla kontrol edilebilir; 800 ila 500°C arasındaki katı sıcaklık aralığında soğutma zamanının ölçülmesi ile veya bir kaynak örneğinin yapısının araştırılması suretiyle olabilir[2,47].

Rayların Yakma Alın Kaynak Makinası:

Yakma alın kaynak makinasının sol tarafında makina gövdesine sabitlenmiş bir kelepçeleme cihazı, sağ tarafında ise yine rayın boyu doğrultusunda hareket edebilen bir kelepçeleme cihazında ray pozisyonlandırılarak emniyete alınır.Şekil 3.27'de yakma alın kaynak makinası gösterilmiştir.

Her iki kavrama (kelepçeleme) cihazı;

- Akımın geçmesi için gerekli temas kuvvetini
- Rayın boyuna yönündeki şişirme kuvvetinin iletilmesi için gerekli kavrama kuvvetini, iletir.

Makinanın her iki ucundaki iki kavrama çenesi çiftlerinin ikisi ile bağımsız olarak yada makinanın her iki ucundaki kavrama çenesi çiftlerinden biri ile bir arada gerçekleştirilir. Akım taşıyıcı kavrama çeneleri iyi bir iletken (örneğin özel bir bronz gibi) yapılır ve su soğutmalıdır. Akım taşımayan çeneler genellikle çelikten yapılır. Kavrama cihazları ray uçlarını mümkün mertebe doğru ve hassas olarak aynı ekseninde tutmalıdır. Temel elektrik devresi kaynak edilecek 2 kesite besleme akımını iletecek şekildedir. Kaynak trafosunun ilk devresi bir üç fazlı ana şebekenin iki fazına veya bir yüksek voltaj hattına direkt olarak bağlanır. (Bağılantı yükü 1000 kVA 'e kadardır.)

İkinci devre iki ray ucu ile bağlanır. Bu bir düşük voltajla (yüksüz voltaj, yaklaşık 10 V) ve çok büyük kesit alanı yardımıyla yaklaşık 100.000 ampere kadar çok yüksek bir amperajla, 50 veya 16 2/3 Hz'lik frekans değeri ile karakterize edilir.

Güç iletme tipi uniform ısıtma için önemlidir. Bu farklı kalınlıktaki ray kesitlerine titizlikle uygulanır. Bu nedenle güç, her bir çiftin birer çenesi üzerinden tatbik edilmelidir. Gerekirse bu, iki kaynak trafosunda, çene temas yüzeylerinin konumu bölgesel akım şiddetini etkiler bu nedenle de kaynak edilecek rayların ısıtılmasını etkiler.

Yetmişli yılların başlarına kadar yakma alın kaynağı makinalarının birçoğu AC ile çalışıyordu. Yeni üretilen kaynak makinalarında aynı zamanda DC kullanılır. DC kullanan kaynak prosesi çok düzgün ve düzenli işler. Yakma sırasında derin kraterlerin oluşumundan kaçınılır ve kaynak sıçramaları küçük boyut içinde kalır. DC sadece sekonder devrede minimum enduktif kayıplara neden olur ve bu yüzden redresör üniteleri kaynak bölgesinden uzak tutulabilir, yakmasıçramalarına karşı iyi korunur. Kaynak prosesinin bitiminden hemen sonra kaynak pozisyonundaki bağlı ray stiline göre ray parçasının tüm çevresinden apak kesip çıkarılır. Redresör ünitesinin raya göre simetrik ayarlamasına bağlı olarak ön ısıtma ve yakma esnasında üniform bir ısı etkili bölge oluşturulur.

Pek çok yakma alın kaynağı, sabit makina ile kaynak fabrikalarında yapılmalarına rağmen mobil yakma alın kaynağı makinaları da aynı zamanda demiryollarında kullanılmaktadır. Metalurjik kaynak kalitesi mobil makinalar ve sabit makinalarda aynıdır[32,47,2,35].



Şekil 3.27 Yakma Alın Kaynak makinası[48]

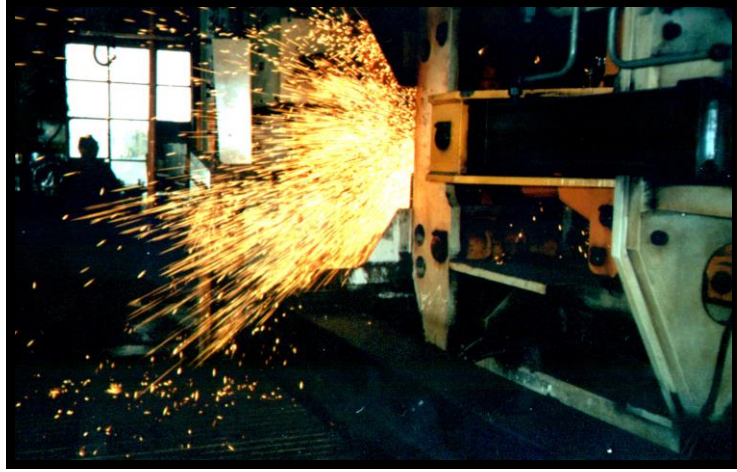
Yakma Alın Kaynak İşlemi:

Eğer dört köşeli yakma yoksa, kaynağa başlamadan önce kaynaklanacak ray yüzeylerinin rayın boy eksenine dik olarak ayarlandığına ve bu yüzeylerin düzgün olduğuna dikkat edilmelidir. Akım taşıyan çeneler için temas sahalarında uçların, bir metalik fırça ile fırçalanması, böylece çenelerin temiz olması ve temas direncinin uniform olarak düşük tutulmasının sağlanması gereklidir. Zira, iletken çeneler, uygun aralıklarla kaynak çapaklarından temizlenmeli ve düz olarak taşlanmalıdır. Şekil 3.28 (a,b,c)'de yakma alın kaynağı aşamaları gösterilmiştir.

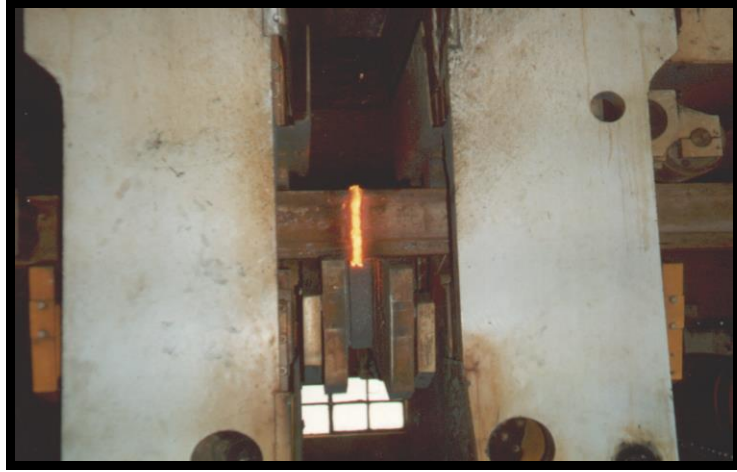
Her iki ray ucu, akım taşıyan iki çene çiftinin arasında tam ortaya, bir açıklık bırakılmadan kaynak makinasına sokulur. Aynı kesitteki yeni raylar, ray mantarı bölgesinde, birbirine bakan buden temas köşelerinde, yürüme yüzeyinde ve taban kenarlarında bir seviyede olacak şekilde birbirine ayarlamalıdır. İki rayın kesit boyutlarındaki herhangi bir farklılık böylece diğer bölgelere nakledilecektir.

Kaynak üç önemli işlemde gerçekleşir. Bu üç önemli işlem şunlardır;

- Ön ısıtma
- Yakma
- Şişirme



(a)yakma



(b)şışıirme



(c)soğutma

Şekil 3.28 a,b,c Yakma Alın Kaynağı Aşamaları [28]

Parametre ayarları kaynak makinası çalışırken göz önüne alınmalı ve yeni bir ray çelik sınıfı veya yeni bir ray kesiti kaynak edilmek istendiğinde hesap edilmelidir. Bu ayarlar;

- Akım şiddeti
- Besleme hareketi
- Besleme kuvvetidir

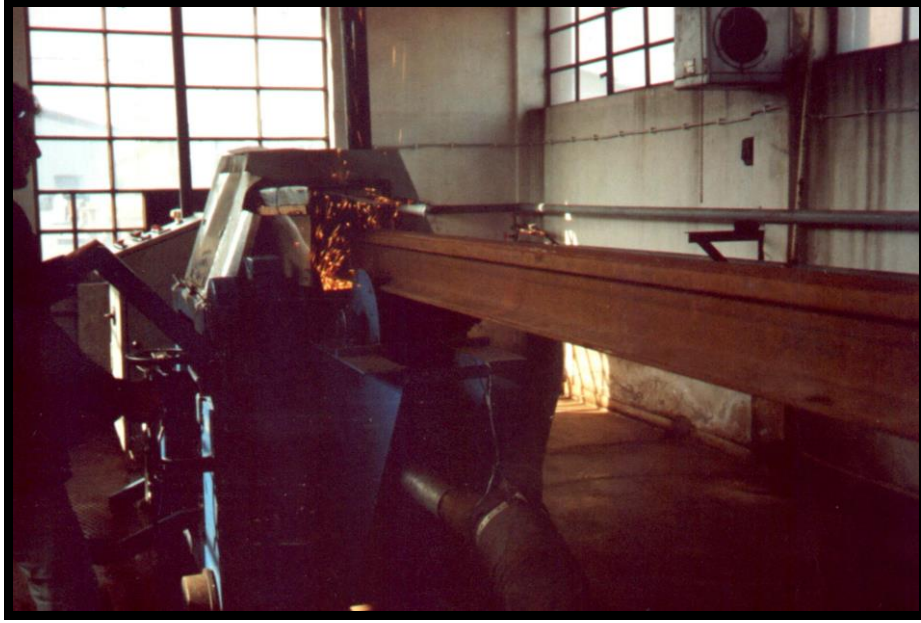
Yakma ve şişirme hareketinin her ikisi de 10 ila 20 mm arasındadır. Kaynak başına ray uzunluğunda toplam kayıp bu nedenle yaklaşık 20 ila 40 mm olmalıdır. Gerekirse özel sınıf raylar şişirmeden sonra son ısıtmaya tabi tutulmalıdır. Bu durumda son ısıtmada toplam kaynak sürecine eklenmelidir. Son ısıtma dahil toplam kaynak süresi en fazla üç dakikadır.

Tamamlanmış kaynak 1000°C'nin üzerinde bir sıcaklıktaki bir kaynak kordonuna sahiptir. ve sıcakken bir sıyırma makinası ile sıyırılır. Bu makina kaynak makinasının hemen arkasında aynı eksene yerleştirilmiştir. Yakma sonunda fışkıran malzeme tüm çevre boyunca uygun, konumlandırılmış kesme bıçakları içine kaynak bağlantısının sokulması ile kesilip atılır. Bu durumda sadece kaynak dikişi sıkıştırma basıncına maruzdur. Sıyırmadan sonra kaynak durgun havada soğumaya bırakılmalıdır. Eğer kaynaklı ray 500°C' ye ulaşmadan önce hareket ettirilirse kaynak açık havadan özellikle yağmurdan korunmalıdır[2,47].

Kaynak Sonrası Kaynak Noktasının Taşlanması ve Doğrultulması:

Yuvarlanma yüzeyi ve buden temas kenarında problemsiz bir seyir için düzgünlük sağlamalıdır. Taşlama ve doğrultma işlemleri; ray tabanı ve bağlantı arasında bir bitişik geçiş sağlar ve alındaki mevcut kıvılcımlanma çentiklerini taşlama ile giderip keskin kenarları da yuvarlatarak hatlara karşı emniyeti artırır.

Sıyırmadan sonra, kaynak kordonu yüksek hızla manuel makinalara veya son zamanlarda geliştirilmiş otomatik kopça taşıyıcılarıyla mantar bölgesini eşit seviyeye getirmek için taşlanır. Tabanın üst tarafı ve harici durumlarda gövde de elle taşlanır. Şekil 3.29'da yakma alın kaynağı sonrası taşlama işlemi gösterilmiştir.



Şekil 3.29 Yakma Alın Kaynağı Sonrası Taşlama İşlemi

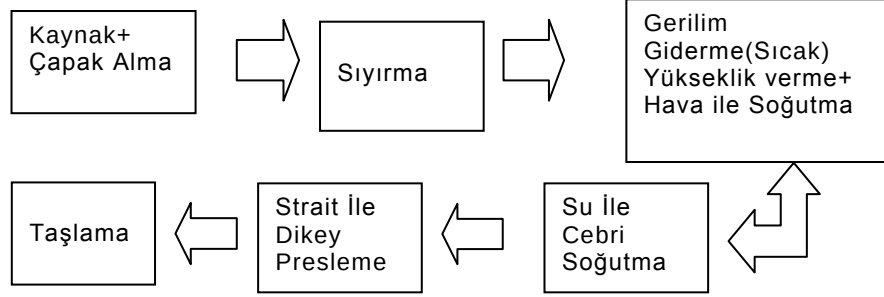
Doğrultma işlemi ise soğuma sırasında 600°C ila 400°C arasındaki sıcaklık aralığında sıcak olarak veya 200°C 'nin altında soğuk olarak yapılabilir. 400°C ila 200°C arasındaki sıcaklık aralığında, doğrultma plastik deformasyona neden olabileceğinden sakınılmalı, bu aralıkta doğrultma yapılmamalıdır. Ancak sıcak doğrultma mantar ve tabanın farklı soğuma sürecinden ortaya çıkan kaynak eğilmesini (çarpıklığını) önleyebilecek uygun önlemler gerektirir.

Ray, herbiri iki destek ve bir ayarlanabilir hidrolik silindirle teçhiz edilmiş preslerde bükülmek suretiyle kaynak bağlantısında yatay ve dikey olarak doğrultulur. Doğrultmadan önce, doğrultma sırasında ve sonra ray bir metrelik çelik cetvelle bağlantı noktasında kontrol edilir. Bu bir metrelik uzunluk boyunca Alman Demiryolları toleransları yuvarlanma yüzeylerinin yüksekliği boyunca $-0,2$ ila $+0,3$ mm, buden temas köşesinin yatay sapması yönünde ise $-0,3$ ila $+0$ mm' dir[35,2,47].

NS Kaynak Fabrikasında Yakma Alın Kaynaklarının Son İşlemi:

1987 Yılında NS Kaynak Fabrikası üretim hattında daha iyi geometri ve daha yüksek yorulma gerilmesi değeri elde etmek için Tablo 3.10'da verilen aşamalar geliştirildi. (Tablo 3.10 NS Yakma alın kaynağı işlem sırası)

Tablo 3.10 NS Yakma alın kaynağı işlem sırası [32]



Kaynak ve sıyırmadan (kazımadan) sonra direk olarak 1.2 m temelde 2 mm'lik bir gerilim giderme yükseltmesi verilir. Bu özel bir pres ile yapılır.

Kaynağın yükseltmesi sırasında hava ile ön soğutması yapılır. Kaynağın su ile soğutulduğu 900B raylarında emin dönüşümü garanti etmek için kaynaktan sonra 4 dakika geçinceye kadar soğutmaya başlanmaz.

Sonraki istasyonda (aşamada) STRAIT sistemi 2 mm'lik dikey yüksekliği otomatik olarak 0,1-0,3 mm'lik bir yükseklik sınırına otomatik olarak azaltır. Kabul edilebilir kalıntı basınç, gerilimlerinin sonucu olarak kaynağın yorulma gerilmesi takribi % 8'e kadar artar.

STRAIT makinasının 36 m önünde STS 220 taşıyıcı yer alır. STS 220, STRAIT makinası ile ölçülen kaynak geometrisine bağlı olarak 1,5 ila 4 dakikalık bir periyot içinde dikey ve yatay olarak kaynağı otomatik olarak taşlar. Taşlama performansı önemli ölçüde yonga (talaş) boyutuna bağlıdır. Kaynak prosesinde bu değer tercihen 0,2 mm'den düşük muhafaza edilmelidir[32].

Eşit Olmayan Kesitlerin Kaynağı:

Eşit olmayan kesitlere sahip raylar da kaynak edilebilir, kaynaktan önce iki kesit yükseklik olarak eşitlenir. Bunun için daha büyük kesite sahip ray dövme sıcaklığına getirilerek bir kalıp içinde bir hidrolik pres kullanılarak bastırılır. Rayın gövdesinde kalınlaşmaya neden olacak bu işlem, işlemin bir kısmı olarak kabul edilir. Uzun geçiş sahası çentik faktörünü azaltır. Geçiş rayları (özel cebire rayları) manuel olarak sıyırılır. Yüzeyler dikkatlice çekiçlenir ve sonra taşlanır.

Makas dilleri de standart kesitlere kaynaklanabilir. Bunun için dil uçları dövme sıcaklığına (900-1300 °C) getirilir ve bir dövme presi ile bir kalıp içinde ray kesitine ayarlanmak üzere bastırılır. Sonra diğer raylarda yapıldığı gibi yakma alın kaynağı uygulanır. Kaynak bölgesi sonra dikkatlice manuel olarak sıyrılır, yüzeyleri düzgün hale getirmek için çekiçlenir ve taşlanır. Alman Demiryolları herhangi bir tane irileşmesini önlemek için kaynak dahil, dövülmüş bölgenin normalizasyonunu tayin eder. Dizayn nedeniyle makas dilleri tüm uzunluğu boyunca traverslere sabitlenmiştir. Normal işletme şartlarında daha fazla gerilim altındadır. Bu nedenle kaynak bağlantısı cebire ile ilave olarak güçlendirilir. Birbirleriyle kaynaklanabilecek diğer makas komponentleri şunlardır;

- Gövde rayları için makas iğneleri
- Sonradan işlenmiş özel göbekler için boşluklar
- Standart raylardan ve kalıplardan S49 ve UIC 60 raylar kullanılan makasların göbekleri.
- Oluklu ray göbeği geçiş makasları

Makas fabrikaları kendi üretim sahalarına göre, alışılmamış geniş kesitlerin kaynağı için 12000 mm² ye kadar veya harici durumlarda 50 000 mm² ye kadar güçlü yakma alın kaynak makinalarına sahiptir.

Tüm özel kesitlerin yakma alın kaynağı normal kabul edilen uygulamayı güçleştirir, ancak her kesit için uygun makina ayarları bir seri testlere göre tesbit edilmelidir[2,47].

Yakma Alın Kaynağının Kalite Kontrolü:

İyi bir kaynak hem bir giriş hem bir yuvarlanma yüzeyi olarak rayda ortaya çıkan gerilimleri karşılamalıdır. Kaynakların mekanik testleri, bu iki gerilme formu için yönlendirilir.

Statik eğilme testinde çift tarafından mesnetlenmiş bir giriş olarak çalışan kaynaklı ray kırılmak üzere yüklenir aynı anda yük sapma diyagramı kaydedilir. Başlangıçta, yük lineer sapma ile hızla artar. Bu yük sapma eğrisinin ilk elastik kısmıdır. Uygulamadaki akma mukavemeti aşıldığında yük artışı dereceli olarak azalır. Bu safhada hali hazırda plastik deformasyona uğrama durumu söz konusudur. Statik eğilme testi Alman Demiryollarının standart bir kabul testidir. Kopmadaki toplam sapma ve yük,

kalitenin testinde kullanılan parametrelerdir. Tablo 3,11'de Kopmadaki toplam sapma ve yük değerleri gösterilmiştir. Verilen değerler kullanılan çelik cinslerine göre tüm kesitler için Alman Demiryollarının kabul edilebilir toplam sapmalarıdır.

Tablo 3.11 Kopmadaki Toplam Sapma Ve Yük Değerleri [2,47]

Çelik cinsi	Minumum Çekme mukavemeti (N/mm ²)	Kopmada toplam sapma miktarı (mm)
UIC 700	680	30
UIC 900 A, 900 B	880	20
Özel cins	1080	18

Kalite testinde bir paremetre olarak kopma anındaki toplam sapma rayın kullanım esnasında, kaynak bölgesinde bile plastik deformasyona dayanabildiğini gösterir. Doğrultma sırasında kaynakdaki gerilim oluşumu benzer büyüklüktedir ve statik eğilme testi sırasındakine benzer bir tutum gösterir. Soğuk doğrultma üretimin iş bitmeden önce kalite kontrolü anlamına gelir. Bu yakma alın kaynağının avantajlarından biri olarak görülmektedir.

Yukarıda belirtilen NS'de yakma alın kaynakları en az 180 N/mm² lik yorulma gerilmesine sahip olmalıdır. Statik eğilmeye bağlı olarak 1 m temeldeki toplam sapma çatlak olmaksızın 700 °C 'de en az 30 mm, 900 ve 1100 °C 'de 20 mm olmalıdır. Statik eğilme testine ilave olarak eğilme gerilimleri altındaki darbeli yorulma testini de içerir. En fazla eğilme momenti bölgesindeki yüzey şartlarının test sonuçlarını kesin olarak etkileyeceği akıldan çıkarılmamalıdır. Bu raya ve kaynağa eşit olarak tatbik edilmelidir. En azından bir yıl açık havada kalmış tüm aşınmış ray cinsleri ve kesitlerinden 200 N/mm² 'lik eğilme gerilimleri altında bir darbeli yorulma mukavemeti vermeleri beklenir. Alman Demiryolları kaynaklanmış rayların maksimum 206 N/mm² min. 15 N/mm² gerilimle, kırılmadan önce 2x10⁶ defa darbeye dayanımını istemektedir.

Kaynak bölgesindeki yuvarlanma yüzeyinin sertlik profili, uzun bir hizmet ömrünce seyir düzleminin düzgün olmasını sağlayacak şekilde olmalıdır.

330 ila 380 HV (Vickers) sertliğindeki kaynağın büyük kısmı ray malzemesinden daha serttir. Isıdan etkilenmemiş ray çeliğine göre, ısıdan etkilenmiş bölgenin sınırındaki sertlikte azalma dar olmalıdır[2,47,49].

Rayların Yakma Alın Kaynağında Kaynaklanabilirlik

Rayların yakma alın kaynağı ile kaynaklanabilirliğine ilişkin yapılan bir araştırmaya göre, [2,50] 700 kalitesinde 46.303 kg/m'lik, 12 m boyunda, UIC 860-0'a göre kimyasal bileşimi Tablo 3.12'de gösterilen raylar kullanılmış.

Tablo 3.12 UIC 860-0'a Göre Ray Kimyasal Bileşimi %[50]

C	Mn	Si	Cr	P max	S max
0.40-0.60	0.80-1.25	0.05-0.35	-	0.05	0.05

Tablo 3.13'de gösterilen kaynak parametreleri esas alınarak yakma alın kaynak işlemi gerçekleştirilmiştir.

Tablo 3.13 Kaynak Makinasında Kullanılan Kaynak Parametreleri[50]

AYARLAR	DEĞERLER
Pompa basıncı (düşük basınç)	60 bar
Pompa basıncı (yüksek basınç)	120 bar
Sistem basıncı	120 bar
Şişirme basıncı	60 bar
Düz yanma basıncı + ön ısıtma basıncı	15 bar
Geri çekme basıncı	60 bar
Yakma basıncı	50 bar
Sıyırma basıncı (yedek yüksek basınç)	45 bar
Doğru yanma mesafesi	4mm
Voltaj	24V
Amperaj	100000 A

Rayda dokunun normalize edilmesi için ray kontrollu olarak soğutulmuştur. Soğutmayı takiben yapılan çekme sonunda aşağıdaki yazılı değerlerin elde edildiği görülmüştür.

Çekme deneyi sonuçları

F	94.2 kN	F _m	En yüksek yük
R _n ,	767 N/mm ²	R _m	Çekme mukavemeti
ReH	472N/mm ²	ReH	Üst akma gerilimi
ReL	464 N/mm ²	ReL	Alt akma gerilimi
A	8.5 %	A	Kırılma uzaması
A _t	7.5 %	A _t	Uzama miktarı
Z	100%	Z	Kesit daralması

Çekme mukavemeti sonuçlarına göre çekme değerlerinin UIC 860-0 standart limitleri arasına girdiği tespit edilmiştir.

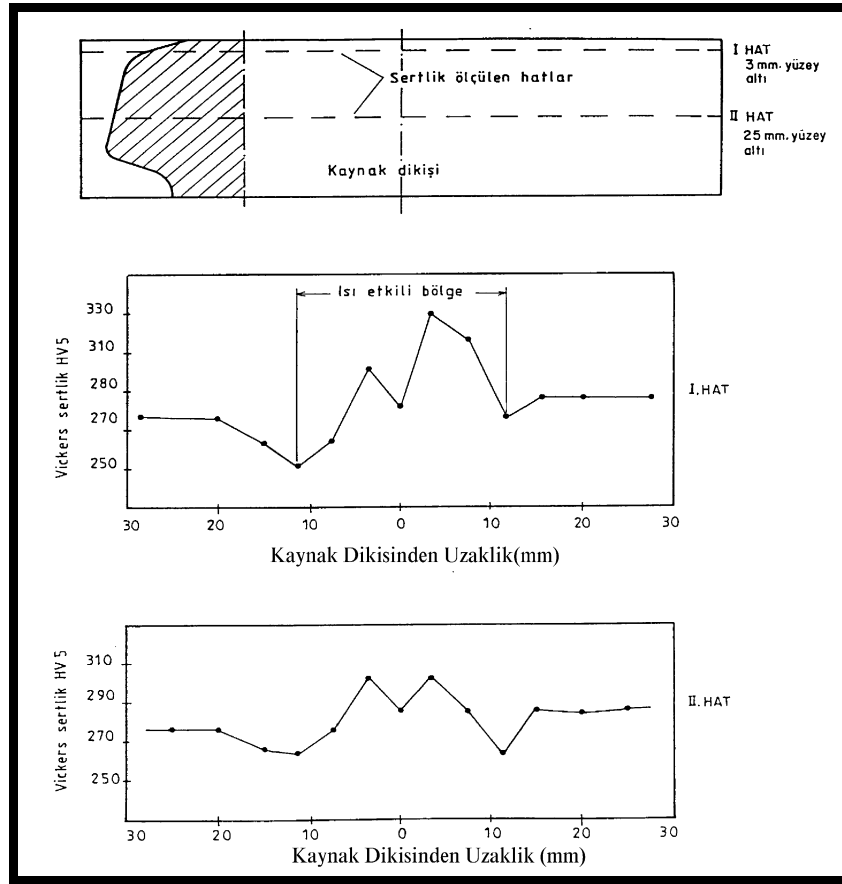
Tablo 3.14'de Kaynaklanmış ray numunesindeki kimyasal analiz değerleri görülmektedir.

Tablo: 3.14 Kimyasal Analiz değerleri[50]

Kimyasal analizlerden elde edilen değerlerin standart limitler içinde olduğu tespit edilmiştir.

Hem kaynaklı, hem de yakın bölgelerde Vickers sertlik değerleri alınmış ve yakma alın kaynaklı rayların sertlik profilleri Şekil 3.30'da gösterilmiştir. Yakma alın kaynağının kaynaklanabilirliğine ilişkin elde edilen sonuçlara göre [50] kaynak bölgesinin ray metalinden daha sert olduğu, ısıdan etkilenmemiş ray çeliğine göre, ısıdan etkilenmiş bölgenin sınırındaki sertlikte azalma olduğu, ısıdan etkilenmiş bölgenin, kontrollü soğutularak tane yapısına göre farklılık arzettiği, iri tane yapısının, erime sıcaklığına çok yakın sıcaklıklarda malzemenin ısıtılmasının bir sonucu olarak birleşme yüzeylerinin yanında, olduğu, bitişiğindeki normalize olmuş bölgelerin ise ince taneli olduğu tespit edilmiştir. Kaynak dikişinde görülen sertlik düşümünün , karbon düşümüne dayanan ferrit oluşumu nedeniyle olduğu sonucuna varılmıştır.

	%C	%Mn	%Si	%Cr	%P	%P Max
UIC860-0 Değerleri	0.40-0.60	0.80-1.25	0.05-0.35		0.05	0.05
Kaynak dikişi (1)	0.434	0.692	0.146	0.0229	0.0105	0.0107
HAZ (2) bölgesi	0.466	0.881	0.134	0.0293	0.0320	0.0125
HAZ(3) bölgesi	0.490	0.987	0.157	0.0305	0.0411	0.0422
Esas metal (4)	0.537	0.977	0.147	0.0299	0.0398	0.0282



Şekil 3.30 Yakma Alın Kaynaklı Rayların Sertlik Profilleri [2]

Kaynak Hataları ve Hatalardan Korunma:

Doğrultma işlemi sırasında kırılmalar ve iyi olmayan hat performansı metalurjik bir muayene sonucunda, pek çok hatanın varlığını ortaya çıkarmaktadır. Bunları iyi analiz edebilmek hata çeşitlerini bilmekten geçmektedir. Bu durumda yetersiz test sonuçlarını ön plana çıkarmaktadır[2,47].

Ön ısıtma hataları:

Mikro gözenekli yapı yaygın olarak ön ısıtma prosedürüne bağlı olan bir hatadır. Meydana geldiğinde, kaynağın iki tarafındaki ısıdan etkilenmiş bölgede bulunur. Statik eğilme testinde kırılan kaynak düşük bir sapma değerine sahiptir.

Mikro gözenekli yapı, ray çok yüksek sıcaklıklarda ön ısıtmaya tabi tutulduğunda oluşur. Bu erime yüzeyleri ve rayın kendi metali (rayın etkilenmeyen bölgesi) arasında kalan bağlantının her iki tarafında uzanan

nispeten geniş bir bölgede olur. Osteniti çevreleyen tane sınırları erir ve ostenit tanelerini kendiliğinden ısıtır. Bölge tamamen şişirme açısından çok geniş olabilir. Şekil verme sırasında %4'lük fire nedeniyle ray kesitinde mikro gözenekli yapı ortaya çıkabilir.

Mikro gözenekli yapıdan kontrollü ön ısıtma ile sakınılabılır. Yakmadan hemen önce, bağlantı yüzeyindeki sıcaklık ray boyunca mümkün olduğunca kademeli bir şekilde düşürülmelidir. Bu kısa bir süre için yüksek güçlü ön ısıtma ile elde edilebilir. Tüm kesit alanı boyunca ön ısıtmanın uniform olmasını ve ray içine uygulanan sıcaklık artırımının (dereceli olarak) bağlantı yüzeyindeki her noktadan aynı olmasını temin etmeye dikkat ederek yüksek güçte ön ısıtma kısa bir süre için yapılmalıdır. Sadece bu işlem uniform kaynak kordonu için geçerli ön şartı sağlar. Aksi halde tüm şişirme kuvvetini soğuk bölgeler emerek, sıcak bölgeler şişirilemez ve sıcak bölgeler mikro gözenekli yapıyı içlerinde muhafaza ederler.

Bunu önlemek için yukarıda belirtilen şekilde bir ön ısıtma uygulamak gerekir[2,47,51].

Yakma Hataları:

Bağlantı yüzeyleri yakma işlemi sırasında oksidasyon oluşumlarından temizlenmelidir. Ortaya çıkan metal buharı fazlasıyla reaktif olan erimiş bağlantı yüzeylerini ilave oksidasyondan korumalıdır. Aksi taktirde yüzeyler üzerinde yeni oksidasyon oluşumu şekillenecektir. Yani şişirme ile sadece oksidin durumu yer değiştirecektir.

Ayrıca böyle oksit birikintileri, statik eğilme ve darbeli yorulma testinde istenmeyen sonuçlara neden olacak veya doğrultmada kırılmaya yol açacaktır.

Böyle zararlı oksitlerin belirli seviyeler altında tutulabilmesi için, baştan sona kadar yakma işlemine yavaş yavaş artan şekilde devam edilerek artan metal yüzeyinin oksijenden korunması sağlanır.

Yakma kontrolü, özellikle yüksek mukavemetli rayların kaynağında önemlidir. İri oksitlerin meydana getirdiği çentik etkisi, statik eğilme testi sırasında düşük akma mukavemetli raylarda çok fazla sapma olup, plastik deformasyona uğradığı basınç seviyelerinde kırılmayı başlatır. Halbuki yüksek mukavemetli raylarda kırılmaya başlama ise, statik eğilme testi

sırasında, raylar yük sapma eğrilerine göre elastik sınır içinde iken olur [2,47].

Basma Hataları:

Eğer bağlantı yetersiz şişirilmişse, ergimiş metal boşluklar içinde birikimini muhafaza edebilir. Şekillendirmeden (katılaştıktan) sonra kendine özgü karakteristik döküm yapısı ile bu bölge kaynak bölgesi olarak adlandırılır. Bu döküm yapısı nedeniyle kaynak bölgesi sıcak haddelenmiş ray çeliğinden çok daha fazla gevrektiler (kırılgandır) ve üstelik bu gevrekliğe eklenen sementit ve fosfit tortuları ihtiva eder.

Yüksek bir şişirme basıncı kaynak bölge oluşumunu önler. Ayrıca yavaş yavaş artan şekilde yapılan yakma, yakma sonucunda oluşan kraterlerin miktarını azaltarak buna yardımcı olur.

Yüksek bir şişirme basıncı aynı zamanda belirtilen diğer hataların önünün alınmasına yardım eder. Basınç mikro-gözenekli yapı oluşumunu önlemek ve kaynak metalinde oluşan oksitlerin zararını azaltmak için kafi derecede yüksek olmalıdır.

Örneğin özel sınıf rayların artan yakma işlemi için şişirme kuvveti en azından 50 N/mm² olmalıdır. (Sadece ray tarafından tamamı alındığı takdirde yani herhangi bir makina nedeniyle şişirme hareketi sınırlanmadığı takdirde).

Mevcut oksitleri dışarı atmak ve hataları kordonun dışarı taşan kısmına nakletmek için ray uçlarına karşı serbest şişirme hareketi uyguluyarak minimum bir hareket sağlanmalıdır.

Düşük çekme mukavemetli raylar için daha az şişirme basıncı gerekir. Birinci itme ile oluşan bağlantıya ara ısıtmadan sonra uygulanan ikinci bir itme var olan hataların hiç birini ortadan kaldıramaz[2,47].

Son ısıtma hataları:

Son ısıtma özel krom-mangan alaşımları için kaynak bölgesinin soğumasını geciktirmek üzere yapılır. Böylece, gevreklik kırılma nedeniyle tehlike yaratan ısıdan etkilenmiş bölgedeki aşırı martenzit oluşumunu önlemiş olur.

Son ısıtma sıcaklıkları , aşırı ısınma nedeniyle aşırı derecede büyük ostenit tanelerinin oluşmasını önlemek için 1000°C nin altında tutulmalıdır. Gerekli ısı girişi bu nedenle düşük bir güç ayarında olmalıdır.

Diğer bir son ısıtma hatası ise yumuşak tavlanmış bölgenin kabul edilemeyecek genişliğe ulaşmasına neden olan ray mantarına çok fazla ısı verilmesinden ortaya çıkan yuvarlanma yüzeyi boyunca sertlik oluşmuştur.

Tavlanmış bölge, su soğutmalı akım taşıyan çenelere olan mesafe azaltılarak kafi miktarda dar tutulabilir veya uygun bir akım şiddeti dağıtıcısı ile bu sağlanır[2,47].

Yakma Alın Kaynağında Bağlantıların Mekanik Özellikleri:

Dünyadaki demiryolu rayları büyük ölçüde perlitik yapıda çelikten yapılır. Genel olarak çelik normal raylar arasında en az 685 N/mm² çekme mukavemeti olan, ve çekme mukavemeti en az 1080 N/mm² olan çelikler olarak ayrılırlar. İlk iki tip raylar karbon-manganez çeliğinden olup karbon ve manganez miktarına göre farklı mukavemetlere sahiptirler. Bunlar başlıca sıcak haddelenmiş halde kullanılırlar.

Çekme mukavemeti 1080 N/mm² den daha fazla olan özel ray çelikleri krom, vanadyum ve titanyum ile mikro alaşımlıdır. Ray malzemelerinin mukavemetini artırmanın diğer bir yoluda ısıtma işlemidir. Raylarda ve onların yakma alın kaynağı bağlantılarında yorulma çatlakları uzama oranına olduğu kadar, kırılma dayanımı, çekme mukavemeti ve darbe enerjisini de etkiler [2,52].

Mobil Yakma Alın Kaynağı:

Rayların yakma kaynağının bazı durumlarda rayları kaynatmanın en etkili metodu olduğu universal olarak kabul edilmektedir.

Diğer metotlardan çok daha düşük yorulma oranı ile kaynağın en yüksek kalitesini sağlar.

Eskiden yakma alın kaynağı bir kaynak fabrikasında gerçekleştirilmekteydi. Kısa raylar, yerine taşınmak üzere tren uzunluğunda kaynatılırdı. Yoldaki daha fazla uzunluklar halinde kaynatma durumunda diğer metotlar gerekirdi.

Mobil yakma alın kaynağının gelişimi; makinalardaki sermaye yatırımını optimize ederek ve yerinde kaynağın ilave malzeme maliyetini minimuma

indirmek suretiyle elektrik ark kaynağı uygulanabilen sürekli kaynaklı raylar için tüm kaynaklara vasıta olmuştur.

Yerinde kaynak ya yol kenarında ya da yolda uygulanabilir veya dönüşümlü olarak uygulanabilir. Makina kısmen sabit bir fabrika gibi daha sonra kaynatacağı mevki üzerinde büyük uzunluklar hazırlamak üzere kullanılabilir.

Yetmişli yılların başlarına kadar statik elektrik ark yakma alın kaynağı metodu; yoldaki kaynağı alumino-termit metodu olan demiryollarında mevcut rayların statik kaynak metodu olduğu universal olarak kabul edilirdi.

Fakat Sovyet mühendisleri tarafından bir mobil yakma alın kaynağı başının yolda kullanılmak üzere geliştirilmesi yol üzerinde yakma alın kaynağı metodunun uygulanma şansını ilk defa kazandırdı. Bu makina K355A olarak bilinir.

Bu kaynak başı, Plasser Theurer firması tarafından 1973 yılında ilk kez makinaya monteli bir raya bağlandı ve o zamandan beri dünya çapında kullanılmaktadır.

Ayrıca ABD'deki Holland Company tarafından aynı kaynak başı mobil kaynak makinasına bağlanmıştır[2,53,54].

Mobil Yakma Alın Kaynağının Tarihçesi:

1978'de Belfast-Dublin ana hattı üzerine sürekli kaynaklı rayların yerleştirilmesinin başlanmasına karar verildi. Çünkü analizler göstermiştir ki 150 km/saat'e kadar artan hızlardan dolayı ve aynı zamanda rayların ve traverslerin ömrünün uzaması, yol bakımı eğitimleri, yakıt maliyeti yükü, aşınma ve yıpranmalardan elde edilecek tasarruflardan dolayı pazar potansiyeli mevcuttu. Pandrol dirsekli ve temel tabakalı Downmac dizaynına göre bölgesel olarak üretilen beton traversle B.S. 113A rayları standartlaştırılmıştır.

O zamanda, yerleştirilecek sürekli kaynaklı rayların sınırlı miktarları için ekonomik bir durum olmayacağı değerlendirildi. Bu yüzden CIE (Irish State Railway) sabit yakma alın kaynağı makinası kullanan Portlaoise'deki fabrikalarında alt sözleşme yapıldı.

Sürekli kaynaklı rayların avantajları hemen idrak edildi fakat 200 km'lik fabrika mesafesine rayları götürülüp, getirilmesindeki taşıma güçlüğü gerçek ray kaynak maliyetine finansal olarak önemli fark getiriyordu.

1984 yılında, yerleştirilen teçhizatın yaşama kabiliyetini değerlendirmek üzere bir deneme yapıldı. Mobil fabrikalara ilaveten yerleşik fabrikaların kurulması düşünüldü, fakat yıllık tamirin (16 km) nispeten küçük miktarından dolayı sabit (yerleşik) fabrika için ekonomik görülmedi. Ancak, ilave olarak gerekli olan yol üzerinde kaynağın nispeten yüksek maliyeti % 11,2 'lik kazanılan kar oranı ile hesabı düşürdü[2,54].

Mobil Yakma Alın Kaynak Makinalarının Kullanımı:

Mobil yakma alın kaynak makinalarının kullanıldığı yerler;

- Makinanın kafasını çıkararak fabrikada yarı-sabit pozisyon halinde, kafayı bağlamak suretiyle fabrika seviyesinde kaynatmada,
- Yol yenileme veya yol bakım makinaları ile yoldaki eklemeler için veya yol kenarındaki uzun rayları kaynatmada,
- Prefabrik yol panellerini kaynatmada,
- Sinyal amacıyla izoleli bağlantıların yerleştirilmesi için gerekli olan yoldaki kaynaklardır..

Yol üzerinde kendinden tahrikli makinalarda monteli kaynak kafası ana dizaynına ilaveten, tamir treninin parçası olarak veya bir demiryolu aracına monte edilebilir.

Mobil kaynak donanımı değerlendirildiği zaman ana problem, tüm kaynağın yerinde (yolda) yapılacağı durumda ilave iş zamanı ihtiyacıdır, donanım hem yerinde hem de fabrika bölgesinde kullanımını amaçlamıştır.

Mobil yakma alın kaynağı makinaların adaptasyonu ile elde edilen diğer avantajlar;

- Kaynak prosesinde dizel tahrikli jenaratör kullanımından dolayı enerji tasarrufu %40 civarındadır.
- Şebeke temininin güvenilmediği yerlerde kaynak üretiminin devamlılığını garanti edebilir.
- Mobil kafa üzerindeki hizalama prosesi her kaynak için operatör ayarlaması gerektirmez. Bu özellikle kalifiye olmayan işçi çalıştırıldığı durumlarda önemlidir. Ünitenin ön ayarı yapılır ve sadece ara sıra tecrübeli eleman tarafından ayar gerekir[2,53,54].

Mobil Kaynak Makinası:

Plasser & Theurer tarafından geliştirilen, yol üzerinde kendinden tahrikli kaynak makinası; 16 m. uzunluğunda ve iki boji üzerine monte edilmiş gövde, bir dizel tahrikli jeneratör, hidrolik pompalar, soğutma sistemleri ve kaynak güç kontrol teçhizatından müteşekkildir.

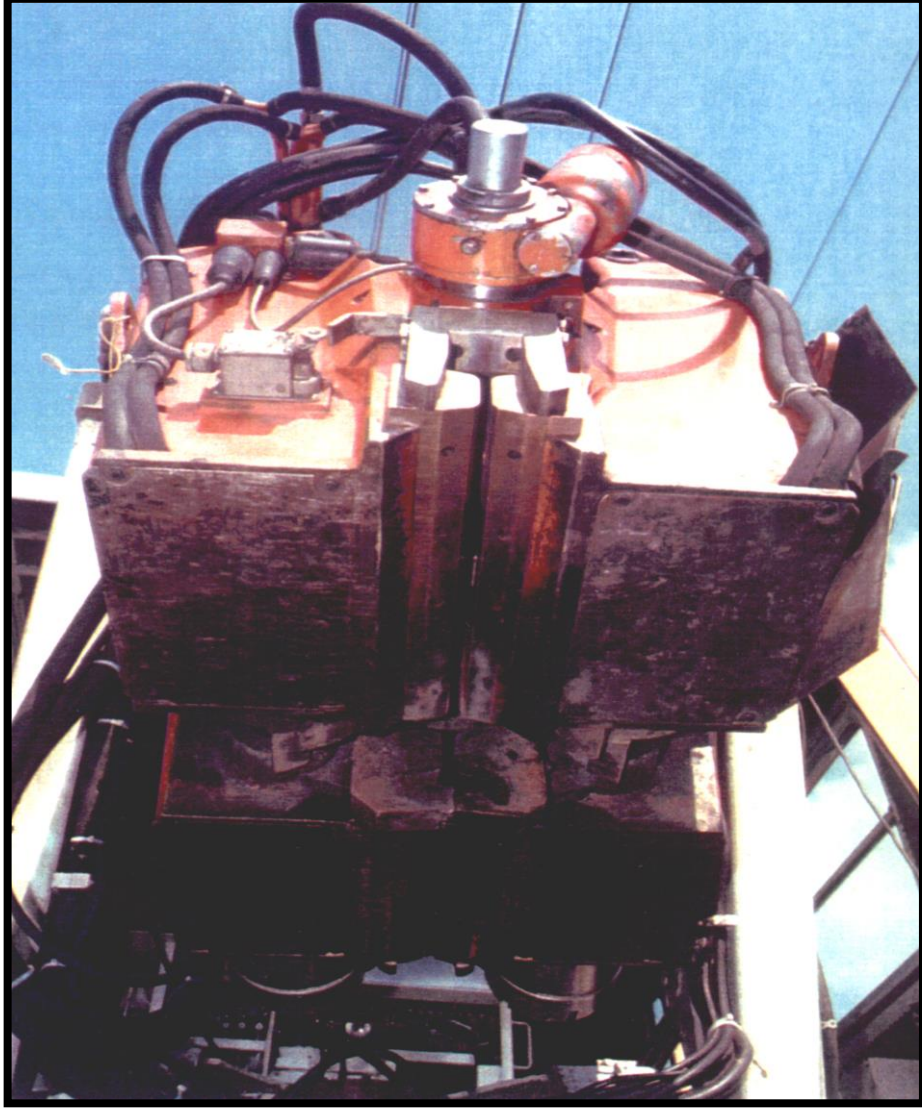
Makina, ya 70 km/sa kadar hızda kendisi gidebilir veya 80 km/sa' a kadar hızda tren formasyonu içinde çekilebilir.

Makinanın bir ucu; asılı olan kaynak kafası üzerindeki yatay teloskopik kollu bir vinci açmak üzere yukarı doğru açar. Kafa yolun merkezinde bulunan raylar ve içinde bulunan raylar yanında, yol merkezinden 3250 mm uzaklığa kadar yol kenarındaki rayları kaynatmak üzere vinç üzerinde dışarı çevrilebilir. Kaynaklar yol seviyesinden 1300 mm yukarı ve 100 mm aşağıya kadar her yükseklikte yapılabilir[2,54,55].

Mobil Kaynak Kafası:

Kaynak kafası Şekil 3.31'de gösterilmiş olup,

- iki döndürülebilen bağlama bölümü .(Bunlar hidrolik silindirler vasıtasıyla bir arada veya ayrı olarak hareket edebilir.),
- kaynak trafo ları,
- elektro-hidrolik servo sistem,
- soğutma sistemi ve
- kaynak kontrol panelinden oluşur[2,53,54].



Şekil 3.31 Kaynak kafası

Hizalama

Raylar kabaca hizalanır ve kaynak kafası rayların üzerine alçaltılır. Öyleki rayların mantarları kafa altındaki stop plakası ile temas haline gelir. Ray sonra aynı zamanda elektrot gibi işlev gören 600 mm uzunluğundaki bronz çene ile hidrolik olarak sıkıştırılır. Sıkıştırma kuvveti 125 tondur.

Doğru hizalama; sıkıştırma çenelerinin mevcut ayarı ile yatay olarak ve merkezleme bilyalarıyla dikey olarak sağlanır. Merkezleme bilyaları, ön ayarlanabilir stop plakasının karşısındaki ray başını sıkıştıran çenelerin tepesinde disk yaylarına sahiptir.

Stop plakaları ve çeneler başlangıçta tecrübeli personel tarafından doğru olarak ayarlanır. Sadece periyodik ayarı gerekir veya eğer gerekli ise ray bölümü değiştirilir[2,54].

Mobil Kaynak Süreci:

Sıkıştırma operasyonunu takiben kaynak süreci, kontrol paneli üzerindeki bir butona basarak bir ayar kalıbını izleyerek tamamen otomatik olarak gerçekleştirilir.

Aşama 1: Yüksek akımlı bir ark oluşur.

Aşama 2:Yakma çok düşük akımda 5 kademedede gelişir. Düzenli olarak artan yakma oranı 0,2 mm/sn'den takribi 1.00 mm/sn'ye kadar değişir. Yükselme başlangıcı sıkıştırmadan takribi 10 saniye öncedir.

Aşama 3: Ray uçları kaynak akımı kesildikten sonra 48 tona kadar bir kuvvetle 15 mm'ye kadar sabit bir mesafe birbirine ittirilir.

Kafanın yapısındaki sıyırma bıçağı rayı gevşetmeden önce rayın tüm çevresindeki kaynak fazlalığını otomatik olarak çıkarır.

Kaynak sürecinin ayarlanması 10000 mm² ye kadar değişebilen, kaynatılacak rayların tiplerine bağlıdır. B.S. 113A ray 7184,5 mm²'lik bir kesit alanına sahiptir ve kaynak süreci 120 saniyeyi alır.

Makina diğer ray bölümleri için kolaylıkla ayarlanabilir. Uygun sıkıştırma çeneleri ve kaynak kesme uydurulması gerekir ve başlangıçta ayarlanır[2,53,54].

Kaynakların Kontrolü:

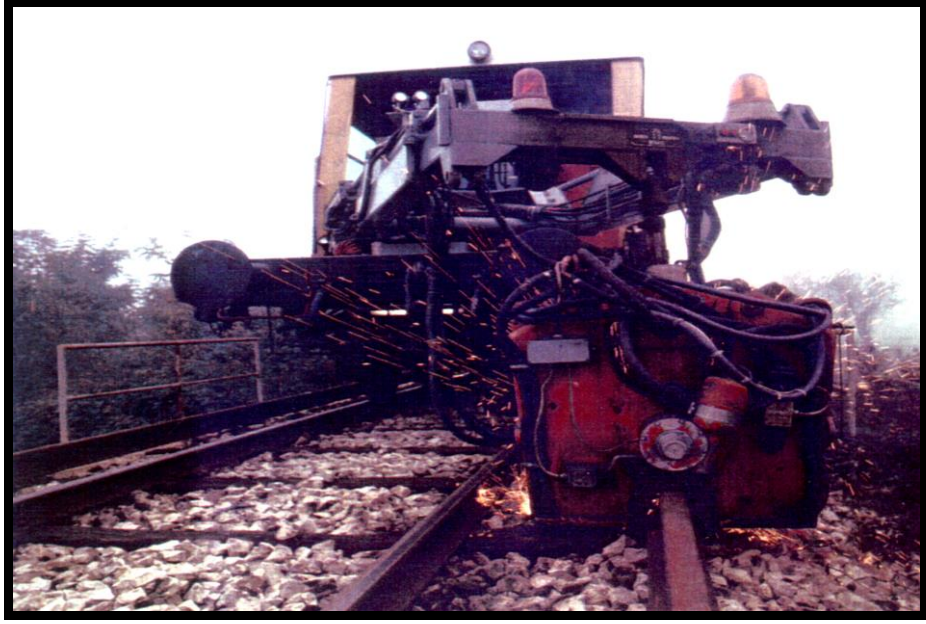
Kaynak kalitesinin ana parametrelerinin daimi kayıtları makinanın operatör kabinine monteli olan 3 kanallı bir kaydedicide bir grafik formda muhafaza edilir. Bu kayıtlar;

- Kaynak operasyonunun 3 aşaması sırasındaki akım kuvveti,
- Kaynatma ve kesme sırasında basınç uygulandıkça ve hareket ettikçe raylar üzerindeki kuvvetlerin sekansı,
- Basınç uygulama ve yakma hareketi sırasında rayların kayması (yer değiştirmesi)dir. Bu kaynak prosesinde sarfedilen malzeme miktarını verir.

Operatörler kaynak operasyonunun tatminkar şekilde icra edildiğini hemen gösteren bu parametreleri kolaylıkla izleyebilir. Kaynak sayısı ray üzerine ve grafiğe işaretlenir, böylece özel kaynakların belirli kaynak şartları gelecek bir tarihte belirlenebilir. Ayrıca tüm kaynak, toleransları içindeki hizalama için düz kenarlar ile kontrol edilir.

Kaynakların ultrasonik testi gerçekleştirilir. Her 200'de bir kaynak kesilir ve 1000 mm merkezlerde 90 tonluk eğme testine tabi tutulur[2,53,54].

Şekil 3.32'de K355 APT Mobil yakma alın makinesi gösterilmiştir.



Şekil 3.32 K35 APT Mobil Yakma Alın Kaynak Makinası

Mobil yakma alın kaynağı aşağıdaki aşamalarla gerçekleşmektedir.

- Makina üzerinde bulunan köşe taşlama makinası kullanılarak ray uçları temizlenir.
- Taşlama makinası ile pas, fabrika talaşı ve markaları giderilir. Bu operasyon, kaynak prosesinde iyi bir elektrik temasını sağlar.
- Ray, sıkıştırıcı ve çelik kamaların üzerine kaldırılır. Böylece ray altında boşluk sağlanır aynı zamanda raylar hidrolik ray çekici kullanılarak tarif edilen aralığı (2-3 mm) sağlayacak şekilde bir araya çekilir ve kabaca hizalanır.
- Kaynak başı pozisyonlandırılır ve kaynak tamamlanır.

- Fazla malzeme sıyrılır ve profil taşlama makinası kullanılarak ray başı profillendirilir.

K355 APT kafayı alçaltacak, yükseltecek veya kenara hareket ettirecek şekilde hidrolik vinç ve kayan bir kabin ile ayarlanır[2,53,54].

Mobil Kaynağın Avantajları

Mobil kaynağın avantajları aşağıdaki şekilde özetlendirilir;

- Operasyon hızı:

Makina alümino-termit prosesindeki 6 kaynak/gün'e karşılık 8-10 kaynak/saat üretme kabiliyetine sahiptir.

- Kaynak kalitesi:

K355 APT ile yapılan kaynak, termit kaynağına göre hem kalite hem düzgünlük açısından süper bulunmaktadır.

Northern Ireland Railways (N.I.R.) K355 APT mobil kaynak makinasını mekanik tamir (yenileme) sistemlerine yardımcı ilave olmak üzere bulmuştu. Ancak, her kaynakta karşılanan uygun parametreleri sağlamak üzere grafik kontrolü ile iyi kaynak metotlarını sağladığı dikkate alınmalıdır[2,53,54].

3.6.3.2 Elektrik ark kaynağı

Atölyelerde değişik elektrik ark kaynağı proseslerinin genellikle üç uygulaması bulunur. Bunlardan en karışık olanı makas göbeklerinin yapımında kullanılan elektro-cüruf prosesidir. Bu proses dikey olarak yapılacak kaynağa izin verecek şekilde pozisyonlandırılır. Makas göbeklerinin (yarı kaynaklı) imalatında bu yüzden gerekli kaynak uzunluğunun (yüksekliği) hesabı çıkarılmalıdır.

Hali hazırda normal derecedeki ray çeliklerindeki ünitelerin yapımında uygulanabilir en fazla aşınma dayanımına sahip ray parçalarının fabrikasyonu mümkündür. Yarı kaynaklı göbekleri olan makaslar döküm monoblok yapılara en uygun alternatiftir. Bu uygulama için alternatif proseslerin kullanımı araştırılmaktadır. Toz altı ark kaynaklı göbekler yollara yerleştirilmiştir. Tozaltı ark prosesi özellikle hareketli göbekli makasların yapımında uygulanmaktadır.

Haddelenmiş ray parçalarından yapılmış makasların büyük tamiri çoğu kez yapılamaz. Fakat döküm manganez çeliği makaslarda tamir-bakım hem büyük bir çoğunlukla yapılabilir hem de ekonomik olarak arzu edilir. Kusurlar, dökümlerin pek çok tipinde hemen hemen kaçınılmazdır. Döküm makaslarda onların etkileri çok açıktır. Küçük kusurların (Çatlak, pürüzlülük vs.) giderilmesi yolda gerçekleştirilebilir. Fakat kusur bölgesindeki boyut komponent olarak işi icra etmeye imkan veremeyecek durumda ise o zaman tamir fabrikada, atelyede veya yol kenarında yapılmalıdır.

Makas göbeklerinde bulunan büyük bir kusur (hasar) Manuel Metal-Ark (MMA) kaynağıyla sadece küçük, taşınabilir teçhizat ve minimum ekip ile düzeltilebilir. Kaynak için yüzey hazırlama ve kusurun kaldırılması el taşı ile gerçekleştirilir. Bunu tahribatsız test (N.D.T.: Non Destructive Testing) izler. Burada ana metalin dayanıklılığını garanti etmek için kuru penetrant (D.P) uygulanır.

Çapı 4 mm'den fazla olmayan elektrotları kullanarak (ısı girişini minumumda tutmak için) çalışma bölgesinde pasolar arasındaki sıcaklığın 204°C ve üzerine çıkmadan aşınmış kısım arzu edilen seviyeye yeniden getirilmelidir. Kaynak metalinin her katmanı oluşukça yeni bir katmana başlamadan önce D.P (Kuru-penetrant) testi yapılır. Son N.D.T kaynağın bütün (hacimsel) dayanımını garanti eder, arzu edilen son profil taşlama ile elde edilir.

Manganezli çelik döküm makasların yapısındaki büyük hasarları tamir etmek için çoğu kez daha radikal işlem gerekir. Bu durumda makas ters çevrilir, destek parçası çivisi kaynatılır ve öncelikle dökümün alt kenarlarında kaynak yapılır. Makas sonra orjinal yerine yerleştirilir.

Az kullanılan veya kirlenmeye maruz çalışma yüzeylerinin olduğu hatlar üzerinde sık sık keşif gereklidir. Örneğin otomatik yükleme ve boşaltma tesislerinde hatlar sadece acil çalışma için kullanılır ve yüksek nem bölgeleridir. Buralarda ray çalışma yüzeylerinin paslanması çok sıklıkla görülür. Bu durumda pasa karşı kaplama uygulaması uygun elektrik temas şartlarını sağlayacaktır. Bu çalışma yerinde icra edilebilir. Böyle durumlarda ray başı boyunca zig zag bir hat halinde (derinliği takribi 2 mm) bir V kanalı açılarak ray hazırlanmalıdır.

Sonra bir paslanmaz çelik elektrot hazırlanarak dolgu kaynağı yapılmalıdır. Burada ray profilini hafifçe taşıyarak arzu edilen profile izin verecek şekilde doldurulmalıdır[41,56,57].

3.6.3.3 Termit kaynağı

Termit kaynağı, yolda daha yaygın kullanımının yanında uzun kaynaklı rayların fabrika üretimi için, parçaların tesisinde kullanılabilir. Özellikle makas ve travers özel konfigürasyonlarında dikkate alınmalıdır. Termit kaynağının uygulanması ile kazanılacak önemli avantajlar şöyle özetlenebilir.

- Kullanımdaki tüm ray çelikleri kaynatılabilir.
- Nispeten az teçhizata ihtiyaç vardır. Özel bir atölyeye ihtiyaç olmayıp birkaç yardımcı teçhizat gerekir. Bu yüzden bir fabrika tesis etmek için gerekli maliyet minimum değerdedir.
- Enerji kaynağı prosesin bir fonksiyonudur, yani harici işi yapmak için sağlanması gereken harici güç ihtiyacı yoktur.
- Gerçek kaynak operasyonunu sağlamak için sadece birkaç tecrübeli işçi gerekir.

Termit kaynağı, 88°-92° açılık yaygın makasların üretiminde başarı ile kullanılmaktadır ve muhtemelen 85°-95° termit kaynağı ile uygun şekilde üretilen açı oranları görülecektir. Yapının bu şekli civatalı, perçinli, döküm veya bazı kaynak proseslerini kullanarak yapılmış makaslara bir alternatif olarak değerlendirilmelidir. Termit kaynağı prosesi kullanılarak üretilen makaslar, diğer metotlarla üretilen makaslar ile fiyat açısından en iyi olarak kıyaslanabilir. Sadece sınırlı atelye kolaylıklarının olduğu yerde kullanılabilir.

Makaslarda kullanılmak üzere özel olarak dizayn edilmiş bazı ray parçalarından tam avantaj sağlamak üzere, standart ray profillerine böyle bölümleri bağlama vasıtalarının kullanımı gerekir. Bu ekseriye bağlanacak iki ray profili arasında uygun geçişe göre dövülmüş veya preslenmiş bağlantı veya uyum rayları vasıtasıyla gerçekleştirilir[2,44,41].

Yolda Termit (Alumino-termit) Kaynağı:

Termit kaynağı ray bağlantılarında yıllar boyunca uygulanmıştır ve değişik uygulamalarla hala en yaygın kullanılan yol kaynağı metodudur.

Birçok alumino-termit kaynağı bağlantı prosesi mevcut olmasına rağmen tercih edilen proses kısa bir ön ısıtma tatbik edilen uygulamadır. Kaynak minimum çalışma zamanı gerektirir ve güvenilir sonuçlara sebep olacak ön ısıtmada operatör bağımlılığı yoktur.

Ayrıca özel dizaynli otomatik sıkıştırma usulü ile her durumda ve doğru zamanda sıvı çeliğin kalıplara girmesi sağlanır. Uygun prosedürler ile normal, aşınma derecesi A ve B olan 110 kg/mm² dayanımlı raylar başarı ile kaynatılabilir. Hafif tadilatlarla, kaynaklar klasik makas traversli yollara olduğu kadar beton traversli yolların bütün tiplerine uygulanabilir ve ekseriye kullanılan ray parçalarının tümü problemsiz kaynatılabilir.

Düşük karbonlu ostenetik mangan çeliklerin varlığı (%11-%16 mangan) sürekli kaynaklı rayların bu kalitede kaynatabileceği gereksinimlere ihtiyaç göstermektedir. Sonuç olarak bir termit kaynak prosesi (S.W.S) bu amaç için artık kullanılabilir.

Pahalı inceleme ve araştırmaların bir sonucu olarak termit kaynak prosesinin belli bölgeleri her durumda tam kabul edilebilir bir kaynağı elde etmede daha kritik olarak tanımlanmıştır. Özel dikkat isteyen iki nokta; gerekli standartlara göre ray aralığı (ray uçları) hazırlama ve farklı derinliklere sahip rayların bağlanmasında hazırlanan aralığa doğru kalıp uydurmadır.

Dikkatli bir kaynakçı, kesilen raya bağlanacak bir kesme kılavuzu ve silindirlerin yardımı ile doğru kaynak boşluğu ve iyi yüzey işlemi hazırlayabilir. Bu operasyon ray uçlarının iyi işlenmiş olmasını sağlamak üzere raya sabit bir mesafede ve hızda kesme Şalomasının kullanılması tecrübesini gerektirir. Bütün bu problemleri elimine etmek için bir kesme kılavuzu kesme torcuna bağlı 3 noktada pozisyonlanabilen bir çene içine yerleştirilmiştir. Bu büyük gelişme nispeten sabit ekipmanın kullanımı ile bulunur ve sabit standart daima mümkündür. Çok hassas ray kesme makinaları mevcuttur. Bu hassas kesiciler kaynak operasyonu için yolda hali hazırda olan gazları kullanarak herhangi bir ray parçasını, dairesel veya ileri geri kesmeye ya da aşındırma diski ile kesmeye, eşit doğruluk derecesini sağlayacak şekilde dizayn edilmiştir. İyi tesis edilmiş demiryolu sisteminde %80 oranında, alumino-termit kaynağı, gerçekte farklı derinlikteki rayların

arasında kullanılır, yeniden kaplamanın, aşınmış ray parçalarının tekrar kullanılması avantajını tam olarak sağlamak için kolaylıklar (tesis) olmalıdır.

Çoğu zaman tekerlek kaymasının veya hat üzerinde objelerin sebep olduğu raylardaki ayrılma hasarları ray değişimini gerektirir. Bir alternatif hasarlı kısmı kesip çıkarmak ve diğer bir ray parçası kaynatmaktır. Böyle bir operasyonun maliyeti her durumda tüm boy rayın değiştirme maliyetinden daha az olacaktır. Ancak sürekli kaynaklı raylarda operasyon uzun bir mesafe üzerinde gerilim giderme işlemi ihtiyacı olmaksızın gerdiriciler arasında icra edilebildiği durumlarda geçerlidir. Aynı zamanda özel olarak dizayn edilmiş termit kaynağı vasıtasıyla ray başlarında lokal yüzey hasarlarını tamir etmek pratiktir. Bu şekilde tüm olarak ray uzunluğunun değiştirme maliyeti ve yükünden kaçınılabilir.

Alumino-termit prosesinin kullanımı daha küçük ölçekte, raylara elektriki devre bağlantı ilavesi için yaygındır. Kullanılan teçhizat ve malzeme tamamıyla taşınabilir ve iş herhangi bir harici güç kaynağı kullanılmaksızın yapılabilir. Ayrıca iyi bir bağlantı her durumda yapılabilir. Uygun bir standardı tutturmak için sadece sınırlı eğitimli operatör gerekir. Seçilen proses ve gerekli bağlantı tipine bağlı olarak kablolar direk ve sabit olarak raya bağlanabilir veya saplama ya da civata raya ve kabloya bağlanabilir. Prosesin herhangi bir aksaklığından veya uygulamasından doğacak bir etkiyi (ısı etkili bölgesinde kırılgenlik gibi) azaltmak için bağlantıların nötr ray eksenine yakın olması tavsiye edilir.

Herhangi bir ön veya son ısıtma ihtiyacı dikkate alınarak bağlantılar en yüksek derecedeki raylara yapılabilir. Ancak direkt alümino-termit kaynak uygulamasının arzu edilmediği yerlerde sert lehimli bağlantılar yapılabilir. Burada alümino-termit reaksiyondan elde edilen endirek ısı kullanılır.

Aluminotermik reaksiyon :

Alüminotermik reaksiyonlar yüksek sıcaklıkta metal oksitler ile alüminyum metali veya alaşımları (AlCa veya AlSi) arasında oluşan ekzotermik reaksiyonlardır. Dışarıdan enerji verilmeksizin yüksek ergime sıcaklığına sahip metal veya alaşımların üretiminde (W veya FeW, Mo veya FeMo, Ti veya FeTi v.b.) yaygın olarak kullanılan alüminotermik yöntemde redükleyici etkiye sahip metal veya metal alaşımları metal oksitler ile (TiO_2 , B_2O_3)

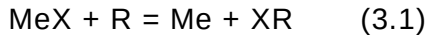
reaksiyona sokularak yüksek sıcaklığa ulaşılır. Bu esnada aktif elementin tam oksidasyonu ile redüklenen metalin ayrışması ile birlikte akışkan bir curuf oluşur.

Alüminotermik Redüksiyonda kullanılan redüktant alüminyumun belirli bir kısmı metale empürite olarak geçer, bu sebeple arzu edilen alaşım bileşimi şarjda kullanılan alüminyum miktarını etkiler.

Bazı redüksiyon metotlarında, özellikle üstü açık reaktörlerde alüminyumun bir kısmı astarla reaksiyona girerek, atmosferik oksidasyona uğrayarak veya buharlaşarak kaybolur, bu sebeple şarja bir miktar fazla alüminyum ilavesi gerekir.

Alüminyum varlığı alüminotermik redüksiyon ürünü alaşımın ergime sıcaklığını düşürür. Şarja CaO gibi ilaveler katılarak alümina esaslı curufun ergime sıcaklığı düşürülebilmektedir.

Metalotermik reaksiyonlarda reaksiyon sıcaklığında redükleyici elementin afinitesi metal bileşiğine bağlı metalinkinden daha yüksektir.



Me: kazanılan metal,

R: redükleyici,

X:oksijen, kükürt, klor, flor

Metalotermik yöntemle ergitilen metallerin tümünde toplam karbon içeriği % 0.1'in altında, genellikle % 0.05'in altındadır. Kükürt ise genellikle % 0.05'in altında, en fazla % 0.1 değerinde tutulabilmektedir.

Tablo 3.15' de bazı metal oksitlerin teşekkül entalpileri (hem mol oksit başına hem de mol oksijen başına) görülmektedir.

Serbest teşekkül entalpilerine aynı zamanda oksijen potansiyelleri denilebilir

$$GT^0 = \Delta H - \Delta T. S \quad (3.2)$$

veya

$$GT^0 = -RT. \ln PO_2 \quad (3.3)$$

(3.3) nolu bağıntıda $P O_2$ belli bir sıcaklıkta oksidin parçalanma basıncıdır.

(3.1) nolu reaksiyonda eğer ΔGT^0 negatif ise reaksiyon İstenilen yönde ilerler. ΔGT^0 sıfıra giderken reaksiyon hızı yavaşlar. Tüm metalotermik reaksiyonlar düşük sıcaklığa doğru daha negatif ΔGT^0 değerleri gösterirler. Bu nedenle, aşırı yüksek sıcaklığa çıkılmadan sağlanan uygun fiziksel şartlar, özellikle de curufun akışkanlığını sağlar.

Tablo 3.15 Bazı oksitlerin teşekkül entalpileri[58]

OKSİT	H ₂₉₈ kJ/Mol Oksit	H ₂₉₈ kJ/Mol O ₂
CaO	634,7	634,7
MgO	601,6	601,6
Al ₂ O ₃	1674,7	558,1
SiO ₂	908,6	454,3
B ₂ O ₃	1281,6	427,112
MnO	385,2	385,2
Cr ₂ O ₃	1130,4	376,8
W ₂ O ₃	589,9	294,8
Fe ₃ O ₄	1117,5	279,3
Fe ₂ O ₃	821,4	273,8
FeO	264,6	264,6
MnO ₂	520,4	260,4

Alüminotermik redüksiyonda, yoğunluk farklılıkları sebebi ile birbirinden ayrılacak olan iki fazı (metal- curuf) ergitecek ve sıvı halde tutacak ısıнын yeterli olup olmayacağını tahmine yardımcı olacağı için reaksiyon entalpisini bilmek önemlidir. Genellikle, ürünlerin veya şarjın gramı başına üretilen ısı, reaksiyon entalpisini ürünlerin moleküler ağırlıkları toplamına bölerek bulunur. Eğer bu değer 4500 J/g dan daha büyükse reaksiyon patlayıcılardaki kadar şiddetlidir. 2250 J/g dan daha düşük değerlerde ise açığa çıkan ısı ergitme ve metal-curuf ayırımı için yeterli olmamaktadır 2250 ile 4500 J/g arasındaki ısı değerlerinde ise alüminotermik reaksiyon kontrollü ve kendiliğinden devam eden bîr seyir gösterir.

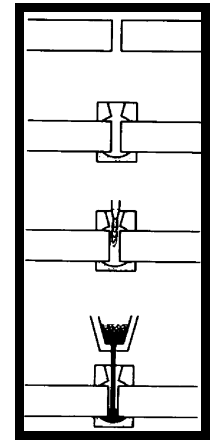
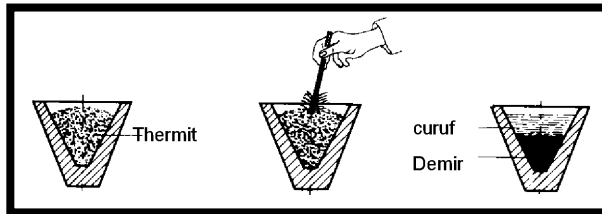
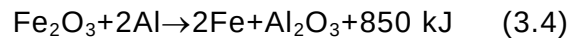
Bir alüminotermik reaksiyonda, reaksiyon entalpisi açığa çıkan ısıнын belirlenerek işlem esnasında metal ve curufun ergitilmesi ve yoğunluk

farkları yardımıyla birbirinden iyice ayrılmaları için yeterli sıcaklığın oluşup oluşmadığının belirlenmesinde kullanılan önemli bir göstergedir[58].

Aluminotermik reaksiyon prensibine göre, Dr. Goldschmid tarafından bulunan termit kaynağında kaynak yeri, termit denilen bir kütle ile örtülür.

Bu bir kısım (ağırlık) toz alüminyum ve üç kısım (ağırlık) toz halinde demir oksitten ibarettir. Bu kırışım yanıcıdır, fakat güç tutuşur. Bu kütleyi pota içinde tutuşturmak için üzerinde baryum - oksit ve alüminyumdan ibaret bir tutuşucu kütle konur ve kibrit veya kızgın tel çubukla tutuşturulur. Bundan sonra termit kendi kendine yanar. Bu esnada, demir-oksitin oksijeni, alüminyuma geçer ve alüminyum-oksitten teşekkül eden bir curuf (korund = Al_2O_3) haline gelir. Curuf hafif olduğundan, potanın dibine çöken demirin üzerinde yüzer. Demir - oksitten geri kalan ergimiş demire «termit demiri» denir[59].

Termit kütlesi yanarken, $3000^{\circ}C$ sıcaklık meydana gelir ve bu ısı, kaynak yerini ısıtmağa yarar, yani termit demiri ve curuf kaynak yerinden akıtılarak burası kaynak sıcaklığına kadar ısıtılır ve preslenerek parçalar kaynatılır ve aşağıdaki aluminotermik reaksiyon ile ergime sağlanır. Kaynatılacak parçalar yüzeyler arasındaki belli bir boşluk ile bir kum kalıp ile kalıplanmıştır. Parçalar sonra ağır metal oksit üzerindeki alüminyumun etkisini azaltarak üretilen ergimiş çeliğin kalıp içine akmasını sağlamak suretiyle kaynaklama işlemi gerçekleşir. Proses aşağıdaki kimyasal reaksiyon ile kendini göstermektedir(Şekil 3.33).



Şekil 3.33 Termit reaksiyonu [60]

Alumino termitin özel bir ateşleyici kullanarak refraktör bir pota içinde ateşlenmesini takiben birkaç saniye süren ekzotermik reaksiyondan sonra takribi 2400°C'lik bir sıcaklıkta yaklaşık ergimiş çelik miktarına eşit ve sıvı Al_2O_3 ayrılmaktadır.

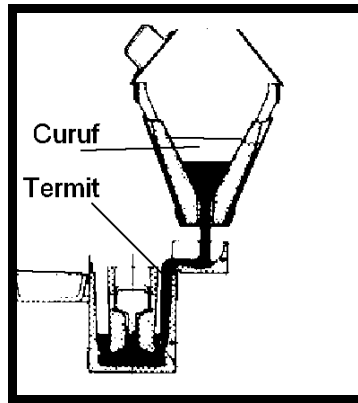
Böyle bir reaksiyondan elde edilen termit demiri pratik kullanım için aşırı yumuşaktır ve bu yüzden soğuk metali (yumuşak çeliği) reaksiyon sıcaklığına indirirken ve çelik verimini geliştirirken aşınma direncini artırmak ve sertleştirmek için termit karışımına çelik-yapımı alaşımlandırma katkıları ilave edilir[32,41,61,62].

Düz-conta kaynak metodu:

Ray parçaları 20 ila 22 mm'lik boşlukla (aralıkla) uzatılır ve hizalanır. Hazırlanan kalıp, kaynak aralığında özel olarak dizayn edilmiş bir alet ile sabitlenir. Kalıp doğal veya suni olarak silika kumu kullanılmak suretiyle raya karşı izole edilir. Ray uçları; oksî-gazla çalışan özel dizayn edilmiş şalomonun düz alevi ile takribi 1000°C'lik sıcaklıkta kalıp oyuğu içinde üniform olarak ısıtılır. UIC 60 ray parçalarında ön ısıtma takribi 7-8 dakika sürer.

Termit reaksiyonu tamamlandığı zaman ön ısıtma şaloması kalıptan sökülür ve kenara bağlı dökme kabı içine potadan ergimiş çelik doldurulur.

Metal oradan kalıp içine akar. Çelik katılaştığı zaman kalıp sadece ray başının bölgesinde sökülür. (UIC 60 ray parçalarında bu 4-5 dakika süreyi alır.) Kalıbın geri kalan kısmı ve ayakları bağlantının soğuma miktarını azaltmak için yerinde kalır[32,62]. Şekil 3.34'te düz conta metodu doldurma diyagramı gösterilmiştir.



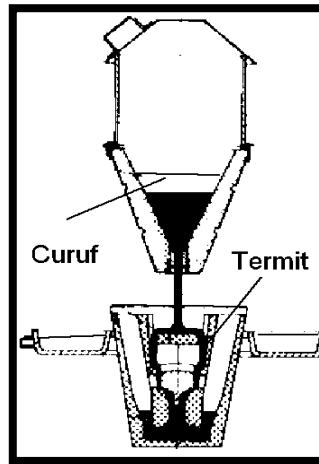
Şekil 3.34 Düz Conta Metodu Doldurma Diyagramı [32,60]

Kısa - Ön Isıtmalı Kaynak Metodu:

Kısa ön ısıtmalı kaynak metodu; çok meşgul hatlarda trenler arasındaki 12-15 dakikalık oldukça kısa zaman aralıklarında ray kaynağı icra edilmesine izin verir. Birçok karakteristik özellikleri bu prosesi düz conta kaynak prosesinden ayırır. Örneğin ön ısıtma sadece 1-2 dakika sürer. Bu kalıbın kurumasına hizmet eder ve takribi 3-5 mm'lik dar bir bölgede yaklaşık 600°C'lık sıcaklığa ray uçlarını ısıtır.

Ray uçlarının ergimesi için gerekli daha fazla ısı miktarı, kaynak karışım miktarının bir artışı ile sağlanır. Sıvı metal, öncelikle dökme kabı içinden geçmeksizin bir merkezi giriş vasıtasıyla direk olarak kalıp içine potadan akar. Bu amaçla kalıbın üst kısmındaki ön ısıtma penceresi şalomanın çıkarılmasından sonra bir tapa ile kapatılır. Kalıp düzgün şekilde ergimiş çeliği dağıtır. 75 mm'lik bir aralık içindeki ray hasarlarının tamiri için özel bir proses kullanılır. Bu kaynak çatlakların tamiri için çekici bir alternatiftir. Zira aksi halde 2 kaynaklı kısa ray parçalarının tatbiki gerekecektir.

Katılaşmadan sonra çekmenin (büzülme) dengelenmesi için gerekli fazla kaynak metali henüz sıcak iken ray mantarı bölgesinde tamamen çıkarılabilmelidir. Bu normal olarak hidrolik bir kesme aleti ile yapılır. Müteakiben çalışma yüzeyi üzerindeki yükseklik özel bir taşlama makinası ile sadece 0,5 mm kalıncaya kadar taşlanır. Kaynak tamamıyla soğuduktan sonra ayak taşkınlıkları temiz ve kolay bir şekilde kırılabilir ve kaynak kalan kalıp kumundan temizlenir. Şekil 3.35'te kısa ön ısıtmalı metot doldurma diyagramı gösterilmiştir[32,60].



Şekil 3.35 Kısa Ön Isıtmalı Metot Doldurma Diyagramı [32,60]

Termit kaynağını yapmak için kısa-ön ısıtmalı kaynak prosesinde 15 dakikalık ve düz conta kaynak prosesinde ise (profile bağlı olarak) 20-25 dakikalık ortalama zamana ihtiyaç vardır. Kaynak ortam sıcaklığına soğutulduktan sonra çalışma yüzeyi ve ray mantarı köşesi parçasına uydurmak üzere yüzey taşlama ile düzgünleştirilir.

DB'ye göre kritik statik eğilme gerilimi en az 750 N/mm^2 olmalıdır. NS, eğme testinde 1 m temelde toplam sapma herhangi bir çatlak olmaksızın 700 derece için en az 30 mm, 900 ve 1100 derece için en az 20 mm'yi gerektirir.

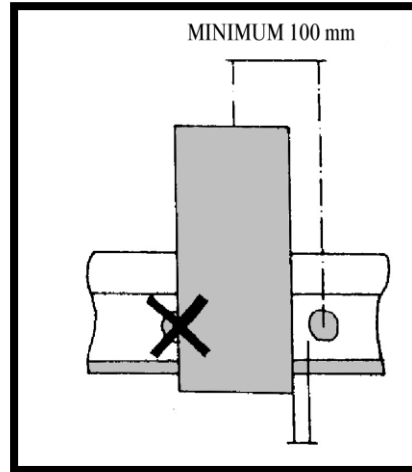
DB'de yorulma gerilimi en az 226 N/mm^2 olmalıdır. Bu -6 N/mm^2 'lik minimum uygulanan bir gerilim ile eğme içindir. Alumino-termit olarak üretilen çeliğin sertliği rayınkine uymak zorundadır.

Rayların Brinell sertliği ısıdan etkilenmemiş bölgede 275 HB iken, kaynak metalinde 285 HB'ye yükselmekte ve ince taneli bölgede dar olarak oluşmuş sertlik aralığında ise düşmektedir. 650°C - 750°C 'lik yumuşak tavlama sıcaklığı kaynaktan takribi 55 mm'de çelik tane yapısını inceltir. En dar noktasında kaynak aralığı 22 mm ve kaynak metali takribi 30 mm genişliktedir[32,62].

Alüminotermit Kaynağın Yolda Uygulaması:

Yolda alüminotermit kaynak uygulamasına çıkmadan önce aşağıda belirtilen hususlara dikkat etmek gerekmektedir[63].

1) Şekil3.36'da termit kaynağında kalıbın konumu gösterilmiştir.



Şekil 3.36 Termit Kaynağında Kalıbın Konumu [63]

Kaynak yapılacak contanın bulunduğu traversler arasındaki mesafenin 620 mm'den fazla olmaması gereklidir.

Cebire delikli raylarda, deliklerin zarar görmüş ve çatlaklı olmaması gerekmektedir. ve kaynakla delik arasındaki mesafenin 100 mm'den daha az olmasına izin verilmemelidir.

2)Rayın düzgünlüğü, kaynaklanacak ray boyunca balast profilinin uygunluğu, ray bağlantılarının uygun durumda olması ve travers aralarının ekerinde olması sağlanmalıdır.

3)Kaynağa başlamadan önce ray kalitesi iyi bilinmelidir.Çünkü kaynakta kullanılacak şarjın kalitesi ray kalitesi ile direkt bağlıdır.

4)Rayların hatalı ve ondulasyonlu olduğu durumlarda kaynak yapılmamalıdır.

5)Termitin kuru olması gerek güvenlik gerekse kaynak kalitesi bakımından şart olduğundan , yağmurlu ve kar yağışlı havalarda kaynak yapılmamalıdır.

6)Hava sıcaklığı 0°C'nin üzerinde olmalıdır. Zorunlu haller de sıcaklığın 0 °C'nin altında olması durumlarında ray başlarının 5 cm.lik kısmı 50°C-120°C ısıtıldıktan sonra kaynak işlemine başlanmalı. Isıtma işlemi şalomanın ray üzerinde gövdede gezdirilmesi ile yapılabilir

7)1100 kalitesindeki rayın kaynağında ray sıcaklığı +10°C'nin altında olmamalıdır. Zorunlu hallerde ray 50 °C'ye kadar ısıtıldıktan sonra kaynak yapılmalıdır. Ve soğuma sona erinceye kadar kaynak bölgesi yağmur, dolu ve kar düşmeyecek şekilde korumaya alınmalıdır

Kaynak malzemeleri aşağıdaki parçalardan oluşan bir settir. TCDD her yıl yaklaşık 20000 set kaynak seti almaktadır. Yaklaşık birim fiyatı 450 -500 \$ olup Fransa Hindistan ,Amerika gibi ülkelerden ithal edilmektedir. [64]

- Alüminotermit porsiyonu
- Birleştirme Macunu
- Kalıp
- Pota
- Tutuşturucular (Maytap)

- Baga (otomatik бага)

Termit miktarı ve bileşimi kullanılan rayın profiline ve çekme mukavemetine göre belirlenir. Eğer ısıtılma işlemi ile sertleştirilmiş bir ray, sertleştirilmemiş bir ray ile kaynaklanıyorsa, termit malzemesi sertleştirilmemiş raya göre seçilmelidir. 1100 kalitesinde bir ray, 900A kalitesinde bir rayla kaynaklanıyorsa termit 900A kalitesindeki raya göre seçilir. Potalar ilk kullanımdan önce şiddetli olmayan bir ateşle dış yüzeyi 100 °C oluncaya kadar (yaklaşık 25 dakika) ısıtılmalı veya bir adet boş döküm yapılmalıdır. Buradaki amaç potadaki nemi kaynak banyosuna zarar vermesini engellemek için nemi uzaklaştırmaktır[63].

Ray üzerinde yapılan ön hazırlıkları ise şu şekilde sıralanmaktadır. Öncelikle ray başları cebire ile bağlı ise cebire sökülür. Daha sonra ray uçları tel fırça veya zımpara taşı ile temizlenir, yağ, pas ve tüm pisliklerden arındırılmaktadır. Kaynatılacak ray başları ezik olmamalıdır. Kaynatılacak ray ucu bozukluk varsa bozuk kısım kesilmeli hata büyükse ray değişimine gidilmelidir. İki ray arasındaki kaynak açıklığının ise maksimum 23-27 mm aralığında olmasına dikkat edilmelidir. Şekil 3.35’de ray açıklığının ayarlanması gösterilmiştir[63].



Şekil 3.37 Termit Kaynağında Ray Açıklığının Ayarlanması [65]

Kaynağın ömrü ve boyutsal kalitesi bakımından ray contası ayarlarında aşağıdaki dört hususa çok dikkat edilmelidir.

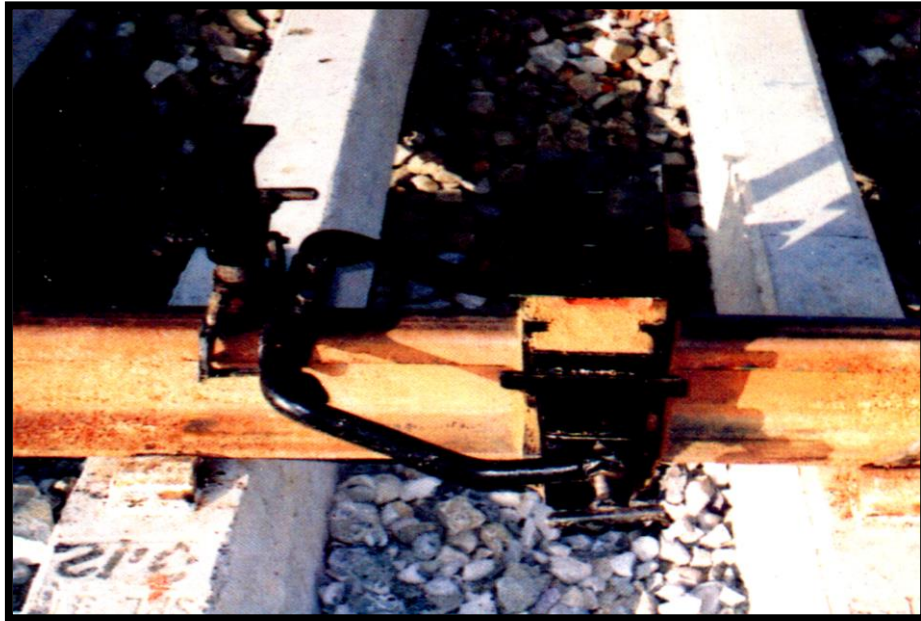
- Yatay düzlük,

- Düşey düzlük,
- Dönme,
- Kaynatılacak açıklık

Kaynak açıklığı tüm kaynak işlemi boyunca sabit kalmalı, rayın itilmesi veya çekilmesi gibi bir işleme maruz kalmamalıdır. Ön ısıtma sırasında doğabilecek herhangi bir boylamasına hareketin tespit edilebilmesi amacıyla her iki rayın tabanına ve conta traverslerine işaret konulmalıdır. Ön ısıtma sırasında kullanılan yöntemle göre izin verilen limitler dışında bir aralık oluşursa çalışma durdurulmalı ve düzeltmeler yeniden yapılmalıdır. Kalıplar kaynaklanacak contaya merkezlenerek bağlanmalıdır.

Kalıp bağlama esnasında kalıbın içerisine kesinlikle kalıptan kopan parçaların dolmaması gereklidir. Çünkü bu parçacıklar kaynak kalitesini bozmaktadır. Ayrıca kalıp cebire deliğine yakın olmamalıdır. Kaynatılacak ray ile cebire deliği arasındaki en az 100 mm olmalıdır. Çünkü bu delikler kaynağın mukavemetini olumsuz yönde etkilemektedir.

Kalıpların doğru olarak bağlanmasından sonra macun ile birleşme yerleri dikkatlice kapatılmaktadır. Şekil 3.38'de termit kaynağında kalıpların bağlanması gösterilmiştir.



Şekil 3.38 Termit Kaynağında Kalıbın Bağlanması [65]

Daha sonra şaloma ile ön ısıtma yapılmaktadır. Ön ısıtma yapılırken en önemli husus yakıtı karışan yabancı maddelerdir. Bu yüzden yakıt deposu ve filtrelemeye dikkat etmek gerekmektedir. Ön ısıtma zamanı kaynaklanan ray kesitine ve uygulanan yöntemine göre belirlenir. Şekil 3.39'da termit kaynağında ön ısıtma gösterilmiştir.



Şekil 3.39 Termit Kaynağında Ön Isıtma [65]

Pota kaynak şarjı metaline bağlı olarak uyumlu pH değerine sahip malzemeden üretilmektedir. Minimum 2500 °C'ye dayanıklı olmakta ve en az 30 döküm yapılabilir.

Potanın bazen kaynak ustaları tarafından kumla onarıldığı görülmekte ancak kumla onarılması nedeniyle kaynak metali içerisine fazla miktarda silis girmekte bu da kaynak bölgesinin gevrek olmasına sebep olmaktadır.

Otomatik baganın üzerine, reaksiyon bitimine kadar baganın açılmamasını sağlamak için magnezyum oksit dökülür. Kaynak şarjı (termit) potaya dökülür. Pota içindeki termit malzemesinin tepeleştirilmiş en üst noktasından maytap ile tutuşturma ile ekzotermik reaksiyon başlatılır. Reaksiyonun başlamasından yaklaşık 25-30 saniye sonra otomatik бага reaksiyon bitiminde kendiliğinden açılır.

Şekil 3.40'da termit kaynağı ve ekzotermik reaksiyonla , baganın açılması gösterilmiştir.



Şekil 3,40 Termit Kaynağı ve Ekzotermik Reaksiyon , Baganın Açılması [65]

Kalıplar, yeterli süre (4-5 dakika) beklendikten sonra bir keski yardımı ile üzerinde kalan kısmının her iki tarafından iz yapılması suretiyle kırılır. Hemen arkasından ray sıyırma makinası ile kaynak fazlalığı alınır. Şekil 3.41 termit kaynağında ray sıyırma makinası gösterilmiştir.



Şekil 3.41 Termit Kaynağında Ray sıyırma Makinası [65]

Sıyırma işlemi kalıbın sökülmesinden hemen sonra olmalıdır. Sıyırma işlemi hidrolik sıyırma aletiyle gerçekleştirilir. Şekil 3.42’de termit kaynağında ray sıyırma işlemi gösterilmiştir.



Şekil 3.42 Termit Kaynağında Ray Sıyırma İşlemi [65]

Kaynakların çıkıntısı yolluklar soğuduktan sonra koparılmalıdır. (Şekil 26) Kaynaklanan raylar 1100 kalitesinde ise sıyırma işleminden hemen sonra kaynak bölgesi (cam yünü ile kapatılarak) ray sıcaklığı 500 0C'ye düşüncüye kadar yaklaşık 30 dakika soğumaya bırakılmalıdır.. Şekil 3.43de alüminotermit ile kaynaklanmış ray gösterilmiştir.



Şekil 3.43 Alüminotermit ile Kaynaklanmış Ray [65]

Alumino-Termit Kaynağı Kalite Kontrolü:

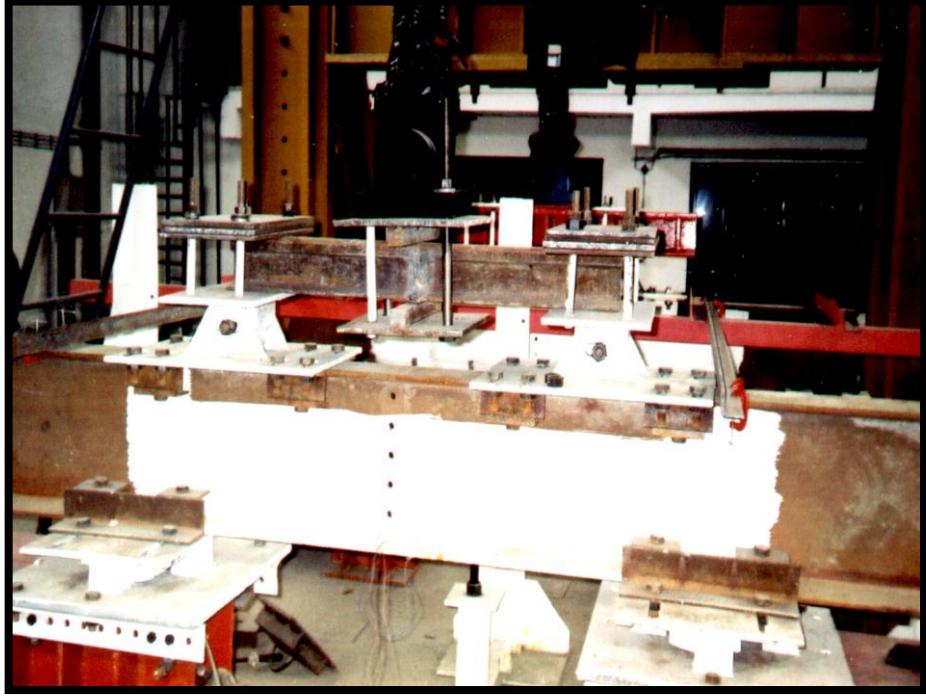
Alümino-termit kaynağında kaynağın yapılması kadar kalite kontrolünde çok büyük önemi vardır. Gerek kaynağın, gerekse kaynak şarjının kalitesini ölçmede yorulma , statik eğilme, sertlik ,ve mikro yapının kontrolü çok önem arz etmektedir. Bu testlerin yapılmasında en önemli unsur testlerin numune bazında birbirinden bağımsız olması gerek kaynak, gerekse kaynaklama sonrası işlemlerin standartlara uygun olarak yapılmasıdır. Sözelimi mükemmel bir kaynaklama sonrasında sıyırma ve taşlama işleminde kaynak bölgesindeki ufacık bir çentik söz konusu mekanik testleri çok büyük oranda etkileyebilmektedir. Alümino-termitle kaynaklanmış rayların kalite kontrolünde aşağıdaki mekanik ve fiziksel testler uygulanmaktadır.

Yorulma Testi:

Uygulamada kullanılan birçok makina parçası ve yapı elemanı tekrarlı yüklere ve titreşimlere maruz kalmaktadır. Bu koşullar altında çalışan metalik malzemeden yapılmış parçalarda, gerilmeler malzemenin statik mukavemetinden küçük olsa dahi belirli bir çevrim sayısından sonra yüzeyde bir çatlama ve bunu takip eden kopma olayı meydana gelir. Meydana gelen bu olay "Yorulma" olarak adlandırılır.

Malzemenin kullanım yerinde yorulmaya etki eden faktörlerin fazla olması ve uygulamada statik yüklemeye nadir rastlanması sebebi ile günümüzde meydana gelen hasarların önemli bir kısmı yorulmadan ileri gelmektedir. Özellikle raylar kaynak bölgelerinde trenlerin çevrimsel dingil yüklerine maruz kaldıklarından kaynakların yorulma dayanımı kullanım ömrü ve maliyetler açısından çok büyük önem arz etmektedir[66].

Testler 1.30 cm. uzunluğunda. 1.00 m. açıklığında basit mesnetlenmiş ve tam ortasında alümino-termit kaynak bulunan bir ray (S 49)üzerinde yapılmaktadır. 20 ton ile 0,5 ton arasında değişen yük 5,55 Hz'lik frekansla 2.000.000 çevrim uygulandıktan sonra kaynakta herhangi bir çatlama ve kırılmanın gözlenmemesini gerektirmektedir. Söz konusu testlerin TCDD ve İ.T.Ü'nün birlikte kullandığı Haydarpaşa Statik Yorulma Laboratuvarında uygulaması yapılabilmektedir[127,129]. Şekil 3.44'te Haydarpaşa Statik Yorulma Laboratuvarı'nda kaynaklanmış rayın yorulma deney düzeneği gösterilmiştir.



Şekil 3.44 Haydarpaşa Statik Yorulma Laboratuarında Kaynaklanmış Rayın Yorulma Deney Düzenegi [67]

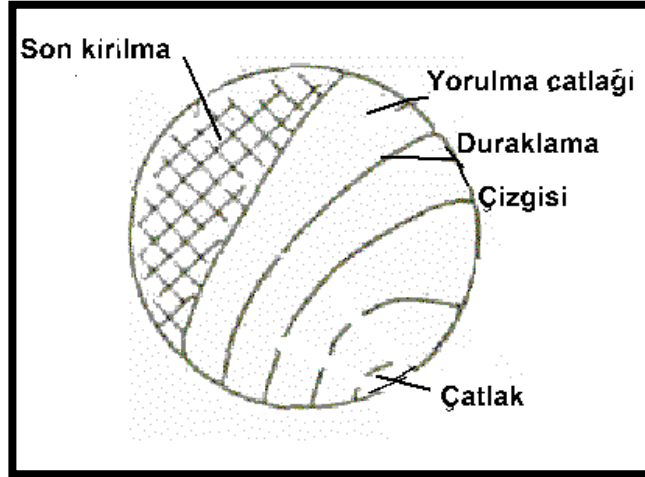
Bir yorulma testi sonunda oluşan yorulma kırığının karakteristik özellikleri Şekil 3.45'te şematik olarak gösterilmektedir.

Yorulma kırığı yüzeyi; pürüzsüz olan yorulma çatlığının ilerlediği bölge ile pürüzlü ve yarıklı son kırılma bölümlerinden oluşur.

Pürüzsüz olan yorulma çatlığının olduğu bölgede kumsal çizgileri şeklindeki duraklama çizgileri mevcut olabilir.

Duraklama çizgileri yükün değişimi, makinanın hızının değişimi gibi durumlarda çatlak ilerleme hızlarının değişmesi, dolayısıyla çatlak uçlarındaki oksidasyonunun farklı şiddette olmasından ileri gelir. Bu duraklama çizgileri, yorulma çatlığının ilerlemesi sırasındaki çeşitli safhalarda, çatlak cephesinin aldığı şekiller hakkında bilgi verir.

Çatlak cephesinin şekli, yüklemenin şeklini belirttiğinden, hasar analizinde önemli bir yeri vardır. Bu yüzden duraklama çizgileri çevrim çizgileri ile karıştırılmamalıdır.



Şekil 3.45 Yorulma Kırığının Karakteristik Özellikleri [66]

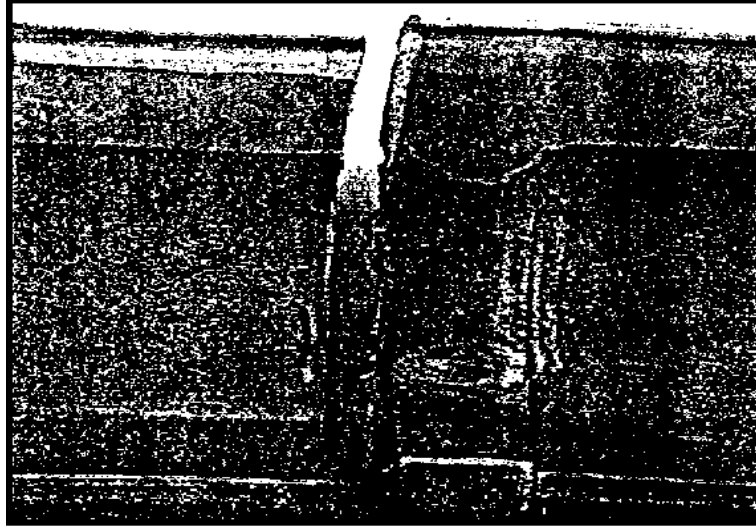
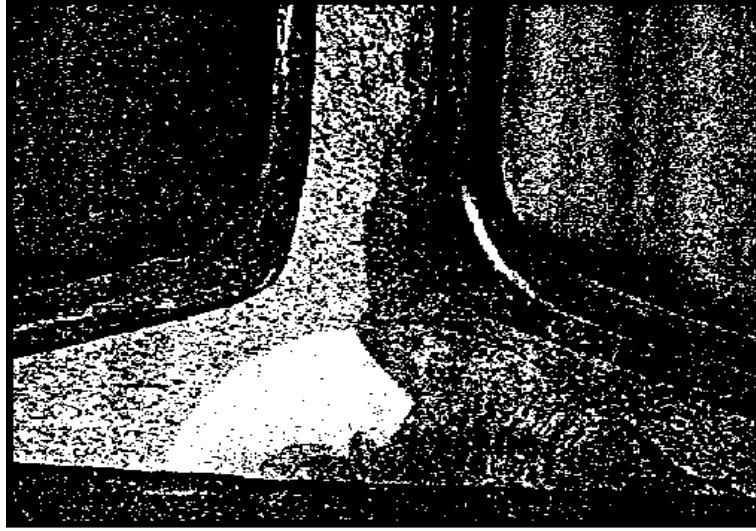
Hasar yüzeyleri incelenerek yorulma çatlağı yüzeyinin son kırılma yüzeyine göre konumu ve her iki yüzeyin büyüklüğü yardımı ile kırılma nedeni hakkında şu ipuçları elde edilir:

- Gerilmenin Türü
- Gerilmenin Yaklaşık Seviyesi
- Malzemenin Çentik Duyarlılığı

Çoğu malzemelerdeki yorulma kırılmalarında ise kırılmanın yorulma tarafından gerçekleştiğini gösteren yüzey özelliği bulunmuştur. Kırık yüzeyinde görülen bu izler, birçok isimle anılır. Burada, bu izler için, 'kumsal izleri' terimi kullanılmaktadır.

Eğer yük düşük ise malzemenin kırılması için, yani çatlağın ilerleyerek aşırı yüklenmenin olduğu sonuç kırılmasına ulaşmasında, çevrim sayısı yüksektir. Yani kumsal izlerinin olduğu alan geniştir. Eğer yük fazla ise sonuç kırılması meydana gelmeden önce yorulma çatlağı fazla ilerleyemez.

Raylarda uygulanan yorulma deneyi sonunda da kırılan rayda yorulma kırılmasının karakteristik şekilleri olan bir merkezden başlayan ve kumsal çizgilerini andıran şekillere rastlanmaktadır. Şekil (3.46 a-b)'de yorulma testi sonunda kırılan ray kesiti gösterilmiştir.



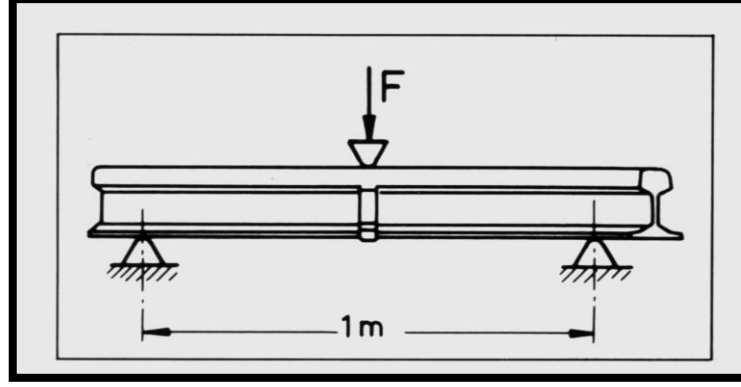
Şekil 3.46 a-b Yorulma Testi Sonunda Kırılan Ray Kesiti [71]

Statik Eğilme Testi:

Eğme deneylerinin Türk Standartlarındaki tanımlamalarına bakılacak olunursa (TS 205) , eğme iki desteğe serbest olarak oturtulan genellikle daire ve dikdörtgen kesitli düz bir deney parçasının yön değiştirmeksizin ortasına bir eğme kuvveti uygulandığında oluşan biçim değişmesidir[69].

Ray kaynağında ise çok önemli mekanik ölçüt olan bu test şu şekilde yapılmaktadır. Öncelikle kaynaklanmış rayın ortasına tekil bir kuvvet uygulamak suretiyle numune eğilme gerilmelerine maruz bırakılır. Rayın çatlamadan yapabildiği maksimum sehim ölçülür. Uygulanan kuvvet ray kırılana kadar arttırılır ve kırılma yükü tespit edilir.Rayın çatlamadan

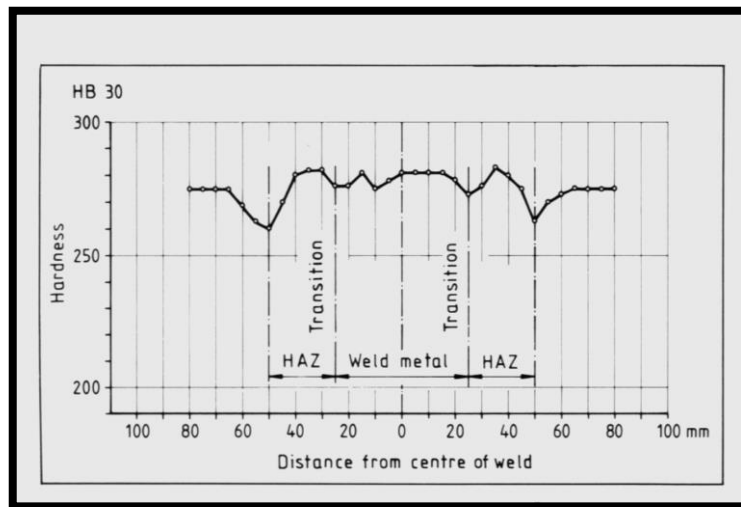
vereceği sehim miktarı en az 15 mm ve kırılma yükü minimum 82 ton olmalıdır[68] . Şekil 3.47’de statik eğilme testi şematik gösterimi verilmiştir.



Şekil 3.47 Statik Eğilme Testi Şematik Gösterimi [60]

Sertlik Testi:

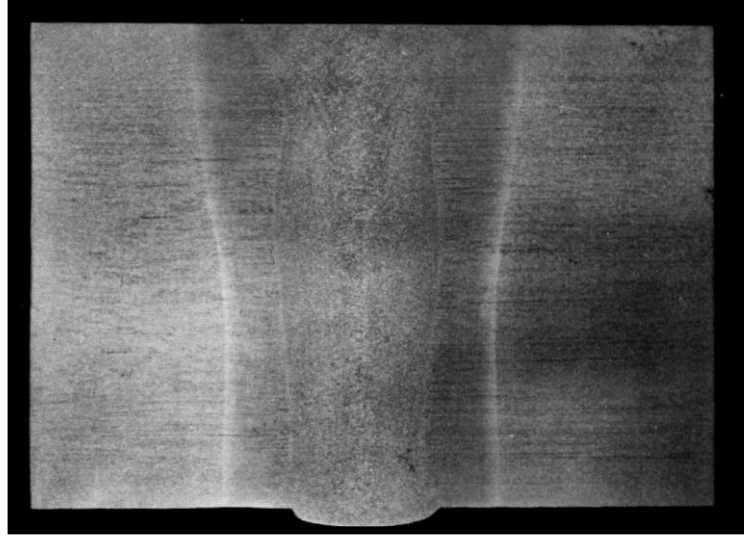
Kaynağın sertliğini belirlemek için; kaynağın yuvarlanma yüzeyinin üzerinde birbirinden 10 mm. uzakta 3 değişik noktada standart Brinel sertlik testi yapılır. Bu testlerde elde edilen Brinel sertlik değerlerinin aritmetik ortalaması söz konusu kaynağın Brinel sertliği olarak kabul edilir. Kaynağın Brinel sertlik değeri 278-327 Brinel arasında olmalıdır.Kaynak bölgesinin sertliği rayın sertliğinden 17-23 brinel fazla olabilmektedir. Şekil 3.48’de alümino-termit ray kaynağında kaynak bölgesi sertlik değerleri gösterilmiştir. [60].



Şekil 3.48 Alüminotermite Kaynağında Kaynak Bölgesi Sertlik Değerleri [60]

Metalografik inceleme:

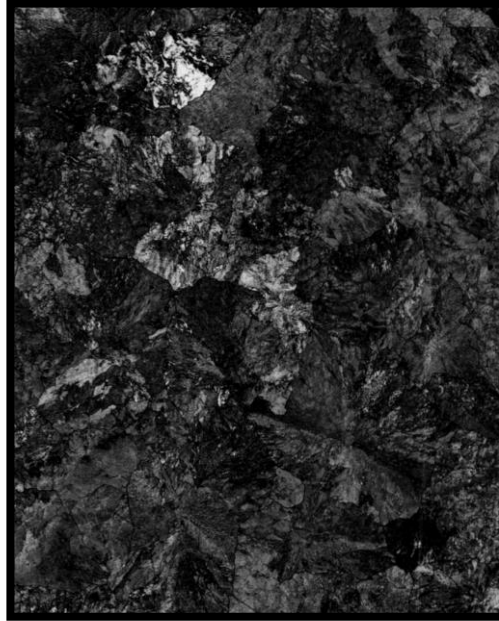
a) Makro yapı: Bu kontrolün amacı döküm yapılan bölgenin ince ve düz damarlı yapı gösterip göstermediğidir. Şekil 3.49'da alümino-termit kaynaklı rayın makro yapısı gösterilmiştir.



Şekil 3.49 Alümino-termit Kaynaklı Rayın Makro Yapısı [60]

b) Mikroyapı:

Kaynak çeliği ile ray çeliği yapısı aynı görünüşte eşit büyüklükteki tanelerden oluşmalı, yapı ray çeliği gibi perlitik olmalıdır. Şekil 3.50'de alümino-termit kaynaklı rayın mikro yapısı gösterilmiştir.



Şekil 3.50 Alüminotermik Kaynaklı Rayın Mikro Yapısı [70]

3.7 Rayların Kaynaklanmasından Sonraki İşlemler

3.7.1 Soğutma Değerleri

Perlitik ray yapısı, kaynağın ısıdan etkilenmiş bölgesinde bozulmamış olarak kalmalıdır. Kaynak yapılırken bu bölge perlitin, ostenite dönüşüm sıcaklığı olan 720°C 'nin üzerinde ısıtılır. Soğumaya bırakıldığında ostenit, perlit haline yeniden dönüşmelidir. Raylar termit metoduyla kaynatıldığı zaman ostenit tamamıyla perlite dönüşür.

Perlite tam dönüşümü sağlamak üzere 800°C'den 500°C'ye düşmesi için gerekli minimum soğuma zamanı 900A kalitesi için 50 saniye ve 900B kalitesi için 130 saniyedir. Krom ve manganez ile alaşımlı özel dereceler perlite tam dönüşüm için 210 saniye gerektirir. Termit kaynağından sonra gerçek soğutma değeri en az arzulanan durumda bile asla kritik durumun görülmeyeceği kadar yavaştır. Kaynaktan sonra eğer raylar minimum soğutma zamanından daha az zamanda soğursa lokal olarak martenzit oluşabilir. Bu yapı sert ve kırılgandır, ray kusurlarına sebep olabilir.

Akma gerilmesi ve elastiklik modülü yakma alın kaynağı için 900B kalitesinde NS tarafından sıcaklığın bir fonksiyonu olarak belirlenmiştir. 500°C'de akma gerilmesi hemen hemen sıfır dereceye düşmüştür. 200N/mm² lik bir değer takribi 400°C' lik bir sıcaklıkta bulunur. Takribi 200°C da son akma gerilmesi kazanılır[32].

3.7.2 Kaynak Geometrisinin Gelişimi

NS'deki kaynak geometrisine bağlı problemler analiz edilmiş ve kaynak geometrisinin gelişimine tamamlayıcı bir yaklaşım amaçlanmıştır. En önemli ilerleme kaynaktan sonra yolları düzeltmek için STRAIT/GWM gelişimi olmuştur. Termit kaynağından sonra direk olarak geometrik kalitesini yükseltmek için genellikle bir kaynak çenesi geliştirilmiştir. Bu aşırı-hafif termit kaynak plakaları (ULTP) takribi 12 kg ağırlığa ve bağımsız olarak ayarlanabilecek şekilde serbestliğin farklı derecelerine sahipti.

Kaynak ekibi için dikey geometri bilgi uzunluğunu sürekli izlemek üzere elektronik cetvel (ESE) kullanılır ve ayarlama sırasında ray üzerinde sabit kalır, bu şekilde kaynaktan sonra büzülmeye bağlı deformasyonu dengelemek için gerekli 1 ila 1,5 mm'lik yükseltme ihtiyacı kolaylıkla ve doğru olarak gerçekleştirilebilir.

Kesin olarak ULTP/ESE 3 mm'den 0,6 mm'ye kadar geometrik saçılma bantlarını azaltır ve talaş kademelerini hemen hemen yok eder. Bu yaklaşımla termit kaynakları bir yükseltme ile yapılabilir böylece taşlamadan önce ilave düzeltme artık gerekmez. Kaynaktan sonra hemen kaynak geometrisini düzeltmek mümkün değilse, kusurlu kaynaklara yakın beton travers sayısı azalacaktır. ESE aynı zamanda mobil alın kaynağı makinaları için ray uçları hizalandığı zaman başarılı olarak kullanılır[47].

3.7.3 Kaynak Geometrisi Standartları

Yeni yakma alın kaynağı ve termit kaynaklarının geometrik kalitesi için NS tarafından şimdi uygulanan kabul spesifikasyonları:

Dikey Doğrultuda:

STRAIT ile işlem görmüş kaynaklar

- 1,2 m temeldeki fleş 0 ve 0,2 mm arasında
- Kaynak fazlalığı 0,1 mm'den daha az

İşlem görmemiş kaynaklarda

- 1,2 m temeldeki fleş -0,3 ve 0,3 mm
- Kaynak fazlalığı 0,2 mm'den daha az

Yatay Doğrultuda:

- 1,2 m temelde fleş -0,5 ve 0,5 mm arasında
- Kaynak fazlalığı 0,3 mm'den daha az[32].

3.7.4 Kaynak Geometrisini Düzeltme STRAIT Prensibi

Rayların kaynağı sırasında ısı etkili bölgede görülen yapısal değişiklikler, malzeme karakteristiklerinde ve kuvvet, yer değiştirme arasındaki oranda nispeten geniş bir yayılmaya sebep olur. Ne var ki bu oran çoğu zaman lineer değildir. Bu yüzden profilden ve malzeme karakteristiklerinden

tamamen bağımsız ve mükerrer düzeltme prensibine dayanan bir metot geliştirilmiştir. Bu metot STRAIT (Straightening of Rail Welds by Automated Herakion Techniques : Otomatik tekraralama teknikleri ile ray kaynaklarının düzeltilmesi) olarak belirtilir.

Eğme operasyonu 1,20 m uzunluğundaki bir ölçme şasesi ile bağlı 0,2 m aralıklı bulunan iki yer değiştirme (kayma) çeviricinin esasına göre kontrol edilir. İki çevirici değeri arasındaki farklılık taşlama prosesi için gerekli kademeyi bildirir.

Başlangıçtaki en yüksek yer değiştirme değeri olan çevirici, iterasyon prosesinin gerçek kontrolü için kullanılır. İlk iterasyon (tekrar) esnasında kaynak hemen hemen akma noktasına yüklenir. 700 N/mm² derece için başlangıç yer değiştirmesine veya başlama değerine uyar. Fakat daha yüksek kırılma gerilmeleri için 5,5 mm'lik başlama değeri kullanılabilir. Başlama değerine ulaşıldığında yük sıfıra indirgenir. Yüksüz halde STRAIT iç toleransın üst limitine göre (0,5 mm) yer değiştirmede fark ölçer. Bu düzeltme operasyonundan sonra görülebilen maksimum yüksekliktir. Yer değiştirmedeki bu farklılık başlama değerine ilave edilir ve ikinci iterasyon için yeni başlama değeri olarak değerlendirilebilir. Gelecek yük tekrar artırılır, ta ki bu değiştirme kazanılana kadar. Bu akma ile vuku bulur. Yük çıkarıldıktan sonra eski başlama değeri üst limite orantılı olarak yer değiştirmedeki farklılığa göre tekrar artırılır ve üçüncü tekrar (iterasyon) vuku bulur. Bu prosedür yüksüz durumdaki kaynak yer değiştirmesi tolerans dahilinde alt limiti (mobil STRAIT sistem için bu değer 0,2 mm) aşındaya kadar tekrarlanır. Kural olarak proses hedef değere kadar 3 ila 4 tekrar halinde gerçekleşir[32].

3.7.5 Mobil Kaynak Düzeltilmesi

Düzeltmeye başlamadan önce ölçme sistemi kalibre edilmelidir. Bu amaç için dijital ekranlı elektronik gösterge kullanılır. Dayanıklılığı sağlamak için eğmeden sonra direk olarak kaynak etrafındaki traverslerin (8 traversin) sıkıştırılması gerekir. Eğmeden sonra kaynağın birkaç milimetrelilik yükselmesiyle ortaya çıkan fazla malzeme ve özellikle kademeler taşlama ile çıkarılmalıdır. Kaynak geometrisini düzeltmek için makina, kaynağın taşlanması sırasında 1,5 m'lik menzilde ileri geri hareket eder. Aşırı bir durum istisna olarak taşlama periyodu için 2 dakika yeterlidir.

Yoldaki kaynakların düzeltilmesi; düzeltme, travers sıkıştırma ve taşlamayı içeren birleşik bir proses olarak görülmelidir. Üç aşama halinde tüm yolun koruyucu taşlaması ile birlikte olan bu tip kaynak düzeltilmesi NS'in takip ettiği revizyonda standart bir uygulamadır. Dayandığı prensip; ray ve kaynak geometrisindeki tüm geometrik kusurların giderilerek dinamik yükün azalması olarak özetlenir. Bu sadece olukların oluşmasını yavaşlatmaz, aynı zamanda yol geometrisi ve yol komponentlerinin kalitesinin bozulmasını da yavaşlatır.

Kaynak düzeltilmesinin verimliliğini değerlendirmede kritik faktör verilen tonaj için sonucun sağlamlığıdır. NS binlerce kaynak düzeltmiştir ve bu kaynaklarda hiç plastik deformasyon görülmemiştir. Ultrasonik testler belirlemiştir ki eğme prosesi herhangi bir metalurjik hasarı yükseltmemiştir. [32]

3.7.6 Kusurlu Kaynaklara Bağlı Kuvvetler

Kaynak geometrisindeki küçük dikey sapmalar bile tekerleğin geçişi ile büyük dinamik yüklere sebep olabilir. Hizasızlık gibi kademeler özellikle bu bakımdan sorunludur. Fakat 1,2 m'lik tabanda (bazda) normal olarak fleş olarak ifade edilen kıvrımlar böyledir. Bu dinamik yükleri sınırlamak üzere kaynaklı geometrik sapmaları milimetrenin ondalık mertebelerinde sınırlandırılmalıdır.

Kusurlu bir kaynaktan geçme sırasında, kötü kaynaklara bağlı yüksek frekanslı dinamik yükler, oyuklar ve tekerlek yassılaşımları yol için çok zararlıdır. Özellikle beton traversler bu yüklere karşı çok hassastır. [32]

3.8 Ray Kaynağının Kalite Kontrolü

Ray kaynağında maksimum avantajları ve en büyük emniyeti sağlamak için birkaç durumda kalite kontrol çok gereklidir. Kalite kontrol uygulaması için üç ayrı bölge tanımlanabilir.

- Kaynak proses ve prosedürleri
- Kullanılan teçhizat ve sarf malzemeler
- Kaynak fonksiyonunu gerçekleştiren personel

İcra edilecek iş ve ortama uygulanabilecek bir prosedürü icra etmek, uygun kaynak prosesi seçmeyi gerektirir. Uygulaması ne pratik ne de arzu edilebilir

olmayan durumlar için uygulanmak zorunda kalınan muhtemelen yüksek teknoloji gerektiren karışık prosedürlerin tasarlanmasından küçük avantajlar doğar. Gerekli standardı sağlayan en basit etkili metot normal olarak en tatminkar çözümdür. Uygun talimatların, önemle uygulandığı proses ve prosedürler hazırlanır ve bunlar işin kabul edilebilir standartlarını sağlamak için tüm özellikleri vücuda getirir.

Kaynak teçhizatının fonksiyonu ve kalitesi çoğunlukla imalatçı ile ilgilidir. Fakat ray kaynaklı bağlantılarda kullanımı, kullanıcı tarafından belirlenmelidir. Özellikle hususi ve bazı zamanlar tek zorlamalar olabilir ve bunlar çoğu zaman tüm olarak tedarikçi veya imalatçının tecrübesi dışında olacaktır.

Taşınabilirlik, kullanımdaki ekonomiklik, sağlamlık ve özellikle güvenilirlik değerlendirilmesi gereken faktörlerdir. Operasyonda, performansı izlemek mümkün olmalıdır. Birkaç kullanıcı organizasyonu kendi operasyonları için kaynak sarf malzemesini imal eder ve böylece bağımsız bir imalatçıya bağımlı değildir. Bazı sarf malzemelerin kullanımından arzu edilen sonuç bilinir ve kazanılacak uygun karakteristikler imalatçıya sağlanmalıdır. Unutulmamalıdır ki teçhizat ve sarf malzemeler hatalı olma ve bozulmaya maruzdur ve sonuç olarak alt standartlarda üretime sebep olur. Doğru depolama, bakım ve operasyon hepsi doğru standartların elde edilmesinde rol oynar. Şanssızlıktır ki bazı organizasyonlarda bu fonksiyonlardan bir kısmı personele bağlıdır. Bu durum da personelin dikkat ve özeni aşikar şekilde önem kazanır.

Kaynak personeline uygun eğitim verme, kontrol etme ve gözleme ihtiyacı belki gereksizdir. Bu bölgelerdeki hatlar lokal personel ve kaynakların kalitesi ve uygunluğuna bağlı durumda olacaktır. Başvurulabilecek teçhizat ve prosesler tatbikatta operatöre güven vermesi açısından uygun olmalıdır. Bunun sonucunda kendi kendini düzeltme ve kontrol etme metotları hedefleme avantajını sağlar.

Bu metotlar uygulamalarında operatörün subjektif yargılarını engeller fakat bu ilk maliyetlerin biraz daha pahalı olmasına sebep olabilir. Kazanılan avantajlar dikkate değerdir ve pek çok durumda geçerlidir.

Uygun teçhizat, uygun talimatlar ve eğitim, kaynak kalitesinde etkili faktörlerdir. Kalitenin sadece bazı özel sahalarda sınırlı olmadığı aynı

zamanda operasyondaki tüm adımlarda gerekli özelliklerin sağlanması gerektiği bilinmelidir[41,2].

4. DEMİRYOLU TAŞIT VE RAYLARINDA KARŞILAŞILAN HASAR TÜRLERİ

Daha önceki bölümlerde gerek demiryolu taşıtlarında, gerekse taşıtların üzerinde hareket ettiği raylarda uygulanan kaynak proseslerinden bahsedilmiştir. İmalatı takiben işletmeye alınan bu çok amaçlı konstrüksiyonların bir çok fonksiyonu birden yerine getirirken dinamik, statik yüklere ve korozyona karşı zamanla hasarlanırlar. Bu bölümde Demiryolu taşıt ve raylarında karşılaşılan hasar türlerine değinilecektir. Bu hasarların giderilmesinde en etkili ve en ekonomik yöntemin hasara uğrayan elemanın değiştirilmesi yerine kaynak ile tamir yapmak olduğu aşıkardır. Bu tip hasarlarda, bu metodun kullanılmasında, konstrüksiyonların gene eskisi gibi fonksiyonlarını aynı verimle görebilmeleri için, bir takım ön araştırmaların yapılması ve bunlara göre kaynak ekipmanlarının sağlanıp en uygun kaynak metodunun seçilmesi gereklidir. Konstrüksiyonun hasara uğrayan elemanının kaynak ile tamirine başlanılmadan önce tamirati gerektiren hasar türünün belirlenmesi, bu elemanın konstrüksiyon içindeki konumunun, malzemesinin içyapı ve makroskopik analizinin, ısıt işlem görüp görmediğinin, elemandan beklenen statik, dinamik yüklere ve korozyona karşı dayanım özelliklerinin bilinmesi gereklidir. Bunların değerlendirilmesinden sonra, kaynak ilave malzemeleri, kaynak ağzının şekli, kaynak dikişinin uzunluğu, kaynak şartları, kaynaktan önce ve sonra uygulanabilecek ısıt işlemler gibi çeşitli kaynak parametrelerinin ışığı altında uygun ve etkili olabilecek tamirat kaynağı metodu seçilmelidir. Tamirat kaynağı; konstrüksiyonların çalışması sırasında elemanlarda oluşan çatlaklar, kırıklar veya korozyon hasarlarını gidermek üzere birleştirilen veya lokal olarak aşınan kısımların doldurulmasında kullanılan yöntemdir.

Az veya çok, küçük veya büyük hasarların meydana gelmesi, tren işletmeciliğinde verim düşüklüğünden başlayıp devreden çıkmayla sonuçlanabilecek olayları yaratabilir. Bu nedenle hasar sebebiyle ortaya çıkan işletme dışı zamanın mümkün olduğunca kısa tutulması ve tamirattan sonra da hasardan önceki performansını mekanizmaya kazandırıp kullanım

süresinin uzatılması, işletmeye önemli ölçüde ekonomi sağlanması demektir[7].

4.1 Hasar Türleri ile İlgili Bilgiler

Malzemelerin kullanım imkanları parçaların şekil değişimi veya kırılma riskleri sebebiyle sınırlanmıştır. Verilen bir malzeme için bu malzemenin hem üretimi aşamasında kırılmaya eğilimi olduğu şartları ve hem de kırılmanın fiziksel sebeplerini anlamak önemlidir. Hasarın incelenmesi metalurjistlerce ortaya konan en önemli problemlerden birisidir ve bu araştırma laboratuvarlarında neden mekanik deneylerin çok büyük bir yer tuttuğunu açıklar. Buna rağmen deney makinalarınca verilen neticeler bir çatlağın nasıl doğduğunu ve yapısı bilinen bir metal içinde nasıl ilerlediğini belirlemek için yeterli değildir zira bu sonuçlar aynı zamanda kırılma denemelerinin neticeleriyle de karşılaştırılmaktadır. Göz ve büyüteç, uzun süre fiziksel nedenlerle, yüzeysel ve fazla derin olmamak şartıyla, kırılmaların incelenmesinde temel araçlar oldular. Kırık yüzeyinin İncelemesi yani makroskobik inceleme; metal ve alaşımlarının birleştirilmeleri, homojenliği, kırık pozisyonu, geometrisi, parlaklığı, renklenmesi, kırılma tipleri, kırılmaların oluşum şartları ile ilgili enteresan sonuçlar vermektedir. Bu konuda uzman olan bir kişi, çalışma sırasında kırılınışı metalik bir parçanın kırığından, oluşan hasarı; mekanik, ısı ve kimyasal ortamına göre değerlendirir ve hasara zorlayan şiddeti, kalıntı gerilme dağılımını. mikrografik incelemeler ve kırığın civarından çıkartılmış metalin üzerinde mekanik deneylerin gerçekleştirilmesi sırasında rastlantı olarak malzemeyi etkilemiş olabilen gevrekleştirici faktörleri araştırır, belirlemeye çalışır.

Kırılma incelemesinde bu bilgiler; tasarım, imalat veya kullanım hatalarının belirlenmesine büyük oranda izin verir. Kırıma, statik bir yükleme sırasında veya bir hatanın kritik bir boyuta kadar ilerlemesinden sonra da görülebilir. Kırılma mekaniğinden, makina endüstrisinde, içinde hata bulunan bir parçanın veya konstrüksiyonun, gevrek kırılma riskinin belirlenmesinde veya ani kırılma sebeplerinin analizinde istifade edilir[7].

4.2 Hasara Neden Olan Hata Türleri

Hasara sebep veren bir çok hatanın oluşumu değişik zamanlarda, değişik nedenlerdir. Bunlar

Dökümle üretim veya ham maddenin işlenmesi sırasında neden olunabilen, hatalar; Gerilme çatlakları, Kendini çekme boşlukları, Gaz boşlukları, Cüruf kalıntıları, toplanmalardır.

Mamul maddenin üretimi sırasında neden olunabilen hatalar; İşleme hataları, ısıtma işlem hataları, kaynak hataları, kalıntı gerilme çatlaklarıdır.

Parçaların montajları sırasında neden olunabilecek hataları; Unutulan parçalar, uygun olmayan parçalar, ilave kaynak hataları, ilave gerilme çatlaklarıdır.

Çalışma süresince çeşitli ortamların neden olabileceği hatalar: Yorulma, korozyon, gerilmeli korozyonu, sürtünme, sünme, ısıtma dengesizlikleridir

Hasarları;

- çatlaklar,
- kırıklar
- aşınma

olmak üzere üç ana grupta toplamak mümkündür. Sonraki bölümlerde demiryolu taşıt ve raylarında görülen bu hasar türleri analiz edilmeye çalışılacaktır.

Kristal kafes ve atom mertebesinde meydana gelen sürekli ve elastik deformasyonlar, malzemenin bütünlüğüne zarar vermezler. Esas olarak kırılma, malzeme içerisinde hacimsel ve yüzeysel devamsızlıklar yaratarak bu bütünlüğe zarar verir. Bu devamsızlıkların mertebeleri kristal boyutlarından daha büyüktür; örneğin mikron veya milimetrenin yüzdelilerinden bahsedebileceğimiz mikro çatlaklar veya boşluklar, milimetre ile ifade edebileceğimiz makro çatlaklar, desi ve santimetre ile ifade edebileceğimiz mekanik yapıdaki çatlaklar gibi. Bu çatlaklar; çeşitli tipteki gerilmelerin ve deformasyonların, zamanın veya çevrim sayısının fonksiyonu olarak ortaya çıkarlar. Konstrüksiyonun oluşturulması için parçaların imalatı ve montajında çeşitli yöntemler kullanılmakta ve bunların kullanımları

sırasında belirli bölgelerde gerilmeler oluşmaktadır. Örneğin kaynak işlemi sırasında oluşan gerilmeler sıcak ve soğuk çatlak olarak tanımlayacağımız hasarları meydana getirirler[7].

4.3 Aşınma

Teorik olarak incelemiş olduğumuz sürtünmeden dolayı oluşan aşınma, tüm endüstri kollarında çok önemli bir tehlike olarak karşımıza çıkmaktadır. Eğer zamanında ve sistematik önlemler alınmaz ise çok pahalıya mal olabilecek sonuçlar görülebilir.

Alman Standardı DIN 50320' ye göre aşınma, "katı, sıvı veya gaz karşı cisme göre izafi hareket ve temas şeklinde mekanik bir etkiden dolayı katı bir cismin yüzeyinden malzemenin ileri derecede istenilmeyen kaybı" olarak tanımlanır[22,72].

Misra ve Finnie [22,73] ise aşınmayı mekanik etkileşimler sonucunda katı bir yüzeyden malzeme kaldırılması şeklinde ifade ederek malzeme kaldırılmasının kimyasal etkenlerle de olabileceğini belirtmiştir.

Aşınma endüstride her alanda karşımıza çıkacak bir olgudur. Aşınmayı belirleyen bazı kriterler vardır[22,74].

- Mekanik bir etkinin olması
- Sürtünme olması (izafi hareket)
- Yavaş ancak devamlı olması
- Malzeme yüzeyinde değişiklik meydana getirmesi
- İstenmediği halde meydana gelmesi

Bu şartlardan birini sağlamayan yıpranma olayı (örneğin genel korozyon) aşınma olarak ifade edilmemelidir. Çünkü korozyon, diğer bütün şartları sağlamasına rağmen sürtünme ve mekanik hareket olmaksızın (sadece kimyasal ve elektrokimyasal etki ile) meydana gelmektedir. Ancak sürtünme sırasında aşınmanın karakterine etki eden faktörlerden birisi de çevredir. Çevre şartlarına bağlı olarak aşınmanın karakteri de değişebilir. Mekanik etki ile birlikte kimyasal veya elektrokimyasal etki ile de malzeme yüzeyinden mikro tanecikler kopar veya yüzey bölgesi değişikliğe uğrar. Böyle durumlarda, hem sürtünme ve hem de korozyon birlikte tahribata

neden olabilirler. Sürtünmeyle müşterek olarak kimyasal etkilerle meydana gelen korozyon aşınma kapsamına alınmalıdır. Nitekim, korozif etkenlerle bile olsa tribolojik zorlanma sırasında meydana gelen yüzey bölgesi değişiklikleri veya parçacıkların kopması, aşınma kavramı içinde düşünülmelidir.

Gerek ve yeter şart olarak nitelediğimiz bu beş şartın doğal sonucu olarak aşınma meydana gelmektedir [6,22].

4.3.1 Tribolojik Sistem

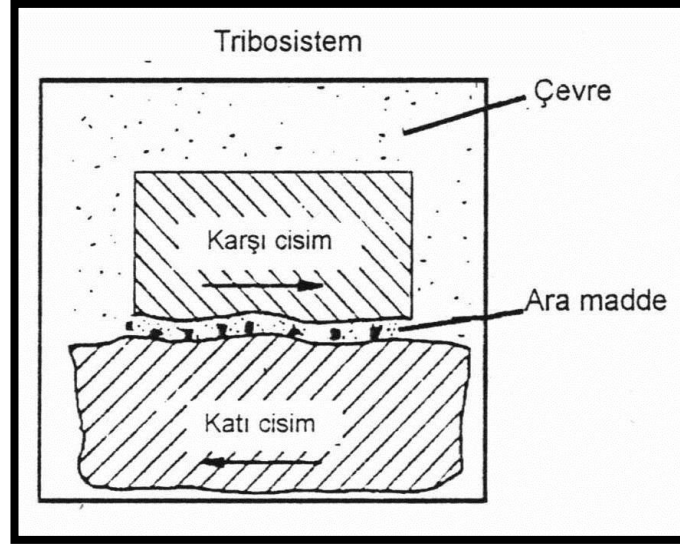
Triboloji “bir izafi hareket içinde bulunarak birbirlerine etki eden yüzeylerin ve bunlarla ilgili olayların bilimi veya tekniği” olarak tanımlanır[22,75]. Triboloji, aşınma problemlerinin çözümü ile ilgilenen ve malzeme bilimi, kimya, fizik ve mühendislik bilimleri gibi çeşitli bilim dallarını içeren bir bilimdir.

Aşınmayı, aşınmaya etki eden faktörlerin bileşik etkilerini dikkate alarak incelemek gerekir. Yani aşınma bir sistem bütünlüğü içinde ele alınmalıdır. Aşınma özelliği veya mukavemeti, sertlik veya çekme mukavemeti gibi spesifik bir malzeme özelliği değil bir sistem özelliğidir[6,22]. Bu sisteme tribolojik sistem denilmektedir.

Şekil 4.1’de bir tribolojik sistemin elemanları görülmektedir.

Aşınma çiftini oluşturan ana cisim ve karşı cisim aralarında belirli bir ara malzeme varken az veya çok yük altında hareket ettiklerinde aşınma başlar. Sistemi meydana getiren elemanlardan ana malzeme metal, mineral, plastik, kauçuk, ağaç gibi aşınma karakteristiğine önem verilen katı cisimdir. Aşındıran (karşı eleman) eleman katı, sıvı veya gaz halinde olabilir. Bu iki eleman tribolojik sistemi meydana getirmede yeterli olabilirlerse de çevre etkisi sistemde her zaman olacağından tam “kuru sürtünme” sağlanamaz. Çünkü sürtünme sırasında ara madde olabileceği gibi çok iyi temizlenmeyen yüzeylerde yağlayıcı özellik gösteren ara maddeler olabilir[6,76,22].

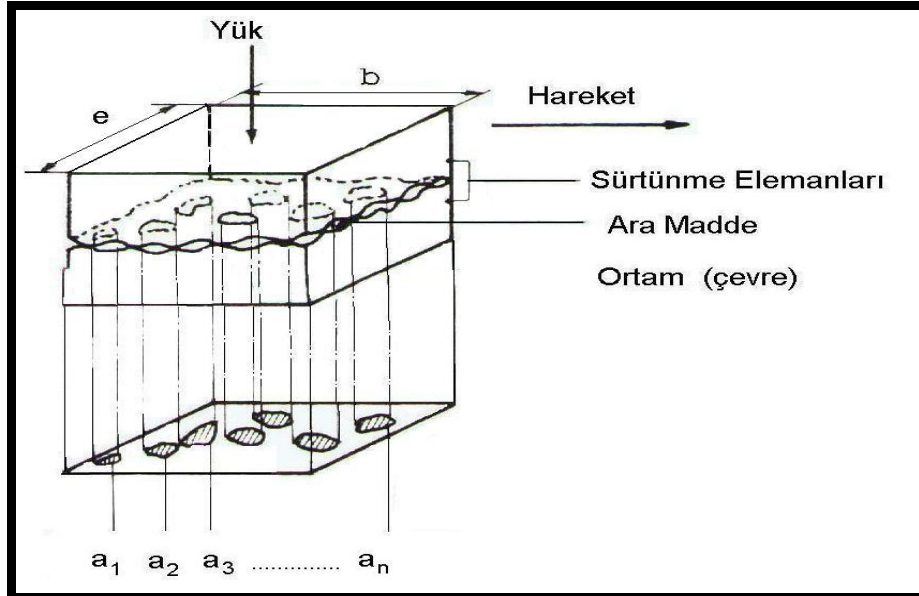
Ara madde ise katı, sıvı, gaz fazlarından birinde veya bunların karışımı şeklinde olabilir. Hareket kayma, yuvarlanma, kaymalı yuvarlanma, darbe gibi biçimlerde olabilir. Yük ise gerilmenin az veya çok olmasının yanı sıra sabit, değişken, artan, azalan ve darbeli olabilir [6, 77, 78.79.70]



Şekil 4.1 Tribolojik Sistemin Elemanları[22]

4.3.2 Aşınmanın Temel Unsurları

Aşınmanın başlayabilmesi veya devam edebilmesi için bir sürtünmenin olması gerekmektedir. Sürtünen iki cismin gerçek temas alanının aşınmaya büyük etkisi vardır. Sürtünen (birbirine göre izafi harekette bulunan) iki cismin aşınma olayını belirleyen “Aşınmanın Temel Unsurları” Şekil 4.2’de şematik olarak verilmiştir.



Şekil 4.2 Aşınmanın Temel Unsurları [70,6]

Şekilden de anlaşılacağı üzere aşınmaya etki eden faktörler

- Ana malzeme (aşınan ve aşındıran sürtünme elemanları)
- Yük
- Hareket
- Ara madde
- Çevre (ortam)

Birbiri ile temas eden iki cismin gerçek temas alanı görünen temas alanından küçüktür(Şekil 4.2). Çünkü temas yüzeyleri ne kadar düzgün işlenirse işlensin yüzeyde mutlaka pürüzler kalacak ve cisimler bu pürüzler vasıtası ile temas kuracaklardır.

Yüklemenin şekli ve uygulanan yük miktarı, temas alanını ve dolayısı ile aşınmayı etkileyen çok önemli bir faktördür. Yükün etkisi altındaki iki yüzeyin, pürüzlerinin deforme olması nedeniyle birbirlerine daha da fazla kapandığı ve temas alanının arttığı görülür. Bu alanın artması, uygulanan yük miktarı ile birlikte malzeme özelliği ve yüzey geometrisine de bağlıdır [80,22]. Uygulanan yük, dinamik, titreşimli, darbeli veya statik olabileceği gibi artan veya azalan şekilde de etki edebilir.

İki cismin birbirine göre yaptığı izafi hareketin cinsi ve şekli de aşınmayı etkileyen bir faktördür. Bu hareket; kayma, yuvarlanma, kaymalı yuvarlanma, çarpma,v.b. şeklinde olabilir.

Hareketin yönü ve kat ettiği yol, aşınma miktarına ve cinsine etki eder. Öte yandan sıcaklık da, aşınma üzerinde büyük etkisi olan bir çevre etkenidir.

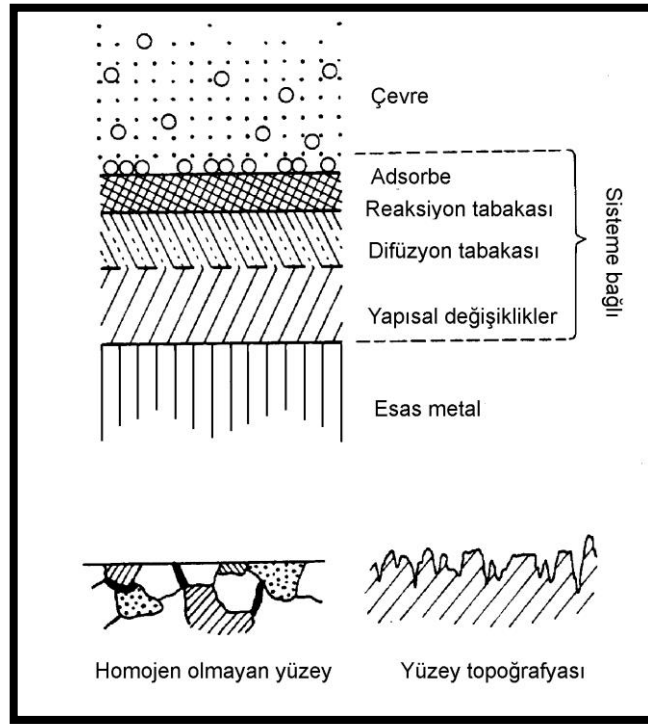
Sürtünme elemanları dediğimiz aşınan ve aşındıran cisimlere “Aşınma Çifti” de denilebilir.

4.3.3 Aşınma Mekanizmaları

Sürtünme ve aşınma, hareketli parçaların yüzeylerinde meydana gelmektedir. Dolayısı ile yüzeyler bütün etkileşimlerin ana bölgesi şeklinde önemli bir rol oynamaktadır. Bütün katı yüzeyler mikro ölçekte incelendiğinde ideal olarak süreksiz biçimde değildir.

Şekil 4.3'te Yüzey mikro yapısı gösterilmiştir. Yüzeyin boyuna kesiti incelendiğinde; talaş kaldırma işlemlerinden dolayı yapısal değişimlerin

oluşturduğu tabakalar ortaya çıkmaktadır. Bu değişim tabakaları malzemenin yapısına ve işlenmesine bağlıdır. Özellikle, ısıtma işlemi veya yüksek çalışma sıcaklıklarından sonra elementlerin içeriye ve dışarıya doğru yayıldığı difüzyon tabakası, reaksiyon tabakası ile aralarında bağlantısı olan tabakalardır. Örneğin, belirli elementlerin oksidasyonu, oksit tabakası altında oksit oluşturan elementlerin azalmasına yol açabilir. Birbirleri ile etkileşim durumundaki parçaların sürtünmesini ve aşınmasını azaltmak için yapılan ilaveler de teknik açıdan bir hayli önemli etkiye sebep olan adsorbe tabakasını oluşturur.

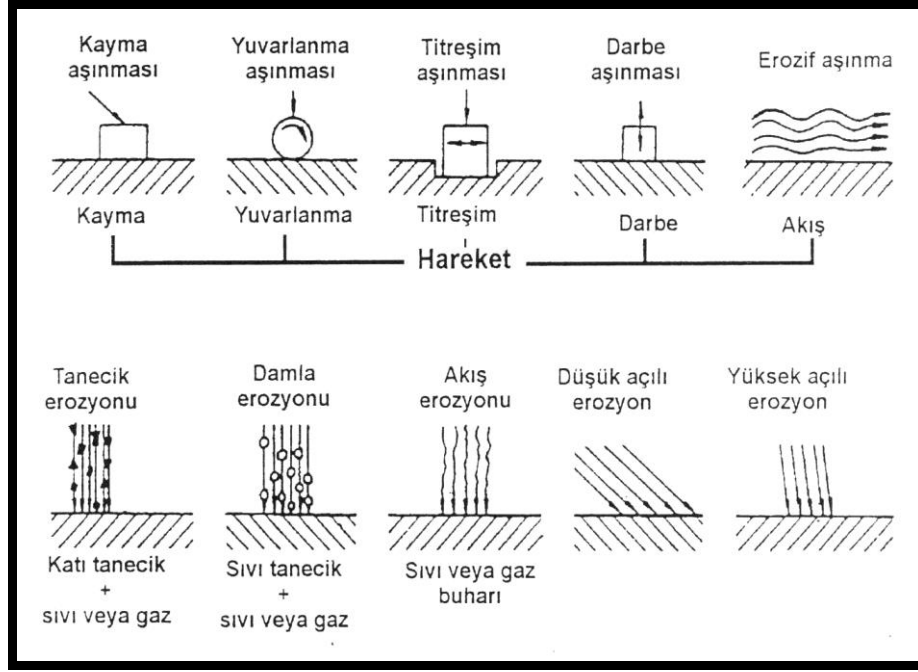


Şekil 4.3 Yüzey mikro yapısı [81,22]

Yüzeyin enine kesitinde ise, farklı fazlar ve/veya farklı tane yönleri şeklinde heterojen bir yapı ve pürüzlü veya dalgalı biçimde yüzey topografyası görülmektedir [22,78].

Tribolojik sistemdeki elemanların birbiri ile olan etkileşimleri veya elemanlar üzerine olan etkileri çok değişik olabilir. Esas sürtünme elemanı üzerine olan etkiler; kayma, yuvarlanma, titreşim ve akma şeklinde olabilir(Şekil 4.4). Dolayısı ile aşınma işlemleri de kayma aşınması, yuvarlanma aşınması,

titreşim aşınması ve erozif aşınma şeklinde sınıflandırılabilir. Aşınma işlemlerinin diğer bir sınıflandırması da karşı elemanın fiziksel durumunu içermektedir. Karşı eleman, esas sürtünme elemanına katı veya sıvı olarak değişik açılarda etki edebilir. Şekil 4.4'te aşındırma türleri ile aşınma işlemlerinin sınıflandırılması



Şekil 4.4 Aşındırma Türleri ile Aşınma İşlemlerinin Sınıflandırılması [70,22]

DIN 50320 aşınma işlemlerini;

- adhezyon,
- abrazyon,
- yüzey yorulması
- kimyasal reaksiyon (korozyon) olarak dört temel aşınma mekanizması şeklinde sınıflandırırken bazı araştırmacılar ise yenme, erozyon, korozyon, yüzey yorulması, kavitasyon, oksidasyon gibi daha fazla sayıda aşınma mekanizmalarını içerecek şekilde farklı gruplandırma yapmışlardır[22,82].

Ayrıca aşınma işlemleri, aşınma izinin görünüşüne göre, malzeme kaldırılmasının veya hasarın meydana geldiği fiziksel mekanizmaya göre ve aşınmanın gerçekleştiği koşullara göre üç ayrı grupta da sınıflandırılabilirler. Aşınma izi görünüşü çukurlanma, pullanma, çizilme, parlama, oyulma, kemirilme ve kazıma şeklinde olabilir.

Aşınmanın gerçekleştiği fiziksel mekanizma adhezyon, abrazyon ve

oksitleme şeklinde olabilir. Aşınma ortamı da yağlı aşınma, yağsız aşınma, metal-metal kayma aşınması, yuvarlanma aşınması, yüksek gerilmeli kayma aşınması ve yüksek sıcaklık metalik aşınma şeklinde sınıflandırılabilir [22,78].

Aşınma olayına etki eden bir ya da aynı anda birkaç faktör değişik aşınma mekanizmalarını ortaya çıkarır. Bu aşınma mekanizmalarına endüstride %50 abrazif aşınma, %15 adhezif aşınma, %8 erozif aşınma, %8 yenme aşınması, %5 kimyasal aşınma ve %14 diğerleri şeklinde değişen oranlarda karşılaşırlar[22,83].

4.3.3.1 Adhezif Aşınma

Adhezif aşınma, iki katı cismin birbirleri üzerinde kaydığı veya birbirlerine bastırıldığı her yerde meydana gelir. Temas eden yüzeylerin birbirlerine yapışma eğilimi, her iki malzemenin yüzey atomları arasında mevcut olan çekme kuvvetinden ileri gelir. İki yüzey arasındaki çekim kuvvetleri iyonik, kovalent, metalik veya Van der Waals kuvvetleri olabilir.

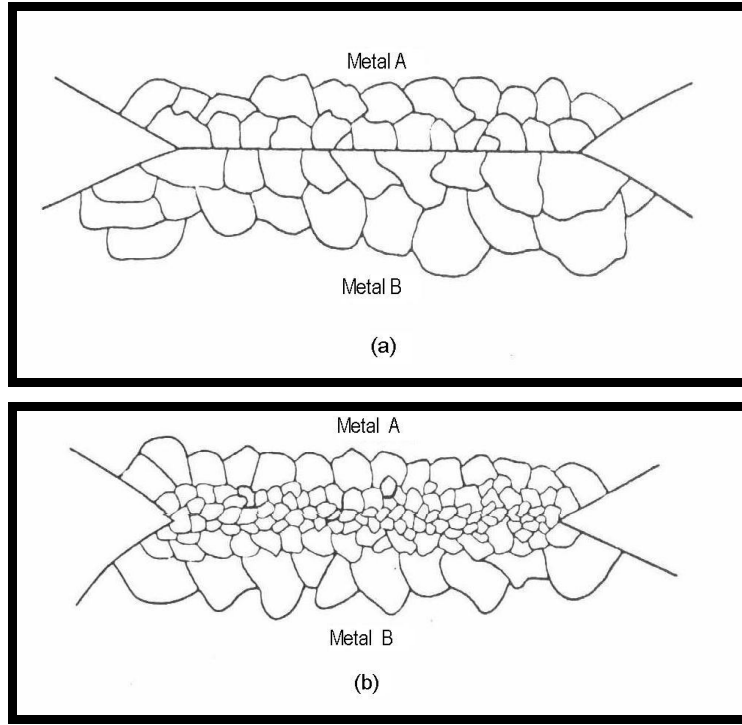
Karşılıklı çalışan yüzeyler ne kadar hassas işlenirse işlensin moleküler düzgünlükte değildirler. Böyle teknik düzgünlükteki yüzeylerde görünüşteki temas alanından çok daha az olan gerçek değme noktalarında, taşınmakta olan yükün etkisi ile malzemenin akma sınırı aşılmakta ve gerçek temas alanı bu yükü taşıyabilecek genişliğe ulaşınca kadar artmaktadır.

Adhezyon teorisine göre temas halindeki yüzeylerde temas noktalarındaki bölgesel basınçların çok yüksek olması dolayısı ile, küçük kaynak bağları teşekkül eder (soğuk kaynama) (Şekil 4.5a).

Kayma halinde yüksek bölgesel basınçlara ilaveten sürtünme ısısı ile bu bölgelerde sıcaklığın yükselmesi kaynak bağlarının teşekkülünü kolaylaştırır[22,80]. (Şekil 4.5b’de gösterilmiştir.)

Hareket sırasında küçük kaynak bağları kesilir ve temasa gelen pürüzlerde sürekli yenileri oluşur. Bu sırada bir yüzeyden diğerine malzeme transferi olur veya malzeme serbest aşınma parçası olarak kopar.

Şekil 4.5’te metallerin teması sırasında oluşan kaynak bağları gösterilmiştir. Adhezif aşınma yüzeylerin temizliğine bağlıdır. Rutubet, adsorbe gazlar, oksitler ve yağlayıcı maddelerin ortamda ara yüzeyde bulunması aşınmayı azaltır.



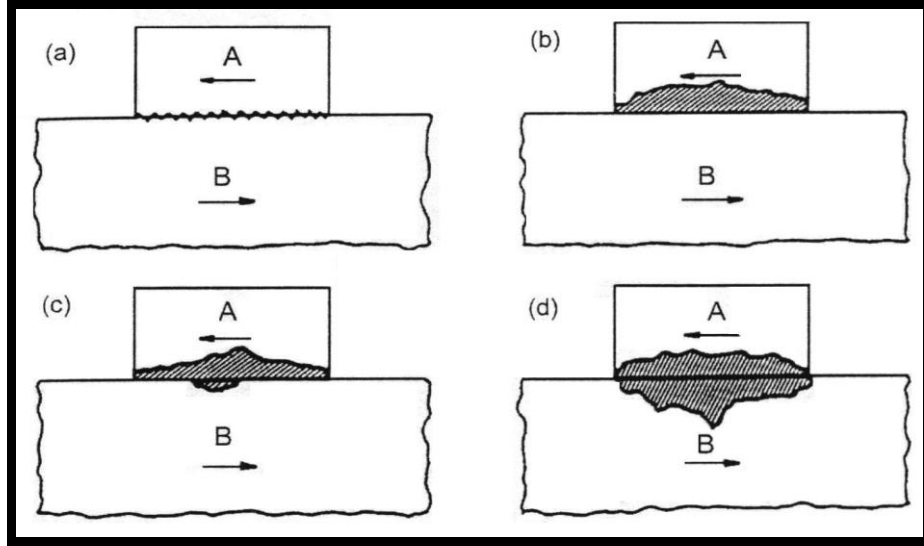
Şekil 4.5 Metallerin teması sırasında oluşan kaynak bağları [22,74]

Soğuk kaynak b- Sıcak kaynak

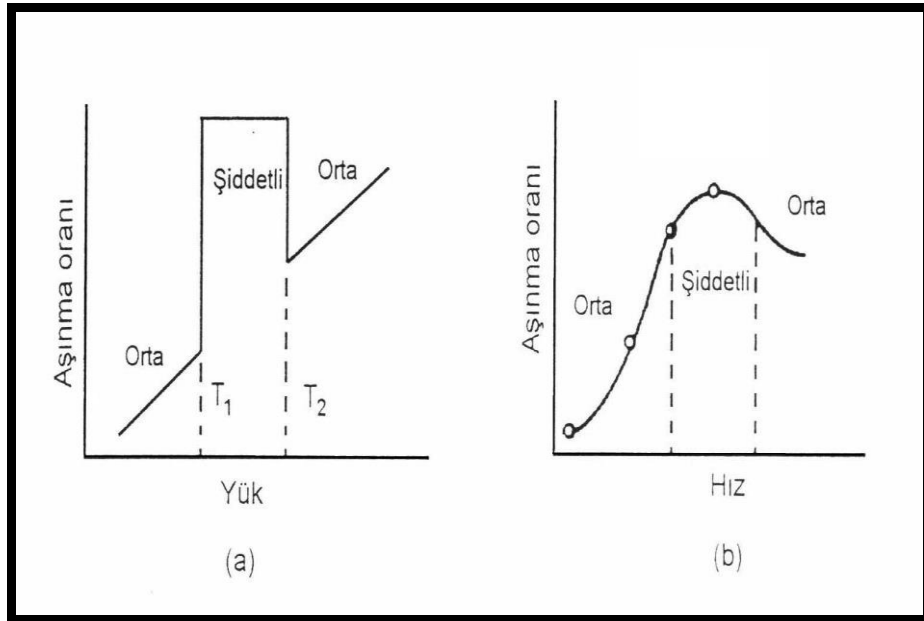
Kaynak bağları oluşmuş yüzeylerin arasındaki bağların ayrılmaları Şekil 4.6'da gösterilmiştir. Bölgesel bağlantıların kayma mukavemeti bağlantıyı oluşturan malzemelerin kayma mukavemetinden düşük ise temastaki yüzeyler birbirinden ara yüzeylerde ayrılır (Şekil 4.6a). Bu durum yüzeylerin yapışmasını azaltan rutubet, yağ, oksit filmi ile kaplanması durumunda oluşur. Ancak A malzemesinin mukavemeti kaynak bağından düşük ise parça ayrılması sadece A malzemesinde meydana gelir (Şekil 4.6b). Yüksek mukavemetli bölgesel bağlarda ise yine A malzemesinin kayma mukavemeti B malzemesininkinden küçük ise ayrılma çoğunlukla A malzemesinden olur (Şekil 4.6 c). Eğer malzemeler aynı veya eşit özelliklerde ise ayrılma her iki yüzeyden de eşit olur. (Şekil 4.6 d)

Adhezif aşınma orta ve şiddetli aşınma şeklinde iki gruba ayrılır. Aşınma ile oluşan hasar kayma hızı ve yük ile artarken sıcaklıktaki artış ile iyileşecektir (Şekil 4.7a ve 4.7b'de aşınma oranı-yük ve aşınma oranı ile hız arasındaki ilişkisi gösterilmiştir.). Kayma hızındaki artış aynı zamanda sürtünme ısısı etkisini de artıracaktır. Hızdaki artış ile meydana gelen hasar, artan sıcaklık ile oluşan iyileşme etkisinden daha çok olabilir ve daha sonra sistem orta şiddette aşınmaya dönebilir

Metal yüzeyleri oksit filmleri ile kaplıdır. Bir çok aşınma sisteminde temas yüzeylerindeki oksit filmi kalkmaz ise, gerçek metal-metal teması asla kurulamayacaktır. Oda sıcaklığındaki hava, düşük temas yüklerinde orta şiddetli aşınma sisteminde, yüksek temas yüklerinde şiddetli aşınma sisteminde etkilidir[22,78].



Şekil 4.6 Yüzeyler arasındaki bağların ayrılması [22,82]



Şekil 4.7 Aşınma oranı-yük ve aşınma oranı-hız arasındaki ilişkisi [22,72]

Adhezif aşınma; metal-metal, seramik-metal, plastik-metal, seramik-seramik, plastik-plastik ve diğer aşınma çiftlerini içermektedir.

Metal-metal çiftlerinde, saf metaller ile düşük soğuk sertleşmeli ve tek fazlı alaşımlardan kaçınmak gereklidir. Sert metal çiftler yumuşak-sert çiftlere göre daha az aşınırlar.

Seramik-metal çiftlerinde ise seramik malzemenin yüzeyinin pürüzsüz olması, yağlayıcı ve sert metal kullanılması gereklidir.

Plastik-metal durumunda ise, cam gibi sert inorganik dolgu içeren plastiklerden kaçınılmalı ve tamamen sertleştirilmiş metal kullanılmalıdır.

Seramik-seramik çiftlerinde ise aynı malzemelerden kaçınılması gereklidir. Örneğin alüminyum-alüminyum yerine alüminyum-krom kullanılmalıdır [22,84].

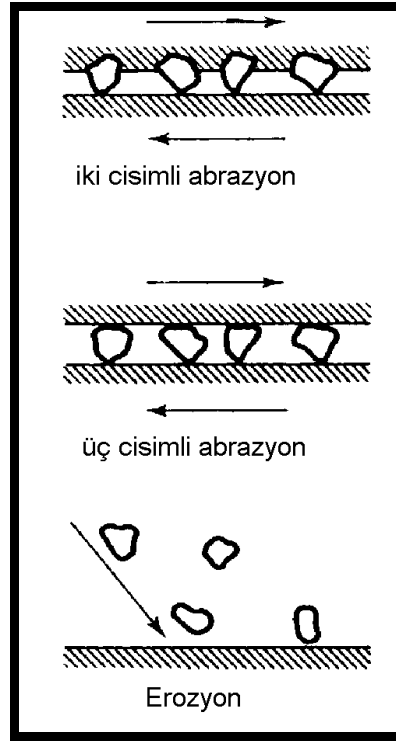
4.3.3.2 Abrazif Aşınma

Abrazif aşınma, uygulanan yük ve hareketin etkisi ile sürtünen iki cisimden sert olanının pürüzleri veya taneleri vasıtası ile diğerini çizerek üzerinden mikro talaş kaldırması olayıdır. Bu tarif, katı/katı, katı/mineral, katı/sıvı gibi birçok sürtünme elemanlarında meydana gelen aşınmayı kapsar.

Abrazif aşınma genel olarak iki gruba ayrılır; sürtünen cisimlerin direkt olarak karşılıklı etkileşimleri sonucunda meydana gelen abrazif aşınmaya “İki Cisimli Abrazif Aşınma”, eğer ara yüzeyde sürtünme elemanlarını çizerek tahrip eden sert taneciklerde bulunuyorsa bu tür abrazif aşınmaya “Üç Cisimli Abrazif Aşınma” denir (Şekil 4.9). Bu tanecikler aşınma sonucu oluşan tanecikler olabileceği gibi sisteme dışarıdan giren taneciklerde olabilir. Bir sistem içinde yüksek hızlı parçacıkların tek bir yüzeye hücum etmesi ile erezyon olarak bilinen abrazif aşınmanın özel bir şekli ortaya çıkar [6,22]

Genellikle aşınma mekanizmaları, metal/metal sürtünmelerinde iki cisimli abrazif veya adhezif aşınma olarak başlayıp üç cisimli abrazif aşınma olarak devam eder. Üç cisimli abrazif aşınmada iki yüzey arasındaki sert tanecikler kayma veya yuvarlanma hareketi yaparlar [11,6].

Yüzeyler arasında bulunan yağlama yağına havadaki ince toz zerreciklerinin girmesi veya tribolojik sistem bileşenlerinin bölgesel olarak oksitlenmesi ile meydana gelen aşındırıcı tanecikler Üç cisimli abrazif aşınmaya neden olur. Buna karşılık kaya delici matkap iki cisimli aşınmaya örnek olarak verilebilir.



Şekil 4.8 Abrazif aşınmanın türleri [22,78].

Üç cisimli abrazif aşınmadaki aşınma oranı iki cisimli abrazif aşınmaya göre daha düşüktür. Bunun nedeni, hareketli taneciklerin zamanın %90'nını kesme etkisi meydana getirmeden yuvarlanma eğiliminde olmasından kaynaklanmaktadır[22].

Khrushov ve Babchev, aşındırıcı tanelerle temas eden yüzeyde iki prosesin meydana geldiğini teşhis etmişlerdir[6,85].

- Basıncın etkisi ile plastik şekil değiştirme sonucu çiziklerin oluşması (Metal kalkmadan, yüzeyin plastik şekil değiştirmesi),
- Mikro talaş şeklinde metal parçacıkların ayrılması (Yüzeyden mikro talaşların ayrılması)

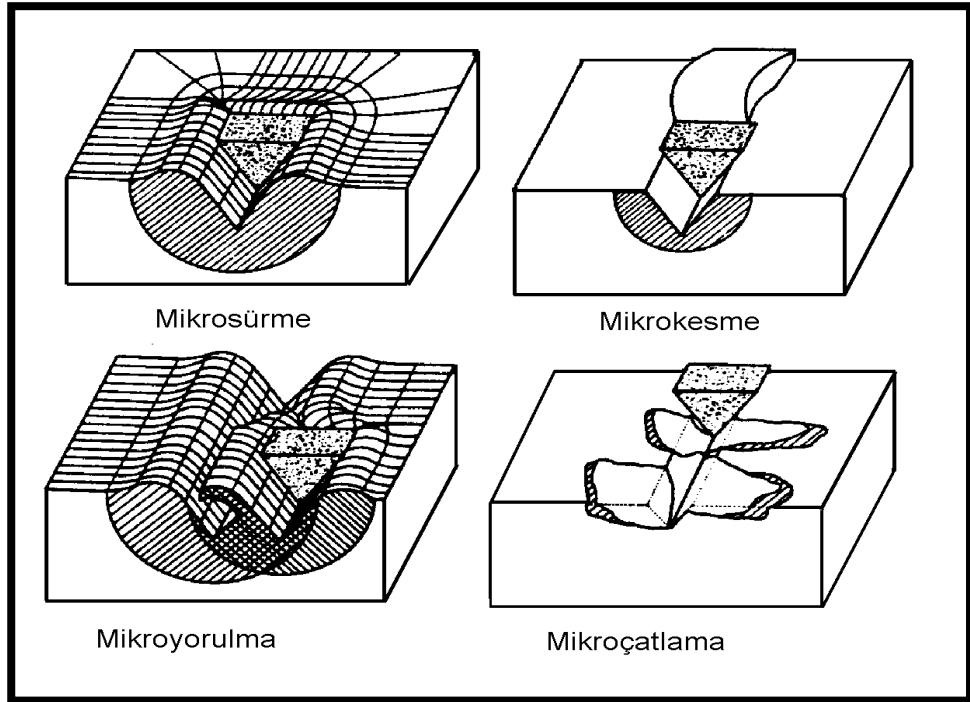
Abrazif aşınma; kesilme, kazıma ve tek veya tekrarlanan deformasyon gibi yüzeyi tahrip eden çeşitli mekanizmalar ile meydana gelir. Abrazif aşınma olabilmesi için, sürtünme sırasında, abrazif aşındırıcı sertliğinin aşınma malzemesi sertliğinden daha fazla olması gerekir[6]. Yani, sürtünen iki cisimden aşınması izlenen cismin sertliği diğerinden daha az ise abrazif aşınma meydana gelir.

Katı, sıvı, gaz veya bunların birkaçının kayma veya darbe etkisi ile katı

yüzeyler üzerinde erozif aşınma oluşmaktadır. Erozif aşınma, tekrarlı şekil değişimi ve kesmenin kombine işlemidir. Kesme işlemine, dar açıda katı yüzeye çarpan tanecikler ve yüzeyden bir miktar malzemenin kazılması olayı katkıda bulunur. Erozif aşınmanın püskürtme erozyonu, çamur erozyonu, yağmur erozyonu, erozyon-korozyon ve ısı erozyon şeklinde değişik çeşitleri vardır[22]. Aşınmaya uğrayan yüzey gevrek kırılma yüzeyine benzer şekilde ince taneli bir görünüşe sahiptir[22,83].

Abrazif aşınma, mikro kesme, mikro sürme, mikro yorulma ve mikro çatlama şeklinde dört farklı mekanizma ile meydana gelir.(Şekil 4.9'da abrazif aşınma mekanizmaları)Mikro sürme mekanizması ile abrazif taneciği tarafından meydana getirilen aşınma oluşu hacminin bir kısmına eşit malzeme kaybı meydana gelir. Kalan kısım oluk kenarlarına plastik şekil değişimi ile yer değiştirir.

Mikro kesme mekanizmasında ise abrazif taneciğinin tek bir geçişi ile meydana gelen aşınma oluşu hacmine eşit malzeme kaybı meydana gelir. Mikro yorulma mekanizması ise yüzey yorulmasından kaynaklanır. Bu mekanizma tekrarlı değişken yükleme ile çatlak oluşumu ve çatlak yayılması şeklinde karakterize edilir. Çatlak, başlangıçta aşınma yüzeyinde veya aşınma yüzeyi altında ve sonra olukta olabilir. Sonuçta aşınma yüzeyinde yüzeysel çukurlar ve küçük çatlaklar oluşur.



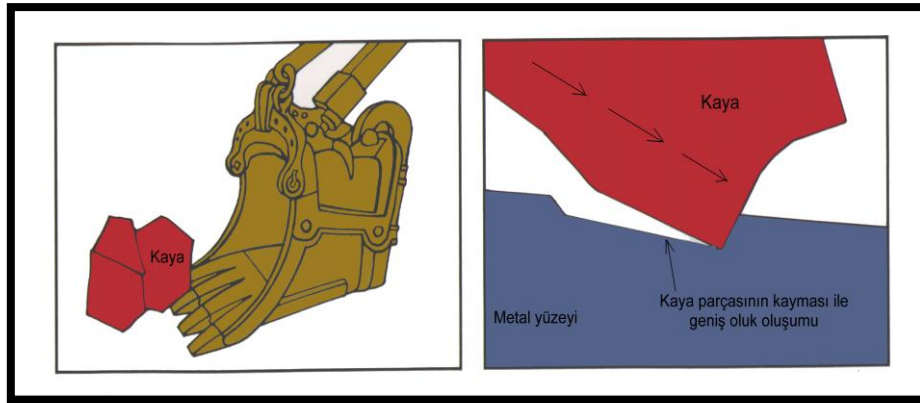
Şekil 4.9 Abrazif Aşınma Mekanizmaları[78]

Özellikle gevrek malzemelerde oldukça yüksek gerilme birikimleri olduğunda mikro çatlama mekanizması meydana gelir. Bu durumda çatlak oluşumu ve ilerlemesi olduğundan aşınma yüzeyinden geniş parçacıklar kaldırılmaktadır.

Üç cisimli abrazif aşınma; oyucu abrazyon, yüksek gerilmeli öğütücü abrazyon ve düşük gerilmeli çizici abrazyon şeklinde üç gruba ayrılır.

Herhangi bir malzeme ve abrazif taneciği için aşınmanın şiddeti etkili olan kuvvete bağlıdır. Etki eden kuvvetin şiddeti yüksek olduğunda her abrazif taneciği başına aşınma oranı da yüksek olabilecektir. İster sabit tanecik olsun ister serbest tanecik olsun bu tür aşınma mekanizmasına oyucu abrazyon denilmektedir[22].

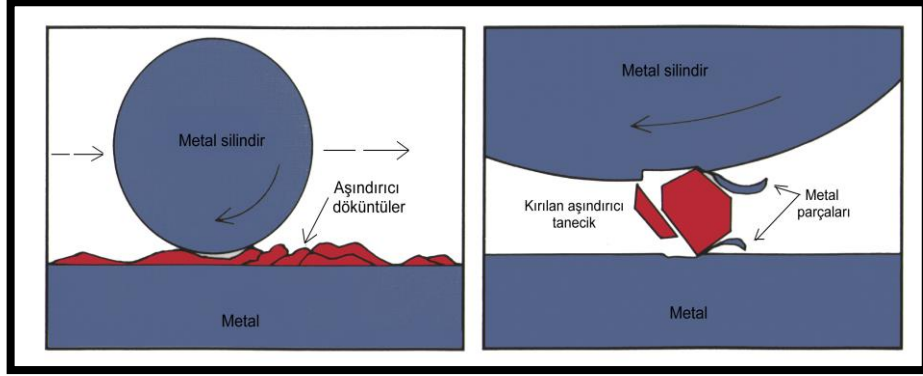
Oyucu aşınma sonucunda metal yüzeyinden oldukça büyük parçacıklar kaldırılmaktadır. Oyucu aşınma, bir kepçenin taş yığınına saplandığı durumdaki gibi düşük hızda veya darbeli tür ezicilerdeki çekiç yada kırıcı çubuklar gibi yüksek hızda da meydana gelir. (Şekil 4.10'da oyucu Abrazyon gösterilmiştir.)Oyucu aşınmaya şiddetli darbelerde etki etmekte ve uygun aşınma dirençli malzeme seçiminde oldukça önemli bir faktör olmaktadır.



Şekil 4.10 Oyucu Abrazyon [22].

Ostenitik mangan çelikleri bu tür aşınmaya dirençli malzemeler olarak kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra su verilmiş ve temperlenmiş orta karbonlu çelikler de yeterli süneklik ve toklukları ile bu tür aşınmaya dirençli malzemeler olarak seçilebilirler. Abrazif taneciğine uygulanan gerilme, taneciğin ezilme direncini aşacak derecede yüksek ise bu tür aşınmaya yüksek gerilmeli öğütücü abrazyon denilmektedir[22]. Bu aşınma türü (Şekil 4.11'de Yüksek gerilmeli öğütücü abrazyon gösterilmiştir.), sürekli devam

etmekte olan parçalanma veya yüzeyler üzerinde bulunan ve başlangıçta küçük boyutta olan abrazif taneciğinin öğütülmesi sırasında ortaya çıkmaktadır.



Şekil 4.11 Yüksek gerilmeli öğütücü abrazyon [22]

Aşınma, abrazif temas noktasında yoğunlaşmış gerilme birikimi ile meydana gelmekte ve sonuçta plastik akış ve metal yüzeyinin sünek bileşenlerinin çatlaması gibi sonuçlar ortaya çıkarmaktadır[22].

4.3.3.3 Tribokimyasal Aşınma

Ortamda bulunan ara malzeme ve gazlar etkisi ile tribo kimyasal ve tribo adsorbsiyon gibi olaylar sonucunda aşınma çifti yüzeylerinde oluşan sınır tabaka, yassı aşınma parçacığı şeklinde sıyrıldığında yeniden oluşmakta ve aşınma olayını önemli ölçüde etkilemektedir[22]. Özellikle, kimyasal maddeler bulunan ortamda çalışan makina elemanlarının yüzeyleri, bu maddeler ile reaksiyona girdiğinde yağlayıcıda bulunan maddelerin de etkisiyle ortaya çıkan bu sınır tabaka, yükün etkisi ile kırılmakta ve böylece aşınma parçacıklarını meydana getirmektedir. Sınır tabakanın kırılmasından sonra temiz kalan temas yüzeylerinde reaksiyon sonucunda yeniden sınır tabaka oluşmakta ve bu durum sürekli devam etmektedir[22].

Bilya ve yatak arası veya yatak ve bilyalı yatak üzerindeki muhafaza arası, mahruti dişliler, miller veya demiryolu aksları, perçinli bağlantılar, kavramalar, zincir halkaları, yaprak yaylar, kayan yüzeyler arasındaki contalar tribo kimyasal reaksiyondan dolayı aşınabilen parçalardır[22].

4.3.3.4 Yorulma Aşınması

Yuvarlanma hareketi sırasında tekrarlı yükleme sonucunda malzemenin sürekli mukavemet sınırı geçilir ise, malzeme yüzeyinde küçük çukurcuklar meydana gelmektedir. Yüzeyden pullanma şeklinde malzeme kalktığında parçanın ömrü kısa zamanda sona ermektedir. Rulmanlar, kamlar, rulolar vinç telerleri (bandajlar) , demiryolu bodenleri ve dişliler gibi makina elemanlarında bu tür aşınma ortaya çıkmaktadır[22].

Maksimum kayma gerilmelerinin bulunduğu yerde plastik deformasyon ve dislokasyon olaylarına bağlı olarak çok küçük boşluklar meydana gelmektedir. Zamanla bu boşluklar yüzeye doğru ilerleyerek yüzeyde küçük çukurlar meydana gelmektedir[22].

4.3.4 Aşınma Faktörleri ve Aşınma Direncine Etkileri

Aşınma olayında olaya katılan ve etkileyen birçok mekanizmanın varlığı ve bu mekanizmaları etkileyen birçok değişkenin olması nedeniyle, hangi değişkenin tribolojik sistemi ne şekilde etkileyeceğini kesin olarak önceden belirlemek zordur. Bununla beraber değişkenlerin kendi aralarında da birbirlerini etkilemeleri de söz konusu olunca durum tamamen karışır. Bu yüzden her aşınma problemi veya benzer aşınma problemleri tek tek özel çözümler gerektirmektedir. Aşınmayı etkileyen parametreler literatürlerde çeşitli bakımlardan sınıflandırılmakla beraber burada, endüstride en çok rastlanan aşınma türü olan abrazif aşınma mekanizmasına göre sınıflandırılacaktır.

Aşınma direnci, karakteristik bir malzeme özelliği değildir. Tüm aşınma olayları tribolojik sistemin bir parçasıdır. Aşınma olayını etkileyen tribolojik sistem parametreleri;

Malzemeye Bağlı Özellikler :

- Malzemenin cinsi,
- Malzemenin kimyasal bileşimi,
- Malzemenin mikro yapısı,
- Malzemenin matris ve yüzey sertliği
- Yüzey pürüzlülüğü,

Malzemenin diğ er hacimsel özellikleri,

Abrazif Taneciğ e Bağlı Özellikler ;

- Abrazif taneciğ in sertliğ i
- Abrazif taneciğ in şekli
- Abrazif taneciğ in boyutu

Tasarıma Bağlı Özellikler ;

- Yük (kuvvet)
- Hareket (hız)
- Parça şekli
- Çevre (yağlama, sıcaklık, nem)

4.3.4.1 Malzemeye Bağlı Özellikler

Malzemenin Cinsi:

Makina mühendisliğinde acele kararların verilmesi genellikle problemler çıkarır. Öte yandan hesaplamalarda bütün faktörleri dikkate alarak tam ve bilimsel karar vermek hem uzun zaman alır hem de maliyeti artırır[22]. Buna rağmen makina ve alet yapımında işletme şartları dikkate alınarak malzeme seçimi yapılmak zorundadır.

Çalışacağı şartlara göre malzemenin bazı teknolojik ve mekanik özellikleri önem kazanır. Bir malzeme belli işletme şartlarında iyi aşınma direnci gösterirken, başka işletme şartlarında aşınma direncinde azalma olabilir. Malzemenin Kimyasal Bileşimi:

Genel olarak çeliklerde aşınma direnci sert karbürlerle ve uygun ısıt işleme sağlanır. Aşınmaya dayanıklı çelik üretmek için bazı alaşım elamanlarının ilavesi gerekir. Bu alaşım elementleri çelikte sert karbürler meydana getirerek aşınma direncini artırırılar.

Krom, molibden, nikel ve az miktarda bor gibi çeşitli alaşım elementlerinin ilavesi malzemenin sertleşebilirliğini ve aşınma direncini önemli ölçüde iyileştirebilir[22].

Tavlanmış, su verilmiş, su verilmiş ve temperlenmiş malzemelerde en çok etkili olan alaşım elementi karbondur. Karbon ile karşılaştırıldığında diğ er

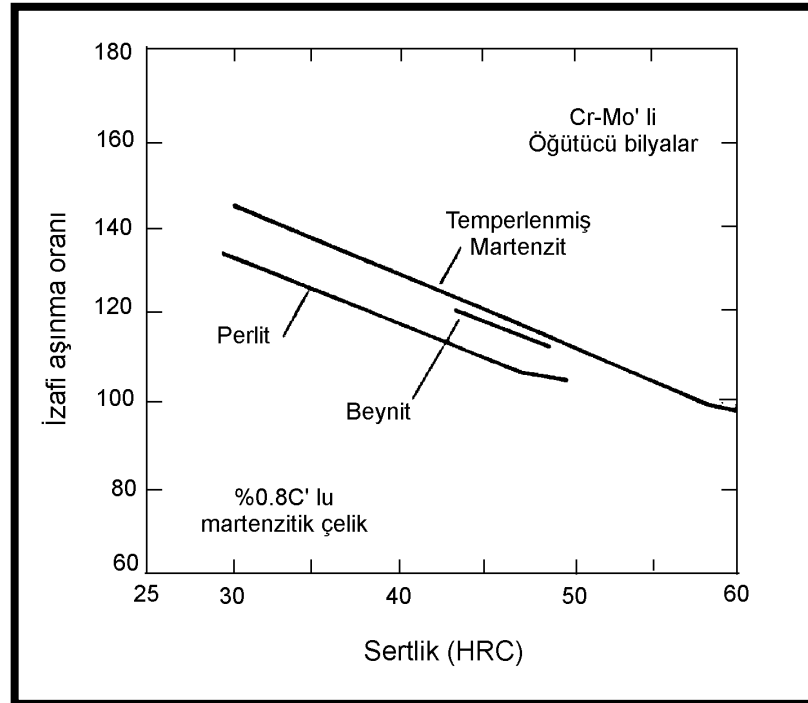
alaşım elementleri aşınma direnci üzerine az bir etkiye sahiptir. Karbür oluşturucu elementlerin ilave edilmesi aşınma direncinde küçük artışlara yol açar.

Çeliklerdeki karbon miktarı, çeliğın mekanik özelliklerini büyük oranda etkiler. Martenzitik çeliklerde hacimsel sertlik ve aşınma direnci, ağırlık olarak karbon yüzdesinin kare kökünün doğrusal fonksiyonudur[22].

Karbon, aşınma direncini olumlu yönde etkiler. Genellikle karbon yüzdesinin artması ile karbonlu ve az alaşımlı çeliklerin abrazif aşınma dirençleri de artmaktadır. Karbon miktarının artması, alaşımsız çeliklerde perlit miktarının artması ile, alaşımlı çeliklerde ise ince perlitik yapının martenzit-ostenit yapıya dönüşmesi ile aşınma direncini arttırmaktadır[22].

Malzemenin Mikroyapısı:

Aşınma direnci, ferrit-perlit-beynit ve martenzit şeklinde değışen mikroyapı ile artmaktadır. Şekil 4.12'de döküm öğütücü bilyaların aşınma oranına mikro yapının etkisi gösterilmiştir.



Şekil 4.12 Döküm Öğütücü Bilyaların Aşınma Oranına Bilyaların Etkisi[22]

Mikro yapının bu eğilimi aynı zamanda sertlikteki artış ile de uyumludur. Aynı sertlik değıerinde beynit, martenzitten daha iyi aşınma direnci gösterir[22]. Malzemelerin mikroyapısı yani tane boyutu ve fazların durumu, bir malzemenin mekanik özellikleri üzerinde önemli etkiye sahiptir. İnce

taneli bir mikroyapı ile örneğin çeliklerde ve dökme demirlerde sert karbürler ve temperlenmiş martenzit gibi sert taneciklerin ikinci bir faz şeklinde dağılmış olduğu mikroyapı mükemmel abrazyon direnci gösterir[22].

Malzemenin Matris ve Yüzey Sertliği:

Aşınmaya karşı dirençli malzemeler geliştirmek için en çok bilinen yaklaşım malzemenin sertliğinin artırılmasıdır. Yumuşak bir malzemeye sert kaplama ya da yüzey sertleştirme işlemi uygulanabilir. Ayrıca doğal olarak da sert bir malzemenin kullanılması ile de sertlikten yararlanılır [22,6].

Aşınmış olan malzemenin sertliği, aşınma oranını etkileyen en önemli mekanik özelliktir. Bir malzemenin aşınmadan önceki sertliği, ancak o malzemenin diğer malzemelere göre aşınma direncini gösterir.

Yüzey Pürüzlülüğü:

Bir yüzeyin şeklini belirlemek için, aşınma ve sürtünme mekanizmasını etkileyen pürüzlerin yüzeydeki yoğunluğu ve yüksekliklerinin dağılım analizinin yapılması gerekir[6,22].

Esasen, yüzeyin pürüzlülük derecesi, temas davranışını etkileyeceğinden aşınma ve sürtünme olayını etkileyen en önemli faktörlerden biridir.

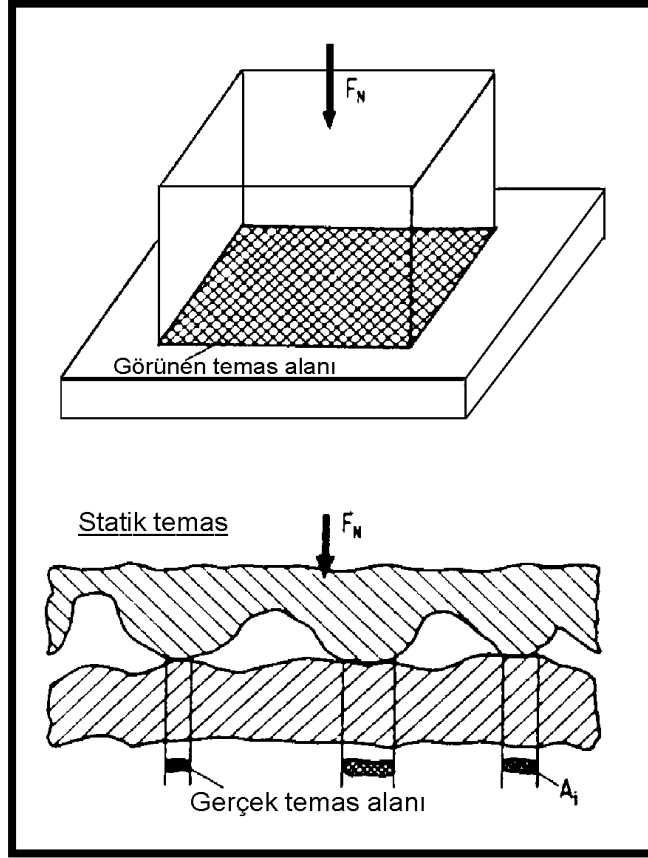
Şekil 4.13'te yüzeylerin gerçek temas alanı gösterilmiştir. Yüzeylerin kaba işlenmiş olması gerçek temas alanını azaltacağından yüzeyde tek bir pürüze gelen ve dolayısı ile aşınmanın artmasına sebep olur.

Yüzeyin alt kısmında meydana gelen maksimum gerilme ile bir kuvvet meydana gelir ve derinlik yükün şiddetine bağlı olarak değişir. Böylece etkili gerilmenin değerindeki büyüme, alt yüzeyde hataların büyümesine ve neticede aşınma partiküllerinin boyutlarının büyümesine sebep olur. Yuvarlak kabul edilen pürüzlerin yarıçapı ve pürüzlerin yüzeydeki yoğunlukları, yüzey özelliğini belirleyen en önemli faktörlerdir[22].

Malzemelerin Diğer Hacimsel Özellikleri:

Abrazif aşınma direncini etkileyen faktörlerden birisi de malzemenin hacimsel özellikleridir. Bu özellikler, elastiklik modülü, akma ve kırılma mukavemetleri ile soğuk şekil vermenin etkisidir.

Çeliklerde elastiklik modülü sabit kaldığı halde sertliğin artması, aşınma direncini de artırır.



Şekil 4.13 Yüzeylerin gerçek temas alanı [22]

4.3.4.2 Abrazif Taneciğe Bağlı Özellikler

Abrazif Taneciğin Sertliği:

Abrazif aşınmanın oluşabilmesi için abrazif sertliğinin ana malzeme sertliğinden yüksek olması ve bir gerilmenin olması gerekmektedir.

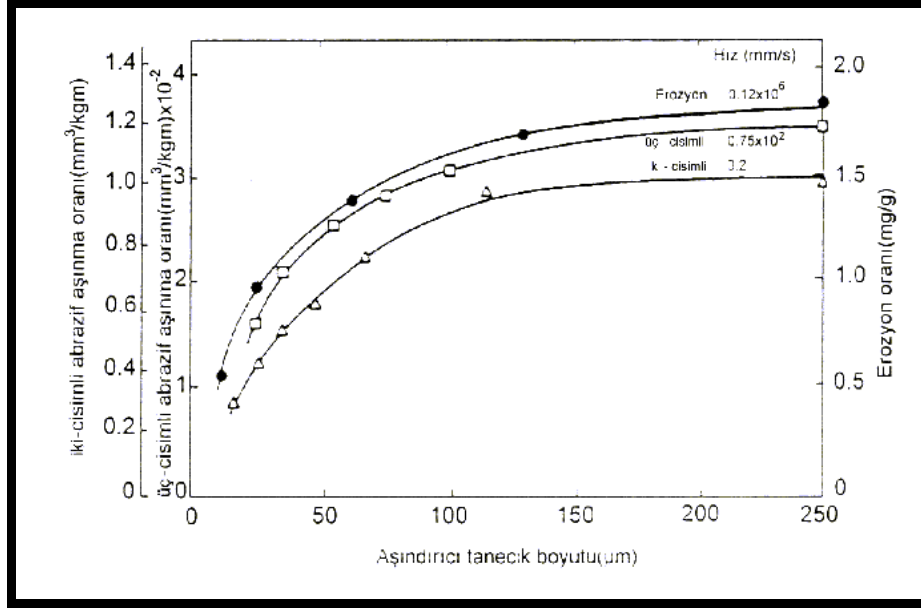
Abrazif Taneciğin Şekli:

Abrazif taneciğinin şekline bağlı olarak aşınma oranları önemli ölçüde değişmektedir. Açılı tanecikler ile ortaya çıkan aşınma oranı yuvarlak tanecikler ile karşılaştırıldığında daha fazladır[22].

Abrazif Taneciğin Boyutu:

Aşınma hacmi, aşındırıcı tanecik boyutunun kritik bir değerine kadar önemli bir oranda artmakta daha sonra bu artış yavaşlamakta veya sabit kalabilmektedir[22].

Şekil 4.14' den görüldüğü gibi aşınma direncine aşındırıcı tanecik boyutunun etkisi üç çeşit aşınma mekanizması için benzerlik göstermektedir. Dolayısı ile herhangi bir tür aşınma çeşidi için seçilen malzeme diğer aşınma çeşidi için de uygun olmaktadır[22].



Şekil 4.14 Erozyon, iki-cisimli ve üç-cisimli abrazif aşınma etkisindeki bakır malzemenin SiC aşındırıcı taneciği boyutu-aşınma oranı ilişkisi [22]

4.3.4.3 Tasarım Özellikleri

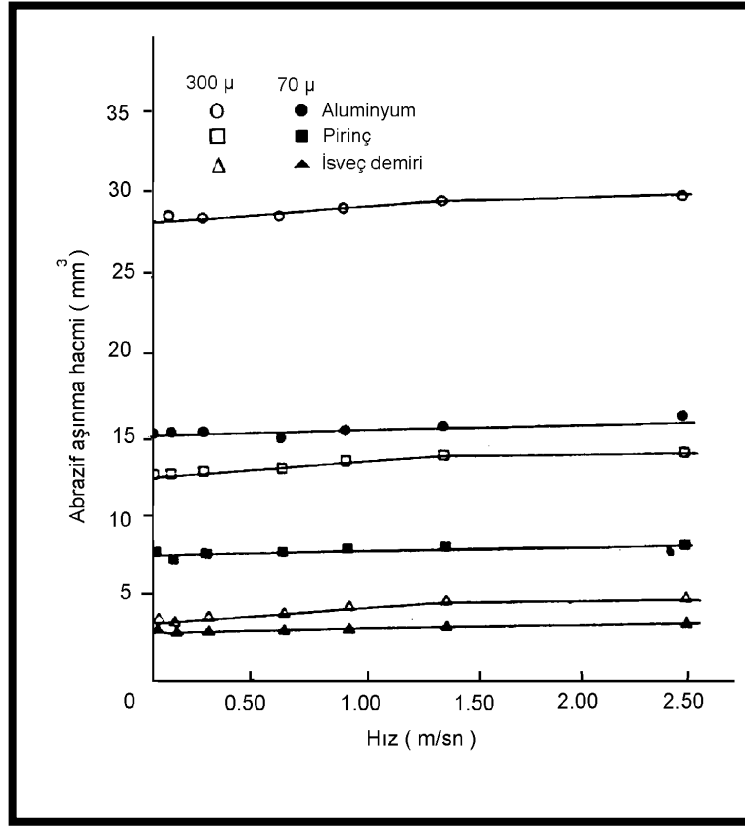
Yük (Kuvvet):

Çeşitli araştırmacıların yaptığı araştırmalarda teorik olarak adhezif ve abrazif aşınmanın her ikisinde de aşınma oranının yük ile orantılı olduğunu ayrıca deneysel olarak da %0,45 C'lu bir çeliğin aşınma deneyleri sonucunda aşınma oranı ve yük arasındaki ilişkinin düz bir hat gösterdiğini ve aşınma oranının yüke doğru orantılı olduğunu ortaya çıkarmıştır[22].

Hareket (Hız).

Khrushov ve Babichev ile Nathan ve Jones, kayma hızının 0-2,5 m/s aralığındaki artışlarda aşınma hacminin çok az arttığını belirtmişlerdir.

Şekil 4.15'te aşınma miktarına hızın etkisi gösterilmiştir). Aşınma hacmindeki bu artış büyük tane boyutlarında daha belirgindir.



Şekil 4.15 Aşınma miktarına hızın etkisi [22]

Malzeme Şekli:

Richardson tarafından geometrik boyutların aşınma üzerindeki etkilerini belirlemek amacı ile yaptığı deneysel araştırmalarda, toprak işleme aletlerinde kesme kenarının aşınma sonucunda parabolik şekle dönüştüğünü ve bu nedenle parabolik ağızların daha az aşındığını[22] ve Kantarcı[22] tarafından yapılan çalışmada da geometrik kesiti ideal daireye yakın olan numunelerin daha az aşındığını ve aşınma sonunda ideal daireye yaklaşım olduğu belirlenmiştir.

Çevre (Yağlama, Sıcaklık ve Nem):

Metal yüzeyleri, teknik bakımdan çok iyi işlenmiş olsalar bile, hiçbir zaman geometrik anlamda düzlemsel değildir. Çok küçük yüklerde dahi gerçekte birbirine değen yüzeyler, görülen yüzeyin çok küçük bir oranıdır. Bu noktalarda basınç, malzemenin akma sınırını aşabilmekte ve böylece gerçek değme yüzeyleri, normal kuvveti dengelemek için artan yükleme ile büyümektedirler. Buralarda bulunan oksit filmi yırtılır ve metal-metal teması

ortaya çıkar. Metalik temasın olduğu yerlerde de soğuk kaynama olayı rahatlıkla görülebilmektedir[22].

Yağlayıcı maddeler; sürtünmeyi azaltmak, aşınmayı önlemek veya en aza indirmek ve sıcaklık artışını engellemek için kullanılmaktadır[22].

4.4 Çatlaklar

4.4.1 Sıcak çatlaklar

Sıvı-katı faz bölgesinde (yaklaşık 1200°C) katılaşma esnasında veya hemen sonra tane sınırlarını takiben ilerleyen kaynak dikişi boyunca ve IEB'de oluşmaktadır. Genellikle yüksek alaşımlı Cr-Ni çeliklerinin kaynak bağlantılarında görülmektedirler(Şekil 4.16, 4.17, 4.18) Sıcak çatlaklar erimiş metalin sıcak sünekliği yetersiz olduğunda kaynak dikişinin soğuması sırasında kendini çekme etkisi altında ortaya çıkarır.

Tüm bunlara neden olan pek çok metalurjik faktör vardır. Bunlar;

Metalurjik Faktörler

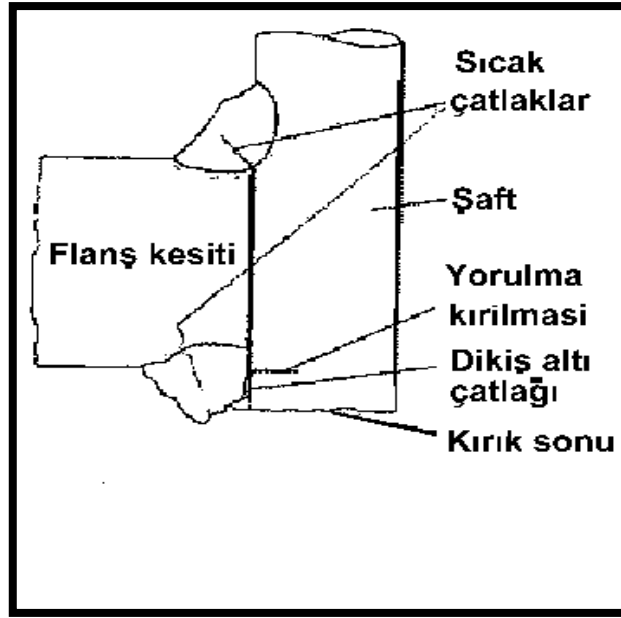
Segregasyonlar, erimiş bölgenin kimyasal bileşimine bağlı olan erimiş sıcak banyonun özelliği, belirleyicidir.

Kükürtün ve fosforun mevcudiyeti erimiş banyonun toplanma bölgelerinin mekanik dayanımını zayıflatır ve çatlaklar doğurabilir; ısı çevrimin etkidiği her sefer ciddi olup (örtülü elektrodlarla ark kaynağında) şu belirtilen değerleri geçmemek gerekir.($S < 0,04\%$. $P < 0,04\%$. $C < 0,13\%$, $Mn/S > 20$)

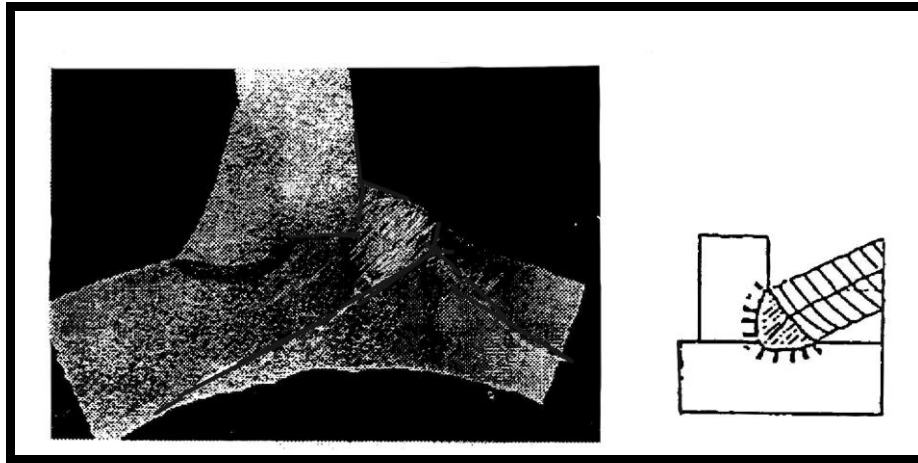
Kullanılan çelikler genel olarak düşük fosfor ve kükürt oranlı olup normal kaynak şartlarına uyulduğunda fazla problem çıkarmazlar.

Geometrik ve ısı gerilme faktörleri

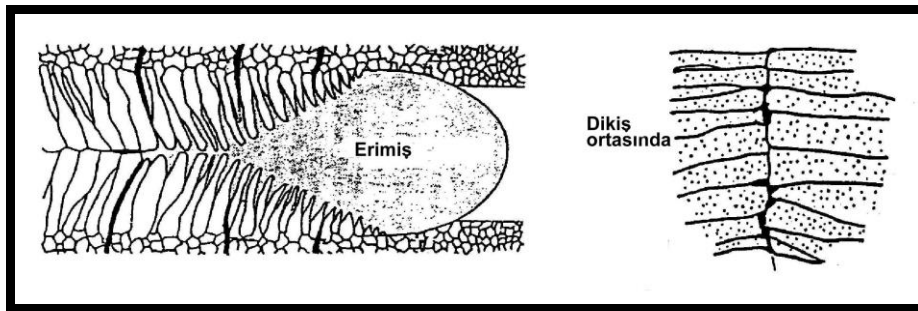
Kaynak ilave metalinin elastik limiti, kaynaklı bağlantının tespit edilme derecesi. IEB' de su verme yapısına bağlı gerilmelerle ve erimiş banyonun hacmi ile sınırlıdır[7].



Şekil 4.16 Flanş ve Şaft Birleştirmelerinde Sıcak Yırtılma[7]



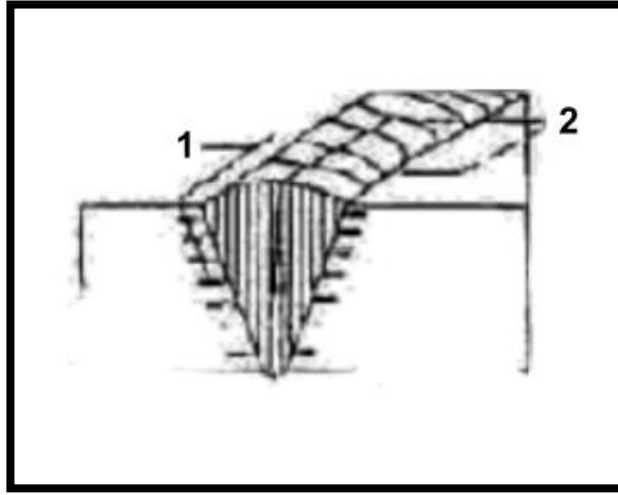
Şekil 4.17 Eşit olmayan kaynak ağzı, U ağız IEB'dedir., kök pasosu zayıf, Geniş sütunsal taneler[7]



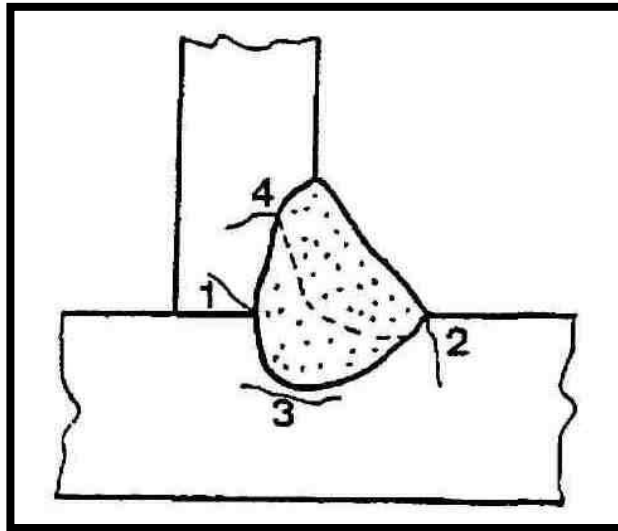
Şekil 4.18 Katılaşma Çatlaklarının Doğrultusu 1.Yüzey 2. Enine[12]

2 Soğuk çatlaklar

Soğuk çatlaklar; kaynak metalinin, bölgesel gerilmelerden dolayı kendisini çekmesi ve bu çekmenin engellenmesi sonucunda meydana gelirler. Tane içi ve taneler arasında ilerlerler. Genellikle yüksek karbonlu alaşımsız ve düşük alaşımlı çeliklerde görülebilirler. Bunlar ya esas metal sertleşmeye duyarlı ise dikişin soğuması sırasında ya hidrojen difüze olması sebebiyle IEB'de kaynak dikişine 1-2 mm mesafede dikiş boyunca tane içi ve arasından ilerleyerek yada yüksek mukavemetli yapı çeliklerinde görülen kaynak dikişinden başlayıp esas malzemeye tane içi kırılma şeklinde intikal eden çatlak tipleridir. (Şekil 4.20, 4.21).



Şekil 4.20 Soğuk Çatlaklar(1. Kökte çatlak)[7]



Şekil 4.21 Soğuk çatlak (2. Birleştirme çatlak; 3. Dikiş altında çatlak; 4. iki paso arasında birleştirme çatlakı)[7]

Çatlaklar düşük sıcaklıkta, bazen kaynaktan hemen bir kaç saat sonra IEB' de ortaya çıkar. Yukarıdaki şekilde rastlanılan değişik soğuk çatlak tiplerini göstermektedir kökte çatlak, birleştirmelerde çatlak, dikiş altı çatlak, iki paso arası birleştirme çatlakı. Bu çatlaklar genellikle, erime hattına paralel konumda yer almaktadırlar. Özellikle, kaynakta çatlama riskleri doğuran ilk paso(kök pasosu) sırasında ve birleştirmede çatlaklarında son paso sırasında ortaya çıkarlar.

Temel olarak soğuk çatlakların 3 nedeni vardır. Bunlar;

1) IEB' de gevrek yapı

Soğuma parametreleri ($\Delta t_{800/500}$) IEB yapısı üzerinde etkindir. Martenzitin varlığı sert ve gevrek bir yapıyı teşvik eder. Gevrek yapıda süneklik çok zayıftır; kristalografik kafes düzeni çok sayıda dislokasyonlar ve mikro çatlakların doğmasına neden olan ve ilerlemesini sağlayan yüksek kalıntı gerilmelere müsaittir.

2) IEB' de ve erimiş metal bölgesinde hidrojenin varlığı:

Hidrojen, kaynak yapılacak parçalarda; esas metal üzerindeki pas. boya, yağ. greslerin içinde veya havadaki neme maruz kalan kaynak tozları veya kaynak örtülerinde su şeklinde bulunabilir.

Kaynaklı bağlantının soğuması sırasında, ısınma sırasında A_{C3} noktasını geçen sıcaklık bölgelerinde allotropik dönüşümler söz konusudur.

Ferrit ve ostenit içinde hidrojenin erirliliğinin değişik olması en son kalan ostenit bölgesine doğru hidrojen birikimine neden olur. Eğer martenzitin varlığı durumunda, aşırı doymuş hidrojen;

boşluklar (hidrojenin bulunduğu küçük boşluklar) nedeniyle çatlama riskinin olduğu kristal kafesin dislokasyonlar arasında yoğunlaşır. Kaynak bölgesi alfa (α) fazında iken henüz ostenit (γ) alanında bulunan esas metalin IEB'sine yakın bölgede hidrojenin birikmesi nedeniyle kaynak bölgesi, genellikle esas metalinkinden daha düşük bir karbon oranına haizdir.

3) Gerilme durumu

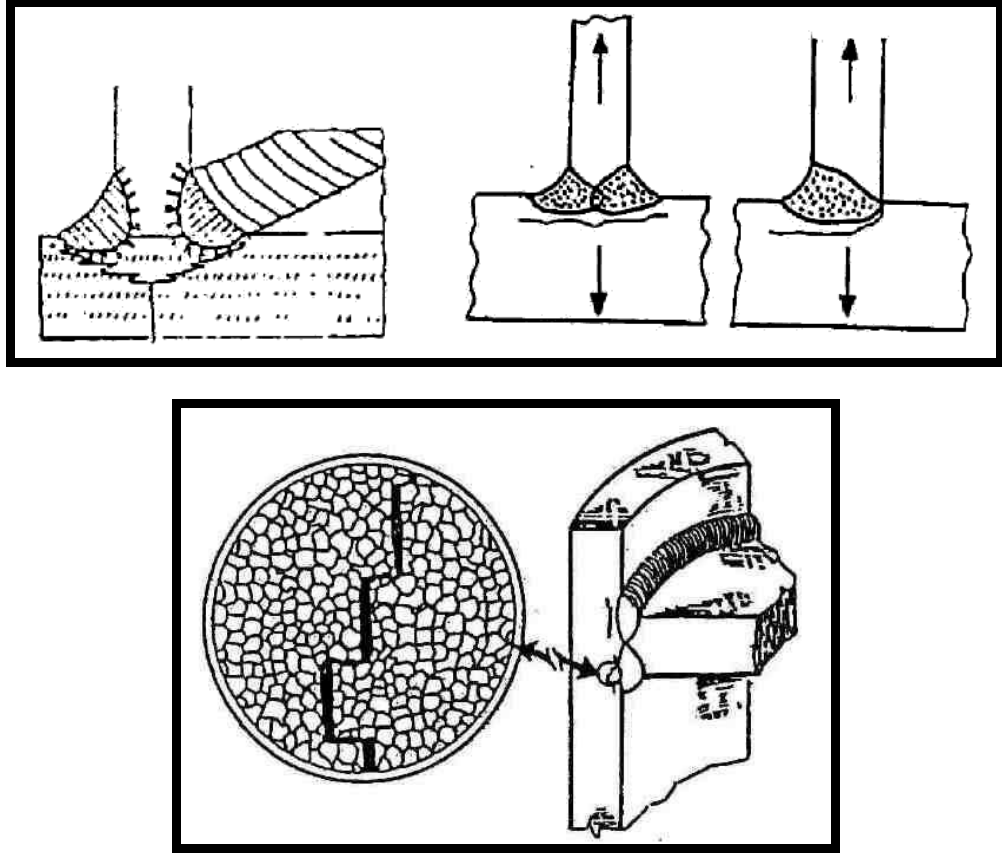
Bağlantının kullanılması sırasında zorlama nedeniyle gerilmelere ilave olan tahdit edilmiş kendini çekmeler sebebiyle tespit gerilmeleri, IEB'e doğru hidrojen birikimi işlemini hızlandırarak kolaylıkla mikro çatlakların oluşmasına yol açar.

Hidrojenin varlığı, kaynak bölgesinde plastik şekil değişimlerine bağlı olarak, metal yırtılmaları şeklinde küçük bölgesel hasarların görülmesine neden olabilir.

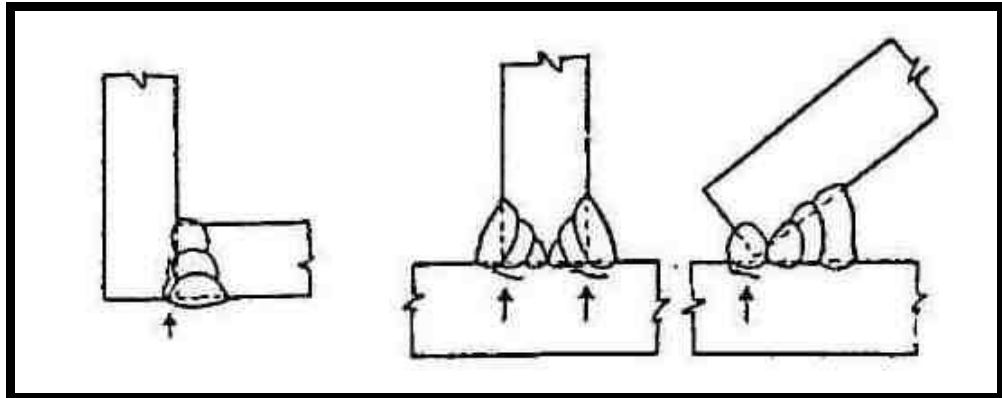
Lameler çatlak

Lameler yırtılma çatlağı; kaynak dikişine dik, kalınlık doğrultusunda zorlanan kaynak bağlantısında, hadde ürünü mamulün kenarına paralel olarak ortaya

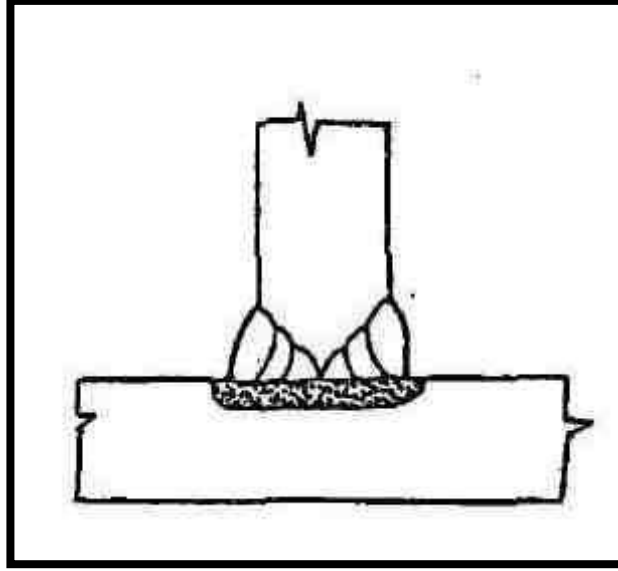
çıkan çatlamanın sonucudur. Çatlak; 25 mm'den daha kalın parçalarda, esas metalin içindeki kalıntıların bulunduğu düzlemleri takiben ayrılma şeklinde ortaya çıkar. İyi bir kaynaklı bağlantı tasarımı için minimum kalıntı içeren bir çeliğin seçimi gereklidir. (Şekil 4.22, 4.23, 4.24)



Şekil 4.22 Lameler yırtılmanın pratikte rastlanan durumu: Bir döküm kalıbının içindeki diyaframın köşe dikişinin mikroskopik ve genel görünüşü[7]



Şekil 4.23 Lameler yırtılmanın oluşma ihtimali olan bölgeler[7]



Şekil 4.24 Lameler yırtılmanın oluşumunu engellemek için uygulanan "dolgu" yöntemi[7]

4.5 Kırılma

A) Statik yükleme altında

Gevreklik, Sünek tip,

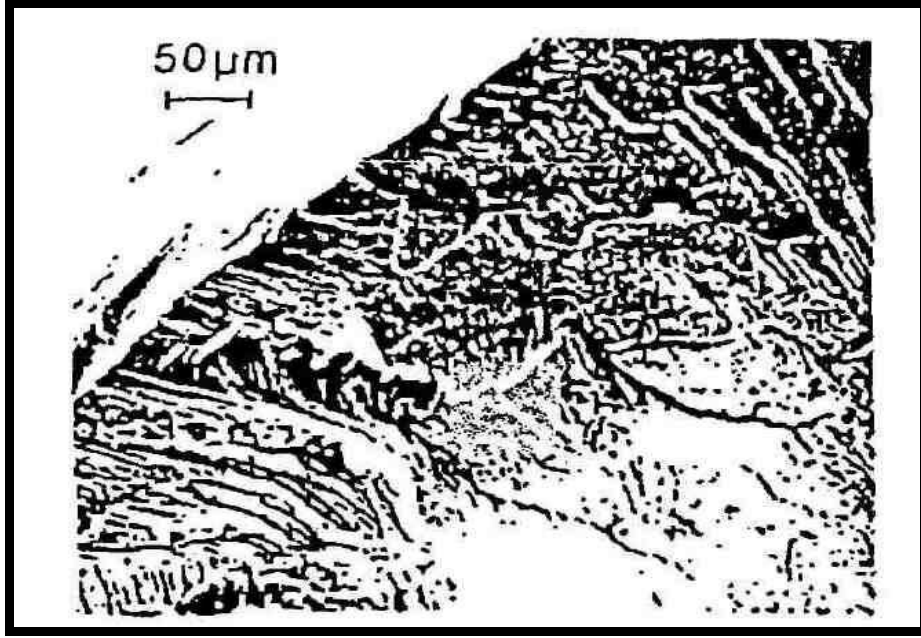
B) Dinamik yükleme altında

Yorulma kırılması.

Gevrek tip kırılma

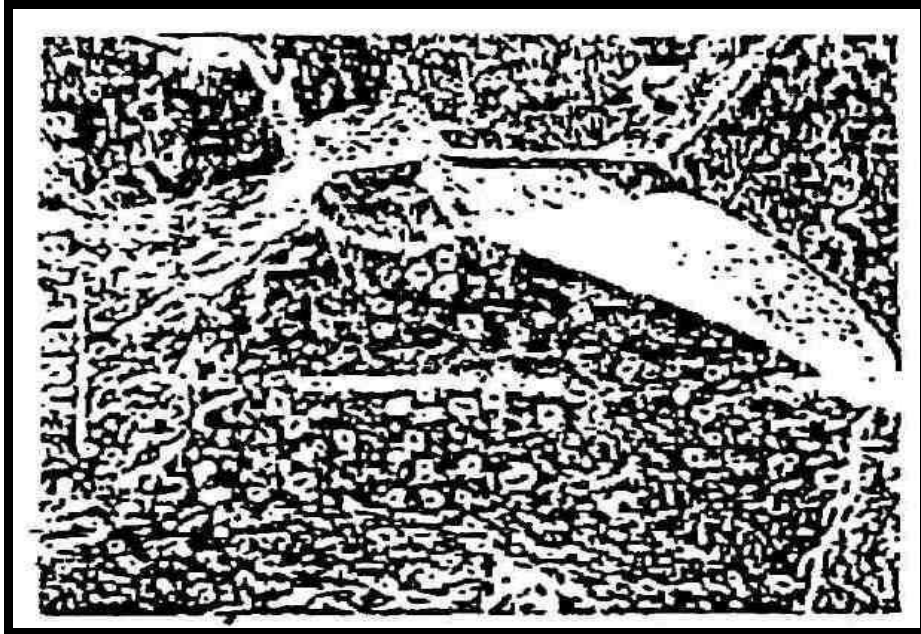
Gevrek tip kırılmada; lokal gerilme konsantrasyonlarının olduğu yerlerdeki kafes hataları veya geometrik kusurlar temel olarak rol oynarlar. Bu tip kırılmada, gözle görülür kayda değer bir kalıcı şekil değişimi olmaksızın atomlar arası bağların büyük bir ilerleme hızı ile kopması sonucu meydana gelir. Ayrılma direkt olarak özel kristallografik düzlemlerden olur. (demir için 100 düzlemi gibi) ve tane sınırlarını takip ederek taneler arası kırılma meydana gelir. Taneler arası gevrek kırılmada iki temel form gözlenmektedir

Sadece gevrek kırılmada denen bu tip, tane sınırlarında yabancı istenmeyen maddeler toplandığı zaman düşük sıcaklıklarda bağlanma enerjilerinin azalması sebebiyle meydana gelir. Şekil 4.25'te düşük alaşımlı bir çelikte ayrılma gevrek kırılması mikrofotografisi gösterilmiştir.



Şekil 4.25 Düşük alaşımlı bir çelikte ayrılma gevrek kırılması mikrofrafisi [7].

Sünme taneler arası kırılması, orta ve yüksek sıcaklıklarda ($>0.3 T_e^{\circ}K$) tane sınırlarında dislokasyonların birikmesiyle ortaya çıkan boşluklardan başlayıp oluşur. Şekil 4.26'da Cr-Mo alaşımlı çelikte sünme taneler arası kırılması gösterilmiştir. bağlantı üzerinde görülen küçük boşluklar sünme boşluklarıdır



Şekil 4.26 Sünme Taneler arası Kırılması[7].

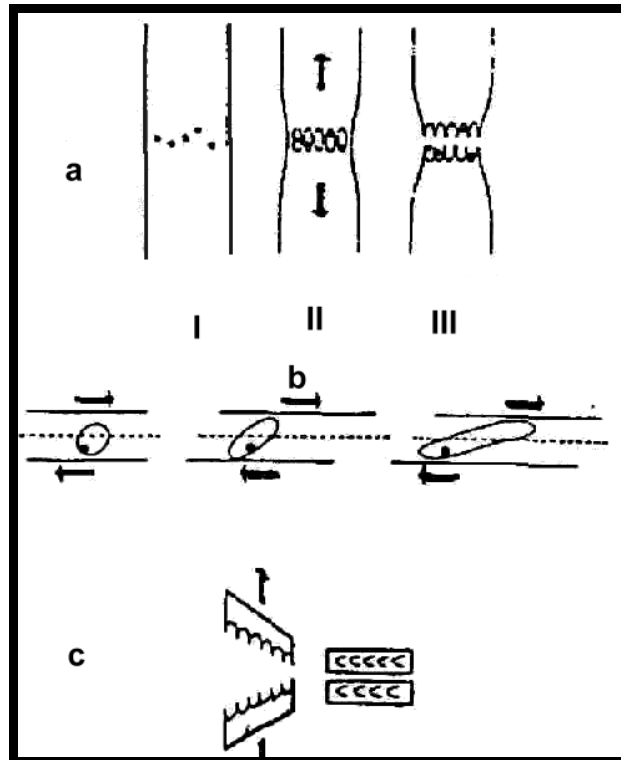
Sünek Kırılma:

Sünek kırılma; kristal hatalarının yanı başından doğan büyük lokal şekil değişimlerinin sonucudur. Sünek kırılmaya neden olabilecek hatalar;

- Alaşımlardaki ilave elemanlar,
- Kalıntılar,
- Isıl işlem sırasında katı eriyikte oluşan çökeltiiler,
- Dislokasyon yığılmaları
- Tane sınırları hatalarıdır.

Dış zorlamalar bu hataların hemen yanı başında büyük kalıcı şekil değişimlerini doğuran gerilme konsantrasyonlarını yaratırlar.

Sünek kırılmaya maruz kalmış parçanın incelenen kırığının belirli bölgelerinde, kalıntı veya çökeltmeler olan yan yana dizilmiş petekler şeklinde oluşum gözlenir ve kırılma genelde tane içidir. Bu durumda sünek kırılmayı aşağıdaki adımlarla basitleştirmek mümkündür.(Şekil 4.27 ve 4.28)



Şekil 4.27 Sünek yüzeyli kırılmada koniciklerinin meydana gelişinin şematik gösterimi[7]

Şekil 4.27'deki a,b,c bölümlerinin neyi ifade ettiği aşağıda gösterilmiştir.

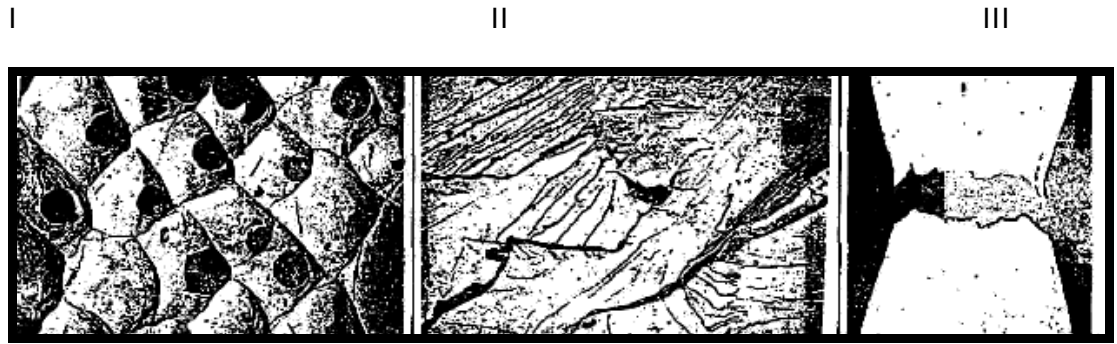
a)Uygulanan kuvvetin doğrultusunun normalinde kırık şeklini 3 aşamada

- Metal içinde bulunan kalıntı veya çökelmeler mertebesinde çatlakların ortaya çıkması sonucu gerek bu kalıntılar nedeniyle kırılma gerekse anayapı-kalıntı arasından yırtılmayla kırılma
- Bu çatlaklardan başlayıp şekil değişimi yönünde uzamış deliklerin oluşumu.
- Petek şeklinde kırılma oluşumunu meydana getirmek üzere bu deliklerin birleşmesini

b)Makaslama tipi deformasyonun meydana gelişiyle kırık oluşumu

c)Yırtılma kırılması: kırık profili ve düzeltildikten sonra kırığın her iki yüzeyinin görünüşünü göstermektedir.

Şekil 4.28 ise sünek kırılmanın mikrofraktografi görüntüleri verilmektedir.



Şekil 4.28 Sünek Kırılma Elektronik Mikrofraktografi görüntüleri [7]

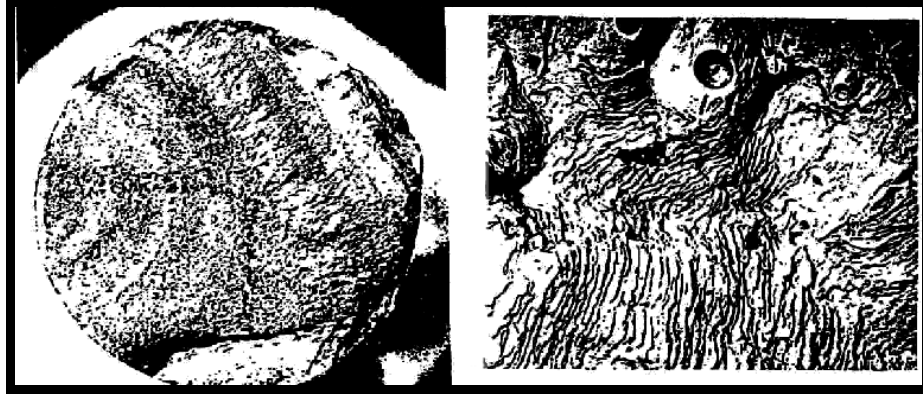
(X10.000 büyütmede gevrek kırılma. Koni uçlarında kırılmanın başladığı siyah renkte görünür durumda inklüzyonlar. II: (X4.000) Ayrılma şeklinde gevrek kırılma (Ekstra yumuşak çelik ve -196°C'de şok darbe ile kırılmış III: Silindirik kesitli bir deney parçasının kupa formundaki kırığı (X30))

Yorulma kırılması (Dinamik yükleme altında):

Yorulma kırılması malzemenin değişken periyodik zorlanmalar altında meydana gelen hasardır. Yorulma kırılması iki sonuçla gevrek ve sünek kırılmadan ayrılır. Bunlardan birincisi çatlağın gayet yavaş ilerlemesi diğeri ise hiçbir şekil değişimi olmaksızın aniden meydana gelen kırılma durumudur.

Kırık yüzeyinde yapılan incelemede, zorlama genliğine bağlı olan düz, parlak ipeksi yorulma çatlak bölgesi ve kabartmalı kırılma bitiş bölgesinden ibarettir. Birinci bölgede çatlakın odak noktası bulunmakta ve zorlamanın değişim durumuna göre farklı tonlardaki eğrilerden oluşan ve çatlak ilerleme hızlarını belirten durak çizgileri görülmektedir. Yorulma çatlakları genellikle en büyük normal gerilmeye diktir.

Şekil 4.29'da yorulma kırığı görüntüleri verilmiştir.



Şekil 4.29 Yorulma kırığı görüntüleri[7]

(Sol tarafta yorulma kırığının makrografik görünüşü, sağ tarafta yorulma kırığının Trans. Elek Mikr. X 10.000 büyütmede görülen karakteristik yiv çizgileri.)

Bundan önceki bölümlerde sırasıyla; Demir demiryolu taşıtlarında uygulanan kaynak yöntemleri , Raylarda uygulanan kaynak yöntemleri, Demiryolu ray ve taşıtlarında kullanım sırasında oluşan hasarlar verilmiş olup, Bundan sonraki bölümde bu hasarların giderilmesinde tamir-bakım kaynak yöntemlerinin uygulaması anlatılacaktır.

5. DEMİRYOLU TAŞIT VE RAYLARININ TAMİR-BAKIMINDA KAYNAK UYGULAMALARI

Genel olarak bakım ve tamire gerek göstermeyen sonsuz ömürlü hiç bir makina veya tesis yoktur; bu bakımdan bakım işleri olabildiğince tren işletmeciliğini aksatmayacak şekilde planlanmalı ve bakıma gereken önem verilerek makina ve tesislerin kullanım esnasında arıza çıkarma olasılıkları en aza indirilmelidir[24].

1967’de, ABD’de hükümet tarafından yaptırılan bir araştırmada endüstriyel tesislerin yıllık bakım maliyetlerinin 17 milyar doların üzerinde olduğu anlaşılmıştır. Tüm dünyada ise bu rakam 200 milyar DM’i bulmaktadır. [77,22].

Bilindiği gibi uygulama açısından kaynak üretim ve tamir kaynağı olarak iki ana grup altında toplanmaktadır. Kaynak yöntemi olarak her iki grupta aynı yöntemler uygulanabilirse de felsefe farklıdır.

Tamir kaynağında amaç, parçanın yeniden kullanılabilir hale getirilmesi veya aşınan kısımların daha dayanıklı bir alaşımla doldurulmasıdır. Burada işlemin zorluğu veya kolaylığı, yavaş yada hızlı yürütülmesi bir seçim kriteri değildir. Ayrıca kullanılan ilave kaynak metali imalat kaynağında kullanılanlardan daha pahalıdır ve yöntem seçimi daima tamir edilecek parça göz önüne alınarak yapılmaktadır. İmalat kaynağında ise en önemli kriter emniyet ekonomiklik ve hızdır..

Bu bölümde demiryolu taşıtlarının tamir-bakımında kaynak uygulamalarına değinilecektir.

Tablo 5.1’de Demiryolu sektöründe faaliyet gösteren kuruluşların onarım miktarları görülmektedir.

Tablodan görüldüğü gibi sektörde Tamir-bakım faaliyetleri hiç de azımsanmayacak miktarlara ulaşmıştır.

Tablo 5.1 Demiryolu Sektörü Kuruluşların Onarım Miktarları(1995-1998)[5]

Kuruluş/Bakım-Tamir	1995	1996	1997	1998
TÜLOMSAŞ				
DH-DE-E lokomotif onarımı	74	76	80	99
Yük vagon onarımı	469	474	424	45
TÜVASAŞ				
Yolcu vagon Onarımı	477	536	591	600
Elektrikli banliyö treni onarımı	16	17	10	11
Dizel motorlu tren onarımı			6	1
TÜDEMSAŞ				
Yük vagon onarımı	2459	2546	2768	3662
ADF				
DE lokomotif onarımı	40	43	42	34

5.1 Tamir-Bakım İşlerinde Kaynak

Günümüz endüstrisinde kırılan , aşınmış parçaların kaynakla doldurulması konusu büyük bir öneme sahiptir. Aşınan fonksiyonel ölçülerini kaybeden veya kırılarak kullanılamaz hale gelen parçaların kaynak ile tamiri ve doldurulmasının sağladığı üstünlükleri şu şekilde sıralayabiliriz.

- Tamir işlemi yeni parça ile kıyaslanamayacak derecede ucuza mal olmakta ve tamirat çok kısa bir zaman süresinde gerçekleştirilebilmektedir.
- Bu tamir olanağı, yedek parça stoklarını asgariye indirdiğinden kullanıcı kuruluşlara büyük bir finans kolaylığı sağlamaktadır.

- Birçok halde parçanın kaynak ile tamiri, büyük bir demontaj gerektirmeden yapılabilmektedir.
- Aşınmış kısımlar uygun bir kaynak metali ile doldurularak parçanın ömrü orijinal parçadan daha uzun hale getirilebilmektedir.

Hasarın ortaya çıkacağı anlaşıldığında veya hasar ortaya çıktığında; tamirat kaynağından sorumlu olan teknik elemanın tecrübelerinin ışığı altında aşağıdaki;

- a)Hasarlı elemanın kaynak ile tamir edilip edilemeyeceği,
- b)Hasarlı elemanın kaynak ile tamiratından başka kolay, hızlı ve daha ekonomik bir tamirat yönteminin bulunup bulunmadığının,
- c)Hasarlı elemanın bulunduğu yerden sökülüp sökülmeceği,
- d)Hasarlı elemanın, kaynak yapıldıktan sonra kullanılabilirlik verimi önem kazanmaktadır.

Ancak bu konular hakkında bilgi sağlandıktan sonra kaynağın süresi ve kalitesi hakkında kesin karara varılabilecektir. Tamirat kaynağında uygulama aşamasına geçilebilmesi için aşağıdaki temel adımları tamamlamak gereklidir. Bunlar;

- Tahribatlı veya aşınmış olan bölge ile ilgili olarak gerekli bilgilerin sağlanması;
- Tamirat kaynağının teknolojik ve ekonomik maliyeti ile hasarlı elemanın kaynaktan sonra kazanacağı kullanılabilirliği hakkında tahmin yapılması;
- Yukarıdan gelen bilgilerden istifade ederek gerekli kaynak tedbirlerinin tasarlanıp böylece kaynağın nasıl yapılabileceğinin parametrelerle birlikte tespit edilmesi ve tespit edilen bilgi ve kaynak parametrelerinin yardımıyla tamirat kaynağının teknik elemanlar gözetiminde, deneyimli kaynakçılar tarafından uygulanmasıdır[16,15,17,18].

5.1.1 Hasarlı Bölge İle İlgili Bilgi Sağlanması

Hasarlı olan elemanın konstrüksiyondaki yeri, büyüklüğü ve şekli bu bölgeye kaynak tatbik edilebilmesi açısından önemlidir. İyi bir kaynak işlemi için gerekli pozisyonda belirli bir çalışma serbestliği esastır. Hasarın

büyükluğüne, parça kalınlığına bağlı olarak tamirat kaynağının maliyeti ve süresi yaklaşık olarak tahmin edilebilir.

5.1.1.1 Bilgi Sağlama Yöntemleri

Soruların cevaplandırılmasıyla sağlanmış olacak bilgi toplama işleminde adımlar; soruşturma, inceleme ve kontrol etme şeklindeir. Bu işlemlerden sonra hasarlı bölge ile ilgili tüm bilgiler elde edilmiş olur. Soruşturma sırasında hasarlı bölge ile ilgili sorular ve başka kullanılabilecek iddia ve esaslar değerlendirilir.

İnceleme sonucunda, tamirat kaynağı ile ilgili ilk bilgilerin akışı sağlanmalıdır. Bu işlem sırasında, hasara uğrayan elemanın malzemesi, kırık yüzeyinin incelenmesinden örneğin yüzey beyaz ve mat ise elik , yüzey gri ise dökme demir olduğu şeklinde anlaşılabilecektir. Kırık yüzeyindeki ince taneli oluşum bize hasara uğrayan malzemenin imalatı sırasında uygun bir ısıtılma işlemine tabi tutulduğunu böylece malzeme cinsinin yanı sıra geçirilen ısıtılma işlem durumunu da ortaya çıkarmaktadır. Bunun için yüzeyin temiz ve hasarlı bölgeye el sürülmemiş olması gereklidir.

Kontrol işlemleri sırasında bilgi akışını sağlayacak yöntemlerden istifade etmek gerekir. Hasara uğrayan bölgede sertlik ölçümü oldukça önemlidir yalnız burada parçanın üst yüzeyinin işlenmiş olabileceğinin göz önünde tutulması gereklidir zira bu takdirde iç kısımlarda büyük bir sertlik olabileceği düşünölmelidir. Kontrol işlemleri arasında olan magnetik muayene metoduyla malzemenin niteliği hakkında önemli bilgiler beklenemez. Örneğin alaşımsız, düşük alaşımlı ve yüksek alaşımlı ferritik, perlitik, martenzitik Cr-Ni esaslı çelikler magnetiktir. Kontrol işlemlerinde oldukça önemli bir yeri mekanik ve metalografik işlemler alır. Mekanik kontroller uzun süre görev yapmış konstruksiyon elemanlarına uygulanır.

Tahribatlı bölge ile ilgili olarak sağlanan bilgilerin doğru ve çok olması kaynağın kalitesine tesir etmesi yönünden önemlidir. Tablo 5.2'de Hasarlı bölge bilgi teminiyle ilgili sorular gösterilmiştir[7].

Bilgi akışı için tecrübelerden istifade edilerek hazırlanan soru listesinin bir önemli avantajının da soru içeriğiyle birlikte sıralarının aynı olması böylece hasarlı bölge ile ilgili bilgilerin kolayca elde edilmesinin yanı sıra soru listesinin her yere uygulanabilecek türde üniversal olmasıdır.

Tablo 5.2 Hasarlı Bölge bilgi Teminiyle İlgili Sorular[7]

01	Siparişi verenin kimliği,
02	Hasar gören eleman hangi makinaya aittir ?
03	Hasar gören elemanın adı nedir ?
04	Hasar gören elemanın büyüklüğü ve şekli nedir ?
05	Hasar gören elemene etkiyen zorlanmalar ne türdendir ?
06	Hasar oluşuncaya kadar geçen süre miktarı nedir ?
07	Hasarın veya aşınmanın türü nedir ?
08	Hasarın veya aşınmanın, konstrüksiyondaki konumu nedir?.
09	Hasara uğramış veya aşınmış bölgenin parça kalınlığı nedir?
10	Hasara uğramış veya aşınmış bölgenin malzemesi nedir ?
11	Hasara uğramış veya aşınmış bölgenin malzeme yapısı nasıldır?
12	Kullanılacak ilave metalin cinsi ne olmalıdır ?
13	Hasara uğramış veya aşınmış kısım daha önce kaynakla onarılmış mı?

5.1.1.2 Hasarlı Kısımın Malzeme Türü İle İlgili Bilgileri

Hasarlı kısma tatbik edilecek olan tamirat kaynağının yapılabilirliği, bu bölgenin malzemesi ile yakından ilgilidir. Eğer malzeme türüyle ilgili bilgi veren döküman yoksa kimyasal analiz metodu ile yapıyı belirlemek gereklidir. Örneğin çelik malzemenin alaşım elementlerinin bilinmesi kullanılacak kaynak ekipmanları ve metodu yönünden gereklidir.

Az Alaşımlı Karbon Çelikleri:

Bu malzemeler özellikle düşük gerilmelere maruz parçaların üretiminde yoğun olarak kullanılırlar. Ana metal, özel bir önlem almadan kolaylıkla kaynak edilebilir. Aşınmaya karşı koruyucu kaplama yapmadan önce, parçaların aşınmadan dolayı bozulan ölçüsü, şekli, ağırlığı eğer özel bir şart istenmiyor ise, hafif alaşımlı bir kaynak metali ile düzeltilir ve bunun üzerine sert dolgu yapılır[86,22].

Az Alaşımlı Karbon/Manganez Çelikleri:

Bu malzemeler özellikle yüksek gerilmelere maruz parçaların üretiminde kullanılır. Malzemenin karbon eşdeğeri ve buna bağlı olarak ön ısıtma parametrelerine uymak şartı ile, her türlü kaynak usulü ile sert dolgu yapılmasına olanak vardır. Karbon eşdeğerinin 0,05'ten daha yüksek olduğu durumlarda , ani soğuma, tokluğun hızla düşmesine ve kırılganlığın oluşmasına neden olur. Bazı şartlarda ana metal ile sert dolgu metali arasında karışımı önlemek için tampon bir tabaka atılır[17,18,86,22].

Ostenitik Paslanmaz Çelikler:

Bu çeliklerin korozyondan doğan aşınma olayları dışında kullanma alanları oldukça sınırlıdır. Distorsiyon ve çatlamalara neden olmamak için bu tip çeliklere yapılacak sert dolgu minimum ısı girdisi ile gerçekleştirilmeli ve pasolar arasında sıcaklık 170°C'yi geçmemelidir.

Özellikle alaşım elementi olarak Niobyum ihtiva eden malzemelerde sert dolgu uygularken karışımın minimum olmasına dikkat edilmelidir. Aksi takdirde malzemenin bünyesinde çatlama direnci düşecek ve kırılganlık olacaktır. Aynı zamanda karbonu stabilize eden elementler içermeyen ve karbon miktarı % 0.04'ten yüksek olan ostenitik paslanmaz çeliklerin 600°C sıcaklıktan sonra korozyona mukavemeti de hızla düşecektir[35,83,84,92].

Ferritik Paslanmaz Çelikler:

Bu tip malzemelerin kaynağında ısı girdisinden dolayı yapı hızla değişir ve sertleşerek kırılgan bir malzeme olur. Olası çatlamları önlemek için, kaynaktan önce 300°C civarında bir ön ısıtma yapmakta yarar vardır. Çoğu zaman sert dolgunun ana metalle karışımını önleyebilmek için tampon dolgu yapılmalıdır[35,92].

Ostenitik Manganez Çelikleri:

Bu sınıfa giren çelikler darbeli çalışma ile abrazyonun birlikte ortaya çıktığı çalışma şartlarında yoğun olarak kullanılır. Soğuk deformasyonla sertleştikleri için, sürekli kendini yenileyebilen, sert bir yüzey oluşturan mikro yapıya sahiptirler. Buna karşılık bu tip malzemelere; ısı girdisi ile (kaynaktan dolayı olan ısınma) karbür çökmesi olduğu için sert kaplamak zordur. Çünkü, bu iç yapı değişikliği parçanın "darbeli ortamdaki" mukavemetini düşürür.

Bu tip malzemeye dolgu kaynağı uygularken, parçanın ısısı 150 °C'yi geçmemelidir. Dolgu kaynağı için önerilen kaynak usulleri de sınırlıdır. Oksi-gaz yada termik püskürtme usulleri, ısının parçanın iç kısımlarına kadar yayılmasına neden olduğu için kesinlikle kullanılmamalıdır [35,65,83,92].

Dökme Demirler:

Birçok dökme demir türü olmasına karşın bunların ancak bazılarını kaynak ile sert dolgu uygulanabilir. Abrasyon dayanıklı martenzitik tipler, Ni-hard, beyaz dökme demir çatlaklara neden olacağı için kaynakla doldurulmazlar. Ancak lamelli ve küresel grafitli dökme demirlere sert dolgu uygulanabilir. Bu gibi durumlarda 300 °C' ye kadar bir ön tavlamanın da yararı vardır[93].

5.1.1.3 Hasarlı Kısımın Isıl İşlem Durumu İle İlgili Bilgileri

Konstrüksiyonda kullanılan parçalara özelliklerinin iyileştirilmesi gayesiyle bir takım ısı işlemleri tatbik edilmektedir. Örneğin, mekanik özelliklerini iyileştirmek için normalleştirme tavlama, ısıl dengesizliklerin yarattığı büzülme gerilmelerin gidermek için gerilme giderme tavlama, yüksek zorlanmalara maruz kalan alaşımsız veya az alaşımlı çelikten yapılmış yapı elemanlarına ıslah etme tavlama, yüksek sıcaklıkta çalışması gereken ve aşınmaya dayanıklı olması istenen parçalara nitrasyon gibi ısı işlemleri uygulanmıştır. Bu ısı işlemlerinin tamirat kaynağı uygulanacak hasar bölgesine tatbik edilip edilmeyeceğinin bilinmesi gereklidir. Eğer hasar gören eleman kaynaklı imalat işlemi görmüşse ve hasar bölgesi kaynak dikişine yakın değilse bu durumda kullanılan ilave malzemenin hasarla herhangi bir ilgisi yoktur. Ancak kaynak bölgesinde hasar oluşmuşsa bu defa uygun olmayan ilave malzeme kullanılmış demektir. Uygun ilave malzeme ve metod için hem parçanın türünün hem de ilave kaynak malzemesinin türünün bilinmesi gereklidir. Bilinmediği takdirde kaynak metaline olumsuz etki yapmayacak kimyasal, mikro yapı ve sertlik deneyleri yapılarak bu konunun açıklığa kavuşturulması gereklidir.

5.1.2 Elde Edilen Bilgilerin Değerlendirilmesi

Tamirat kaynağının amacı; konsürüksiyonun hasarlı elemanına, bu hasara uğramadan önceki kullanılabilirliğini kazandırabilmektir. Tamirat kaynağına girişilmeden önce elde edilen tüm bilgiler değerlendirilip eğer elde

edilemeyen bilgi varsa bunlarda dikkate alınarak tatbik edilecek kaynak konusunda tahmin ve değerlendirme yapılır.

5.1.2.1 Tamirat Kaynağının Sınırsız Yapılabilirliği

Değerlendirmeler neticesinde hasarlı parçanın tamirat kaynağı ile onarıldıktan sonra daha önce tasarlandığı gibi kullanılabilirliğine karar verilir ve bundan sonra öngörülen yöntemlerle tamirat kaynağı tatbik edilir.

5.1.2.2 Tamirat Kaynağının Sınırlı Yapılabilirliği

Elde edilen bilgiler sonucu yapılan değerlendirmeler hasarlı parçanın tamirat kaynağı ile onarıldıktan sonra eski kullanılabilirliğine erişilemeyeceği tahmini yapılabilir. Bu durumda kaynak ile tamir edilme durumunda kalınan eleman sınırlı kullanılabilirliğe sahip olacaktır.

5.1.2.3 Tamirat Kaynağı Tatbikinin İmkansızlığı

İlgili bilgilerin değerlendirilmesi neticesi hasara uğrayan elemanın tamirat kaynağı ile onarıldıktan sonra eski kullanılabilirliğine erişemeyeceği sonucuna varılır. Hasara uğrayan elemanın, malzemesinin kaynağa uygun olmaması neticesi özellikle ısıdan etkilenmemiş bölgede çatlak oluşumu önlenemeyebilir.

5.1.3 Tamirat Kaynağı İş Sahasının ve Maliyetinin Tahmini

Hasara uğrayan elemanın tamiratının ne kadar süreceğinin bilinmesi önemli bir konudur. Böylece makinanın veya tesisatın ne zaman çalışmaya başlayacağı belirlenmiş olacaktır. Tamirat kaynağı işlemi görecektir olan hasarlı parça ile ilgili bilgiler eksiksiz olarak tespit edilebilmiş ise onarımın yapım süresi hakkında tahmin, ilgili teknik adam tarafından isabetli olarak belirlenebilecektir. Tamirat süresinin saptanmasının yanı sıra edinilen bu bilgiler, maliyetin çerçevesinin bilinmesine yardım edecektir. Tamirat kaynağına girilmeden önce, kaynağı uygulayacak teknik elemanca aşağıdaki veriler toplanmalıdır..

- 1)İşletmenin uygun şekilde kaynak yapabilmek için gerekli tüm şartları sağlayıp sağlamadığı
- 2)Tamirat kaynağı için gerekli olan malzemelerin yeterli miktarda ve mevcut olup olmadığı

Yukarıdaki sorulardan 1. Şart sağlanmamışsa tamirat kaynağının uygulanabilme imkanı yoktur. Eğer 1.şart sağlanmış ancak 2. şart sağlanmamışsa eksik olan ihtiyaçların tamirat kaynağına başlanılmadan önce temin edilmesi gereklidir, bunun mümkün olmadığı takdirde tamirat kaynağının uygulanma imkanı yok demektir. Olumsuzluklara rağmen tamirat kaynağı yapılmaya çalışılırsa sorumsuzca davranılmış ve böylece işletmeye zarar verebilecek daha büyük hasarlar davet edilmiş olur.

5.1.4 Tamir Kaynağı Teknolojisi

Çatlayan, kırılan veya aşınan elemanın bu hasar görmüş kısımlarıyla ilgili tamiratı sırasında neyin, nasıl, nerede ve ne zaman yapılabileceğiyle ilgili tespitler yapılır. Bu tespitler yapılırken tahribatlı kısım ile ilgili bilgilerin göz önünde tutulması gereklidir.

5.1.4.1 Kaynak Metodunun Tespiti

İmalatta olduğu gibi tamirat kaynağında da en uygun kaynak yönteminin seçilmesine özen gösterilmesi gereklidir. Tamirat kaynağında çoğu zaman kaynak uygulanacak yapı elemanının;

- Konumu.
- Ulaşılabilirliği,
- Kalınlığı

mekanik veya otomatik kaynak metodlarının kullanılmasına izin vermez bunun yanı sıra hasarlı elemanın imalatında kullanılan çelik türüne göre seçilecek olan ilave kaynak malzemelerinin cinside ne tür bir kaynak metodu kullanılabileceğine ışık tutar.

Kaynak metodunun belirlenmesinde, mevcut tüm kaynak yöntemleri göz önünde bulundurulmalı ayrıca mekanik ve otomatik kaynak usullerinin sadece özel durumlarda kullanılabileceği hatırdan çıkarılmamalıdır. Birleştirme ve doldurma kaynaklarında kaynak metodunun tespitinde bilinmesi gerekli bilgiler;

a)Hasarlı eleman ile ilgili olanlar

- Malzeme türü,
- Kaynak yapılacak bölgede parça kalınlığı,

- Kaynak bölgesinin konumu,
- Kaynak bölgesine ulaşılabilirlik,
- Hasarlı elemanın büyüklüğü, şekli ve kütlesi.

b)Kaynak teknolojisi ile ilgili olanlar

- Kaynak pozisyonu,
- Kaynak ağız şekli,
- Ön tavlama sıcaklığı,
- İlave malzemeler,

Yukarıdaki bilgilere göre tespit edilen kaynak yönteminin doğruluğunun kontrolü için aşağıdaki hususlar gözden geçirilmelidir.

- Tespit edilen kaynak yönteminin hasarın tamiri için uygun olup olmadığı,
- İki ayrı kaynak yönteminin birden kullanılmasının, belirgin bir avantaj sağlayıp sağlamadığı,
- Uygulanacak kaynak yöntemi için gerekli hareket serbestliğinin olup olmadığı,
- Hasarlı elemanın imal edildiği çelik türüne bağlı olarak seçilen ilave malzemenin, kaynak yöntemi için uygun olup olmadığı,

Tamirat kaynağında; gaz ergitme kaynağı, elektrik ark kaynağı, MAG/MIG ve TIG gibi kaynak yöntemleri uygulanır. Bu yöntemlerin avantajları, dezavantajları ve kullanım alanları incelenerek en uygun olan kaynak usulü seçilir.

5.1.4.2. Kaynak İçin İlave Malzemelerin Tespiti

Hasar gören elemanın kaynak ile onarılması sırasında istifade edilecek çok sayıda kaynak ilave malzemeleri vardır.

Tamirat kaynağının, kaynak ilave malzemesi seçiminde hata yapmamak için hasarlı eleman ile ilgili aşağıdaki bilgilerin ve teknolojik durumun ele alınıp birlikte değerlendirilmesi gereklidir.

a)Hasarlı malzeme ile ilgili bilgiler

- Malzeme türü,

- Isıl işlem türü,
- İşletme sırasındaki zorlanma.

b)Kaynak teknolojisi ile ilgili bilgiler

- Kaynak pozisyonu,
- Kaynak metodu,
- Tatbik edilecek ısı işlem.

Ayrıca kaynak ilave malzemesi seçiminde aşağıdaki hususların da göz önünde bulundurulması gereklidir.

1.Kaynak uygulanacak hasarlı elemanın malzemesi yeterli şekil değiştirme kabiliyetine sahip ise;

- Alaşımsız çelikler için; aynı mukavemete sahip ve aynı zamanda iyi bir şekil değiştirme kabiliyetine sahip düşük miktarda karbon içeren ferritik-perlitik kaynak metali oluşturacak ilave malzemeler seçilir,
- Az alaşımlı ve yüksek alaşımlı ostenitik çelikler için, kimyasal bileşimi esas malzemenin mekanik değerleri ile aynı olan bir kaynak metali oluşturacak ilave malzemeler seçilir.

2)Özel durumlarda seçilebilecek kaynak ilave malzemeleri. Örneğin:Eğer kaynak bağlantısının esas malzeme ile aynı mekanik değerlere sahip olması gerekmiyorsa alaşımsız GGG (Sfero) dökme demirin kaynağı için ostenitik kaynak ilave malzemeleri kullanılabilir. Hasar gören demir esaslı metaller için ilave malzemeler Tablo 5.3'de gösterilmiş olup ilave malzemelerden amaca en uygun olanı seçilebilir.

5.1.4.3 Uygulanacak Isıl İşlemin Tespiti

Tamirat kaynağında, teknik sorumlu kişi ısı işlemi gerekli olup olmadığına gelişi güzel karar veremez. Isıl işlemin nasıl ve ne zaman yapılacağı, hasar gören elemana göre belirlenir. Bunun için de ısı işlemi; hasar gören eleman ile ilgili bilgiler ve kaynak yapıldıktan sonra bağlantıdan beklenecek özellikler de göz önünde tutularak belirlenir

Birleştirme ve doldurma kaynağında tatbik edilecek ısı işlemin tespitinde hatalardan kaçınmak için hasar gören elemanlarla ilgili bilgiler ve kaynak teknolojisi bilgileri arasında bağlantı kurulması gereklidir.

Tablo 5.3 Demir esaslı metaller için ilave malzemeler[7]

Malzeme Grupları	İlave Malzeme	Kaynak Metali İle Esas Malzeme Mekanik Değerlerinin Karşılaştırması		
		Uzama	Çekme Dayanımı	Çentik Darbe
Alaşımsız Çelik	Aynı tür (%C az,%Si,Mn yüksek)	Aynı	Aynı	Yüksek
	Farklı tür(Ostenitik değil)	Aynı	Aynı	Yüksek
Düşük Alaşımlı Çelik	Aynı tür	Aynı	Aynı	Aynı
	Farklı tür (Ostenitik, değil)	Aynı	Aynı	Aynı
Isıya Dayanıklı Çelik	Aynı tür	Aynı	Aynı	Aynı
	Farklı tür(Ostenitik, değil)	Aynı	Aynı	Aynı
İslah Çeliği	Aynı tür	Düşük	Düşük	Yüksek
	Farklı tür	Düşük	Düşük	Yüksek
Sementasyon Çeliği	Aynı tür	Düşük	Düşük	Yüksek
	Farklı tür (Ostenitik, kullanımına uygun değil)	Düşük	Düşük	Yüksek
Yük.Alaşımlı Çelik	Aynı tür	Aynı	Aynı	Aynı
Perlitik-Martenzitik	Farklı tür	Aynı	Aynı	Yüksek
Ostenitik	Aynı tür	Aynı	Aynı	Aynı
GGL Kır Dökme Demir	Aynı tür	-	Aynı	-
	Farklı tür (Ostenitik, kullanım duruma bağlı)	Yüksek	Yüksek	Yüksek
GGG Sfero Dökme Demir	Aynı tür	Aynı	Aynı	Aynı
	Farklı tür	Aynı	Aynı	Aynı

a)Hasar gören eleman ile ilgili bilgiler;

- Elemanın büyüklüğü, şekli ve kütlesi,
- Hasarın konumu,
- Hasarlı bölgenin parça kalınlığı,

- Uygulanmış olan ısıt işlem.

b)Kaynak teknoloji bilgileri,

- Kaynak yöntemi,
- ilave malzeme,
- Kaynak pozisyonu.

5.1.4.4 Kaynak Parametrelerinin Tespiti

Kaynak parametreleri; kaynak usulü ve kaynak bağlantısının kalitesini direkt olarak etkiler. Kaliteli bir kaynak bağlantısından bahsetmek için kaynak parametrelerinin iyi seçilmiş olması ve bu seçimde hata yapılmaması için aşağıda belirtilen hasar gören eleman ile ilgili ve kaynak teknolojisi bilgilerinin beraberce değerlendirilmesi gerekmektedir.

a)Hasar gören eleman ile ilgili bilgiler;

- Malzeme türü,
- Kaynak bölgesindeki parça kalınlığı,
- Isıt işlem durumu.

b)Kaynak teknolojik bilgileri;

- Kaynak ağızı şekli,
- Kaynak pozisyonu,
- Kaynak yöntemi,
- İlave malzemeler ve bu malzemelerin çapı.

Bu bilgilerin doğruluğunun kontrolü için aşağıdaki hususların yeniden gözden geçirilmesi gerekmektedir.

I.Kaynak parametrelerinin tespitinde, hasar gören elemanın kimyasal bileşimi ve ısıt işlem durumunun doğru alınıp alınmadığı,

II.Tespit edilmiş parametrelerle; kaynak bağlantısında esas malzeme ile aynı mekanik değerlerin elde edilip edilmediği,

III.Tespit edilen parametrelerle hatasız bir kaynak bağlantısı sağlanıp sağlanmadığı,

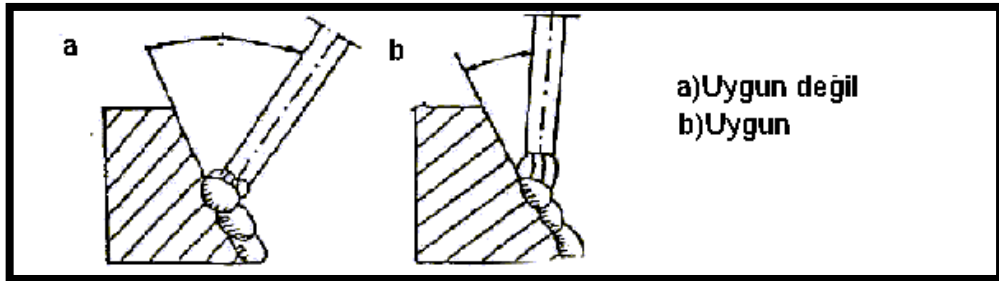
5.1.5 Tamirat Kaynağının Uygulanması

Tamirat kaynağını yapan kaynakçı, kaynak eğitimi sırasında almış olduğu bilgileri birleştirme ve doldurma kaynağında kullanmak durumundadır. Kaynakçı, hasar gören eleman için tespit edilmiş teknolojik kaynak tedbirlerini değiştirmeye yetkili değildir. Ancak bununla beraber işin akışında veya tamirat kaynağının kalitesinde iyileşme sağlanacaksa sorumlu kişinin onayıyla, teknolojik olan kaynak handikaplarını yenmek için gerekli değişiklikler yapılabilir.

5.1.5.1 Tamirat Kaynağına Başlanılmadan Önceki Tedbirler

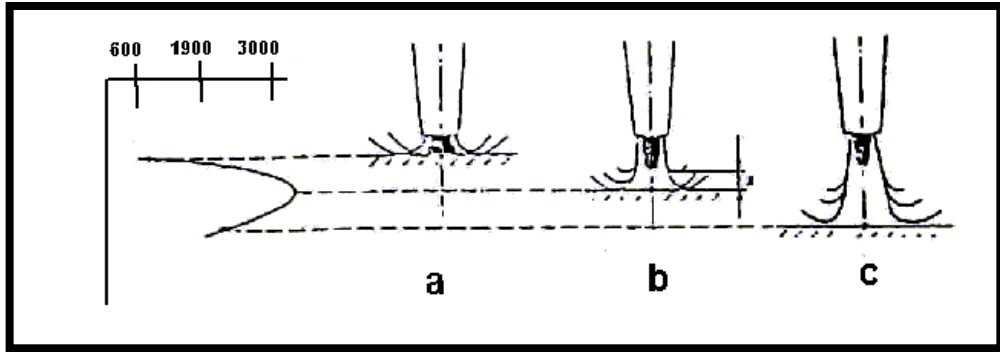
Tamirat kaynağının uygulanmasına geçmeden önce alınması gerekli bazı tedbirleri gözden kaçırmamak gereklidir. Bunlar,

- Eşit ölçüde olmayan hava boşlukları ve yan açılar birleştirme kaynağından önce doldurma kaynağı ile giderilmelidir. Böylece, lokal olarak büyük farklılık gösteren kaynak metali yığılmalarından kaçınılarak kaynak iç gerilmelerinden sakınılır,
- Kök hatalarının neden olduğu kenar kaymaları öncelikle giderilir,
- Tampon tabakalarının kaynağında, esas malzeme ile kaynak metalinin karışımı, elektrotun duruş açısıyla belirlenmektedir. Bu açının küçük olması karışım oranının da küçük olmasına yol açmaktadır. Daha sonra yapılacak bağlantı kaynağının emniyetli ve kaynak metalinin etkili olabilmesi için tampon tabakanın en az 3 katlı yapılması lazımdır. Şekil 5.1’de elektrotun duruş açısı ile karışım oranı arasındaki durum gösterilmiştir.



Şekil 5.1 Elektrodun duruş açısı ile karışım oranı arasındaki durum[7]

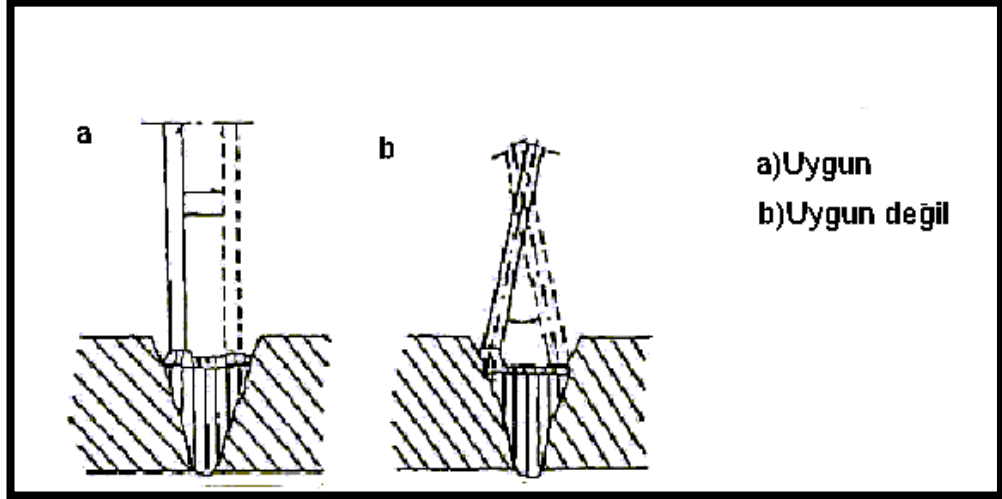
- Kaynak ağızlarının yan yüzeylerinde bulunan buhar damlacıklarının kaynak işleminden önce özellikle de el ile ark kaynağı yapılıyorsa, kaynak dikişlerine hidrojen difüze olmaması için gaz kaynak üfleçleriyle giderilmesi gereklidir.
- Kaynak dikişine hidrojen difüzyonundan olabildiğince sakınabilmek için kaynak elektrodlarının, işlemiden kısa bir süre önce uygun şekilde kurutulması gereklidir.
- Hasar gören elemanın veya kaynak bölgesinin ön tavlaması eğer gaz kaynağı üfleç ile yapılıyorsa alev şiddetinin üfleç ucu ile bölgenin üst yüzeyi arasındaki mesafeyle değiştiğini göz önünde tutmak gereklidir. Şekil 5.2'de Alev sıcaklığının üfleç mesafesi ile değişimi gösterilmiştir.



Şekil 5.2 Alev sıcaklığının üfleç mesafesi ile değişimi[7]

- Dikişin genişliği kaynakçı tarafından değil, bağlantı yerinin açıklığı ile belirlenmektedir. Dikiş genişliğinin çok büyük olduğu durumlarda esas metale ısı çok çabuk geçmekte böylece sertleşmeye duyarlı çeliklerin IEB'sinde sertlik artışları meydana gelmektedir.
- Kaynak bölgesindeki büzülme gerilmelerini ortadan kaldırmak için dövme işlemi tatbik edilecekse, dövme kuvveti ile tamirat işlemi gören elemanın yoğunluğu, parça kalınlığı ve kaynak metali kalınlığı gibi parametrelere dikkat etmek gereklidir. Kaynak bölgesine uygulanan zayıf darbeler, büzülme gerilmelerini yok etmez, yapı elemanı yeterli mukavemete sahip değilse ve oluşturulan kaynak metali de henüz az ise uygulanan darbeler dikişle çatlaklar meydana getirir.

- MAG kaynağı yönteminde elektrod, üfleç ile paralel şekilde kumanda edilmelidir. Böylece yanma oluklarından korunulmakta ve cürufaların uzaklaştırılması kolaylaşmaktadır. Bunun içinde üflece bilekten ileri geri hareket verilmemelidir. Şekil 5.3'te elektrotun hareketi gösterilmiştir.



Şekil 5.3 Elektrodun Hareket Ettirilmesi[7]

Tamirat kaynağı uygulamasında oldukça önemli bir yer tutan ostenitik Cr-Ni çeliğinin TIG kaynağında dikkat edilmesi gerekli bir takım temel hususlarda vardır. Bunlar;

- Kökün alt kısmı, oksitlenmiş ve pürüzlü bir yüzey elde edilmemesi için argon gazı ile korunmalıdır,
- TIG üfleci, yüzeye yaklaşık 75°'lik bir açı ile yerleştirilmelidir. Açı küçük olursa ark bölgesine hava girer ve koruyucu gazın etkisi ortadan kalkarak dikiş yüzeyinde gözenek ve oksitlenme meydana gelebilir,
- Kaynak metalinin havanın etkisinden yeterince korunabilmesi için gerekli olan koruyucu gazın yeterli miktarda püskürtülmesinden başka üfleç memesi ile kaynak yüzeyi arasındaki mesafenin yaklaşık olarak 10 mm olması idealdir[7].

5.1.5.2 Kaynak Hataları

Kaynakçılar her ne kadar hatasız birleştirme kaynağı ve doldurma kaynağı için neler yapılması gerektiğini, kaynak eğitimi sırasında öğreniyorlarsa da,

özen göstermeden, önemsemeden yapılan uygulamalar kaynak hata oluşum sebeplerinin büyük bir kısmını kapsamaktadırlar. Hatalar, kaynakçı tarafından hemen ve yerinde bertaraf edilmişse zararsızdır.

Kaynak dikişinin genişliği ne kadar fazla olursa mevcut çatlaklar kaynak ile giderilmiş gibi görünürler . Eğer bu çatlaklar tam olarak kapatılamazsa yeni çatlaklar oluşur ve onarılan elemanın ömrü beklenen süre kadar olamaz.

Hasarlı bölgeyi kesip çıkarmak yerine, mevcut deformasyonu gidermeden ve gerekli kaynak ağzını hazırlamadan yapılan çok pasolu birleştirme kaynağı sonucu, daha büyük hasarlar ortaya çıkacak yeni çatlaklar meydana gelecektir

Hasarlı kısmı keserek, yerine yeni bir parça eklemekten ve kaynak ağzı hazırlamadan yapılan alın kaynağı ile mevcut çatlaklar giderilememekte ve yeni çatlamlar, kırılmalar oluşması sonucu onarılan eleman tamamen hasara uğrayıp hurdaya atılmasına neden olmaktadır[7].

5.1.5.3 Tamirat Kaynağı Sonrası Gerekli İşlemler

Tamirat kaynağı sonrasında yapılması gerekli işlemlerin yanı sıra taşlama, vernikleme gibi sadece kaynak dikişinin iyi görünmesini sağlayan gereksiz işlemler bazen kaynak sırasında yapılan hataları da gizleyebilmektedirler, bu hususa dikkat etmek gerekir.

Kaynaktan sonra yapılacak işlemler, onarılmış elemanın mevcut işletme zorlanmaları altında kullanılabilirliğe erişebilmesi için tatbik edilmektedir; bununla ilgili ayrıntılar ihtiyaca göre belirlenmelidir.

Yapı elemanı dinamik olarak zorlanıyorsa, işletme zorlanmasına bağlı olarak gerekli yüzey kalitesinin sağlanabilmesi için kaynak dikişinin çatlak oluşturulmadan taşlanarak düzeltilmesi gereklidir.

Korozyona karşı dayanıklı çelik malzemeler onarılan elemanların, kaynak bölgesindeki renk değişikliği ve kökün alt kısmının hava atması, korozyon dayanımı için önlenmelidir.

Onarılan eleman üzerindeki kaynak bölgesine yaklaşmak kolay olursa, renk değişikliğinin giderilmesi fırçalama veya taşlama işlemleri ile yapılabilir. Kaynak bölgesine yaklaşma imkanı yoksa dağlama işlemi yapılabilir. Ancak kökün alt kısmının hava almasının önlenmesi mümkün olamaz.

Belirli bir kaynak sırası ve paso düzeni takip edilmesine rağmen istenmeyen çarpılma ve çeşitli deformasyonlar ortaya çıkabilir. Bu durumda şekillendirme sıcaklığı ve parça kalınlığına bağlı olarak sıcak veya soğuk düzeltme işlemlerine baş vurulur. Soğuk düzeltme işleminde, onarılan elemanın küçük bir bölümünde dövme veya basma işlemleriyle gerilmeler oluşturulur ve böylece plastik şekil değişimi elde edilir. Sıcak düzeltme işleminde ise onarılan elemanın geniş bir bölümünün hızlı şekilde ısıtılması ve hemen arkasından hızlı şekilde soğutulması ile plastik şekil değişimi meydana getir. Sıcak düzeltmede, çekiç darbeleriyle yapılan soğuk düzeltmede olduğu gibi aynı düzeltme etkisi sağlanır. Bu yöntemde sıcaklık artışı ile ilave kuvvet kullanılmaksızın büyük kalınlığa sahip parçalar düzeltilebilmektedir. Oysa soğuk düzeltmede belirli bir kalınlık limiti söz konusudur. Düzeltme işleminin etkisi, ısıtılan bölgenin şekline, büyüklüğüne ve konumuna bağlıdır.

Noktasal olarak yapılan ısıtma işlemi sonucunda saclardaki kabarıklıklar giderilir, ayrıca dalgalanmalar ve kıvrılmalar da düzeltilebilir. Tatbik edilecek ısı noktalarının mümkün olduğu kadar küçük olması iyidir, büyük bir noktanın düzeltme etkisine göre küçük noktalar daha etkilidir

Parça kalınlığına göre ısı noktası çapı aşağıda verilmektedir.

- İnce saclarda.....10-20 mm.
- Orta kalınlıktaki saclarda.....20-30 mm.
- Kalın saclarda.....50 mm.

Düzeltme işlemi sırasında alevin çekirdeği ile parça arasındaki mesafenin de 5 mm olması gereklidir.

Çizgisel olarak yapılan ısıtma işlemi, açısal distorsiyona uğramış parçalara tatbik edilir, bunun için parça kalınlığının yaklaşık olarak 1/3'ü gerekli sıcaklığa kadar ısıtılmalıdır.

Kama şeklinde yapılan ısıtmalarla, bükülmeler düzeltilir. Isı kaması metodunda da bir çok küçük kamanın etkisi büyük kamanın etkisinden daha fazladır.

Yukarıdaki ısı düzeltme metotları uygulanırken tavlama sıcaklığı 650°- 850°C (koyu kırmızıdan kiraz kırmızısına kadar) arasında bulunmalı ve

- Onarılan eleman 200°-350°C arasında bir sıcaklıkta iken kırılma ve çatlama tehlikesi nedeniyle çekiçle vurularak düzeltilmemelidir,
- 850°C'nin üzerine çıkarak tavlanan kısımda istenmeyen iç yapı dönüşümlerine neden olmamak gereklidir,
- Aşırı tavlama daha sonra soğuma hızının fazla olmasından dolayı yapıda martenzit oluşturabileceğinden dikkat etmek gerekmektedir.
- Tavlanan kısmın sıcaklığı sürekli olarak kontrol altında bulundurulmalıdır. Genel olarak -5°C'nin altında bulunan hava veya çalışma sıcaklıklarında düzeltme yapılmamalıdır[7].

Şimdiye kadar tamir-bakım kaynağına genel olarak değinilmiş olup, tamir-bakım kaynağında ve demiryolu taşıt ve raylarında önemli bir yer tutan sert dolgu işlemi ayrı bir bölüm halinde değinilecektir.

5.2 Tamir-Bakımda Sert Dolgu

Sert dolgu, aşınmaya karşı daha nitelikli yüzeyler oluşturmak veya parçaları orijinal boyutlarına getirilebilmek için metal parçaların yüzeylerinin değişik kaynak yöntemleri kullanarak özel alaşımlı malzemelerle doldurulmasıdır. Metalik malzemeler birçok nedenle aşınırlar. Sert dolgu, metal parçaların çalışma ömürlerini uzatmak için aşınma direnci yüksek yüzey oluşturmakta düşük maliyetli bir yöntemdir. Yararlarının içinde daha az parça değişim ihtiyacı, bakım süresinin azalması, ana parçanın ucuz malzemelerden yapılabilirliği, sökme takma süresinin azalması, stok bulundurma miktarlarının azalması ve genel maliyetlerin azalması vardır. Sert dolgu işlerinin çoğu tamir veya bakım operasyonunun bir parçasıdır, fakat en etkili sonuca ulaşmak, istenen sertlikteki kaynak metalini yığmaktan daha fazlasını gerektirir.

Sert dolgu alaşımları, tüm metal malzemelerin ihtiyaç duyduğu aşınma dayanımını karşılayacak geniş bir yelpazeye sahiptir. Bazı sert dolgu alaşımları çok serttir, bazıları ise yumuşak bir matrise ve bu matris içinde abrazyon dayanımı sağlayacak parçacıklara sahiptir. Bazı alaşımlar sert dolgu tabakası sağlamak, bazıları ise parçaları orijinal boyutlarına getirmek amacı ile geliştirilmiştir. Aşınan parçaların onarımı genellikle aşağıdaki üç aşamayı içerir.

1. Dolgu : Çok fazla aşınan parçalar (veya bölgeler), tok, çatlama direnci yüksek ve üst üste çok sayıda paso yapılabilecek kaynak malzemeleri ile çalışma boyutlarına yakın doldurulmasıdır.

2. Tampon Paso : Ana metalin veya kaynak metalinin karbon veya alaşım içeriğini seyreletmek için.

3. Sert Dolgu : Ana metal ve dolgu kaynakları üzerine ark kaynağı ile oluşturulan aşınmaya dirençli yüzeyler çalışma ömrünü uzatır. Sert dolgu, çoğunlukla bir, iki veya üç paso ile sınırlıdır, Sert dolgu, metal-metale sürtünme, abrazyon, darbe, darbe artı abrazyonu içeren ciddi aşınma şartlarında parçaları korumak ve ömürlerini uzatmak için uygulanabilir[87].

Sert dolgu yapılan ana metaller başlıca iki gruptur :

1. Karbonlu ve düşük alaşımlı çelikler,
2. Manganlı ostenitik çelikler.

Karbonlu ve düşük alaşımlı çelikler :

Karbonlu ve düşük alaşımlı çelikler çok çeşitlidir. Bunların kaynakları için belirlenmiş genel bir prosedür yoktur. Ana malzemedeki karbon ya da alaşım elementlerinin miktarı arttıkça kaynak öncesinde dikkat edilmesi gereken noktalar artar. Ön tav, son tav, yavaş soğutma ve gerilim giderme gerekebilir. Demir bazlı sert dolgu alaşımlarıyla, karbonlu yada düşük alaşımlı çelikler üzerine yapılan kaynaklarda dikkat edilecek hususlar gevreklik ve çatlama hassasiyetidir.

Manganlı Ostenitik Çelikler:

Tok ve dayanımlı olan bu tür alaşımlar aynı zamanda darbe altında sertleşebilme özelliklerinden dolayı genellikle aşınma dayanımı istenen yerlerde kullanılır. Ana metal, koruyucu sert tabakanın altında tok ve dayanıklı kalır. Bu tür malzemeler aynı zamanda gevrek ve yüksek krom-karbürlü alaşımlar için mükemmel bir yapı oluşturur. Genellikle sıkıştırılma özelliğine sahip değildirler fakat, soğuk sertleşmiş olanlar bir miktar sıkıştırılma özelliği gösterirler. Isı, manganlı ostenitik çeliklerde negatif etki yapar. Ana malzeme 10°C'nin altında olmadıkça ön tav yapılmamalıdır. Ön tav 70°C'yi geçmemeli, kaynak sırasında ise ana malzemedeki sıcaklık 250°C'yi geçmemelidir.

5.2.1 Dolgu Kaynağında Isıl İşlemler

Makina aksamalarının tamirden sonra ısıtılma işleme tabi tutulmaması, ya da demonte edilmeden kaynakla tamir edilebilmesi, çoğu kez üretim için kullanılan ürün, proses, uygulama tekniklerini geçersiz kılar. Teknik özellikleri yüksek ürün ve proseslerin kullanılmasını gerektirir. Bu yüzden imal usullerinde kullanılan norm ve standartlar, tamir bakım kaynağında geçersiz kalır.

Ön tavlama:

Ön tavlamanın amacı, esas metalde meydana gelebilecek olan çarpılmaları, çatlakları ve iç gerilmeleri azaltmak ve aynı zamanda doldurma metalinin esas metalle iyi bir şekilde birleşmesini sağlamaktır. Ön tavlamanın sert dolgu kaynağında getirdiği faydaları aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür.

1. Çatlak oluşumunu engeller : Elektrodun örtüsünden veya tozdan kaynak metaline geçen nemi azaltır, böylece nemden dolayı oluşan hidrojenin kırılma bölgelerindeki etkisini yok eder. Ayrıca ön tav yapılan malzeme yavaş soğuyacağından hidrojenin difüzyon yoluyla malzemeden çıkışını sağlar.
2. Katılma gerilimlerinin oluşmasını engeller : Ergimiş kaynak metali soğurken hacmi küçülür, bu kaynak metali ile soğuk ana malzeme arasında gerilimlere yol açarak, kaynak sonrasında çatlak ve kırılmanın oluşumuna neden olur. Kaynak metali ile ana metal arasında ki sıcaklık farkını azaltmak ve çatlak oluşumunu engellemek için ön tav yapılır.
3. Gözenekleri yok eder : Kaynak yapılacak ana malzeme üzerinde nem olabilir. Bu nem kaynak esnasında hidrojenin kaynak metali içine hapsolmasına ve katılma devam ettikçe gözenek oluşumuna neden olabilir.
4. Isıdan etkilenen bölgenin azaltılması : Bazı alaşımlı çelikler, ısıdan etkilenen bölgenin çabuk soğuması sonucu sertleşmeye ve çatlak oluşumuna eğilimlidirler. Ön tav soğuma hızını yavaşlatır ve daha sünek bir mikro yapı sağlar.
5. Malzemedeki tahribatı engeller : Soğuk ana malzeme üzerine yapılan kaynakta, sıcak kaynak metali ana malzemede gerilimlere yol açarak, ana malzemede çatlak oluşumuna neden olabilir.

Ön tavlama sıcaklığı, genel olarak, esas ve doldurma metalinin bileşimine bağlı olduğu gibi, parçanın boyutlarına da bağlıdır.

Birçok durumlarda ($C \leq \%0.25$ - $\%0.30$ ve $\delta_c \geq 50$ - 55 kp/mm^2) az su alan esas metalden oluşan küçük parçalara, köşe ve kenar doldurmasında, elektrot ve üfleç tarafından uygulanan ısı miktarı yeterli olduğundan bir ön tavlamaya gerek yoktur.

Manganezli ostenitik çelik ($C=\%1.3$ $Mn=\%12$) soğuk olarak doldurulmalı ve bazı durumlarda doldurma işlemi su içinde yapılmalı ve parça işlemiden sonra mümkün olduğu kadar çabuk ve hızlı soğutulmalıdır. Böylece manganez karbürlerin çökmesiyle oluşan çatlama tehlikesine ve C ile Mn miktarlarının azalmasından ötürü ostenitik yapının martenzite dönüşmesine engel olunur[16,15,86].

Diğer Isıl İşlemler

Demir esaslı malzemelerin büyük bir kısmı havada su alır (sertleşir). Bu halde, sertlikleri bir tavlama ile arttırılabilir. Burada sertleşme, önce dağılmış karbür parçacıklarının çökmesi ile oluşur. Sertlik artmasının az olduğu hallerde, bu işlemiden vazgeçilebilir ve bu da uygulamada önemli bir ekonomi sağlar.

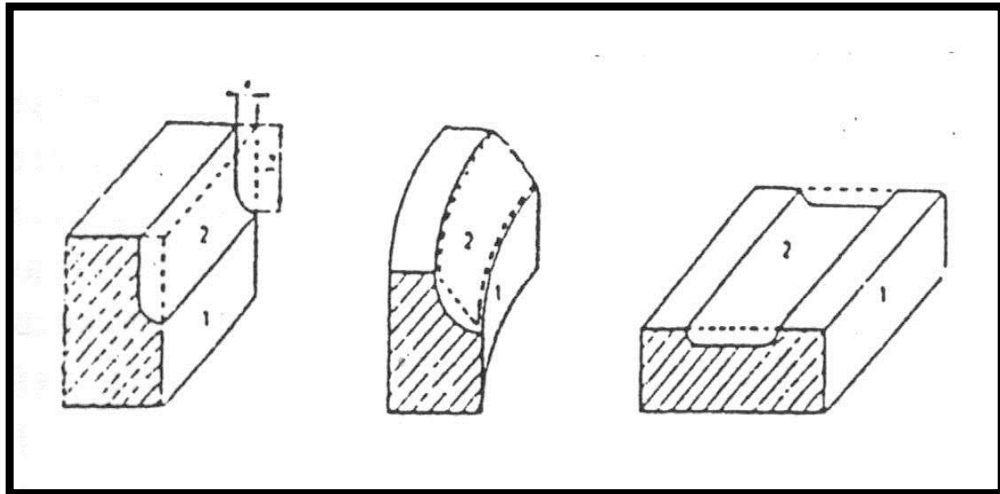
Bazı durumlarda, örneğin, çok sert olan dolgu malzemesinin, alaşımlı ve su verilmiş bir esas metal üzerine kaplandığı ve talaş kaldırılarak işlenmesi gerektiği hallerde, ısıl işlemler çok büyük önem kazanır. Örnek olarak, F sınıfı Mo-Cr-V-W alaşımlı doldurma malzemesini ele alalım. 60 - 70 kp/mm^2 çekme mukavemetinde bir çelik üzerine yapılan doldurma, ısıl işleme gerek göstermeden taşlanabilir. Dolgu malzemesinin sertliği 60 Rc' dir ve uygulamada istenen özelliklere sahiptir.

Doldurma işlemi, yukarıda belirtilen hız çeliğinden bir takımın aşınmış kısımlarına yapılacak ve takım sonra talaş kaldırılarak işlenecekse, ısıl işlem gereklidir. Bu durumda, önce bir yumuşatma tavlaması yapmak ve sonra doldurma işlemini uygun bir ön tav sıcaklığında uygulamak, tekrar yumuşatmak, işlemek ve sonra su vermek gerekir. Detaylı olarak yapılması gereken işlemler şunlardır. Şekil 5.4'te takım çeliğindeki dolgu işlemi gösterilmiştir.

Takımı fırında 2-3 saat 820°C sıcaklığında tavllanır. (yumuşatma). Sonra takımı ön tavlama sıcaklığı olan 500°C' ye kadar soğumaya bırakılır. Doldurma işlemini bu sıcaklıkta yaptıktan sonra, 3 saat süreyle parça tekrar 820°C' ye tavllanır ve fırında 500°C' ye kadar soğumaya bırakılır. Böylece sertlik 25-30 Rc' ye kadar düşer. Parça işlendikten sonra 1200°C' ye kadar tavllanır ve 530°C'deki yağda su verilir. sonra parçayı yavaşca soğutulur. Böylece iç gerilmeler ortadan kaldırılır, sonuçta 65 Rc sertliğe erişilmiş olunur[86,22].

Çok uygulanan diğer bir usul de, kaynak sonrası kademeli su verme ile kaynağı sertleştirmektir. Çelik ostenitik yapıda iken plastik olduğundan çatlama tehlikesi oldukça azalmaktadır.

Örnek olarak, hız çeliklerinde kullanılan, dolgu malzemesi F sınıfı (Mo-V-Cr-W)'ı ele alalım. Bu örnekte işleme taş ile yapılacaktır. Uygulamada şu sıraya uyulmalıdır:



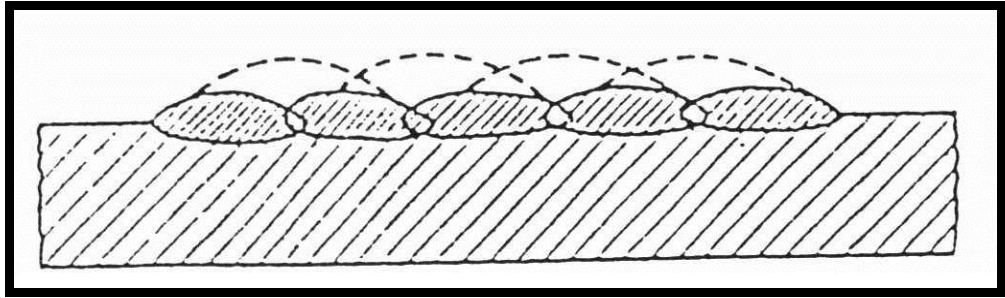
Şekil 5.4 Takım Çeliğinde Dolgu işlemi (1.Takımın sapı 2. Dolgu işlemi tamamlandıktan sonra) [22]

Öncelikle parça su verme sıcaklığı olan 1200°C'ye kadar ısıtılarak yapı ostenitik hale dönüştürülür. 500°C sıcaklığına kadar soğumaya bırakılır ve doldurma işlemi yapılır. 80°C'de yağda su verilerek, martenzitik bir iç yapı elde edilir. Parça iki kez 550°C'ye kadar ısıtılıp, bu sıcaklıkta 1'er saat tutulup sonra havada soğumaya bırakılmasını takiben, sertlik 65 Rc' ye erişmiştir.

Hazırlama, doldurulması gereken parçanın şekline bağlıdır. Herhalde doldurulması gereken yüzeyler itina ile temizlenmeli, tercihen taş, yada talaş kaldıran takımlarla işlenmiş olmalıdır. Kenarları, köşeleri ve delikleri yuvarlatarak, bu bölgelerde ısı konsantrasyonlarına ve dolayısıyla esas malzeme ve dolgu metali arasında oluşabilecek karışmaya engel olunmalıdır.

B sınıfı gibi bazı dolgu malzemesi ve çok sert esas metal (manganezli çelik dahil) halinde Cr-Mn-Ni' li ostenitik-ferritik çelikten bir ara (tampon) tabaka kullanmak gereklidir. Çok kuvvetli aşınmanın varlığı nedeniyle, üç tabakadan fazla yapılan yüzey kaplamalarda da bu gereklidir. Bu ara tabakanın malzemesinin seçimi çok önemlidir. Bu yeter derecede dolgu metaline yatak vazifesi görüp ve çatlamasına mani olacağından, yeter derecede mukavemet ve bağlama özelliğine sahip olmalıdır[22].

Ark ile yapılan doldurmada sadece kuru elektrotlar kullanılmalıdır. Doldurma işlemi mümkün olduğu kadar düşük akım şiddetinde, kısa ark kullanarak ve elektrotu da dik tutarak yapılmalıdır. İyi doldurma elektrotları düşük bir kaynak akımında kolayca erirler ve geniş dikişler elde etmeye elverişlidirler. Esas metale gayet kuvvetli bir şekilde yapışan dolgu malzemesi hakkında Şekil 5.5'te kaynak dolgu şekline bir örnek verilmiştir.

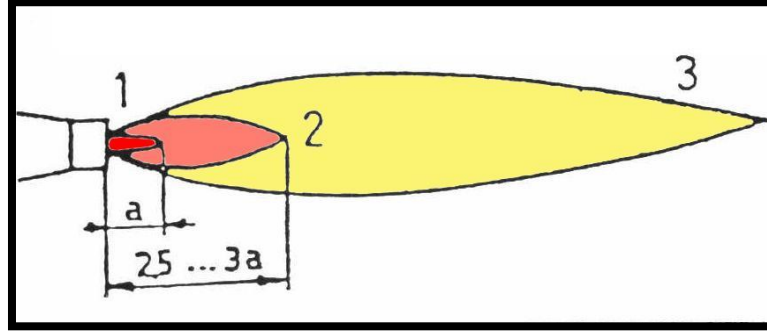


Şekil 5.5 Kaynak Dolgu Şekli [20]

İyi eriyen dolgu kaynağı elektrotları, kolay akarak geniş dönüşler elde edilmesini sağlar ve esas metalle kuvvetli birleşme oluştururlar.

Üfleçle yapılan doldurmada genellikle sol kaynak usulü kullanılır. Erime noktası yüksek olan doldurma malzemesinin kullanımında, o malzemenin birleştirme kaynağının gerektirdiğinden 1 numara daha büyük üfleç seçilmelidir. Alev yumuşak ve karbürleyici (2.5 ila 3 kez daha fazla asetilen) olmalıdır. Şekil 5.6'da Oksi-asetilen alevi gösterilmiştir.

Alevin redükleyici bölgesi ve mızrağı dolgu yapılan bölgeyi tamamen kaplamalıdır. Bakır ve bakır içeren malzemelerde oluşan çukurcuklara engel olmak için oksitleyici alev kullanılmalıdır. Demir ve alaşımlarında uygun bir dekapan kullanılması tavsiye edilir. Bakır alaşımlarında ise dekapan mutlak gereklidir. Genellikle pasta dekapan kullanılmasına rağmen, üfleç ile uygulanan gaz dekapanlar ve dolgu malzemesi çubuğa kaplanmış olan örtü dekapan da mevcuttur.



Şekil 5.6 Oksi-asetilen Alevi (1. mızrak 2. redükleyici bölge 3. yelpaze) [20]

Doldurma işleminden sonra bir doğrultma işlemi de gereklidir. Bu, tercihen doldurma işleminin hemen ardından yapılmalıdır. Fakat malzemenin çok sıcak olduğu da unutulmamalıdır. İyi seçilmiş bir ön deformasyon (işlemden önce parçanın ters yönde şekil değiştirmesi), düzeltme işlemini oldukça kolaylaştırır. Bu usulün bir diğer avantajı da doldurma metalinin çekme gerilmesi yerine basma gerilmesiyle yüklenmesidir. Bıçak, makas gibi aletlerin ağız kısımlarına kaynak yapılmış olan doldurma malzemesinin taşlanması ısı konsantrasyonlarına ve çatlamaya mani olmak için azami itinanın gösterilmesi gerekir.

5.2.2 Sert Dolgu Kaynak Yöntemleri

Sert dolgu alaşımları herhangi bir kaynak yöntemiyle uygulanabilir. Seçilen yöntem uygulanabilirlik ve ihtiyaçlara cevap verme açısından en akılcı yöntem olmalıdır. Sert dolguda en sık kullanılan yöntemler şunlardır :

- Örtülü elektrotla ark kaynağı,
- Gazaltı kaynağı,
- Özlü tel kaynağı,

- Tozaltı kaynağı,
- Oksi-Asetilen kaynağı,
- TIG kaynağı.

Oksi-Asetilen ve TIG kaynağı sert dolguda kullanılmakla beraber düşük metal yığıma oranları nedeniyle uygulama alanları kısıtlıdır.

Metal yığıma hızını arttırabilmek için çeşitli uygulamalar yapılabilir. Örneğin otomatik yöntemlerde salınımlı (osillasyonlu) kaynak tozaltı veya elektro-curuf (electro-slag) bant kaplama yöntemleri uygulanarak metal yığıma hızı 4-6 kez arttırılabilir. Bu yöntemlerin kendilerine özgü avantajları ve sınırlamaları mevcuttur, bu nedenle sert dolgu yapılacak parçaya ve uygulamaya en uygun yöntem seçilerek başarıyla uygulanabilir[22].

5.2.3 Aşınmaya Dayanıklı Dolgu Malzemesi Seçimi

Dolgu istenen özellikler veya boyutlar elde etmek üzere bir metalin yüzeyine dolgu metali eklemek şeklinde tanımlanır. İşlem genellikle, mühendislik olarak başka türlü imalatı mümkün olamayan parçanın kullanım ömrünü uzatmak veya aşınmış parçaların uzun ömürlü bir malzeme ile tamiri için uygulanır. Dolgudan aşınmaya mukavemet, sağlamlık veya korozyon dayanımı gibi özellikler beklenir.

Abrasyon aşınmasına karşı uygulanan dolgular “sert dolgular” olarak adlandırılır. Bu terim sanayide darbe mukavemeti, düşük sürtünme nitelikleri, yüksek yorulma mukavemeti (pullanıp kalkma) istenen yerler içinde kullanılmaktadır. Yani sert terimi burada dayanıklılık ifade etmektedir. Aşınmaya dayanıklı dolguların amacı çalışma ömrünü uzatmak olduğuna göre, sertliğin aşınma mukavemeti için her zaman geçerli bir gösterge olmadığını unutmamak gerekir[22,74].

Aşınmaya dayanıklı dolgular (bundan sonra sert dolgu olarak ifade edilecektir) daha öncede bahsettiğimiz değişik kaynak yöntemleri ve ısıl püskürtme yöntemleri ile uygulanabilir.

Sert dolguların sağlayacağı ve/veya beklenen özellikleri;

- Sertlik
- Makro sertlik

- Mikro sertlik
- Sıcak çalışma sertliği
- Sürünme mukavemeti
- Abrazyon mukavemeti
- Düşük gerilme koşulları altında abrazyon mukavemeti
- Yüksek gerilme koşulları altında abrazyon mukavemeti
- Farklı abrasifler ve hızların yüksek basma gerilmeleri ile birlikte oyulma koşulları altında abrazyon mukavemeti
- Darbe mukavemeti
- Tekrarlanan darbe altında plastik deformasyona mukavemet
- Darbe altında çatlamaya mukavemet
- Basma mukavemeti
- Basma sünekliği
- Isıya mukavemet
- Temperlenmeye mukavemet
- Sıcakta mukavemeti muhafaza etme (sertlik dahil)
- Sürünme mukavemeti
- Oksitlenmeye veya sıcak gaz korozyonu mukavemeti
- Isıl yorulma mukavemeti
- Korozyon mukavemeti
- Sürtünme nitelikleri ve kaynaklanabilirlik
- Sürtünme katsayısı
- Pullanma (yorulma)
- Yüzey koruyucu filmler
- Plastiklik

Dolgudan beklenen nihai sonuç, aşınan makina parçasını onarmak ve ömrünü uzatmaktır. Daha önce ayrıntıları ile anlatıldığı gibi aşınma koşullarının çeşitli ve oldukça karmaşık olması nedeniyle, çalışma koşulları

ile malzeme nitelikleri arasında ilişki kurmak zordur. Bu nedenle çalışma koşullarının büyük bir dikkatle etüt edilmesi gerekmektedir. Aşınma tipinin saptanması işin en önemli tarafıdır[74,22].

Bu saptamalardan sonra uygun malzeme seçimi ile yapılan dolguların yararları[22];

- Aşınma mukavemetini pekiştirme,
- Çok sert bileşimler ve aşınmaya dayanıklı alaşımların kolayca uygulanabilmesi,
- İş yerinde kolayca uygulanabilmesi,
- Pahalı alaşımların ekonomik kullanımı,
- Tok bir ana yapıya sahip sert bir yüzey tabakası elde edilebilmesi,
- Daha uzun çalışma ömrü sağlanabilmesi,
- Bakım ve parça değişiminin azaltılması,
- Stok maliyetlerinin azaltılması,
- Aşınmış parçaların kurtarılması,
- Daha ucuz ana malzeme kullanımı.

Sert dolgunun kalitesi uygulamaya ve dolgu malzemesinin seçimine göre değişir. Ayrıca uygulanacak dolgunun seçimi her ne kadar doğru olarak seçilse bile, aşınmaya karşı uygulanacak yöntemin de (örtülü elektrod ile kaynak, gazaltı kaynağı, açık-ark kaynak, ısı püskürtme gibi) çok iyi incelenmesi ve ana malzeme üzerindeki etkileri (deformasyonu) incelenerek karar verilmesi gerekir. Sert dolgu malzemeleri örtülü elektrod, gaz altı teli, özlü gazaltı teli, açık-ark özlü teli, mikro pulverize ve toz gibi şekillerde bulunabilmek mümkündür. Özellikle özlü tellerle yapılan işlemlerde elektrod veya gaz altı dolu teli olarak üretilmesi çok zor olan alaşımlar bile çok rahatlıkla bulunabilmektedir. Sert dolgu malzemeleri ulusal standart kuruluşumuz Türk Standartları Enstitüsü tarafından TS 9470 ile tanımlanmışlardır. Diğer standartlar ise ülkemizde de yaygın olarak kullanılan DIN 8555 ve AWS A5.13 standartlarıdır. DIN 8555'e göre dolgu malzemeleri Tablo 5.4 de ayrıntılı olarak ele alınmıştır. TS 9470 de DIN 8555 ile benzer bir sınıflandırmadır[88,89].

Tablo 5.4 DIN 8555' e göre sert dolgu malzemeleri [89]

Alaşım Grubu	Ek Kaynak Metali veya Dolgu Metali Türü
1	En çok %0,4 C içeren alaşımsız veya az alaşımlı; en çok %5' e kadar Cr, Ni, Mn ve Mo gibi alaşım elementleri içeren az alaşımlı çelikler
2	En az %0,4 C içeren alaşımsız veya az alaşımlı; en çok %5' e kadar Cr, Ni, Mn ve Mo gibi alaşım elementleri içeren az alaşımlı çelikler
3	W, Cr esaslı, Mo, Ni, V(Co) içeren sıcak iş takım çelikleri.
4	W, Cr ve V veya Cr, Mo, W ve V (Co) içeren hız çelikleri.
5	En çok %0,2 C'lu %5 ila %30 Cr içeren alaşımlı çelikler.
6	%0,2-%2,0 C'lu %5 ila %18 Cr içeren alaşımlı çelikler.
7	%11 - %18 Mn, %0,5'den fazla C ve %3' e kadar Ni ihtiva eden Mn – Ostenitik çelikleri.
8	Cr-Ni-Mn ostenitik çelikler.
9	Cr-Ni içelikli paslanmaz veya ısıya dayanıklı çelikler.
10	Karbür yapıcı element (Co, Mo ve W) ilavesi olmaksızın yüksek C' lu ve/veya Cr' lu çelikler.
20	Co esaslı, Cr-W ile alaşımlı Ni ve Mo içeren veya içermeyen stellite'ler.
21	Sert karbür esaslı sert metaller (sinterlenmiş, döküm veya özlü).
22	Ni esaslı Ni-Cr-B alaşımları.
23	Ni esaslı Mo içeren Cr'lu veya Cr'suz alaşımlar.
30	Kalay bronzları
31	Alüminyum bronzları
32	Cu-Ni alaşımları

DIN 8555 [89]

Demir esaslı dolgu metalleri:

Alaşım grubu 1

Bu tipteki dolgu metalleri alaşımsız veya az alaşımlı çeliklerin dolgusu için ve ergimiş kaynak metalinin sertliği hususunda özel bir isteğin bulunmadığı yerlerde kullanılır. Bu durumda, kaynak metalinin özel bir aşınma mukavemeti yoktur. Kaynak metali genellikle kaynaktan çıktığı ve temperlenmiş koşullarda talaşlı işlenmeye elverişlidir. Bundan sonra sertleştirilebilir.

Uygulama rnekleri: Aşınmiş parçaları sert dolgudan önce ölçüye getirmek için tampon tabaka kaynakları[22].

Alaşım grubu 2

Bu alaşım grubu grup 1' e göre daha sert bir matris ve kaynak metalinde daha yüksek karbür içeriği nedeniyle daha yüksek bir aşınma mukavemetine sahiptir. Uygulama rneği: Döner tekerlekler[74].

Alaşım grubu 3

Bu grubun dolgu metalleri genellikle kaynak metalinden yüksek sıcaklıklarda daha büyük sertliğin istendiği uygulamalarda kullanılır. Kaynak metali genel olarak W, Cr ve çoğu durumda da Mo, Ni ve V ile alaşımlandırılmıştır. Co da içerebilir. Genellikle kaynak metalinin içyapısı martenzit ile ostenit ve karbür kalıntılarından ibarettir.

Kaynak metali, talaşlı işlenmeye olanak sağlanmak için yumuşak tava tâbi tutulabilir ve tekrar sertleştirilebilir. Uygun alaşımlandırma yapılarak kızıl sertlik 500 C sıcaklıklar civarına kadar muhafaza edilebilir. atlamayı önlemek üzere ön ısıtma ve kaynaktan sonra da, yavaş soğutma önerilir. Uygulama rneği: Sıcak iş takımları[74].

Alaşım grubu 4

Bu grubun dolgu metalleri, yüksek alaşım çeliklerinin bileşimine benzer, yani kaynak metali W, Mo, Cr ve V ve birçok durumda Co ile alaşımlandırılırlar.

Alaşım grubu 5

Bu grup, az karbon içerikli krom çeliği dolgu metallerini kapsar. Krom içeriği %5' ten %30' a, karbon içeriği de %0,2' ye kadar değişir. Kaynak metalinin sertliği, martenzit içeriği ile artar. Kaynak metali, benzer bileşimde çelikler üzerinde olduğu kadar daha aşağı mukavemette konstrüksiyon çelikleri üzerine doldurulabilir, n ve son ısıtma imalatçısının önerilerine göre uygulanacaktır.

Uygulama rnekleri: Krom içeriğinin %12 ve daha fazla olduğu supab veya vana parçaları, fırın parçaları [22].

Alaşım grubu 6

Bu alaşım grubu, grup 5'e benzemektedir fakat, yüksek karbon içeriğinin sonucu olarak sertliği 500 HB' den daha yüksek olup paslanmaya mukavemeti daha azdır. Kaynak metali havada sertleşir ve genellikle sadece taşlama ile işlenebilir. 200 ilâ 300°C' ye kadar ön ısıtma önerilir.

Uygulama rnekleri: kesme takımları, makas ağızları, soğuk çekme hadde merdaneleri.

Alaşım grubu 7

Bu alaşım grubu, manganezli sert elik tipindekine benzer bir kaynak metali meydana getirir.

Kaynak metali, çalışma sertleşmesinin basınç veya çekiçleme ile elde edildiği parçalar için uygundur. Bu yolla sertlik yaklaşık 180 HB' den yaklaşık 500 HB' ye çıkartılabilir. Öbür yandan, kaynak metali, tek aşınma tipinin abrasif aşınma olduğu hallerde uygun olmaz.

Normal olarak kaynak metali işlenmez. Taşlama ile işlenmesi mümkün ise de çatlak tehlikesi vardır. Talaşlı işlenme sert metal takımları gerektirir.

Dolgunun kaynak edildiği iş parçası, arzu edilen sağlamlığı devam ettirebilmek için mümkün olduğu kadar soğuk tutulacaktır. Kaynağın ekilenmesi yararlıdır.

Uygulama rnekleri: Geniş yüzeylerde boyut tamamlama dolgu kaynakları, örneğin aşınma levhaları (bir yüzey şebeke kaynak tekniğinin kullanılması mümkündür), öğütücü levhaları, ekskavatörlerin kepçe dişleri, civatalar [74,22].

Alaşım grubu 8

Bu grubun dolgu metalleri, grup 7 alaşımlarınıninkinden daha sağlam kaynak metali meydana getirir. Çalışma sertleşmesi daha azdır; buna ek olarak paslanmaya iyi mukavemet arzederler. Isıl işlem yoktur; talaşla işlenebilir; manyetikleştirilemez.

Uygulama rnekleri: Yükün fazla ağır olmadığı öğütücü parçaları, hareketli demiryolu makasları, geçitler, su türbini parçaları[22,74].

Alaşım grubu 9

Bu grubun dolgu metalleri birleştirme kaynağı için Cr-Ni -ostenit kaynak malzemeleriyle eşdeğer bileşimdedir. Bunlar aynı alaşım tipinde elikler, Cr elikleri ve normal yapı çelikleri üzerinde kullanılabilirler. Bu dolgu metalleri, kaynak metalinde elverişli korozyon mukavemeti elde etmenin önemli olduğu yerlerde kullanılırlar. Kaynak metali soğukta çalışılabilir ve büyük sağlamlığa sahiptir; talaşla işlenebilir.

Uygulama rnekleri: Korozyon veya ısıya dayanıklı boyut tamamlama dolgu kaynakları.

Alaşım grubu 10

Bu dolgu metallerinin meydana getirdikleri kaynak metali, karbür oluşturucu öğe içeren ve içermeyen yüksek derecede karbürlenmiş Cr eliklerinininki ile aynıdır. Karbon içeriği %2' den %7' ye değişir, Cr içeriği %40' a varabilir. Kaynak metali, bir ostenitik matris içinde çapraşık (kompleks) karbürler içerir. Karbon oranı arttıkça sertlik artar; bu sertlik ısıl işlemle artırılmaz. Kaynak metali sadece taşlama ile işlenebilir. Kaynak metali abrasif aşınmaya karşı yüksek mukavemete sahiptir.

Uygulama rnekleri: Madencilik ve elikhanelerde tamir işleri, iş makinalarında boyut tamamlama dolgu kaynakları, ağır yük ekskavatörleri, sinterleme prosesleri için ezici-ğtcler [79,22].

Düşük demirli dolgu metalleri

Alaşım grubu 20

Co - Cr alaşımı dolgu metalleri yüksek sıcaklıklarda bile aşınma, korozyon ve oksitlenmeye karşı iyi mukavemete sahiptirler. 600°C'ye kadar

sıcaklıklarda kullanılabilirler. 400 ilâ 600°C'lık ön ısıtma ve sonra yavaş soğuma önerilir. Bundan sonra herhangi bir ısıtma işlemi gerekmez[22].

Uygulama örnekleri: Her tür fittings, içten yanmalı motorların ekzoz supap yatakları, buhar makinalarının valf yatakları, pompa şaftları ve ağır korozyon ve erozyona tâbi benzeri parçalar.

Alaşımlar grubu 21

Bu dolgu metallerinin meydana getirdikleri kaynak metalinin karakteristik özellikleri, Cr karbürleri veya W karbürleri içeriğine bağlıdır. Genellikle, önceden sinterlenmiş veya dökülmüş saf W karbürleri veya Cr karbürleri sinterlenip kaynak edilerek çubuk teşkil edilir veya özlü tel veya çubuk imali için kullanılır. Kaynak metali aşınmaya karşı mukavemeti çok yüksektir. Sağlamlık, bir bağlayıcı metalden ibaret yumuşak matris içindeki karbür yüzdesine bağlıdır. 400 ilâ 600 °C'lık ön ısıtma önerilir ve daha sonra ısıtma işlemi gerekmez.

Uygulama örnekleri: Kayalık arazide çalışacak takım ve makina parçaları, sondaj malzemeleri, seramik endüstrisinde kullanılan vidalı ekstrüderlerin vidaları [22].

Alaşımlar grubu 22

Bu Ni - Cr - B dolgu metallerinin meydana getirdikleri kaynak metali, metallerle sürtünmede aşınmaya büyük mukavemet ve yüksek sıcaklık sertliği sergiler. C, Cr ve B oranları arttıkça, oda sıcaklığında sertlik de artar. Sertlik 30 HRC'nin üstünde olup yaklaşık 60 HRC kadardır. Kaynak metali 500 °C'ye kadar çalışabilir; kullanılan alaşıma göre sıcakta, hamurlaşmış durumda yoğrulabilir veya sınırlı bir sıcak şekillendirilebilirliğe müsaade eder. 400 °C a kadar ön ısıtma; bundan sonra ısıtma işlemi gerekmez.

Uygulama örnekleri: Valflar (supaplar), salyangoz vidalar, örneğin çimento ve sair malzeme pompalarındakiler gibi şaftlar [22].

Alaşımlar grubu 23

Bu Ni-Cr-Mo alaşımı dolgu metaller, özellikle yüksek sıcaklıkta iyi çalışma özelliklerine sahiptir. Uygun ısıtma işlemiyle sertlikleri artırılabilir.

Uygulama örnekleri: Sıcak iş takımları, kimya tesislerinde valflerin temas yüzeyleri, yüksek sıcaklıklarda çalışacak Ni - Cr -Mo alaşımı ağızların kesici

kenarlarının kaplanması.

Demir dışı dolgu metalleri alaşım grubu 30

Bu alaşım grubu, %0,5 e kadar fosforla birlikte %6 ilâ 12 kalay içeren Cu -Sn dolgu metallerini kapsar.

Dolgu kaynaklarının sertliği 60 ilâ 130 HB olup Sn içeriğine bağlıdır. Bu alaşımlar kayma aşınmasına çok yüksek dayanımları ve iyi ani hareket nitelikleriyle belirgin olup çok sayıda tuz eriyikleri ve asitlere dayanıklıdırlar. Uygulama örnekleri:

yatak kabukları, şaftlar, valflar, subaplar, salyangoz ve helisel dişliler, fittingsler [22].

Alaşım grubu 31

Bu dolgu metallerinin meydana getirdikleri kaynak metali, başlıca alaşım elementi olarak %5 ilâ 15 alüminyum içerir.

Bu ikili alaşımlar 100 ilâ 200 HB sertlik ve kimyasal etkilere karşı iyi bir mukavemete sahiptirler. Mekanik nitelikleri, korozyona dayanım ve çalışma özellikleri Fe, Ni ve Mn gibi ilâve alaşım elementleriyle önemli ölçüde artırılabilir.

Uygulama örnekleri:

Kimya endüstrisinde makina parçaları ve fittingsler, besin maddesi işlenmesi, kâğıt ve elektrik endüstrisinde çeşitli komponentler [22].

Alaşım grubu 32

Bu alaşım grubu %5 ilâ 45 Ni, %1, 5 a kadar Fe ve %3,5 a kadar Mn içeren Cu-Ni alaşımı dolgu metallerini kapsar.

Sertlik 160 HB ye kadardır; kaynak metali, gerilme korozyonu çatlamasına, özellikle de deniz suyuna karşı dayanıklıdır.

Uygulama örnekleri:

distilasyon apareyleri, deniz suyu sevk boruları, kondenserler, soğutucular, kimya apareyleri, ısı eşanjörleri[22].

DIN 8555'e göre dolgu kaynak malzemeleri harf ve rakamlarla ifade edilmiştir. Örnek olarak E 10 UM 65 GR sert dolgu elektrodunu alırsak Şekil 5.7'de DIN 8555'e göre harf ve rakamların anlatımı gösterilmiştir.

E 10 UM 65 GR

KAYNAK YÖNTEMİ

G	Oksi Asetilen Kaynağı
E	Örtülü Elektrod Ark Kaynağı
MF	Özlü Tel Ark Kaynağı
TIG	TIG Kaynağı
MIG	MIG Kaynağı
UP	Tozaltı Kaynağı

ALAŞIM GRUBU

1	En fazla %0.4 C içeren alaşımsız veya, alaşım elementleri toplamı (Cr, Mn, Mo, Ni) %5'i geçmeyen çelikler.
2	%0.4'den daha fazla C içeren alaşımsız veya, alaşım elementleri toplamı (Cr, Mn, Mo, Ni) %5'i geçmeyen düşük alaşımlı çelikler.
3	Sıcak iş çeliği özelliklerine sahip alaşımlar.
4	Yüksek hız çeliği özelliklerine sahip alaşımlar.
5	max. %0.2 C ve min. %5 Cr içeren alaşımlar.
6	%5'den fazla Cr ve en fazla %0.2 - 2 C içeren alaşımlar.
7	min. %0.5 C, max. %3 Ni, %11-18 Mn içeren östenitik alaşımlar
8	Cr-Ni-Mn'lı östenitik alaşımlar.
9	Paslanmaya, asitlere ve ısıya dayanıklı Cr-Ni çelikleri.
10	İlave karbür yapıcı element içermeyen yüksek Cr ve C'lu alaşımlar.
20	Ni ve Mo içermeyen Cr-W alaşımlı Co bazlı alaşımlar.
21	Karbür esaslı alaşımlar.
22	Cr veya Cr-B içeren Ni esaslı alaşımlar.
23	Mo veya Mo-Cr içeren Ni esaslı alaşımlar.
30	Sn içeren Cu esaslı alaşımlar.
31	Al içeren Cu esaslı alaşımlar.
32	Cu esaslı Ni içeren alaşımlar.

DOLGU METALİNİN ÖZELLİĞİ

C	Korozyona dirençli
G	Abrazif aşınmaya dayanıklı
K	Çalışıkça sertleşebilme kabiliyeti
N	Miknatızlanamaz
P	Darbeye dirençli
R	Paslanmaya dayanıklı
S	Kesilebilme özelliğine sahip
T	Yüksek sıcaklığa dayanıklı
Z	Yüksek sıcaklıkta tufalleşmele dayanıklı

KAYNAK METALİNİN SERTLİĞİ

	HB
150	125 - 175
200	176 - 225
250	226 - 275
300	276 - 325
350	326 - 375
400	376 - 450
	HRC
40	37 - 42
45	42 - 47
50	47 - 52
55	52 - 57
60	57 - 62
65	62 - 67
70	67 - 72

ÜRETİM ŞEKLİ

GW	Hadde	GS	Sinterleme
GO	Döküm	GF	Özlü tel
G2	Çekme	UM	Örtülü elektrod

Şekil 5.7 DIN 8555'e göre harf ve rakamların anlatımı [90]

Diğer bir sert dolgu standardı ise yine ülkemizde de kullanılan AWS A5.13 Standardıdır. Tablo 5.5'de AWS 5.13'e göre dolgu malzemeleri sınıflandırması gösterilmiştir.

Tablo 5.5 AWS A5.13' e göre dolgu malzemelerinin sınıflandırılması. [74]

Grup	Toplam Alaşım Miktarı%	Başlıca Alaşım Elementleri
Düşük alaşımlı demirli malzemeler		
1A	2 ila 6	Cr, Mo, Mn
1B	6 ila 12	Cr, Mo, Mn
Yüksek alaşımlı demirli malzemeler		
2A	12 ila 25	Cr, Mo
2B	12 ila 25	Cr, Mo
Yüksek alaşımlı demirli malzemeler		
2C	12 ila 25	Mn, Ni
2D	30 ila 37	Mn, Cr, Ni
3A	25 ila 50	Cr, Ni, Mo
3B	25 ila 50	Cr, Mo
3C	25 ila 50	Co, Cr
Nikel ve kobalt esaslı alaşımlar		
4A	50 ila 100	Co, Cr, W
4B	50 ila 100	Ni, Cr, B
4C	50 ila 100	Cr, Ni, Co
Tungsten Karbürlü alaşımlar		
5	75 ila 96	Metalik matris içinde WC

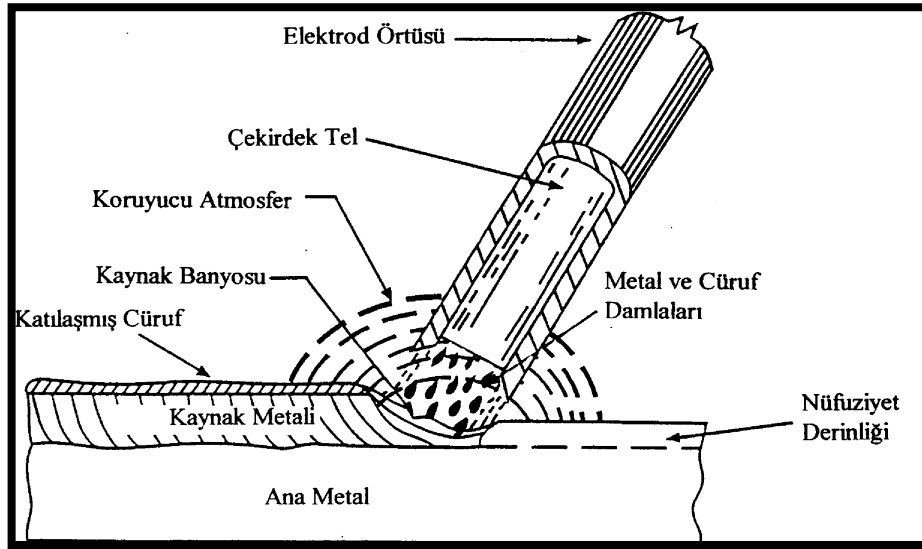
Birçok alaşım, birden fazla şekilde bulunabilir. Çıplak döküm ve çıplak tüp çubuk şekli TIG kaynağında, örtülü elektrodlar metal-ark kaynağında, dolu teller MIG kaynağında, örtülü teller açık-ark kaynağında kullanılır. Belli bir

alaşımın belli bir şekilde bulunabilmesi, bunun dökülebile, tel halinde çekilebilme veya toz haline getirilebilme kabiliyetine bağlıdır.

5.2.4 Sert Dolguda Kaynak Yönteminin Seçimi

- Kaynak yönteminde göz önünde tutulması gereken noktalar şunlardır.
- Mevcut kaynak ekipmanları
- Doldurulacak parçaların şekli ve ebatları,
- Doldurulacak parçaların bulunduğu ortam,
- Mevcut sert dolgu kaynak malzemeleri.
- Kaynak operatörünün tecrübesi,

Şekil 5.8'de örtülü elektrot kaynağı ile Dolgu kaynağının şematik gösterimi verilmektedir.



Şekil 5.8 Örtülü Elektrot Kaynağının Şematik gösterimi[87]

AVANTAJLARI:

Alaşım bulunabilirliği: Çoğu sert dolgu alaşımı örtülü elektrod olarak bulunabilir.

Malzeme kalınlığı: Ekonomik olması koşulu ile çoğu parçalar kaynak yapılabilir.

Kaynak pozisyonu: Her pozisyon için sert dolgu elektrodları mevcuttur.

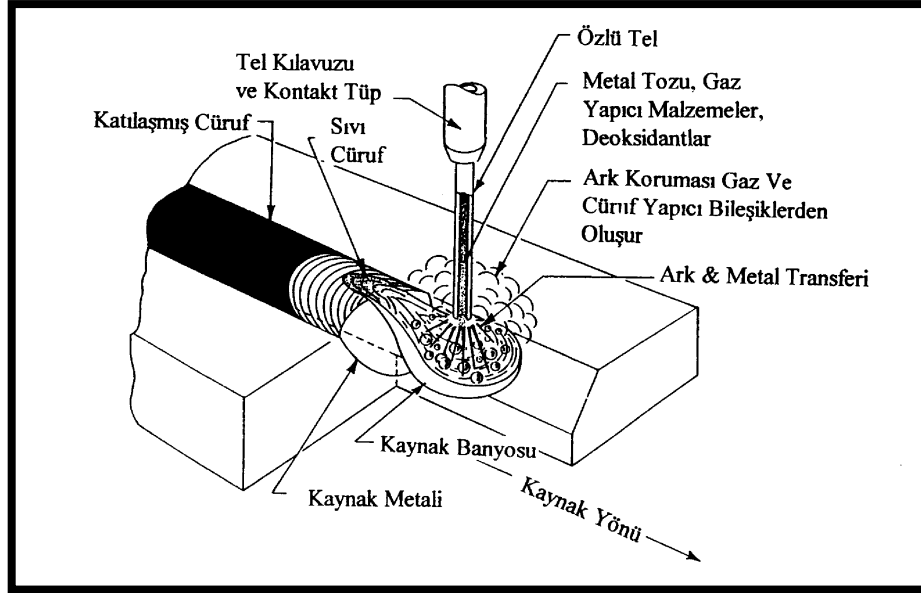
Çok yönlülük: Açık havada ve her türlü zor alanda kullanılabilir.

DEZAVANTAJLARI:

Seyrelme: Yüksek aşınma direnci için 2-3 paso sert dolgu yapılmalıdır.

Verimlilik, metal yığma hızı: Koçan kaybı ve 0.5-3 kg/saat metal yığma hızı nedeniyle düşük verimlidir.

Şekil 5.9'da Özlü Tel Kaynağının şematik gösterimi verilmiştir.



Şekil 5.9 Özlü Tel Kaynağının Şematik Gösterimi[87]

AVANTAJLARI:

Alaşım bulunabilirliği: Örtülü elektrodlerde olduğu gibi istenen özlü tel kolayca bulunabilir. Miktarlar yeterli olduğu sürece özel alaşımlı özlü tel sipariş edilebilir.

Yüksek metal yığma: Yüksek metal yığma hızına sahiptir, 2-11 kg/saat.

Metal yığma bütünlüğü: Alaşım elementlerinin ark boyunca kararlılığı iyidir. İstenen alaşımlama sağlanır.

Çalışma kolaylığı: Operatör eğitimi için harcanan süre çok kısa ve kolaydır.

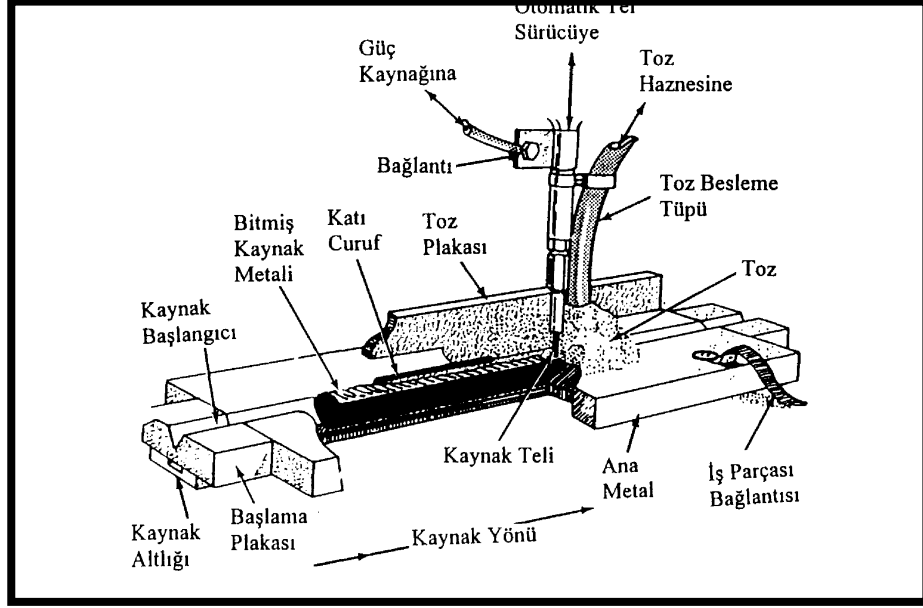
Çok yönlülük: Açık havada açık ark özlü telleri ile kaynak yapılabilir.

DEZAVANTAJLARI:

Seyrelme: Yüksek aşınma direnci için 2-3 paso sert dolgu yapılmalıdır.

Kaynak pozisyonu: Her pozisyon için üretilebilseler de çoğu düz ve yatay kaynaklar için uygundur.

Şekil 5.10'da tozaltı kaynağının şematik gösterimi verilmiştir



Şekil 5.10 Tozaltı Kaynağının Şematik Gösterimi[87]

AVANTAJLARI:

Otomasyon: Otomatik bir yöntemdir.

Metal yığma: Büyük ve aşınmış parçaların doldurulması ekonomik ve kolaydır.

Çalışma kolaylığı: Operatör eğitimi için geçen süre kısa ve kolaydır.

Kaynak metalı: Kaynak dikişi düzgün, temiz ve sağlamdır.

Uygulama alanı: Arkı toz çevrelediğinden ışınların rahatsız edici etkisi yoktur.

DEZAVANTAJLARI:

Alaşım temini: Dolgu kaynaklarında kullanılan alaşımlar sınırlıdır.

Kaynak pozisyonu: Kaynak, tozun altında yapıldığından düz ve silindirik parçalarla sınırlıdır.

Malzeme kalınlığı: Belli büyüklük ve kalınlıktaki malzemeler kaynak yapılabilir.

Yüksek seyrelme: Yüksek seyrelme nedeniyle aşınma direnci sağlayabilmek için çok pasolu kaynak yapılmalıdır.

Yüksek ısı girdisi: Yüksek ısı girdisi nedeniyle parça deformasyona uğrayabilir.

Çok yönlülük: Otomatik olması nedeniyle kullanımı sınırlıdır.

Toz ihtiyacı:Özel kaynak ekipmanına (toz besleme ünitesine) ihtiyaç vardır.

5.2.5 Tamir-Bakımda Kaynak Teknikleri ve Sırası

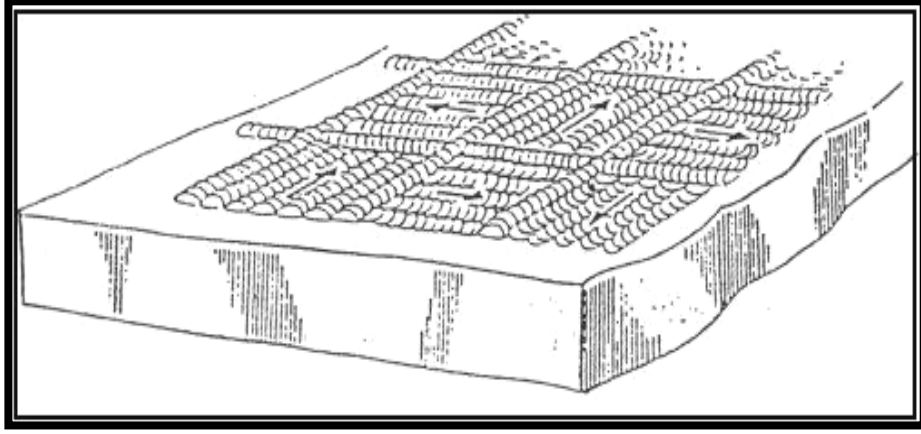
Koruyucu kaplamada seçilen sert dolgunun yanında, kaynak kaplamanın uygulaması kaplanan parçanın serviste kalma ömrünün uzatılması açısından özel önemi vardır. Yapılacak dolgunun özelliğine göre, Bir yöntemin (teknğin) diğerlerine göre tercih edilmesinin mutlaka geçerli bir nedeni olmalıdır. Mesela, doğru seçilen bir kaynak usulü ve ürünü ile yapılacak uygulama işlemi tekniği ve sırasının doğru tespit edilmemesinden ötürü beklenen ömrü sağlayamaz ve hızla aşınır.

Tampon Tabaka Dolgusu:

Aşınan kısmın orijinal şekline getirilmesi ve çekilecek sert dolgu dikişinin çatlamasının önlenilmesi istendiğinde, sünek ve çatlama direnci yüksek bir kaynak metali kullanılır. Özellikle sert dolgu yüksek tutulacak ise, soğuma sırasında çatlamanın olmaması ya da oluşan kılcal çatlakların ana metale yürümemesi için, darbeye dayanımı yüksek bir kaynak metali veren ürünle tampon kaynak yapılması esastır.

Yumuşak Çizgi Yöntemi:

Yumuşak çizgi yöntemi, A ve B olarak belirtebileceğimiz iki farklı metalin kullanıldığı bir kaplama tekniğidir. A darbeye, B abrazyona dayanıklı olmalıdır.Kaplanmak istenen düz yüzeye A metali kareler oluşturacak şekilde kaplanır. Arkasından, çok sert olan B metali bindirme dikişi şeklinde A metali kullanarak oluşturulan karelerin ortasının doldurulmasında kullanılır. (Şekil 5.11’de yumuşak çizgi yöntemiyle yapılan sert dolgu gösterilmiştir). Parçanın deformasyonunu önlemek için, kaynak dikişleri şeklinde görüldüğü gibi ters yönde çekilir. Karelerin ölçüsü, kaplanacak alanların büyüklüğüne göre değişmekle birlikte, genellikle 50 ila 80 mm. arasında bulunmaktadır.



Şekil 5.11 Yumuşak çizgi yöntemi ile yapılan sert dolgu [86]

Başlıca Avantajları:

Çok sert olan B malzemesi darbeden zedelenebilir, birtakım çatlama yada dökülmeler oluşabilir. Böyle bir durumda küçük bir bölgede hapsolmakta, tüm yüzeye yayılamamaktadır.

Sünek olan A malzemesi ile oluşturulan kare iskelet, darbeyi yutan, sönümleyen bir form göstermektedir. Aynı zamanda, kaynak işleme sırasında ortaya çıkan kendini geri çekme gerilmelerinin de yüksek darbe yükü altında çatlamaya neden olmasını önler. B metalinin birbirinin aksi yönde olan dik doğrulu kaynak dikişleri halinde uygulanması ile kaynak metalinin katılma sırasında doğurduğu kendini çekme gerilmelerini dengeler; parçanın çarpılmasını yada dikiş altı çatlakların oluşmasını, sonradan sert dolgunun dökülmesini önler.

Dar bölgelerde yumuşak çizgi yöntemi uygulanmak istenirse; bindirme dikişi uygulanmalı ve her 3-6 dikişte bir A metali kullanılarak kare ya da dikdörtgen oluşturmaya çalışılmalıdır.

Eğer abrazyon aşındırması darbeye göre daha ciddi ise B alaşımı 6'şar paso; eğer darbe birincil aşınma nedeni ise B alaşımı 3'er paso ya da A ile B alaşımları değişimli olarak bindirme dikişi şeklinde uygulanmalıdır.

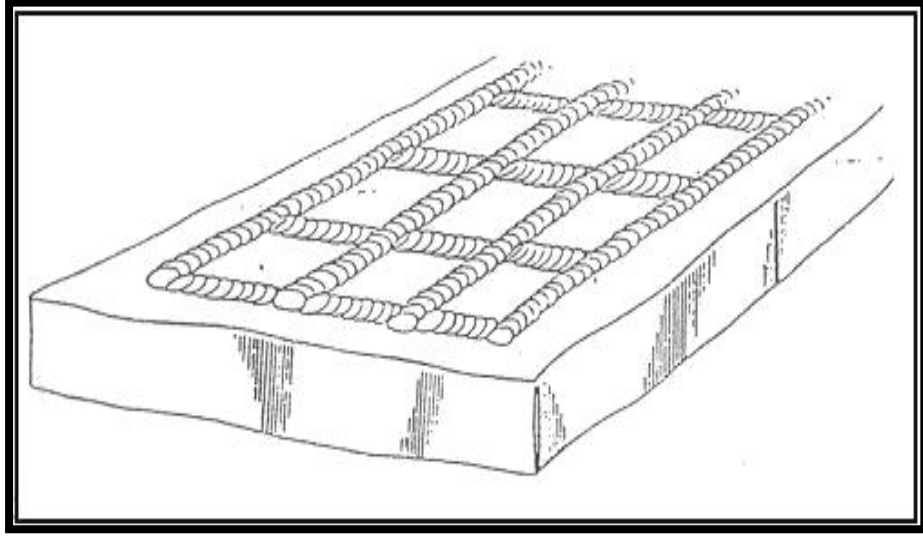
Özellikle çok pasolu dolgu gerektiren yerlerde bu teknik gerilmelerin giderilmesine yardımcı olduğu için oldukça yararlıdır. Darbe ve abrazyondan ciddi olarak zorlanan parçaların dolgusu için oldukça yararlıdır. Darbe ve abrazyondan ciddi olarak zorlanan parçaların dolgusu için geliştirilen bu teknik; özellikle sünekliliği düşük (gevrek) olan yüksek karbonlu çelikler,

alaşımli çelikler, dökme demirlerin kalın dolgu istenilen kaynağı için de geçerlidir.

Izgara Dikişi:

Bu yöntem, özellikle çakıl, balık, kum hafriyatı yapan kepelerde, ve demiryolu balastlarında çalışan demiryolu yol bakım araçlarında kullanılmaktadır. Sert dolgu ile oluşturulan ceplere abrasif parçacıklar dolar ve taşınan malzeme bunların üzerinden akarak ana metali aşındırmaz.

şekil 5.12'de ızgara dikişi ile yapılan sert dolgu gösterilmiştir.



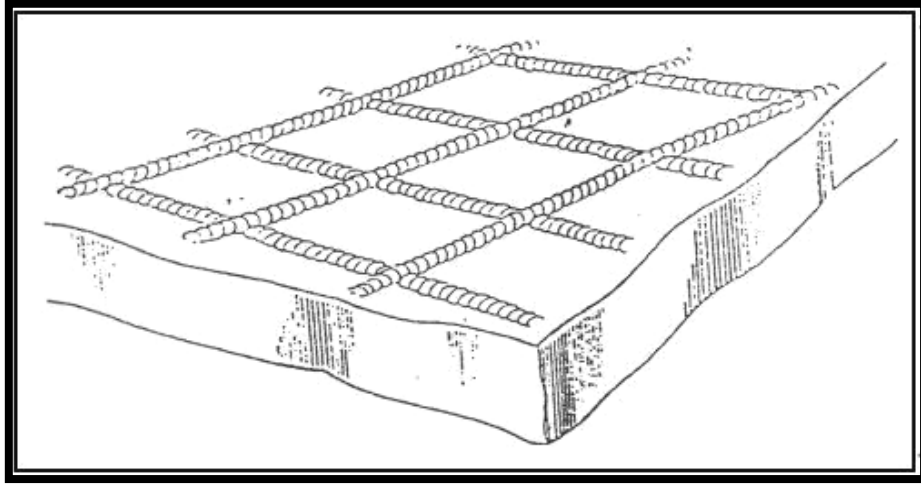
şekil 5.12 Izgara dikişi ile yapılan sert dolgu [86].

Bu tip dolgunun uygulandığı yerlerde aşınma olayı çok iyi izlenmeli, gerektiğinde kaynak dikişlerinin şekli ve ölçüleri değiştirilerek, en uygun çözüm bulunmalıdır.

Baklava Dikişi:

Baklava şeklindeki dikişler iri parçaların ana metale temas etmeden hareketini sağlar, ince parçacıklar da cepleri doldurarak aşınmayı geciktirir. Belki bütün yüzey, bindirme dikişi ile kaplansa da aynı sonuç alınabilir, ancak; hem zaman hem de sarf edilecek kaynak metali açısından baklava dikişi daha ekonomik olur.

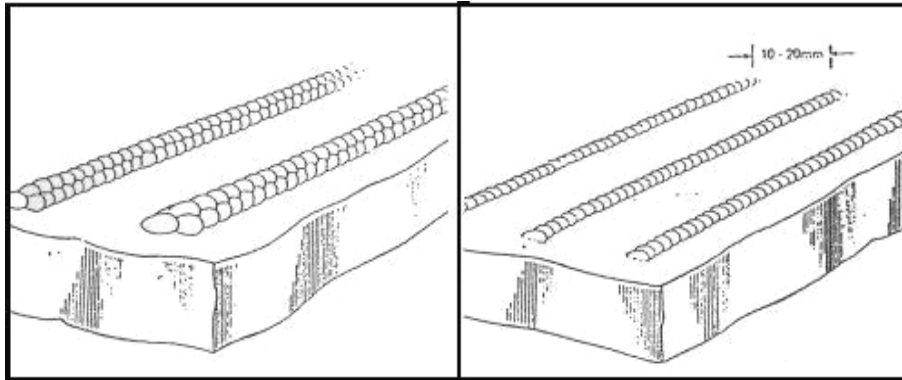
şekil 5.13'te baklava dikişi ile yapılan sert dolgu gösterilmiştir.



Şekil 5.13 Baklava dikişi ile yapılan sert dolgu [86]

Kızak Dikişi:

Şekil 5.14'te kızak dikişi ile yapılan sert dolgu gösterilmiştir.



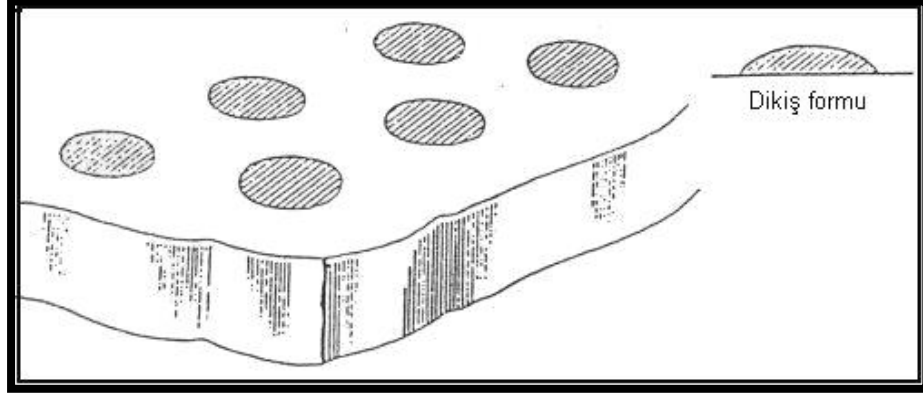
Şekil 5.14 Kızak dikişi ile yapılan sert dolgu [86].

Burada kullanılacak kaynak dikişinin ya tek paso yada en az üç pasodan oluşan çok pasolu olarak uygulanmasında yarar vardır. Bu yöntemle sürtünme yüzeyi de azaltıldığı için, özellikle aşınma azalır ve makinanın enerji harcamasında düşüş olur

Hızlı Nokta Yöntemi:

Yaklaşık 15 mm çapında ve 15 mm aralıklarla kaynak metali nokta şeklinde yığılarak uygulanır.

Şekil 5.15'te hızlı nokta yöntemi ile yapılan sert dolgu gösterilmiştir.

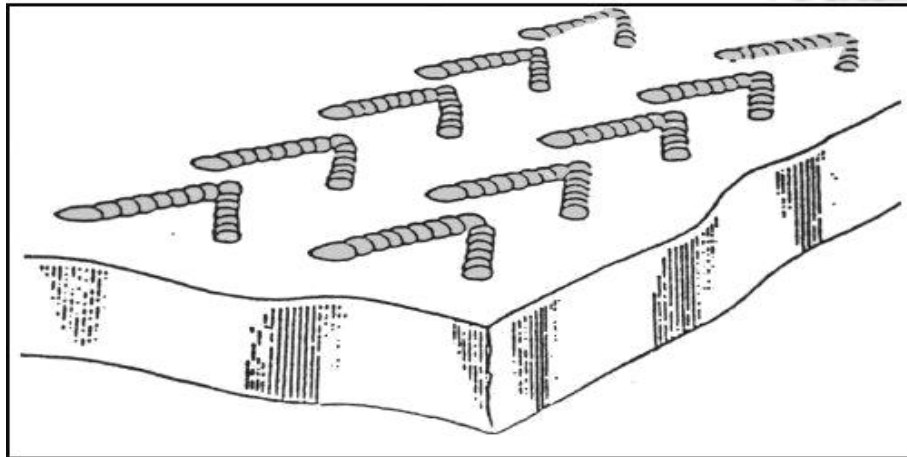


Şekil 5.15 Hızlı nokta yöntemi ile yapılan sert dolgu [86]

Abrazyon ve darbenin birlikte görüldüğü ortamlarda başarı ile uygulanır. Darbe çok yüksek olduğu zaman bile, bu noktalardan bir ya da ikisi kopabilir. Aksi halde bütün kaplamanın dökülme olasılığı vardır. Bu kopmayı önlemek için tampon dolgu da yapılabilir.

Balık Sırt Dikişi:

Izgara dikişi ile hızlı nokta yönteminin bir karışımıdır. Mibzerler, roleler gibi orta boyda ve yavaş hareket eden parçacıkların aşındırmasına maruz elemanlarda kullanılır. Düzlem yüzeylerde çavuş işaretleri 20-35 mm uzunluğunda ve aralarında 10-20 mm mesafe olacak şekilde konulur. Şekil 5.16'da balık sırtı sert dolgu dikişi gösterilmiştir.



Şekil 5.16 Balık Sırtı Sert Dolgu Uygulaması [86]

Nakledilen malzeme ince ve yapışkan değil ise, çavuşlar arasındaki mesafe 5-10 mm' ye indirilerek darbe dayanımı arttırılır.

5.2.6 Sert Dolguda Seyrelme ve Bindirme Faktörü

Seyrelme kaynak malzemesinin kimyasal kompozisyonunun ana metal (malzeme) ile karışması sonucu alaşımın ve yapının değişmesi anlamını taşır, birleştirme kaynaklarında dayanım, nüfuziyet ve seyrelme miktarıyla orantılıdır. Sert dolgu işleminde yüksek nüfuziyete ihtiyaç yoktur. Yalnız kaynak metalinin ana metali iyi tutması ve yapışması önemlidir. Sert dolgu kaynak metalinin kimyasal kompozisyonu ve özellikleri ana metalden farklıdır, yüksek seyrelme sert dolgu metalinin özelliklerini bozar. Sert dolgu alaşımlarından beklenen özellikler en az kaynak pasosu sayısı ile işlemin bitmesi düşünülerek yapılmalıdır. Kaynak işlemlerinde seyrelemeye etki eden faktörler şunlardır.

Ön tav sıcaklığı : Yüksek ön tav sıcaklığı, yüksek kaynak metali transferi ve yüksek seyrelme demektir. ön tav sıcaklığı tavsiye edilen değerlerde tutulmalıdır.

Kaynak akımı: Kaynak akımı ne kadar yüksekse seyrelme de o kadar yüksek olur.

Kaynak kutupları : Doğru akım negatif (-) kutup az seyrelme, doğru akım pozitif (+) kutup yüksek seyrelme fakat daha iyi ark özelliği sağlar.

Kaynak pozisyonu : Seyrelme oranının azalması için, sırasıyla aşağıdan yukarı yüksek seyrelme, oluk yatay düz, aşağıya yatay kaynak, yukarıya yatay kaynak ise düşük seyrelme sağlar.

Kaynak tekniği : Elektrodun salınımı arttıkça seyrelme azalır. Salınım yapılmadığında seyrelme artar. Önceden yapılmış sert dolgu yada birbiri üzerine bindirilen kaynaklar seyrelemeyi azaltır.

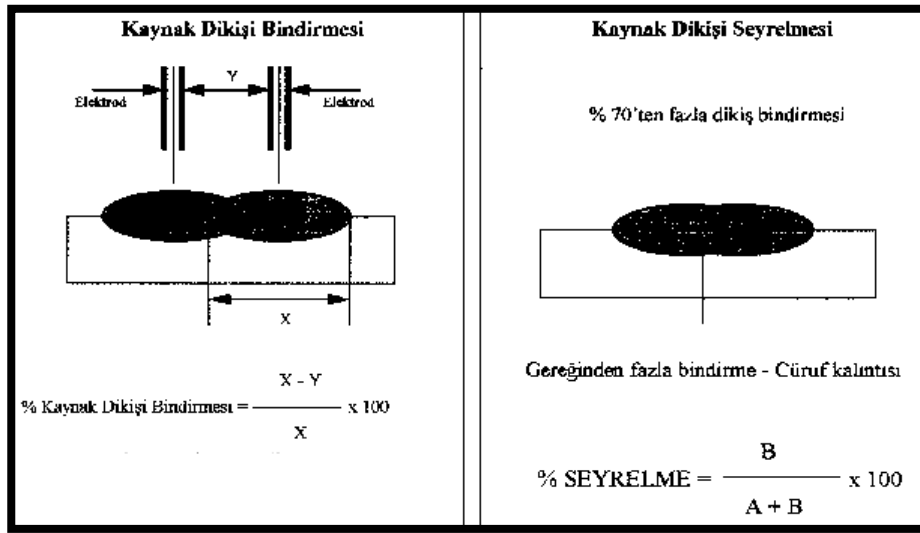
Paso sayısı: Paso sayısı arttıkça seyrelme azalır.

Serbest tel boyu : Serbest tel boyu arttıkça seyrelme azalır.

Seyrelmenin etkisinin azaltmak için en fazla dört paso kaynak yapılması tercih edilir. Genellikle % 30 - 50 kaynak dikişi bindirmesi kullanılır. İlk pasolarda % 50'ye yakın bindirme seyrelemeyi azaltır. Çok fazla bindirme (%)

70 ve daha fazla gibi) dikişin yana yatmasına ve cüruf kalıntısına neden olabilir. Şekil 5.17’de Kaynak dikişi seyrelmesinin şematik gösterimi verilmiştir.

Sert dolgu alaşımını seçerken dikkat edilmesi gereken diğer bir nokta da ana metalle yapılan seyrelmedir. Seyrelme nedeniyle kaynak metalinin alaşım miktarı düşer. Bu nedenle son pasoda istenen sert dolgu metalini elde edebilmek için, seyrelme nedeniyle alaşım miktarındaki düşüş kaynak malzemeleri tarafından karşılanmalı veya uygun kaynak malzemeleri ile tampon paso yapılmalıdır. Seyrelme etkisini azaltmak için yapılabilecek diğer bir uygulama da ilk pasoda daha yüksek alaşımlı kaynak malzemelerinin kullanılmasıdır.



Şekil 5.17 Kaynak Dikişi Seyrelmesi[87]

5.2.7 Silindirik Parçaların Sert Dolgusunda Döndürme Hızı

Silindirik parçaların sert dolgu kaynağı, çoğu durumda otomatik kaynak yöntemleri ile dairesel yönde yapılır. Fakat, bazı durumlarda da uzunlamasına kaynak tercih edilir. Bunun nedeni sıcaklık çatlaklarının oluşum yönünün dairesel değil de uzunlamasına olmasıdır. Bu tür bir yönelme çatlak büyüme hızı ve muhtemel parçanın kırılması açısından daha az kritiktir. Fakat, burada alaşım türünün daha önemli bir role sahip olduğu görülmektedir. Dairesel olarak sert dolgu yapılan parçaların çoğunda oluşan çatlaklar, tercihi yönde gelişme modeli göstermemektedir. Düşük döndürme hızı daha geniş kaynak dikişi oluşturur. Eğer döndürme hızı arttırılırsa daha

ince bir kaynak dikişı elde edilir. Sert dolgu sürekli spiral şeklinde yapılabildiği gibi en çok kullanılan yöntemlerden biri de dikiş üzerinden kontrollü geçerek atlama ile yapılmasıdır. Bölgesel ısınmadan kaçınmak için kaynak aynı yerde başlamalı ve bitirilmelidir. Silindirik ve düz parçalarda metal yığma hızını arttırma için çeşitli uygulamalar yapılabilir. Bunlar; salınımlı (osillasyonlu) kaynak, çift tel ile kaynak, elektro-cüruf ve tozaltı bant kaplama yöntemleridir. Bu yöntemlerle metal yığma hızı 4-5 kat arttırılabilir. Bu yöntemler uygulandığında kaynak hızı veya silindirik parçaları döndürme hızı istenen kaynak metali dikiş formunu sağlayacak şekilde seçilmelidir.

Silindirik parçalar kaynak yaparken, granül tozların kaynak bölgesinden zamanından önce dökülmesi engellenmelidir. Kontak nozuluna yanmayan bir malzemeden bir destek yapılmalı veya tozu iş parçasında tutacak bazı aparatlar kullanılmalıdır. Kenarları kaynak yaparken de toz desteklenmelidir. İş parçasının sonlarına metal ringlerin punta ile kaynaklanması veya ergimiş metal banyosunun arkasından tozu tutacak yanmayan fırça veya saçların kullanımı da bu desteği sağlar.

Toz kaynak yapılacak yüzeye, arkın önünden beslenmelidir ve ark bölgesine dönen bir parça ile taşınmalıdır. Küçük çaplı parçalar sert dolgu yapılacağı zaman toz ark daha yakından beslenmelidir. Granüle toz arkın önüne yeteri kadar uzaktan beslendiğinde, toz ergimiş cürufun akmasını ve tozu tutan bölümün yanmasını engeller. Eğer toz ark bölgesine çok yakından beslenirse, tozu tutan bölüm yanar, sıvı cüruf sızarak kaynak dikişini çok iyi örtmez. Tozun akıp gitmesini önlemek için toz beslemeyi sağlayan toz tutucu bölüm kaynak dikişinin üzerine hafifçe dokunmalıdır[87].

5.3. Raylarda Kaynaklı Tamir-Bakım Uygulamaları

5.3.1 Raylarda Elektrik Ark Yöntemiyle Dolgu Kaynağı

Yolun yapısından dolayı, ray yuvarlanma yüzeyinde rayın devamlılığını bozan bir takım aşınmış noktalar oluşur. Yol tamiratına rağmen aşınmış olan bu noktalarda gittikçe şiddetlenen vuruntular, gerek araçlara gerekse yol malzemesine zarar verir[91].

Yol malzemesinin kaynak dolgusu ile ıslah ve tamirinin prensibi, aşınmış olan profili mümkün mertebe normal ölçüye ve şekline getirmektir. Bunun

için aşınmış bölge uygun nitelikteki kaynak metali ile doldurulur ve doldurulan metale gerekli şekil verilir.

Raylarda dolgu kaynağı prensiplerini anlayabilmek için gerekli terimler aşağıda açıklanmıştır.

Krater: Elektrod parçaya sürülürte ark elde edildiğinde elektrod ile parça arasında kaynama başlar. Elektrotdan oluşan damlalar erimiş maddenin içine intibak eder ve bir kaynama banyosu oluşturur. Bu kaynaşma noktasına krater denir.

Conta Ezilmesi: Yol trafiği nedeniyle rayın diğer kısımlarına kıyasla uç kısım daha hızlı aşınır. Bu olaya conta ezilmesi (Ray uçları ezilmesi) denir. Tekerlek bu bölümden geçerken raya temas etmez ve diğer raya atlar, buda seyahat konforunu bozar.

Kaynaklanabilirlik: Tüm metaller kendi kendilerine kaynayabilir fakat bir metalin başka bir metale kaynaklanabilmesi ve kaynağın istenilen özellikleri taşıması kaynaklanabilirlik diye tanımlanır. Kaynaklanabilirliği etkileyen en önemli etken kimyasal bileşimdir. Kimyasal bileşime bağlı olarak karbon eşdeğeri arttıkça kaynaklanabilirlik de düşer.

Kaynak Kordonu : Dolgu kaynağı esnasında ateşlenmiş olan elektrod ile bir geçiş sonunda kaynaklanan malzeme üzerinde bırakılan iz

Kaynak Dikişi : Dolgu kaynağı sonunda bırakılan iz

Paso : Dolgu kaynağı esnasında elektrod ile malzeme üzerinden her bir geçiş

Kök Pasosu : Dolgu yapılacak malzeme üzerinde ilk kaynak dikiş sırası

Kapak Pasosu : Dolgu yapılacak malzeme üzerinde son kaynak dikiş sırası

Dolgu kaynağına başlamadan önce tüm hat ve tüm bağlantılarının sıkı olduğu kontrol edilmelidir. Aksi taktirde ön ısıtma ve kaynak yapımı esnasında ısı nedeniyle ray hareketi önlenemez Dolgu yapılacak bölge, master aletinin dolgu yapılacak conta üzerine yerleştirilmesiyle doldurulacak alanda üç nokta üzerinde alınan kotlarla ölçülerek (aşınmış alan üzerinde üç noktada derinlik ölçümü yapılır) bulunur. Fakat bu ölçümden önce yoldaki nivelman ve cebirelerin genel durumu kontrol edilmeli, cebirelerde problem

varsa değiştirilmeli ve cebire bulonları sıkılmalıdır. Dolgu kaynağı için en uygun zaman ray aşınmasının max 6 mm olduğu zamandır.

Dolgu kaynağı ile 36 m'lik bir rayda maksimum 12, 24 m'lik bir rayda maksimum 8 ve 18 m'lik bir rayda maksimum 6 adet aşınmış bölgenin tamirâtı yapılabilir. Belirlenen uzunluklarda bir ray üzerinde bu sayıların üzerinde aşınmış nokta varsa ve bunların mutlak surette tamiri gerekiyorsa, bu tür rayların dolgu kaynağı ile tamir edilmesi yerine değiştirilmesi ekonomiklik açıdan daha doğru bir yaklaşımdır. Kaynak kordonları, düz pasolar halinde ve azami 125 mm uzunluğunda bırakılmalıdır. Elektrodun genişliğinin iki katından fazla olmamak kaydıyla hafif bir çapraz kordon bırakılabilir.

Kaynakta kullanılan ekipmanlar:

Kaynak Jeneratörleri: Jeneratör doğru akım verir. Bu gruba giren kaynak makinaları bir güç makinesi tarafından hareket ettirilerek, kaynak için gerekli elektrik akımını üretirler.

Alternatif Akım Kaynak makinaları(Transformatörler):Alternatif akım verir. Kaynak transformatörleri üç fazlı şebekenin yalnız iki fazına bağlanır ve şebeke akımını kaynak akımına çevirirler.

Elektrod taşıyıcı pens : Bu pens akımın kablodan elektroda geçmesini sağlayan ekipmandır. Elektriği güvenli iletmeli ve elektrotlar kolay değiştirilebilmelidir. Elle tutulan sap kısmı fazla ısınmamalı güvenli bir şekilde tutulmalı, kullanışı rahat ve hafif olmalıdır.

Ön ısıtma gurubu : Ray sıcaklığını en az 350°C'ye yükseltecek kapasitede dizayn edilmiş bir ön ısıtma ekipmanı olmalıdır.

Ara bağlantılar : Kabloların muhtelif aksamını elektrik ve mekanik yönden birbirine bağlayan bağlantılardır.

Besleme kabloları : Elektrik akımını Jeneratörden elektroda taşıyan pense ve tekrar jeneratöre dönmesini temin eden kablolardır. Eğilip bükülebilir özellikte olmalıdır.

Kitle Prizi . Bu priz dönüş kablosu ile kaynaklanan parça arasındaki elektrik kontağını temin eder.

Taşınabilir taşlama aparatı, elektrodları kuru tutmak için gerekli taşınabilir fırın, penetrasyon testi için gerekli spreyleyiciler, ısıtılan rayın (350°C) sıcaklığını ölçen özel kalemler veya sabun, mastar ve ölçüm ekipmanları, kaynak dikişinin iç bükey kısımlarında birikmiş curufun temizlenmesinde kullanılmak üzere çekiç ve metal fırçası, elektrotlar mevcut olmalıdır.

Elektrodun örtüsü koruyucu bir gaz atmosferi oluşturarak kaynak dikişini atmosferin olumsuz etkilerinden korur. Kaynaktan sonra dikişin üzerini bir curuf tabakası ile örterek dikişin yavaş soğumasını sağlar. Elektrodların çapı yapılacak kaynak dolgusuna uygun olarak seçilir. Elektrodun çapı 3.25 mm'den büyük olmalı, 3.25 mm'den küçük elektrod kullanılmamalıdır. 5 mm çaplı bir elektrod ile 55 mm uzunluğunda bir dolguya 7-8 dikiş yapılabilir. Bu 4 mm çapında elektrod kullanıldığı takdirde 9-10 dikiş adedine eşittir. Göbek kaynağında kullanılan elektrodlar 4-5 mm çapında 450 mm uzunluğunda olmalıdır. Nemli elektrod asla kullanılmamalıdır. Kullanılması durumunda dolgu kaynağında boşluklar ve çatlaklar oluşur. Tüm elektrodlar kullanılmadan önce İmalatçının tavsiyesine uygun olarak kurutma fırınlarında kurutulmalıdır. Elektrodlar nitelikleri ne olursa olsun sıvalarının daima bazik olması gereklidir.

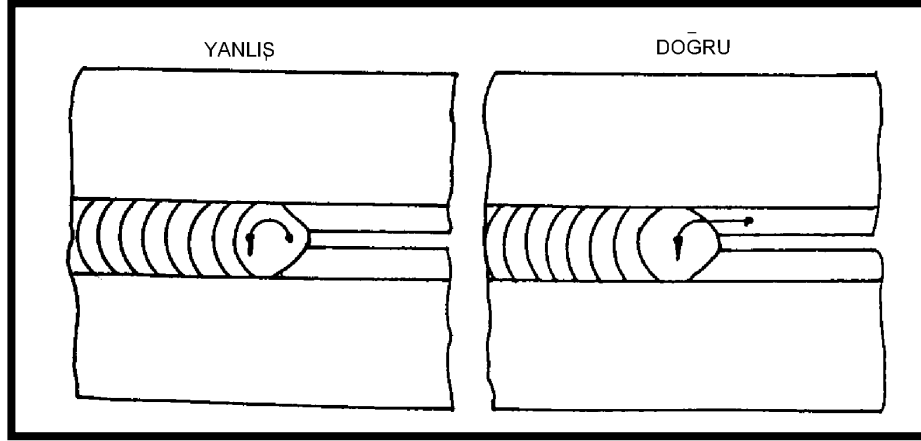
Kaynak koşulları

Bazik elektrodlarla kaynak yaparken ark daha evvelce bitmiş olan elektrodun kraterinde tutuşturulmamalıdır. (Şekil 5.18'de Elektrik ark kaynağında dolgu kaynağının yönü gösterilmiştir) Kraterden 5-6 milimetre kadar yan veya ön tarafta tutuşturulmalı ve bir evvelki elektrodun curufu temizlenmiş olan kraterine getirilerek kaynağa devam edilmelidir. Aksi halde, elektrodun ucunun, kraterin curufuna dalması gözenek oluşmasına neden olur.

Bazik elektrodlarla yapılan kaynaklarda, akım şiddeti yüksek, kaynak hızı düşük olmalıdır. Zira hızlı kaynak yapıldığında curuf kaynak metalini örtmez. Curufun kaynak metalini örtmemesi durumunda kaynak metalini çabuk sertleştiği için sert ve kırılgan olur ve aynı zamanda havanın nemi ile kaynakta boşluk oluşur.

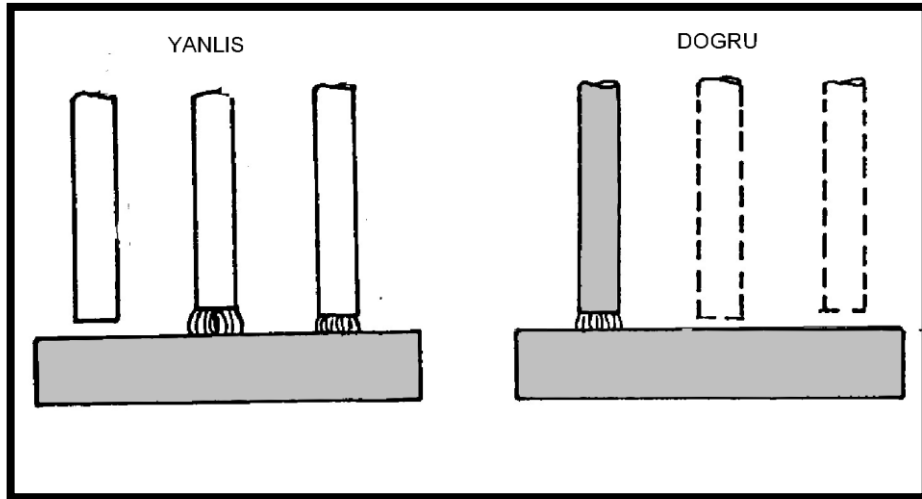
Geri akım hamlacı kaynak noktasına yakın olmalı ve kaynaklanacak ray üzerindeki taşlanmış parlak bölgeye sıkıca değdirilmelidir. Alternatif akımı kullanırken iki kaynak kablosu güvenli bir şekilde birbirine bağlanmalı ve asla ayrı ayrı kullanılmamalıdır. Kabloların fazla uzun olması kullanılan

elektrik voltajını düşüreceğinden kaynak makinası mümkün olduğunca iş parçasına yakın olmalı ve kaynak kablolarının uzunluğu belli bir sınırdan tutulmalıdır.



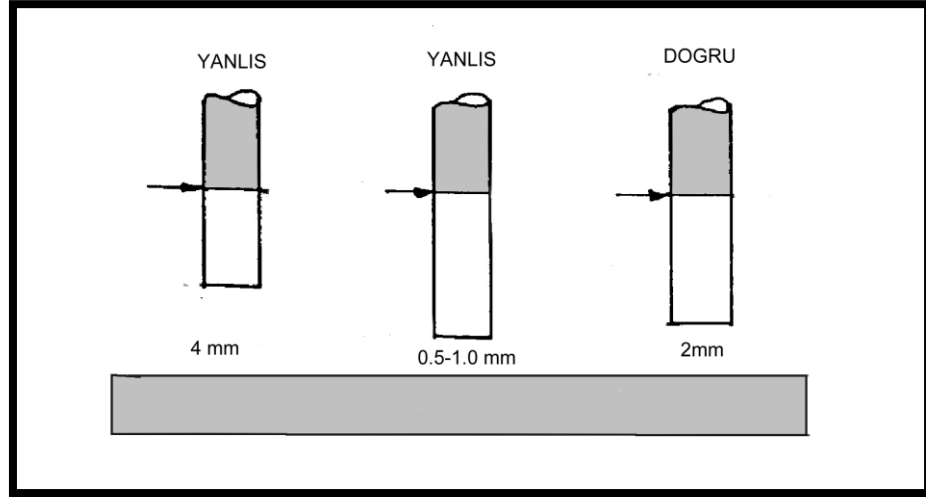
Şekil 5.18 Dolgu Kaynağının Yönü [91]

Tutuşma elektrod parça ile temas ettirilip geri çekilerek yapılmalıdır. Aynen bir kibrit yakar gibi tutuşturulmalı ve parçaya teğet olarak çekilip kaynak yapılacak yere götürülmelidir. Şekil 5.19'da elektrot tutuşturulma şekli gösterilmiştir.



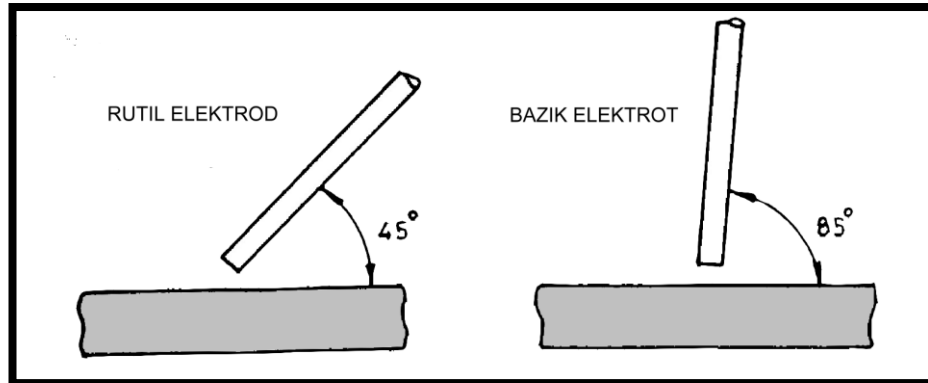
Şekil 5.19 Elektrotun tutuşturulması[91]

Bazı elektrodlarla yapılan kaynak işleminde ark boyunun kısa tutulması gereklidir. Uygulamada en uygun ark boyu yaklaşık elektrod tel çapının yarısı kadardır. Şekil 5.20'de ark boyu gösterilmiştir.



Şekil 5.20 Ark Boyu[91]

Bazik elektrotlarda elektrotun tutuş meyli 85-90 derece arasında olmalıdır. (Şekil 5.21 Elektrot cinsine göre elektrot tutuş meyli gösterilmiştir.)



Şekil 5.21 Elektrot Cinsine Göre Elektrotun Tutuş meyli[91]

Kaynak İşlemi:

İlk iş olarak ray kalitesinin bilinmesi gerekir. Kaynağa başlamadan ve ölçümden önce tüm bağlantıların sıkılması ve makasın kapatılması gereklidir.(Makas dolgularında)

Ray başı dolgularında ise kaynak işleminin doğru bir şekilde olabilmesi için contanın mutlaka düzgün bir şekilde dengede olması gereklidir. Dolayısıyla ray başı dolgularından önce contalarda şu önlemler alınmalıdır. Cebirelerin iyi durumda olması ve rayı çok iyi bir şekilde kavraması gereklidir. Cebireler

iyi durumda değilse bu contalara yeni veya uygun cebireler takılmalıdır. Gerekli ise cebire takviye levhaları konmalıdır. Çok aşınmış ray uçlarının yükseltilmesi amacıyla konulmuş ilave levhalar varsa kaldırılmalıdır.

Cebire blonlarının sıkılması gereklidir. Kaynak öncesi taşlama yapılmalıdır. Taşlamanın amacı, ray yuvarlanma yüzeyinde darbelerden meydana gelmiş sert yüzeyde oluşmuş girinti ve çıkıntıların, okside olmuş bölgenin, kaynağa zararlı bozuklukların temizlenmesi ve kaynak için düzgün bir yüzey elde edilmesidir.

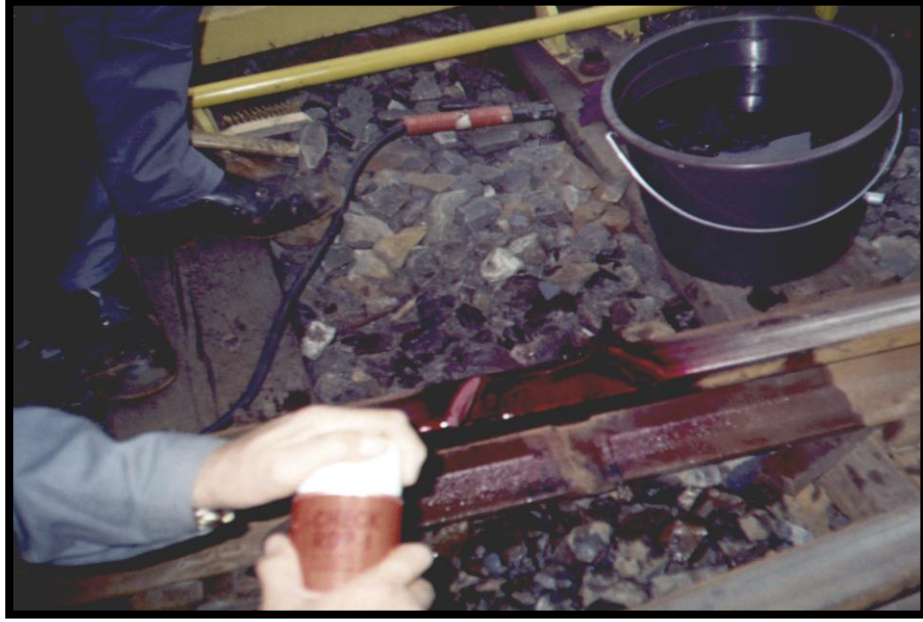
Şekil 5.22'de rayın taşlanması gösterilmiştir.



Şekil 5.22 Rayın Taşlanması[92]

Taşlama işleminde noktasal aşırı ısınmadan kaçınmak için taşlama aleti fazla bastırmadan kullanılmalıdır. Sonuç olarak tüm çatlaklar ve kusurlar taşlama yoluyla kaldırılmalıdır. Taşlama sureti ile çatlak ve kusurların giderilemeyeceği durumlarda hiç bir şekilde dolgu yapılmamalıdır. Penetrasyon testi yoluyla ray başlarındaki kusurlu bölgenin belirlenip ortaya çıkarılması ve bu kusurların kaldırılmasının sağlanması gibi ön çalışmalarının yapılmasına dikkat edilmelidir.

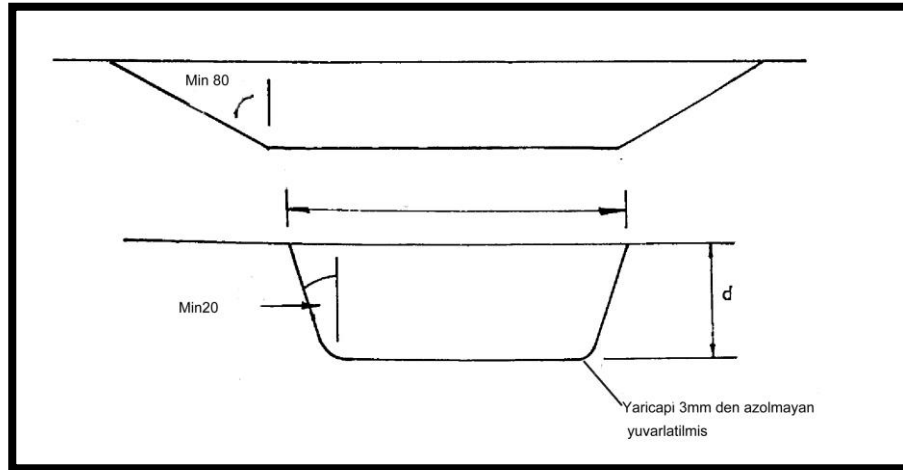
Şekil 5.23'te raya Uygulanan penetrasyon testi görülmektedir.



Şekil 5.23 Raya Uygulanan Penetrasyon Testi[93]

Hazırlanan yüzey kolayca ulaşılır olmalı ve kaynakta kusura yol açabilecek türden dik köşeler bulunmamalıdır.

Şekil 5.24'de kaynak metalinin yüzeyinin hazırlanması gösterilmiştir.



Şekil 5.24 Kaynak Metalinin Yüzeyinin Hazırlanması[93]

Dolgu yapılacak bölüm minimum 1.5 mm derinliğe kadar ray yüzeyinde tedrici bir geçiş sağlayacak şekilde taşlanmalıdır. Dolgu kaynağı için tavşan ayağı tabir edilen makas bölümünün en uzun kısmı ve makas dilinin en fazla

alışan tarafı hazırlanmalıdır. Taşlanmış olan bölge tekrar penetrasyon testi ile tekrar kontrol edilmeli, tespit edilen kusurlar taşlamayla tamamen kaldırılmalıdır. Daha sonra yapılacak tekrar penetrasyon testi ile kusurların giderilip giderilmediğine dair son kontrolü yapılmalıdır. Ray mantarında enine meydana gelen çatlaklar ve kusurlar ilk önce ray mantarının çalışmayan yüzünden başlanarak taşlama ile ortadan kaldırılmalıdır. 13 mm derinliğe kadar taşlamayla bertaraf edilmeyen ayrılmış bir çatlak varsa taşlamayla eksilen metalin yerine dolgu kaynağı yapılmalıdır. Çatlak derinliğinin 13 mm den daha az olması durumunda oyulan kısım normal yüzey seviyesine kadar ön hazırlık olarak doldurulur. Ray alışma yüzeyinde kalan çatlak, doldurulan kısmın tekrar taşlanması yoluyla bertaraf edilmelidir. Taşlamayla oluşan bu oyuk dolgu kaynağı tekniğine uyularak yeniden doldurulmalıdır. Tavlama kaynaklanacak bölgenin gevrekleşmesini önlemek ve sağlıklı bir kaynak için gereklidir. Dolgu yapılacak kısım ortada kalacak şekilde 150 mm'lik bölüm minimum 350-450°C'ye kadar n ısıtmaya tabi tutulur.

şekil 5.25'te ön ısıtma görülmektedir.



şekil 5.25 Ray dolgusunda ön ısıtma[93]

Trafik nedeniyle kaynak işlemine ara verildikçe kaynak bölgesinin sıcaklığı kontrol edilmeli ve soğuma hissedildiğinde ısıtma işlemi tekrarlanmalıdır. Kaynak sıcaklığı dolgu işlemi süresince sabit tutulmalıdır.

Pratikte tavlamanın olduğunu tecrübeli kaynakçılar ray yuvarlanma yüzeyinin mavi renge dönüşmesinden anlarlar. Ray yüzeyinin 300°C ısınması için yaklaşık 5-9 dakika ısıtma yapmak gerekir. Hava sıcaklığı 15°C iken 5 dakika tavlama yüzey ısısının 300-320°C, iç ısısının ise 210-220°C olmasını sağlar. Ray sıcaklık ölçümünde diğer bir pratik yöntemde sabun kullanmaktır. Ray 300°C'ye ulaşmışsa sabun 5-10 saniyede sararır. Ray 350°C'ye ulaşmışsa sabun 5 saniyede esmerleşir, 30 saniyede koyu esmer olur. 400°C'de ise sabun 5 saniyede kararır. 10 saniyede kurur. Ön ısıtma sıcaklığı proflu ölçme termometresi ile de kontrol edilebilir. Şekil 5.26'da Proflu termometre ile sıcaklık ölçümü gösterilmiştir.



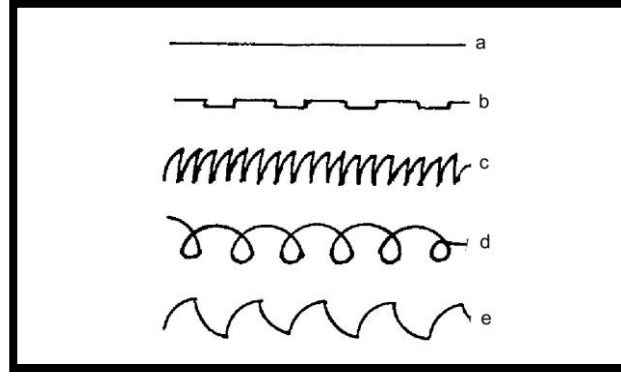
Şekil 5.26 Proflu Termometre İle Sıcaklık Ölçümü[93]

Dolgu Kaynağında Doldurma Teknikleri:

Elektrik ark kaynağında daima soldan sağa doğru kaynak yapılır. Kaynağın pozisyonuna, pasosunun çekiliş yerine ve cinsine göre elektroda çeşitli hareketler verilir.

Örneğin yatay pozisyonda kök pasosu düz olarak çekildiği gibi, kapak pasosunun çekilişinde de elektroda sağlı sollu hareketler verilerek kaynak yapılır.

Şekil 5.27'de Rayların dolgu kaynağında uygun paso Hareketleri gösterilmiştir.



Şekil 5.27 Rayların Dolgu Kaynağında Uygun Paso Hareketleri[91]

a) ve b) Kök pasosunun kaynağı için, c) zik zak hareketi en sık kullanılan hareket , d) ve e) dolgu kaynaklarında son pasonun çekilmesinde uygulanmaktadır.

Dolgu işleminin tamamlanmasından sonra, fazla bastırmadan dolgu bölgesi taşlama ile ray seviyesine getirilmeli ve kaynak soğumaya bırakılmalıdır. Taşlama işlemi boyunca kaynak sık sık master kontrolüne tabi tutulmalıdır. Aşırı ısınmayı engellemek için bütün taşlama işlemlerinde sadece hafif basınç uygulanmalıdır.

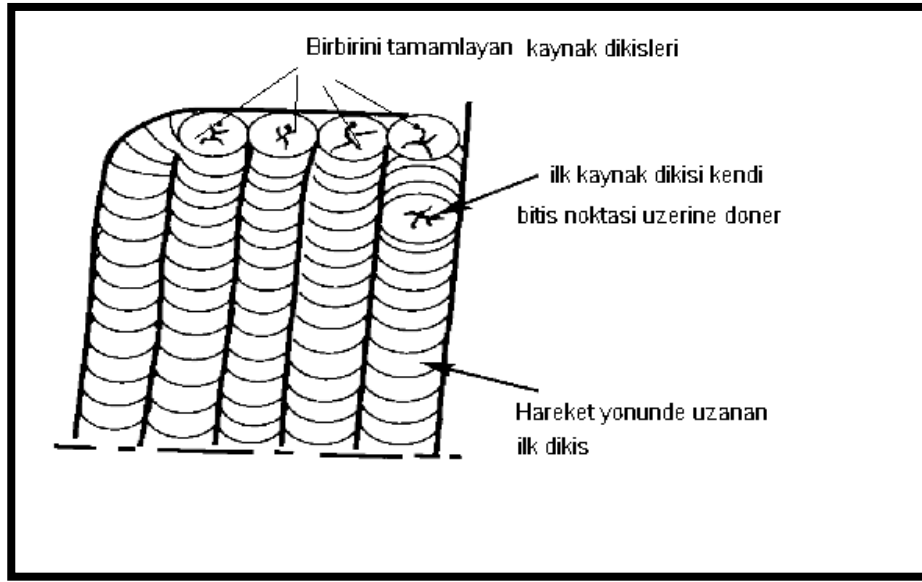
Kaynaklanan bölge kaynaktan ve taşlama işleminden sonra metal yeterince soğur soğumaz (el dayanacak kadar) gözle ve uygun gereçlerle kontrol edilmelidir. Herhangi bir hata bulunursa taşlama ile tamamen yok edilmeli, o bölge prosedüre göre yeniden kaynaklanmalı ve teyid amacıyla yeniden teste tabi tutulmalıdır.

Conta Başlarında Dolgu Kaynağı

Doldurulacak kısmın başlangıç ve son noktaları tayin edilir ve bu kısım ray mantarının yanakları üzerinde tebeşirle çizilerek işaretlenir. Aşınma miktarı fazla olan kısımlar ayrıca işaretlenmelidir. Çünkü bu bölgeler için daha fazla dolgu yapılır.

Ateşlenmiş olan elektrod kaynak bölgesi üzerinde yürütüldükçe, kaynama banyosu da elektrodla birlikte hareket edecektir. Bu hareketle elektrod malzeme üzerine bir kaynak kordonu bırakır. Kaynama ve erime esnasında elektrod uzunluğunu kaybeder. Elektrodla parça arasındaki mesafeyi korumak için düzgün bir şekilde elektrodu aşağıya indirmek gereklidir. Elektrod çok yavaş indirilirse ark çok uzar ve söner dolayısıyla kaynak işi

durur. Elektrod süratle indirilirse bu seferde parçaya yapışır ve oraya kaynar. Dolgu uzunlamasına dar dikişler şeklinde yapılır. Her kaynak dikişi kendisinden evvel yapılmış dikişin 1/3 genişliği üzerine denk gelmelidir. Bu şekilde bir önceki dikiş kısmen erimiş olur, Böylece uzunlamasına izlerin oluşması önlenmiş olur. İzlerin sakıncası, içlerinde curufun toplanmasıdır. Her dikişten sonra oluşan curuf çekiçleme ve fırçalama suretiyle temizlenmelidir. İlk kaynak dikişi ray mantarının dış tarafından yapılmalıdır. Isı şokunu önlemek üzere kaynak dikişine contanın kenarından başlanır. Şekil 5,28'de Ray conta başı dolgu kaynağı kaynak dikiş sırası gösterilmiştir.



Şekil 5.28 Ray Conta Başı Dolgu Kaynağı Kaynak dikiş sırası[91]

Önemli olan bir evvelki dikişin ucunda bulunan krateri örtebilecek şekilde kaynak dolgusu yapmaktır. Her kaynak dikişinin sonuna geldiğinde kaynakçı, kaynak dikişinin uç tarafında oluşan kaynak banyosuna bir çevirme hareketi yaptırmalıdır.

Önceki tırtılların üzerine gelecek biçimde yerleştirilmiş kaynak tırtılı bitiş noktaları İlk kaynak dikişi yıpranmış bölgenin tüm enini dolduracak şekilde başarılı bir geçişle elektrod kalınlığının iki katını geçmeyen hafif dalgalanmalarla yapılır. Ray üzerine veya bağlantı elemanlarına kıvılcım sıçratmamaya çalışılmalıdır. Birleştirmeye başlama ve bitirme ray mantarı boyunca yayılarak gerçekleştirilmelidir. Her kaynak sırası bittikten sonra kaynak dikişinin içine curuf kaçmışsa veya içerde herhangi bir kusur

oluşmuşsa kaynağa devam etmeden önce taşlama yoluyla iyice temizlenmelidir. Curufu temizler temizlemez henüz kaynak dikişi sıcakken, gerilmeleri hafifletmek için kaynak dikişi hafifçe çekiçlenmelidir.

Bir sonraki kaynak dikişi yapılırken malzemenin sıcaklığı kontrol edilmeli, eğer gerekli ise doğru sıcaklığa getirilmek için ön ısıtmaya tabi tutulmalı daha sonra kaynak işlemine devam edilmelidir. Kaynak dikişi tüm aşınmış bölge doldurulana kadar tekrarlanır. Her kaynak katı tamamlandığında yüzey aşırı basınçtan kaçınılarak taşlanmalı ve soğuduğunda boşluk olup olmadığı kontrol edilmelidir. Kaynak işlemi, gerekli profilden yaklaşık 1 mm daha yüksek olacak şekilde tamamlanmalıdır. 1 mm'lik fazlalık, daha sonra taşlama yoluyla uygun ray profiline getirmek amacıyla bırakılır.

Makas göbeklerinin elektrik ark kaynağı ile doldurularak tamiri:

Demiryolunun yapısı itibari ile rayların yuvarlanma yüzeyinin devamlılığı esastır. Yuvarlanma yüzeyinin devamlılığını bozan ve bir takım özellikler arz eden noktalar mevcuttur. Bu noktalar cebireli contalar, ezilmiş ek kaynakları ve makaslardaki göbek boşluklarıdır. Bu noktaların üzerinden geçen tekerlek yükleri, yolun diğer kısımlarına nazaran daha büyük etki yapar. Bu nedenle de yolun diğer kısımlarına oranla conta ve makas göbeklerinde aşınmalar, ezilmeler daha çabuk ve fazla olur.

Aşınmış olan bu kesimler çok sık yol tamirâtı gerektirir ve yol tamirâtı yapılmasına rağmen vuruntular gittikçe şiddetlenerek artar. Artan vuruntular giderek demiryolu vasıtalarını ve yol üst yapı malzemesini olumsuz etkiler. İşte bu nedenle bu kısımlardaki aşınma ve ezilmeler zaman geçirilmeden düzeltilmelidir.

Makas göbeklerinde özellikle, parçalı makas göbeklerindeki, göbek uçları ve tavşan ayaklarında aşınma ve ezilmeler kısa sürede meydana gelir. Yapıları itibari ile gerek makasların, gerekse kruvazmanların göbeklerindeki boşluklar ve makas göbeklerinde ısıl işlemle sertleştirme yapılmamış olması aşınma ve ezilmelerin daha süratli olmasına neden olur.

Makas göbeklerinde elektrik ark kaynağı ile yapılan tamirat çok pahalı ve özellik arzeden bir işlem olduğundan, makaslarda imalat sırasında aşınma ve ezilmeye karşı dayanıklı monoblok döküm göbekler kullanılmalı veya parçalı göbeklerde makas göbek uçları ve tavşan ayaklarında ısıl işlemle

sertleştirme yapılmalıdır. Ancak yinede zaman içerisinde aşınma kaçınılmaz olacaktır.

Tamir-bakım genellikle makas göbeklerinde yapılacak onarımlar tavşan ayağı üzerindeki onarımlar, V rayı üzerindeki çıkıntıların giderilmesi ve burunun yeniden oluşturulması şeklindedir. Öncelikle yapılması gereken dolgu yapılacak bölge ve dolgu yüksekliğinin tespiti için, göbek aşınma miktarının bir metrelik bir mastarla veya ölçekli bir cetvelle tespit edilmesidir. Şekil 5.29'da Mastarla dolgu yüksekliğinin tespiti, Şekil 5.30'da ise dolgu bölgesinin tespiti gösterilmiştir.



Şekil 5.29 Mastarla Dolgu Yüksekliğinin Tespiti[92]

Öncelikle göbek V rayının üst kotunun ilk baştaki değerini bilmek gereklidir. Ölçümün yedi noktada yapılması gerekir. Ölçümler V rayının küt ucunda 1 m gerisine kadar hareket yüzeyi boyunca yapılır. Yanlardaki aşınmayı görmek için V 'nin her bir hareket yüzeyi boyunca da ölçüm yapmak gerekir. Herhangi bir eşit olmayan aşınma olup olmadığını ve rayların birbirine göre yüksekliğini görmek için mastar aletini V rayından tavşan ayağı raylarına döndürerek ölçülür. Bu ölçümler değerlendirilerek dolgu yapılacak bölüme karar verilir. Göbek ucu ve tavşan ayağının aşınmış olan kısımlarının dolgusu her iki tarafta kaynaklanmayacak kısımlarla düzgün bir eğim oluşturacak şekilde yapılmalıdır. Eğim metrede 2 mm den az oranda olmalıdır. Tüm bağlantı malzemelerinin iyice sıkıştırılması gereklidir.



5.30 Dolgu Bölgesinin Tespiti[92]

Daha sonra kaynak bölgesi zımpara taşıyla taşlanmalı, ray yuvarlanma yüzeyinde darbe neticesi meydana gelen sert tabaka taşlanarak temizlenmelidir. Tüm girinti çıkıntılar, korozyona uğramış bölgeler, kılcal çatlaklar bu yolla giderilmiş olmaktadır.

Şekil 5.31'de dolgu kaynağı öncesi taşlanmış makas göbeği gösterilmiştir.

Kaynaklama öncesi ön tavlama yapılmalı ve tavlama sıcaklığı 300°C 'den daha az olmalıdır. Kaynak bölgesinin sıcaklığını anlamak için, temizlenmiş yüzeyde mavi bir rengin meydana geldiğini görmek yeterlidir. Şantiyede ısınma derecesinin kontrol için "termokrem" kalemlerde kullanılabilir. Bu kalemlerin özelliği belirli sıcaklıklarda renk değiştirmesidir. Tav sıcaklığı iklim şartlarına göre değişmektedir. Ancak tecrübeler $400-450^{\circ}\text{C}$ 'lik sıcaklığın yeterli olduğunu göstermektedir.

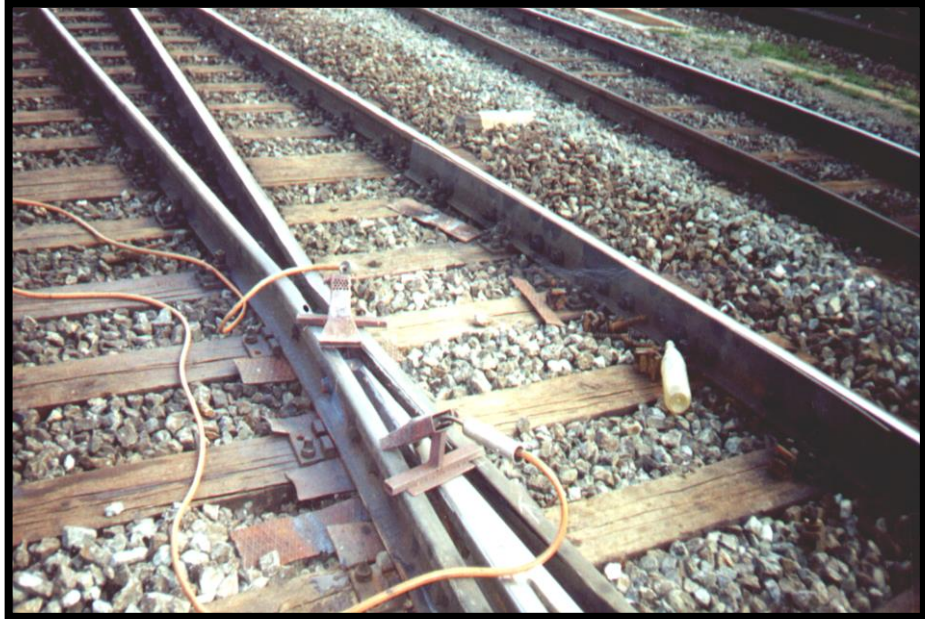
Tavlama sırasında sadece kaynak edilecek bölge değil, rayın tamamı ısıtılmalıdır. Tavlama boyu kaynak boyundan 8-10 cm daha uzun olmalıdır.



Şekil 5.31'de Dolgu Kaynağı Öncesi Taşlanmış Makas Göbeği[92]

Tavlama elektrik direnç veya gaz ile yapılabilmektedir.

Şekil 5.32'de elektrik direnç yöntemiyle ön tavlama ve Şekil 5.33'te de gaz yöntemiyle ön ısıtma gösterilmiştir.



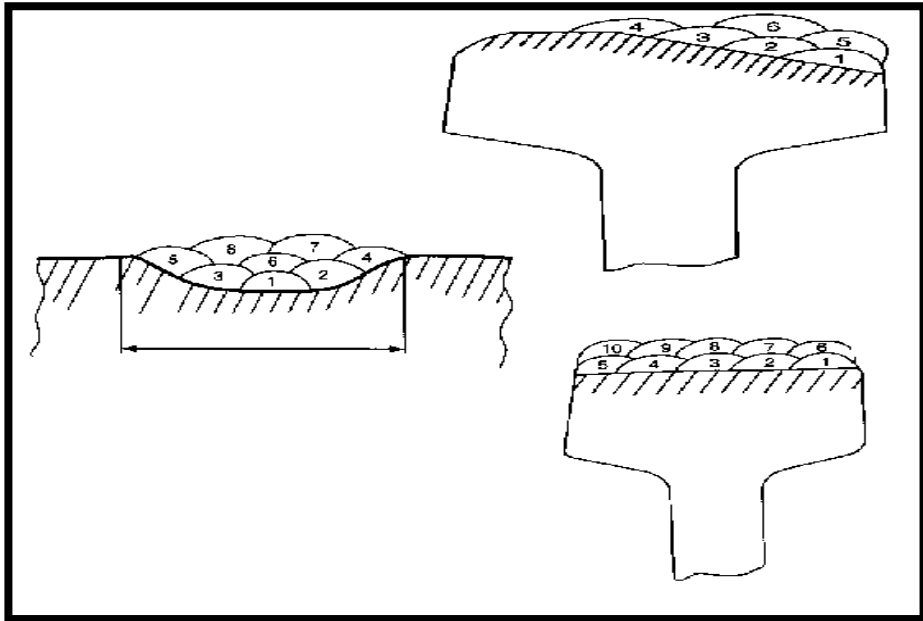
Şekil 5.32 Elektrik Direnç Yöntemiyle Ön Tavlama[92]



Şekil 5.33 Gaz Yöntemiyle Ön Isıtma[92]

Taşlama sonrası yapılan kaynak işlemi ray mantarının bütün genişliği üzerine yayılmalıdır.

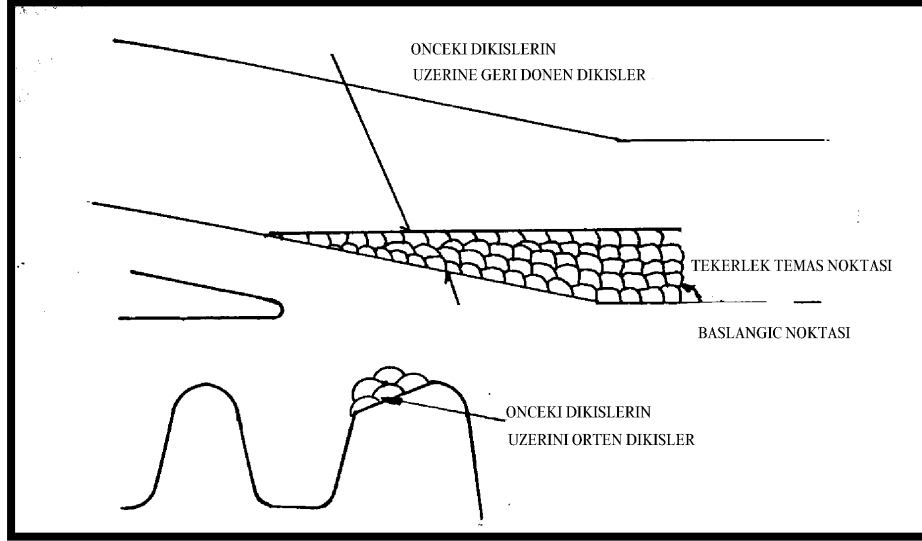
Şekil 5.34'de Ray mantarı dolgu şekli gösterilmiştir.



Şekil 5.34 Ray Mantarı Dolgu Şekli[94]

Makas göbeklerinin dolgu kaynağında taşlanacak kısmın ilk kaynak dikiş aşağıdaki şekilde olmalıdır.

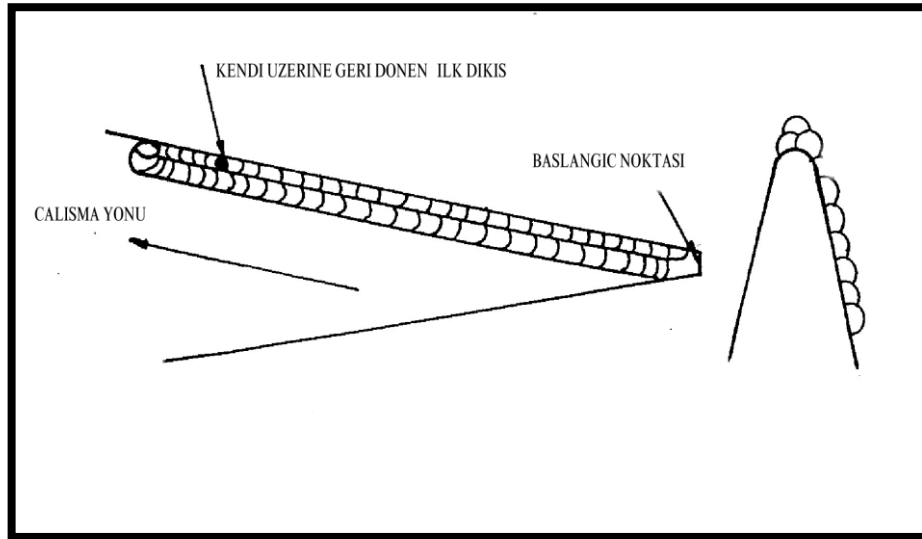
A) Tavşan ayağında ray yuvarlanma tablasının dış tarafına doğru, yani rayın iç tarafından başlanarak dışa doğru ilerletilmelidir. Şekil 5.35'te Makas tavşan ayağı bölgesinde kaynak dikişi gösterilmiştir.



Şekil 5.35 Makas Tavşan Ayağı Bölgesinde Kaynak Dikişi[91]

B)- Makas göbek ucunda ise, doğru yol tarafından trenlerin en az işlediği oluğun içine doğru olmalı ve, kaynak dikişleri en çok hasar gören bölgeden başlanmalıdır.

Şekil 5.36'da Makas göbeklerinde kaynak dikişleri gösterilmiştir.



Şekil 5.36 Makas Göbeklerinde Kaynak Dikişleri[91]

Birbirini izleyen dikişler bir önceki dikişin üzerini örtmelidir. Göbek ucu ve tavşan ayaklarındaki aşınma miktarı ikinci tabaka kaynak dolgusuna ihtiyaç gösterecek miktarda olursa, bu dolguda iş sırası itibari ile önceki yapılan dolgu ile aynı şartlar altında yapılmalıdır.

Herhangi bir nedenle kaynak işlemine ara verilmesi gerektiğinde, yeniden kaynağa başlamadan kaynak bölgesinin sıcaklığı kontrol edilmeli, gerekli ise yeniden ısıtılıp kaynak ondan sonra yapılmalıdır.

Kaynak bölgesinde, kaynak dikişlerinden doğan pürüzleri yok edip muntazam bir yüzey elde edebilmek için kaynak bölgesi taşlanarak düzeltilir. Bu işlem zımpara taşı ile yapılır ve pratik olarak tolerans miktarı 0.1~0.2 mm'dir. Kaynaktan sonra göbek ucunda imalat sırasında verilen eğim bozulmamalıdır.

Kaynaktan sonra kaynak bölgesi özel bir örtü ile örtülerek kaynak bölgesinin yavaş soğuması sağlanmalıdır. Bu sayede hızlı soğuma sonucu kaynak bölgesinde meydana gelebilecek çatlamlar önlenmiş olur.

Kaynak işlemi tamamen bitirilmeden kaynak bölgesinden tren geçirilmemelidir.

Yeterli ön ısıtma yapılmadan dolgu kaynağı yapıldığı durumlarda göbek ucunun yukarı doğru kalktığı görülmüştür. Bu nedenle kaynak işlemi yapılacak göbek bölgesi (gövde ve taban dahil) tamamı tavlanmadan kaynak yapılmamalıdır. Ancak bütün tedbirlere rağmen göbek ucunda böyle bir deformasyon görülür ise, sadece taban kısmı ısıtılarak (300°C'ye) yavaş soğumaya bırakıldığında düzelecektir.

Zamanla inceliyor kırılan dil uçlarının dolgu kaynağı yapılabilenkte ancak kaynak sonrası dile profil verilemediği için tercih edilmemektedir. Alman demiryollarında böyle bir tamirata kesinlikle izin verilmemektedir.

Şekil 5.37'de Makas göbeğinde dolgu kaynağı uygulaması gösterilmiştir.

Söz konusu dolgu kaynağı uygulaması İstanbul metrosu hatlarında yapılmış olan bir dolgu kaynağı uygulamasıdır.



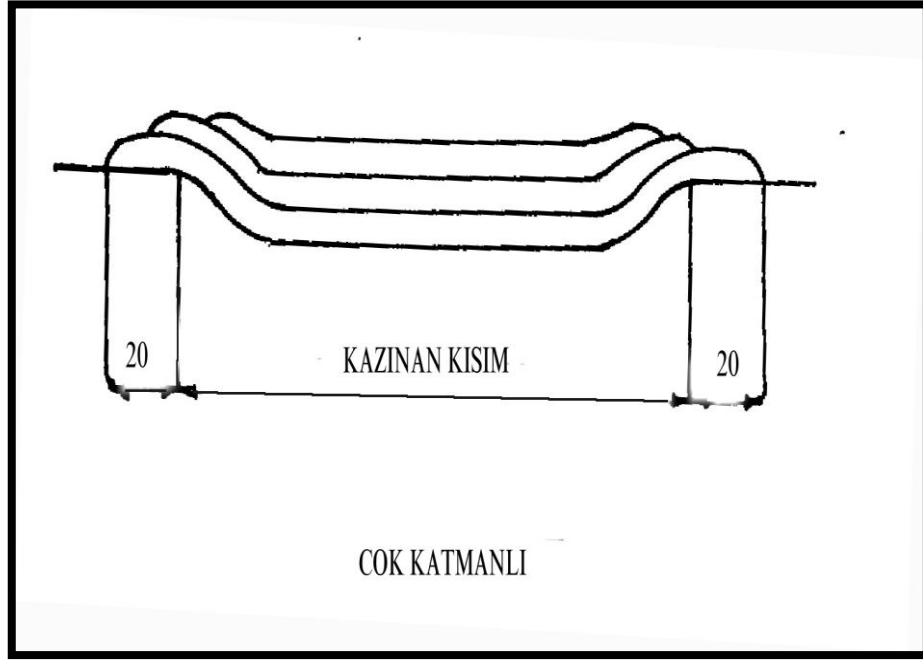
Şekil 5.37 Makas Göbeğinde Dolgu Kaynağı Uygulaması[93]

Kopmuş Kaynak Yerlerinin Tamiri :

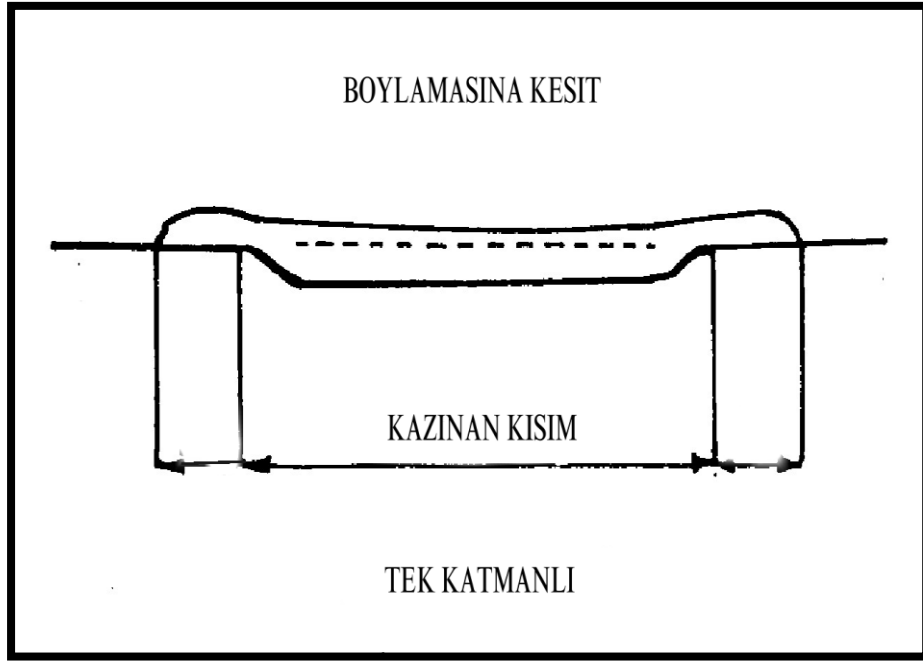
Tüm conta yeniden ele alınmalıdır. önceden doldurulmuş metal tamamen temizlenmeli her türlü çatlak, curuf ve çentik yok edilmelidir. Kaynak tüm uzunluğunca eşit derinlikte ve düzgün bir şekilde temizlenmelidir. Maksimum taşlama derinliği 20 mm'yi geçmemelidir. Dolayısıyla temizlenmiş olan conta uzunluğu veya dolgu yapılacak bölge eski kaynaklı kısımdan 30-40 mm daha fazla olmalıdır. (Kaynak kordonları düz pasolar halinde ve azami 200 mm uzunluğunda bırakılmalıdır.)

Tekrarlanan dolgu kaynağında tavlama daha geniş bir alanda yapılmalıdır. Bir kaynak dikişinin çalışma yönünde elektrod değiştirmemeye dikkat edilmelidir. Eğer kaynağın uzunluğu elektrod boyutunu aşıyorsa elektrod değiştirme işi contanın cebire ile bağlantısı olan kısmına denk getirmelidir. Rayın ikinci defa kaynaklanma işi pahalı olacağından rayın genel durumunun iyi olup olmadığına bakılmalı buna göre dolgu tekrarlanmalıdır.

Şekil 5.38'te Kopmuş kaynak yerlerinin tamiri gösterilmiştir.



a



b

Şekil 5.38 Kopmuş Kaynak Yerlerinin Tamiri(tek ve çok katmanlı)[91]

5.3.2 Raylarda Gaz Ergitme Yöntemiyle Tamir-Bakım

Oksijen ve asetilen kullanmak suretiyle, aşınmaları, gidermek için makasların yüzey düzeltme işleminin yapılması yıllardan beri uygulanmaktadır. Prosesi uygulamak için gerekli teçhizat nispeten hafif ve

taşınabilir, temini, bakımı kolay olması ve eğitimli personel gerektirmemesine rağmen, tüm ray çelikleri için uygun değildir. Dahası raya yüksek ısı girdisi vermesi nedeniyle pek tercih edilmez. Çünkü trenler yüzey düzeltme işlemi yapılan raylar üzerinde çalışmaktadır ve ısınmış raylar tekerleklerin geçişi ile kolaylıkla deforme olur.

Uygun ray malzemesi olduğu zaman oksii-asetilen gaz kaynağı kullanılarak ray yüzeyindeki mekanik hasarın giderilmesi ve aşınmanın tamir edilmesinde tatminkar sonuç elde edilir. Devre tamamlama kollarını raya bağlamada oksii-asetilen gaz kaynağı yaygın şekilde kullanılmaktadır[2,95].

5.3.3 Raylarda Toz Püskürtme Yöntemiyle Tamir -Bakım

Sadece ince bir dolgunun gerekli olduğu yerlerde oksii-gaz veya elektrik ark prosesi ile istenilen kalınlığın elde edilmesi için çoğu kez zaman ve malzeme israfı olur. Kaynak metalinin dolgusu maksimumu aşabilir. Böyle durumlarda toz püskürtme kaynağının kullanımı uygun bir alternatiftir.

Raylar üzerinde bulunan iki uygulamasından biri, yol devreleri için pasa dayanıklı bir yüzeyi elde etmede, diğeri de çalışma yüzeylerinin kaynağa bitişik veya kaynak üzerindeki bölgelerde olan bölgesel aşınmayı gidermede kullanılır. Yolda MMA metoduna alternatif olarak toz püskürtme kaynağı uygulaması tavsiye edilir. Bu durumlarda ray çalışma yüzeylerinin merkezine uygulanan dolgu şeridi takribi 25 mm genişliğinde 0,12-0,15 mm kalınlığındadır. Raya ısı girişi minimuma indirilir böylece muhtemel termal distorsiyondan kaçınılmış olur.

Pratikte kaynak tren üzerinden geçmeden önce taşlama vb. gibi ilave işlemi gerektirmez. İyi bilinir ki kaynağın bir sonucu olarak bağlantı çevresinde rayların sertliği önemli ölçüde değişir. Bu düzeltilmezse tren geçtikçe yüksek dinamik yüke sebep olur.

Yüzey durumunun basit, hızlı ve etkili düzeltilmesi toz püskürtme kaynağı ile yapılabilir. Bu aşınma derinliği takribi 0,5 mm'yi geçmeden önce yapılmalıdır. Bu derinlik ekonomik ve pratik olarak bir maksimum değerdir. Dikkat ve tecrübe ile yapılan kaynaktan sonra hiç iş gerekmez veya çok az iş gerekebilir ve iş sırasında trafiğin kesilmesi gerekmez[2,46].

5.3.4 Dolgu Kaynağında Kullanılan Elektrotlar

Rayların dolgu kaynağında kullanılan elektrotlar Tablo 5.6'da gösterilmiştir. belirtilen elektrotlar kullanılmaktadır.

Tablo 5.6 Kullanılan Elektrotlar[91]

BOHLER	OERLIKON	ASKAYNAK	STANDART
FOXEV47	Supercito	AS 48.00	E43 43B10
FOX DUR 250	Citorail	AS 83.28	E1-UM-250
FOXA7	Citochromax	AS 67.45	A18 8MnB20
FOX EV 50	Univers	AS 55.00	E51 54B10

E5154B10 Kaynak elektrotunun özellikleri Tablo 5.7'de gösterilmiştir.

Tablo 5.7 E5154B10 Kaynak Elektrotu Özellikleri[91]

Kimyasal Bileşim%	C 0.09, Mn 0.9, Si 0.6
Çekme dayanımı N/mm ²	510-630
Akma dayanımı N/mm ²	400
Çentik dayanımı J	39
Uzama (min) %	24
Sertlik HB	170

Bazı tipte kalın örtülü bir elektroddur. Kaynak metali verimi % 115'tir. Dikişin görünüşü düzgün ve mekanik dayanım değerleri yüksektir. Sıçrama kayıpları az ve curufun temizlenmesi kolaydır. İkinci sıra bu elektrodla atılır. Elektrod parçaya dik tutulmalı ve ark boyu kısa olmalıdır.

E18 8MnB20 Kaynak elektrotunun özellikleri Tablo 5.8'de gösterilmiştir.

Tablo 5.8 E188MnB20 Kaynak Elektrotu Özellikleri[91]

Kimyasal Bileşim%	C 0.11, Si 1.0, Mn 6.0, Cr 18.5, Ni 8.5
Çekme Dayanımı N/mm ²	620-770
Akma Dayanımı N/mm ²	390
Çentik dayanımı J	78
Uzama %	35
Sertlik HB	210
Akım Şekli	+

Bazık tipte bir elektrotdur. Kaynak metali ostenitik bir yapıdadır. Paslanmaya, Aşınmaya ve asitlere karşı olan dayanım değerleri yüksektir. Kaynak işlemi sırasında elektrotun ısınmasını önlemek için önerilmiş olan akım şiddetlerinin en düşüğü ile çalışılmalıdır. Dolgu kaynakları ile sert manganiz çeliklerinin kaynağında kaynak dikişi çekişlenmelidir. Bu elektrod yalnız manganlı çeliklerin dolgusunda kullanılır. (Manganlı makas göbeklerinde)

E-UM-250 Kaynak Elektrotu'nun özellikleri Tablo 5.9'da gösterilmiştir.

Tablo 5.9 E-UM 250 Kaynak Elektrotu Özellikleri[91]

Kimyasal Bileşim%	C 0.13, Cr 0.8, Mn 1.1, Si 1.0
Sertlik (HB)	250-300

Bazik tipte kalın örtülü bir dolgu kaynağı elektrodudur. Kaynak metali verimi % 110'dur. Kaynak dikişi mekanik olarak işlenebilir. Aşınmaya karşı dayanıklılığı yüksek sızdırmazlığı iyidir. Kaynak işlemi elektrod dik ve ark boyu kısa tutularak yapılmalıdır. Akım şiddeti yüksek seçilmeli, özellikle az pasolu kaynak işlerinde buna çok dikkat edilmelidir. Kaynak metalinin sertliği malzemeye, soğuma hızına ve paso sayısına bağlı olarak değişiklik gösterir. Elektrodun kendi sertliği tam olarak ancak üçüncü pasodan sonra alınabilir. Dolgu yapılan bölgenin üst pasoları bu elektrodla yapılır. Dişli çarkların, hareketli tekerlerin, rayların ve ray makaslarının ve benzeri aşınmaya maruz parçaların dolgu kaynaklarında kullanılır.

E4343B10 Kaynak elektrotunun özellikleri Tablo 5.10'da gösterilmiştir.

Tablo 5.10 E4343B10 Kaynak Elektrotu Özellikleri[91]

Kimyasal Bileşim %	C 0.07, Mn 0.07, Si 0.05
Çekme dayanımı N/mm ²	500-590
Akma dayanımı N/mm ²	390
Çentik dayanımı J	39
Uzama (min) %	24
Sertlik HB	150
Akım şekli	+

Bazik tipte, kalın örtülü bir elektroddur. Mekanik özellikleri çok iyi, özellikle çentik dayanımı yüksek ve dikişleri düzgün görünüşlüdür. Sıçraması az ve curufunun temizlenmesi kolaydır. Kaynak işleminde, ark boyu kısa olmalı ve elektrod dik tutulmalıdır. Bu elektrod tampon tabakanın atılmasında kullanılır.

CITORAIL Kaynak elektrotunun özellikleri Tablo 5.11'de gösterilmiştir. Aşınmaya dayanıklı sert dolgu kaynakları için, talaş kaldırılarak işlenebilen orta sertlikte kaynak metali veren kalın örtülü bazik bir elektroddur. özellikle darbeli zorlamanın söz konusu olduğu aşınma şartlarında kullanılır. Kaynak sırasında elektrod 70-80°C'lik bir açı ile kaynak doğrultusunda tutulurlar.

Raylar, makaslar, bandajlar, haddeler ve aşınmaya maruz diğer makina parçaları için uygundur.

Tablo 5.11 CITORAIL Kaynak Elektrotunun Özellikleri[91]

Kimyasal Bileşim%	C 0.10, Si 0.7, Mn 0.6, Cr 26
Sertlik (HB)	300
Akım şekli	+

SUPERCITO Kaynak elektrotunun özellikleri Tablo 5.12’de gösterilmiştir.

Tablo 5.12 SUPERCITO Kaynak Elektrotunun Özellikleri[91]

Kimyasal Bileşim%	C 0.08, Si 0.05, Mn 1.10
Çekme Dayanımı N/mm ²	570
Akma Dayanımı N/mm ²	530
Uzama %	29
Çentik Darbe J	140(-30°C)
Akım şekli	+

Dinamik zorlamaya maruz, hafif alaşımlı yüksek mukavemetli çeliklerin kaynağında kullanılan kalın örtülü, demir tozlu ve yüksek verimli bazik tipte bir elektroddur. Kök pasosu kaynağında ve yük kaynak pozisyonlarına uygun olan bir elektrodun 0°C'nin altında çentik darbe dayanımı gayet yüksek kaynak dikişleri verir.

FLUXODUR 300 Kaynak elektrotu özellikleri Tablo 5.13’te gösterilmiştir. Aşınmaya dayanıklı sert dolgu kaynakları için talaş kaldırılarak işlenebilen orta sertlikte kaynak metali veren bazik tip özlü sert dolgu telidir. Kaynak dikişi tok, gözeneksiz ve çatlamaya dayanıklıdır. Kaynak esnasında pasolar arası sıcaklık 250°C 'yi aşmamalıdır. Raylar, makaslar, bandajlar, haddeler, paletli araçların aşınan palet ve yürüyüş takımlarında kullanılır[91].

Tablo 5.13 FLUXODUR 300 Kaynak Elektrotu Özellikleri[91]

Kimyasal Bileşim%	C:0.20, Mn:1.25,Si:0.40, Cr:1.5
Sertlik (HB)	275-325

Önceki bölümlerde rayların dolgu kaynağında kullanılan elektrotlar ve kaynak yöntemleri anlatılmış olup, bu kaynak yöntemlerine alternatif olan ve tamir-bakım ray kaynağında yeni uygulama alanı bulan, diğer makineler aşağıda gösterilmiştir.

Şekil 5.38’de otomatik kontrollü elektrik ark yöntemiyle ray dolgu kaynağı yapan ray kaynak makinası gösterilmiştir.



Şekil 5.39 Ray Dolgusunda Otomatik Kontrollü Elektrik Ark Kaynak makinası[93]

Şekil 5.40’da Viyana’da çekilmiş tozaltı yöntemiyle ray dolgusu yapan kaynak makinası gösterilmiştir. Söz konusu makine şehir metrosundaki hatlarda kullanılmakta enerjisini metro havai hattından alarak, tren trafiğine engel olmadan çalışmaktadır.



Şekil 5.40 Tozaltı Ray Dolgu Kaynak Makinası[93]

5.4 Demiryolu Taşıtlarında Kaynaklı Tamir-Bakım Uygulamaları

5.4.1 Aşınmış Tren Tekerleklerinin (bodenlerin) Dolgu Kaynağı

Demiryolu araç ve raylarında birbirleriyle etkileşim açısından en çok ray ile aracın üstünde hareket ettiği tekerler arasında aşınma gerçekleşmektedir. Bu metal tekerleklere demiryolu tabiri ile "Boden" adı verilmektedir. Maliyetler açısından hem ray hem de tekerlek büyük değerler tutmakla birlikte, raya göre daha düşük maliyeti nedeniyle bodenlerin aşınması dizaynda tercih nedenidir. Çünkü sonuçta her ikisinde metal olan bu iki komponentin metal-metal sürtünmesi nedeniyle aşınması kaçınılmazdır.

Tablo 5.14'de tipik bir bodenin kimyasal analizi, Tablo 5.15'de ise Haydarpaşa Loko Bakım Atelyesi'nde kullanılmakta olan bir bodenin kimyasal analizi gösterilmektedir.

Ray ile bodenin brinel sertlik değerleri karşılaştırıldığında boden sertlik değerlerinin raydan daha yüksek olduğu görülmektedir. Ray sertliği :290HB Boden sertliği: 347-350 HB'dir.

Tablo 5.14 Tipik Bir Bodenin Kimyasal Analizi[87]

TİPİK BODEN ANALİZİ, %	
C	0.40-0.50
Mn	0.60-0.80
Si	0.20-0.30
Cr	0.10-0.20
Ni	0.15-0.25
Cu	0.15-0.25
Mo	0.15-0.25

Tablo 5.15 Haydarpaşa Loko Bakım Atelyesinde Kullanılmakta Olan Bir Bodenin Kimyasal Analiz Sonuçları[87]

HAYDARPASA LOKO-BAKIMDAN ALINAN BODENİN KİMYASAL ANALİZİ, %			
C	0.686	Mo	0.007
Mn	0.817	Al	0.031
Si	0.256	W	0.0053
Cr	0.149	v	0.0051
Ni	0.063	Ti	0.0018
Cu	0.192	Nb	0.0010

Boden dolgusunda uygulama sırası işe aşağıdaki gibidir.

1. Aşınma miktarı saptanır.
2. Dolgu yapılacak yüzeyler temizlenir.
3. Uygun dolgu malzemesi seçilir.
4. Dolgu işi kapalı bir ortamda yapılır.
5. Parça ön ısıtmaya tabi tutulur.
6. Uygun parametre ayarları yapılır.
7. Tav muhafaza edilerek dolgu tamamlanır.
8. Dolgu işi ara vermeden tamamlanır.
9. Son tavlama yapıp, parça yavaş soğutulmalıdır.
10. Özellikle soğuk aylarda soğutma çok itinalı yapılmalıdır.

Tablo 5.16'da Haydarpaşa Lokomotif Bakım Atölyesi'nde uygulanmakta olan boden kaynağına ait kaynak parametreleri gösterilmektedir.

Tablo 5.16 Boden Kaynak Parametreleri[37]

KAYNAK PARAMETRELERİ	Tel Çapı 1.2 mm	Tel Çapı 1.6 mm
KAYNAK AKIMI	230 - 280 A	250 - 350 A
KAYNAK GERİLİMİ	29-32 V	30-34 V
KORUYUCUGAZ	12 lt/dak	16 lt/dak
SERBEST TEL BOYU	12-20mm	16 - 25 mm

Boden dolgusunda kullanılmakta elektrotlar Tablo 5.17'de gösterilmiştir.

Tablo 5.17 Boden Dolgusunda Kullanılmakta olan Elektrotlar[37]

A) FLUXODUR BODEN KİMYASAL BİLEŞİM%						
C	Mn	Si	Cr	V	W	SERTLİK
0.15	1.20	0.20	1.0	0.2	0.3	290 HB

B)FLUXODUR 225/1 KİMYASAL BİLEŞİM%					
C	Mn	Si	Cr		SERTLİK
0.15	1.20	0.20	1.0		280 HB

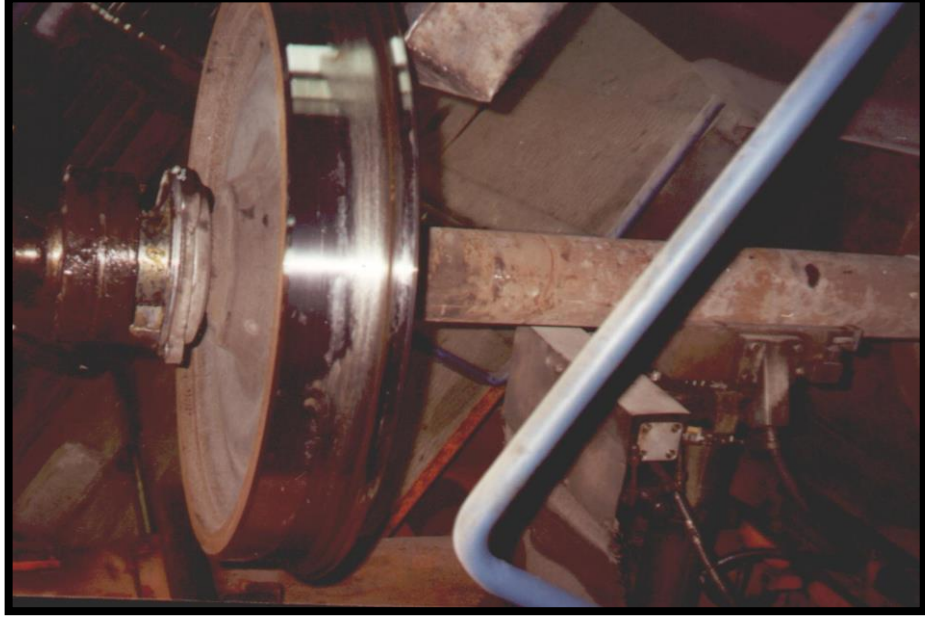
C)SG3 KİMYASAL BİLEŞİM%(SG3CY4643)		SERTLİK
C 0,07-0,14, Si 0,8-1,2, P ve S<0,03, Cu<0,3		220HB

Boden Dolgusunda gerek otomatik olması gerekse, verimlilik ve ekonomiklik bakımından en uygun yöntem olarak MIG/MAG kaynak yöntemi uygulanmaktadır. TCDD’de boden dolgu kaynağı uygulamaları Tülomsaş, Tüvasaş, Loko Bakım Atölyelerinde yapılmaktadır.

MIG/MAG yöntemi yüksek erime gücü nedeni ile doldurma işlemlerinde büyük bir öneme sahiptir. Önceleri doldurma malzemesi olarak sadece dolu tellerin kullanılması, yöntemin uygulamalarını sınırlandırmış ise de, son yıllarda çok çeşitli türlerde üretilen özlü teller uygulama alanını genişletmiş ve sert dolguların dahi bu yöntem ile yapılabilmesine olanak sağlamıştır.

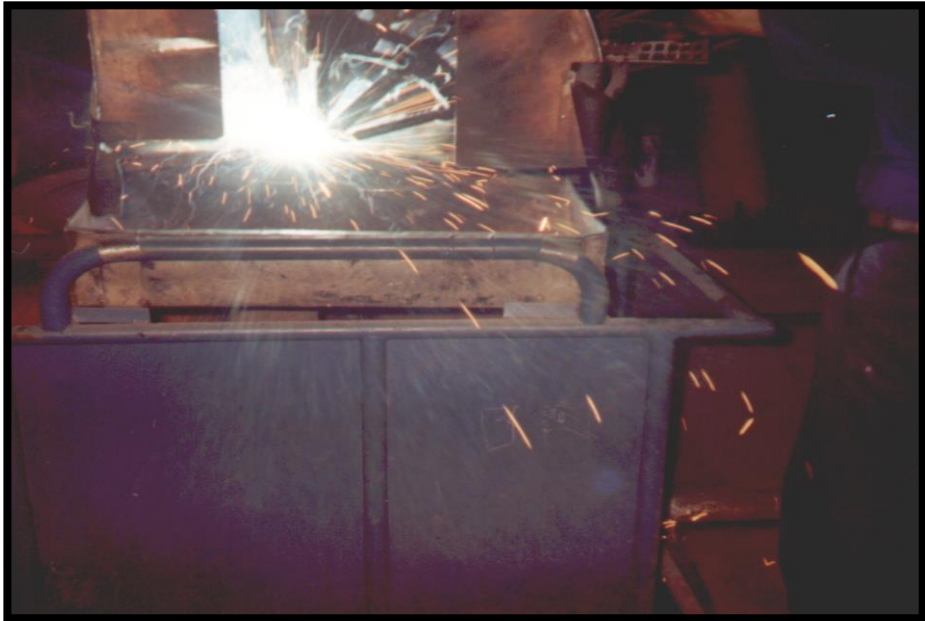
Darbeli akım yöntemi ile iş parçasının ısı girdisinin azaltılması, esas metalin sınırlı miktarda erimesine neden olduğundan, yığılan kaynak metalinin özelliklerinin fazla değişmemesine olanak sağlamıştır.

Şekil 5.41’de ve şu anda TÜVASAŞ vagon fabrikasında kurulu olan ve Avusturya’da yerleşik Elin Firmasınca üretilmiş boden kaynak makinası görülmektedir.



Şekil 5.41 Elin Firmasınca Üretilmiş Boden Kaynak Makinası[28]

Şekil 5.42’de Elin kaynak makinasında kaynaklanmakta olan boden görülmektedir.

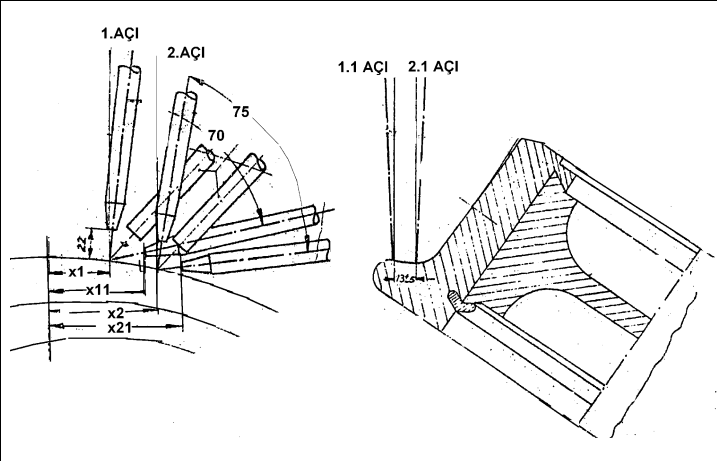


Şekil 5.42 Elin Kaynak Makinasında Kaynaklanmakta Olan Boden[28]

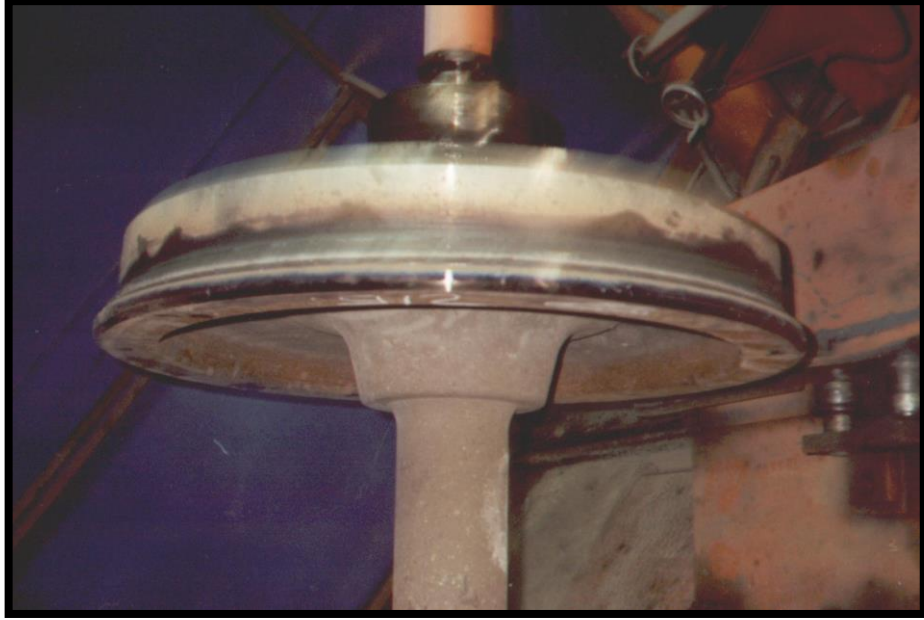
MAG yöntemiyle dolgunun yapıldığı bu makinada 1.6 mm çapında ince ve 2.4 çapında kalın olmak üzere aynı anda iki adet elektrot teli kullanılır. makinanın en önemli özelliği makine sisteminin dolgu yapılacak tekerlekte boşluk olan yerde durarak, otomatik olarak dolgu yapmasıdır. Akımsız kalın tel altta, akımlı ince tel ise üstte yer almaktadır.

Tablo 5.18’de Elin makinasında elektrot besleme çubuklarının açıları gösterilmektedir.

Tablo 5.18 Elin makinasında Elektrot Besleme Çubuklarının Açılı[94]

			
Çap 800-900 mm		Çap 900-1000 mm	
TEL 1	TEL 2	TEL1	TEL2
$\alpha_1=3^\circ$	$\alpha_2=5^\circ$	$\alpha_1=3^\circ$	$\alpha_2=7^\circ$
$\alpha_{11}=3^\circ$	$\alpha_{21}=2^\circ$	$\alpha_{11}=3^\circ$	$\alpha_{21}=2^\circ$
$X_1=50\text{ mm}$	$x_2=110\text{mm}$	$X_1=80\text{ mm}$	$x_2=150\text{mm}$
$X_{11}=70\text{ mm}$	$x_{21}=135\text{mm}$	$X_{11}=110\text{ mm}$	$x_{21}=175\text{mm}$

Şekil 5.43’de ise Elin makinasında MAG yöntemiyle kaynaklanmış ve yavaş soğutulmuş dolgu kaynağı tamamlanmış bir boden görülmektedir. Söz konusu bodenden TCDD her sene binlerce almakta olup, dolgu kaynağı yöntemiyle yapılan tamir-bakım büyük bir tasarruf sağlamaktadır.



Şekil 5.43 Elin Makinasında MAG Yöntemiyle Kaynaklanmış Boden [28]

Şekil 5.44'de Tülomsaş'ta kurulu olan ve bodenlere dolgu kaynağı yapmakta olan bir MAG kaynak makinası görülmektedir. Dakikada 1-1.5 devir dönme hızına sahip olan bu makina MAG yöntemiyle dolgu kaynağı yapmaktadır.



Şekil 5.44 Tülomsaşta Kurulu Boden MAG Kaynak Makinası[28]

Boden kaynağında kaynak ortamı ve kaynak sonrasında bodenlerin yavaş soğutulmasına dikkat etmek gerekmektedir. Yavaş soğutma kaynağa

olabilecek olası çatlamları önlemektedir. Elektrot olarak Mn oranı yüksek kaynak elektrotu kullanılmaktadır.

Boden dolgu kaynağında MAG yönteminin yanı sıra nadiren örtülü elektrotlarla elektrik ark kaynağının yapıldığı uygulamalarda bulunmaktadır.

Şekil 5.45'de Tülomsaş'ta örtülü elektrotlarla elektrik ark kaynağı yöntemiyle dolgu kaynağı yapılmış bir boden görülmektedir. Burada kullanılan elektrot TS 563 DIN 1913 E5132 RR 8 elektrotlar kullanılmaktadır.



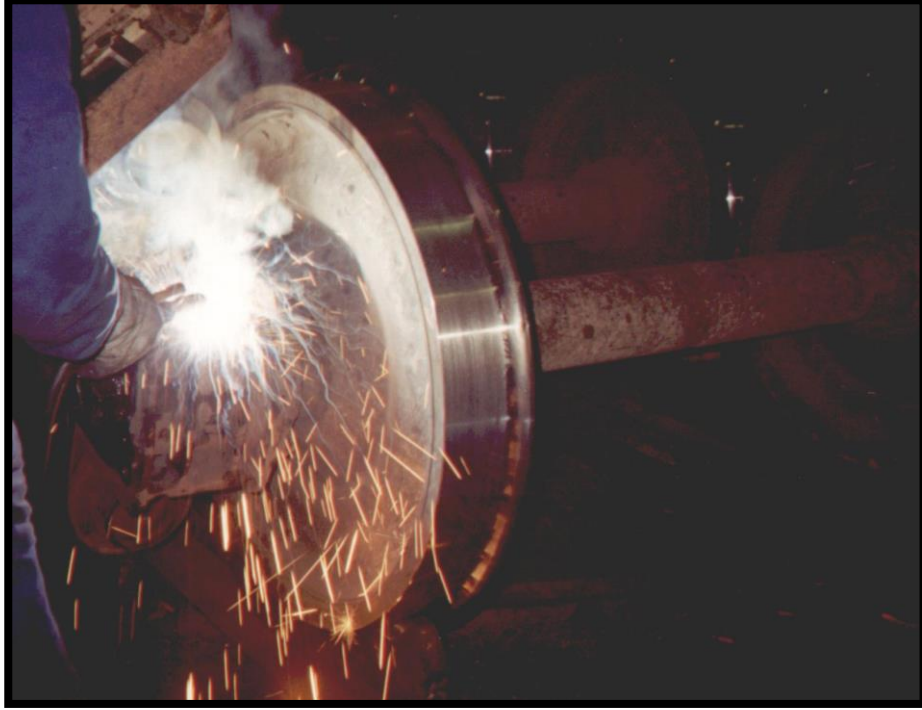
Şekil 5.45 Örtülü elektrotla Elektrik Ark Yöntemiyle Kaynaklanmış Boden[28]

5.4.2 Demiryolu Taşıtlarında Tamir-Bakım Uygulamalarına Örnekler

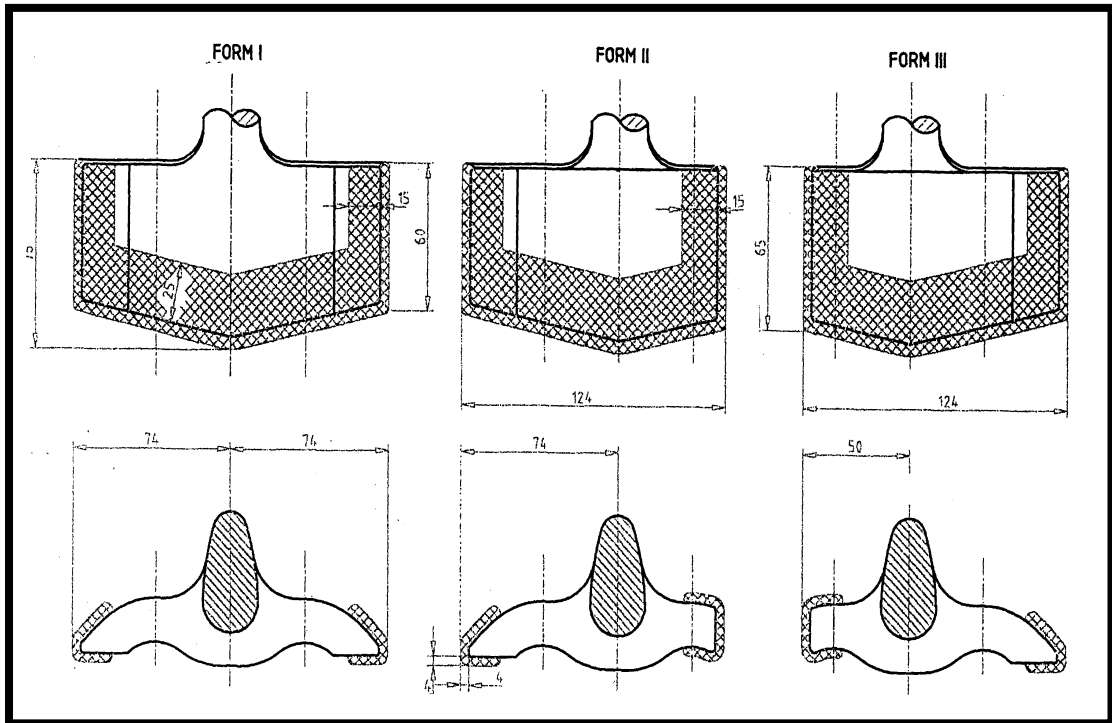
Şekil 5.46'da boden buategresine manganlı plakaların kaynatıldığı, örtülü elektrotlarla ark dolgu kaynağı uygulaması görülmektedir. Burada DIN 8556 TS 2716 E 18 8MnR 26 elektrot kullanılmaktadır.

Demiryolu araçlarından makaslarda buraj yapmakta kullanılan buraj makinasının balast ve topraklarda aşınan kazma uçlarının dolgu kaynağında da elektrik ark kaynağı uygulanmaktadır.

Buraj kazmasının DIN 7168'e göre dolgu bölgeleri şekil 5.47'de gösterilmiştir. Buraj kazmaları DIN46Mn7 malzemedен dövme olarak imal edilmekte, 223-241 HB aralığında sertliğe sahip bulunmaktadır



Şekil 5.46 Boden Buategresine Manganlı Plakaların Kaynağı[28]



Şekil 5.47 Makas Buraj Kazmasında Dolgu Kaynağı[95]

Makas buraj kazmasında dolgu kaynağının işlem adımları ise aşağıda sıralanmıştır. Öncelikle 200° - 300°C'ye kadar ön ısıtma tavsiye edilir, fakat şart değildir. İlk kat Tablo 5.19(A)'da gösterilen dolgu elektrotlarıyla

yapılmaktadır. Ø3,25 mm veya Ø4mm D.C. pozitif kutup ve kısa ark uygulanmaktadır.

Akım: Ø 3,25 mm 80-100 amper

Ø 4.00 mm 110-130 amper

Takip eden katlar Tablo 5.19(B)'de gösterilen dolgu elektrotlarıyla (4 Ø mm) ile yapılmaktadır. Pozitif kutup veya A.C akım uygulanmaktadır.

Akım:140-180 Amper

Son tabaka , Tablo 5.19C'de gösterilen dolgu elektrotlarıyla (4 Ø mm) doğru akım pozitif kutup veya alternatif akım uygulanmaktadır.

Akım:140-170 Amper

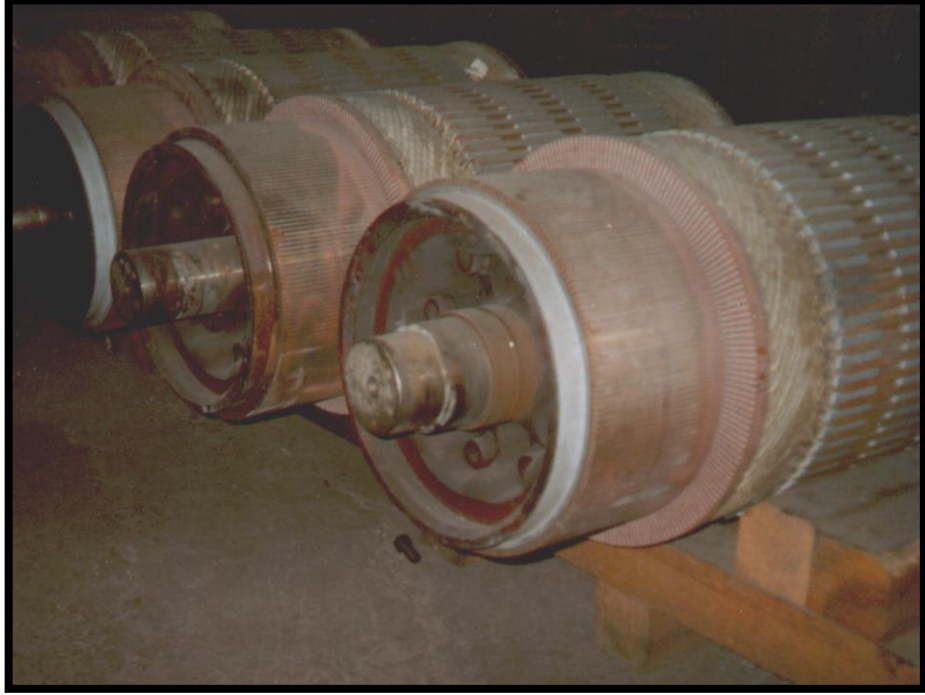
Tablo 5.19 Buraj Kazması Dolgusunda Kullanılan Elektrotlar[95]

ELEKTROT LAR	C%	Si%	Mn%	Cr%	Ni%
Renk Kodu :Gümüş Malzeme No :4370 DIN 8555 :E 8-200 zirkonyum örtülü DIN 8556 :E Kb 18 8Mn6 20+ AWS ASTM :E 307-15 (A)	0.15	1.1	6.0	18.0	8.5
Renk Kodu :Yeşil Malzeme No :4718 DIN 8555 :E 6-60 örtülü (B)	0.50	2.5	0.4	9.0	-
Renk Kodu :Leylak (açık mor) DIN8555 :E 10-60 örtülü (C)	3.40	1.0	0.2	33.0	-

Tlomsaş'ta lokomotiflerdeki elektrik motorlarının aşınan kolektörlerinin tamiri de yapılmaktadır.

Şekil 5.48'de aşınan bir elektrik kolektörü görülmektedir.

Burada yöntem olarak TIG kaynak yöntemi kullanılmakta, kaynak makinası kolektör bayrakcığı ile iletken ucunu birleştirmektedir. 500-600 atmosfer basınçta helyum veya argon gazı kullanılmakta, optik okuyuculu sistemle tüm işlemler otomatik olarak yapılmaktadır. 1cm'lik bir mesafe 7 turda tamamlanmaktadır.



Şekil 5.48 Aşınan TH 1500 Kollektörlerinin TIG Kaynağı Öncesi Durumu[28]

Şekil 5.49'da Tlomsaş'ta kırılma nedeniyle hasarlanmış vagon tampon traversi görülmektedir.

Bu parçanın tamirâtı elektrik ark kaynağı ile yapılmakta olup, bazik elektrotlar (St42 malzemeye uygun) kullanılmaktadır. Kaynaklama öncesi çatlaklar temizlenmekte ve daha sonra kaynaklama işlemi yapılmaktadır.



Şekil 5.49 Kırılarak Hasarlanmış Vagon Tampon Traversi[28]

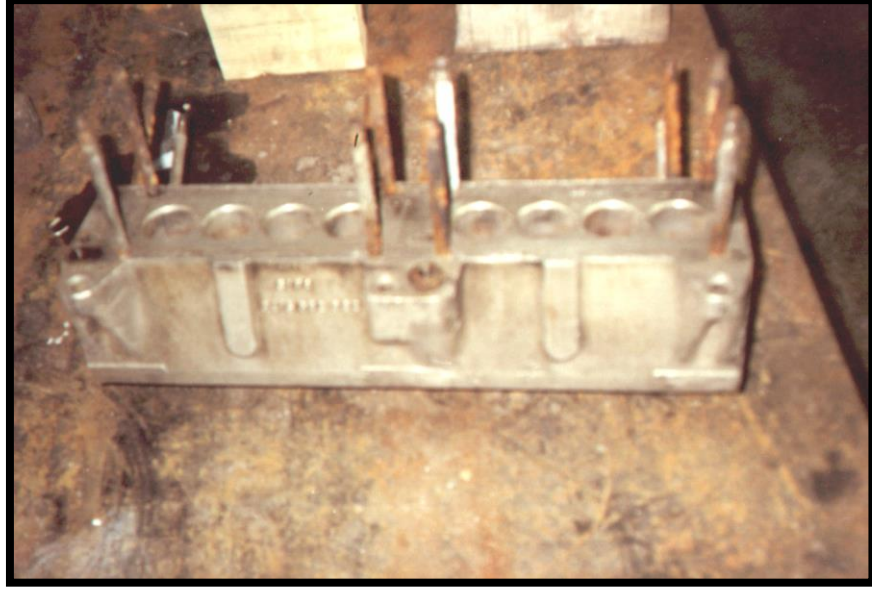
Şekil 5.50’de Tülomsaş’ta lokomotiflerde ısıtmada kullanılan sofaj topları görülmektedir. Bu sofaj topları bakır esaslı olup oksii-asetilen ile kaynaklanmaktadır.



Şekil 5.50 Tülomsaş’ta Sofaj Topları[28]

Şekil 5.51’de Tülomsaş’ta aşınmış Bir lokomotif Mazot Pompası gösterilmiştir. Aşınan kısımlar TIG ile kaynaklanmaktadır.

Elektrot olarak AlSi5-AlSi10 elektrot kullanılmaktadır.



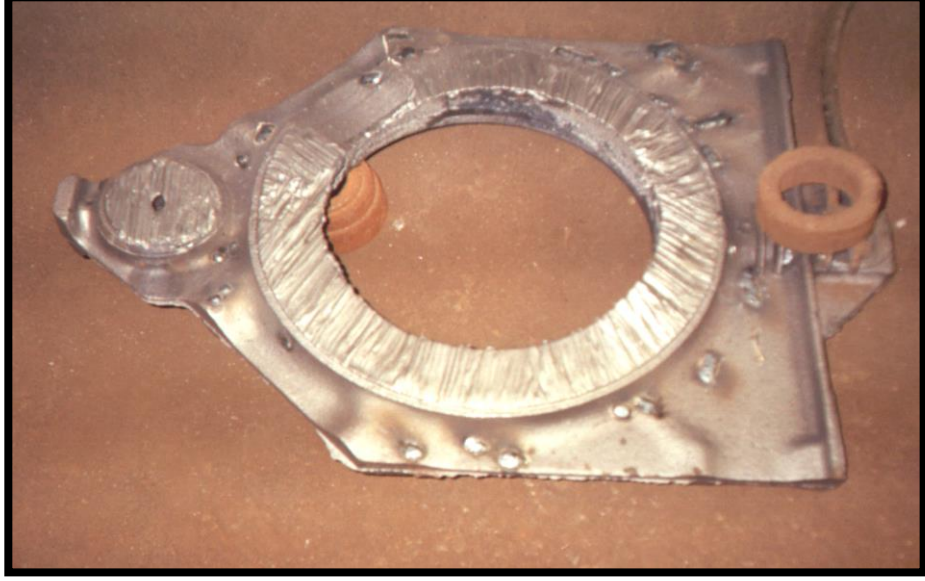
Şekil 5.51 Tülomsaş'ta Aşınmış Bir lokomotif Mazot Pompası[28]

Şekil 5.52'de Tülomsaş'ta lokomotiflerde kullanılmakta olan hava davlumbazı görülmektedir. Zamanla oluşan çatlak ve kırılmalar TIG yöntemiyle tamir edilmekte ve elektrot olarak AlSi5 elektrotlar(TS9604, DIN 1732, AWS A5.3) kullanılmaktadır.



Şekil 5.52 Lokomotiflerde Kullanılan Hava Davlumbazı[28]

Şekil 5.53'de Tölomsaş'ta alüminyum kapaklı vagonlarda kullanılan kapak iskeletlerinin parçası olan kilitleme tertibatı görülmektedir. Bu parçalarda TIG yöntemiyle kaynatılmakta, ve AlSi5 elektrot kullanılmaktadır.



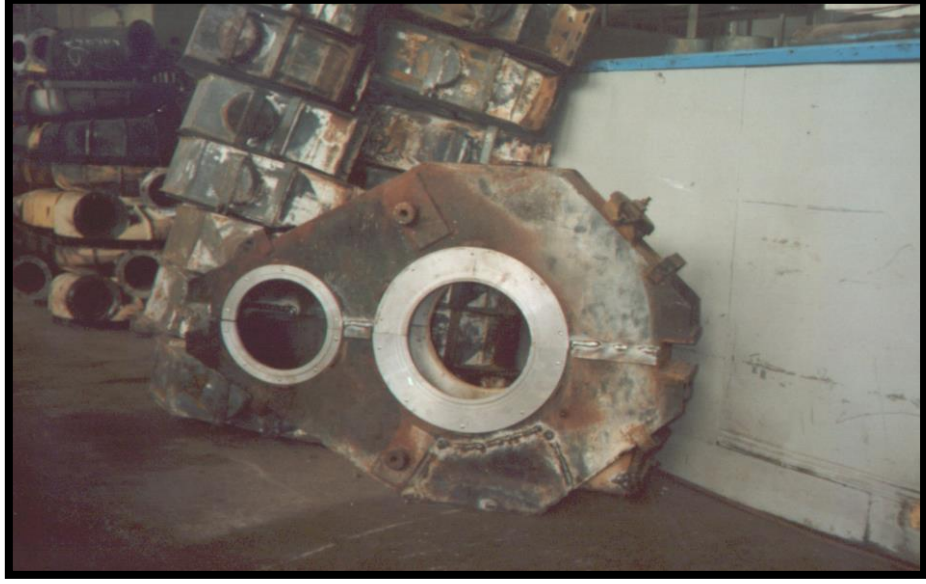
Şekil 5.53 Vagonun Kırılmış Alüminyum Kilitleme Tertibatı[28]

Şekil 5.54'de ADF'de çekilmiş DE 24000 tipi lokomotiflerde kullanılmakta olan dişli kutusu görülmektedir.



Şekil 5.54 DE 24000 Tipi Lokomotiflerde Kullanılan Dişli Kutusu[28]

Dişli kutusunun tamir bakımında öncelikle parçalara ayrılıp ayrı ayrı dolgu işlemi yapıldıktan sonra Şekil 5.55'deki son haline getirilmektedir. Burada kullanılan elektrotlar E51 32RR 8(E6013) 3.25 elektrotlardır.



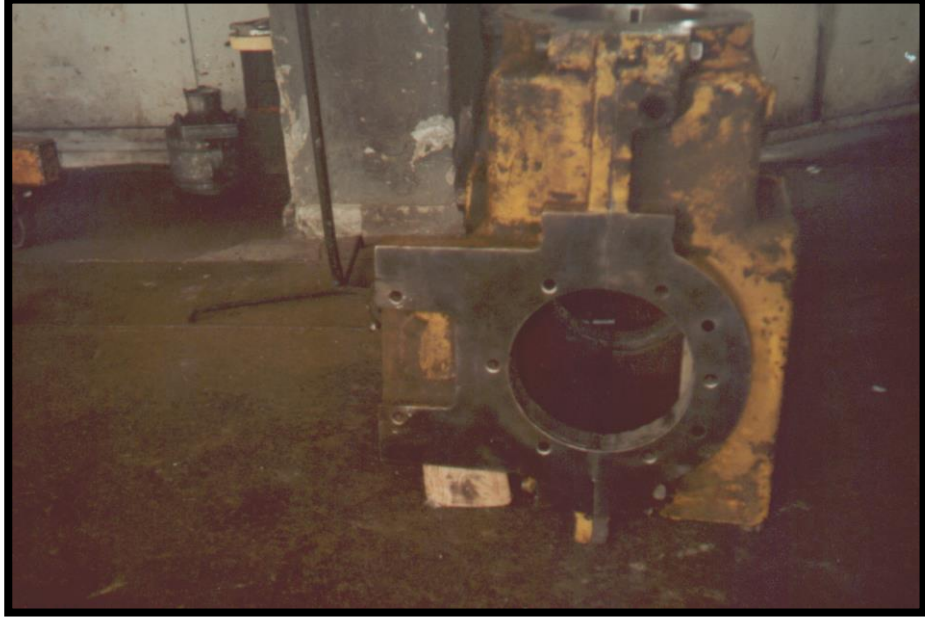
Şekil 5.55 Kaynaklı Dolgu ve Birleştirmesi Tamamlanmış Dişli Kutusu[28]

Şekil 5.56'de ADF'de çekilmiş demiryolu bakım araçlarına ait şanzıman kafası, Şekil 5.57'de ise şanzıman kafasının monte edildiği ana gövde görülmektedir.



Şekil 5.56 Demiryolu Bakım Araçlarına Ait Şanzıman Kafası[28]

Çatlayan kısımlar bazik(E5154B10) elektrotlarla elektrik ark kaynağı ile tamir edilmektedir.. Ana gövde ise döküm elektrotuyla gazaltı yöntemiyle tamir edilmektedir.



Şekil 5.57 Demiryolu Bakım Araçlarına Ait Şanzıman Gövdesi[28]

Şekil 5.58’de ADF’de çekilmiş demiryolu bakım araçlarından buraj makinasına ait kazma ucu görülmektedir.



Şekil 5.58 Sert Dolgu Uygulanmış Buraj makinası Kazma Uçları[28]

Bu parça demiryolu altına serilen ve adına balast denen kaya parçacıklarının içinde çalıştığından aşınma ve kırılmaya maruz kaldığında dolgu kaynağı ile sert dolgu işlemleri yapılarak kullanma ömrü artırılmaktadır. Elektrik ark yöntemiyle doldurulan parçada E6-UM-60(65W)T sert dolgu elektrotu kullanılmaktadır.

Şekil 5.59'da ADF'de çekilmiş DE 24000 tipi lokomotiflerde kullanılmakta olan turbo emiş salyangozu görölmektedir.

Aluminyum esaslı olan bu parçada aluminyum dolgu gaz altı yöntemiyle yapıldıktan sonra tornada normal çapına işlenmektedir. Kullanılan elektrotlar AISi5 3.25 mm x350 mm elektrotlardır.



Şekil 5.59 DE 24000 tipi Lokomotiflerin Turbo Emiş Salyangozu[28]

Şekil 5.60'da ADF'de çekilmiş lokomotiflerde kullanılmakta olan cer motor kapağı görölmektedir.

Aluminyum kısmı kolaylıkla çıkarılarak iç ve dış kısmı rutil elektrotlarla kaynatılmaktadır. Burada ızgara kapakların dolgusu E51 32 RR 8 ile yapılmaktadır.



Şekil 5.60 Lokomotifin Cer Motor Kapağı[28]

Şekil 5.61'de ADF'de çekilmiş lokomotiflerde kullanılmakta aşınmış ve çatlamış olan ve tahriki tekere ileten bir yatak görülmektedir. Şekil 5.62'de ise kaynakla tamir bakıma başlanmış demonte hali görülmektedir.

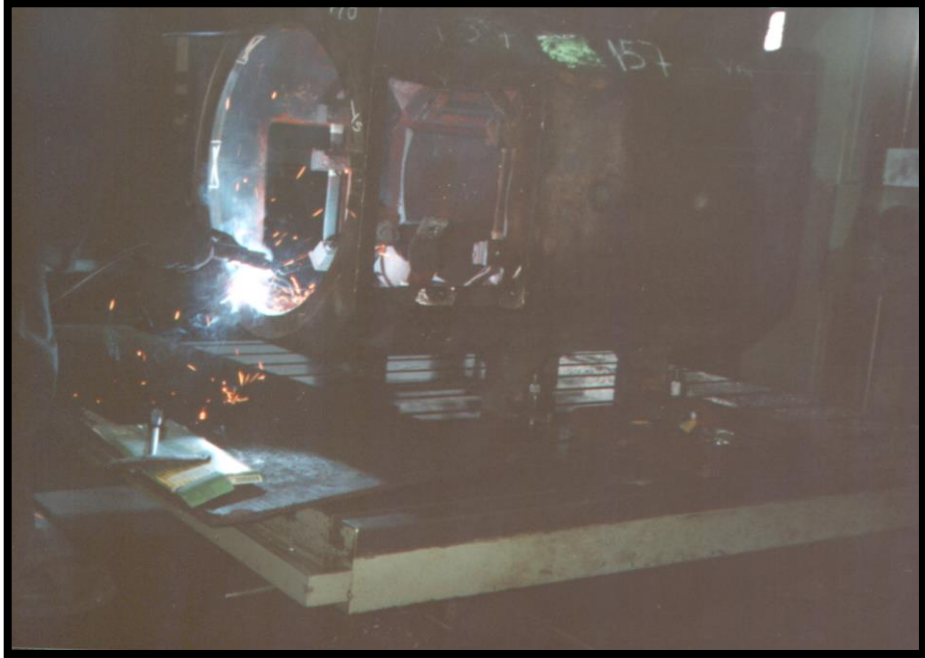


Şekil 5.61 Lokomotife Ait Aşınmış ve Çatlamış Cer Motor Yatağı[28]

Burada E51 32 RR6(TS 6013) rutil elektrotlar ile E 7018 elektrotlar kullanılmaktadır. Şekil 5.62'de kaynaklanma sırasındaki resmi görülmektedir.

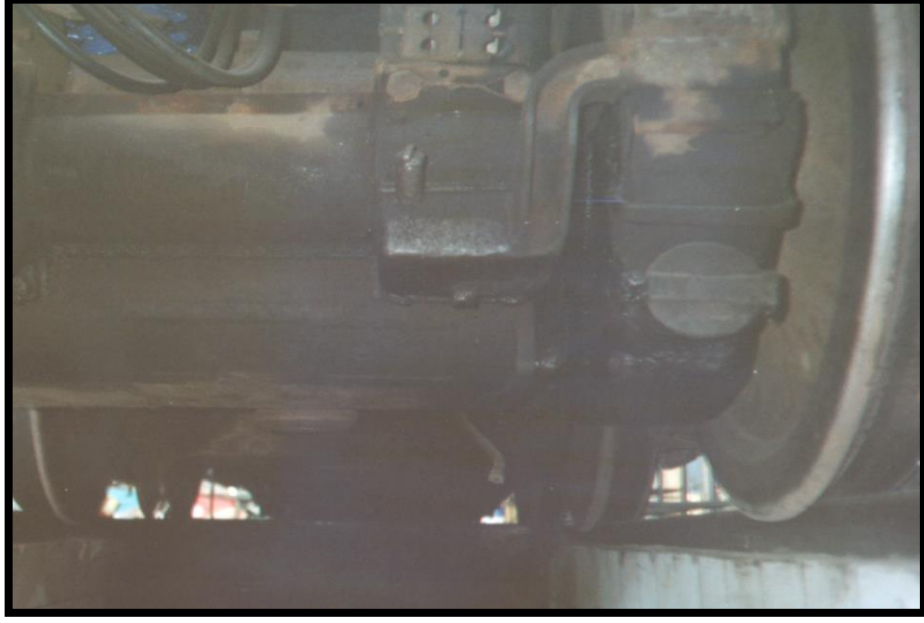


Şekil 5.62 Lokomotiflere Ait Demonte Cer Motor Yatağı[28]



Şekil 5.63 Lokomotif Ait Kaynaklanmakta Olan Cer Motor Yatağı[28]

Şekil 5.64'de ADF'de çekilmiş DE 24000 tipi lokomotiflere ait cer motor yatağının kaynaklandıktan sonra yerine monte edilmiş hali görülmektedir.



Şekil 5.64 Kaynaklanmış DE 24000 Tipi Lokomotiflere Ait Cer Motor Yatağı[28]

Şekil 5.65'de ADF'de çekilmiş DE 11000 tipi lokomotiflerde kullanılmakta olan tekerlek takım grubuna ait rulman yatağı görülmektedir.



Şekil 5.65 DE 11000 Tipi Lokomotifler Tekerlek Takımı Rulman Yatağı[28]

Makaraları çıkarılan rulmanın altındaki yatak Castolin 2480 özel döküm elektrotu ile doldurulmaktadır.

Şekil 5.66'da 16 silindirli lokomotif motoru görülmekte olup, motorun zaman içinde aşınması ve hasarlanması gibi durumlarda TÜLOMSAŞ'ta revize edilmekte olup, aşınan döküm kısımlar döküm elektrotlarıyla, diğer bazı kısımlarda elektrik ark kaynak yöntemiyle kaynaklanarak kullanım ömürleri artırılmaktadır.

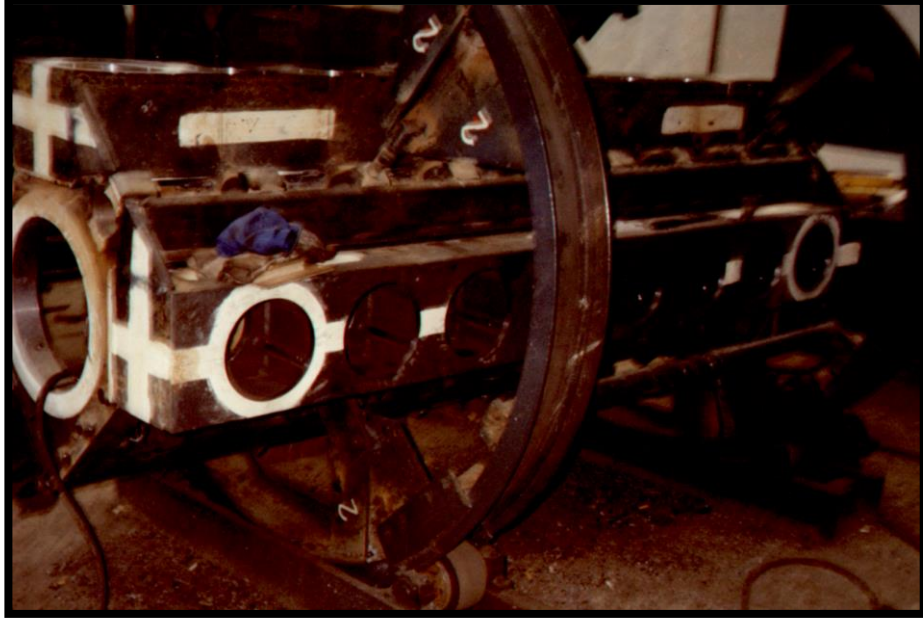


Şekil 5.66'da 16 Silindirli Lokomotif Motoru[28]

Şekil 5.67'de TÜLOMSAŞ'ta revize edilmeden önceki 16 silindirli motor ana gövdesinde, yenileştirilen 16 Silindirli V tipi Lokomotif Motoru görülmektedir.

Gövdede malzeme olarak kazan saçı kullanılmakta, silindir yuvaları ve perdeler çelik dökümden imal edilmektedir.

Elektrot olarak E 7018 veya TS 563 E 5154 B10 120 H 5mm x450mm uzunluğunda bazik elektrotlar kullanılır. Bazik karakterli bu elektrotların kullanılmasının sebebi, yüksek kaynak hızı ve %125'e varan verimi nedeniyledir. Bu elektrotlar kaynak metalinin çatlamaya yüksek direnç göstermesi gereken dinamik zorlamalar altında çalışan makine parçalarının imalatı için çok uygundur[30].



Şekil 5.67 16 Silindirli V Tipi Lokomotif Motoru Gövdesi[28]

Şekil 5.68’de aşınarak hasarlanmış lokomotif yatağı gösterilmiştir. Lokomotiflerde kullanılmakta olan bu yatağın kullanım nedeniyle kesitleri değıştiğinde tamir-bakım yolu tercih edilmektedir. Yatak yüzeyi kalay bazlı antimon ile kaplanmış olup, aşındığında kaplama ergitilerek sıyrılmakta çapı kurtarmak ve oluşan çatlakları doldurmak üzere dolgu kaynağı yapılmaktadır.



Şekil 5.68 Hasarlanmış Lokomotif Yatağı[28]

Dolgu kaynağı E 51 54 B 10 120H bazik eloktrotla elektrik ark kaynağı metoduyla yapılmakta, daha sonra WM80 beyaz metalle kaplanarak yenileştirilmektedir. Şekil 5.69'da çatlakları kaynakla doldurulmuş lokomotif yatağı gösterilmiştir. Kaynaklı tamir-bakımını takiben yatak tekrar WM80 metal ile kaplanmaktadır.



Şekil 5.69 Çatlakları Kaynakla Doldurulmuş Lokomotif Yatağı[28]

Şekil 5.70'de Tülomsaş'ta aşınmadan dolayı hasar gören ve lokomotif motorlarında kullanılan primer göbeklerin dişli kısımlarının elektrik ark kaynağı ile doldurulmuş hali görülmektedir. Dolgu kaynağı sonrasında bu kısımlar torna ve frezelerde işlenerek istenilen ölçü ve toleranslara getirilmekte ve malzemenin kullanım ömrü artırılmaktadır.

Şekil 5.71'de tamamen doldurulup işlenerek yenilenmiş primer göbeklerin dolgu kaynağı tamamlanmış hali görülmektedir. Burada kullanılan elektrot E-106 (E29 9R 26) elektrotudur.

Şekil 5.72'de ise primer göbeklerin ara sustaları olarak kullanılan parçaların primer göbekler gibi aşınmadan dolayı kaybedilen kesitlerinin elektrik ark kaynağı ile doldurulmuş hali görülmektedir. Burada da E-106 (E29 9R 26) elektrotlar kullanılmaktadır.



Şekil 5.70 Primer Göbeklerin Elektrik Ark Kaynaklı İşlenmemiş Hali[28]



Şekil 5.71 Primer Göbeklerin Dolgu Kaynağı Tamamlanmış Hali[28]



Şekil 5.72 Primer Göbek Ara Sustalarının Kaynaklanmış Hali[28]

Şekil 5.73'de Tülomsaş'ta dökme demir motor silindir başlıkları görülmektedir.



Şekil 5.73 Hasarlı Lokomotif Silindir Başlıkları[28]

Silindir başlıklarının tamir-bakım kaynağı oksî-asetilen gaz ergitme yöntemiyle yapılmakta olup, başlıklar ön tavlama amacıyla odun kömürü ile ısıtılan fırına atılmaktadır.

Odun kömürü ile 400-500 C⁰'ye kadar ısıtıldıktan sonra şalomoyla ısıtmaya devam edilmekte, BOC Safire Flur kaynak tozu kullanılarak Tülomsaş'ca üretilen metal çubuklarla gaz ergitme yöntemiyle kaynaklanmaktadır. Daha sonra çatlak oluşumunu önlemek amacıyla fırında 5-6 saat soğumaya bırakılmaktadır.

Bu başlıkların yaklaşık kimyasal bileşimleri %3.2 C, %1.8-2 Si, %0.7-0.8 Mn, %0.15 Cu'dir. Şekil 5.74'te Motor silindir başlıklarının fırında kaynaklama sonrası hali görülmektedir.



Şekil 5.74 Kaynaklama Sonrası Motor Silindir Başlıkları[28]

6. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Raylar demiryolu yapısının en önemli parçasıdır. Ray sistemleri 20 ila 50 yıl gibi oldukça uzun yıllar hizmet ederler. Bu nedenle ray sistemlerinin seçimi ve döşenmesi kadar, kaynaklı bakım ve tamir metotlarının seçimi de son derece önemlidir.

Ray kaliteleri için Avrupa'da ve ülkemizde UIC standart kaliteleri kullanılmakta olup, Bunlar 700-1100 N/mm² arasında minimum kırılma dayanımı sağlayan 700, 900A, 900B ve 1100 kalite olarak tanımlanan rayları kapsamaktadır.

Demiryollarında çekirdek unsur olan raylara gerek imalat, gerekse bakım-onarım ve yenileme prosedürlerinde çeşitli kaynak yöntemleri uygulanır. Bu uygulamaların kalite, konfor ve hız açısından diğer ulaşım sistemleriyle rekabeti sağlama zorunluluğu bulunmaktadır. Demiryollarında kaynak uygulamaları bugün fabrikada (atölyede) olduğu kadar yol kenarında, hatta yolda ve demiryolu trafiğini aksatmadan gerçekleştirilebilecek bir seviyeye ulaşmıştır.

Ray kaynağı uygulanma yeri bakımından fabrikalarda yapılan ve yolda yapılan kaynak olmak üzere iki katagoride planlanmaktadır. Fabrikalarda yapılan ray kaynağı, daha fazla işçilik, daha fazla tesis, daha etkili kontrol imkanı nedeniyle yolda yapılan kaynaktan farklıdır

Yakma alın kaynağı metodu, yüksek yorulma dayanımı nedeniyle rayları kaynatmanın en etkili metodu olmakla birlikte, ray bağlantılarında ve uzun kaynaklı rayların üretimi için en yaygın kullanılan kaynak yöntemidir. Yakma alın kaynağı prosesi aynı zamanda gelişmiş mobil kaynak makinaları ile de gerçekleştirilebilir. Ancak yolda daha çok alümino-termit ray kaynak metodu tercih edilmektedir.

Ülkemizde demiryolu taşıtları imalatında alaşımsız karbonlu çelikler (genellikle St 37, St 42, St 44) kullanılmakta olup, alüminyum alaşımları raylı araç sanayi uygulamalarına giderek artan bir şekilde girmektedir. Bu

alaşımların en önemli temsilcileri $AlZn_{4,5}Mg_1(7020)$ ve $AlMgSi(6080)$ dir. Ülkemizde de iyi kaynaklanabilirlik ve mukavemet özellikleri nedeniyle bu malzemeleri kullanımına geçilmesi gerekmektedir.

Demiryolu taşıt yapılarında uygun Sac ve profiller önce birim elemanlar olarak kaynak edilip, daha sonra tabandan başlanarak kaynaklı birleştirmelerle, hacimsel üniteler haline getirilir. Bu yapımlarda tavan, yanlar ve çevresel yüzeyler beraberce taşıyıcı elemanlar olup, birleştirmelerde dövme ve döküm parçalar da bulunmaktadır. En güvenli kaynak bağlantısı (özellikle dinamik zorlama hallerinde) alın dikişleridir.

Vagon çatısı ve vagon şasisinin kaynaklı imalatında kaynak sıralaması en önemli unsurlardan birini oluşturmaktadır. Kaynak sırasının hedefi kaynaktan dolayı oluşan büzölmeler ve gerilmeleri gidermek ve çarpılmaları minimuma indirmektir. Kaynak işlemi sırasında oluşan çarpılma ve kendini çekmelerin meydana gelmesine etkileyen başlıca üç ana faktör vardır. Bunlar ısıtma veya tavlama gerilmeleri, konstrüksiyonun rijitliği ve malzemenin metalurjik özellikleridir.

Kendini çekme, çarpılma ve kalıntı gerilmelerin büyüklüğü o anda uygulanan kaynak işleminin ana malzemeye verdiği ısı miktarıyla ilgilidir. Bu nedenle yüksek gerilmelerin etkisinde kalan kaynak konstrüksiyonlarını özellikle kaynak hızı ve nüfuziyet yeteneği büyük olan bir kaynak yöntemiyle yapılması gerekir.

Alternatif kaynak yöntemlerinin ülkemizdeki demiryolu taşıtı imalatında gündeme getirilmesi gerekir. İlk bakışta ekonomik yönden pahalı görünse de, gerçekte sandviç yapıların oluşturulmasında lazer kaynağı, seri yapım koşullarında kaynak robotlarından yararlanılması halinde bunlardan kazanılacak zaman tasarrufu ve elde edilecek kaynak kalitesi ekonomik dezavantajı kısa bir zamanda gidecektir

Taşıtlarda hafif metal, paslanmaz çelik, sert Mn çeliği ve sfero döküm parça birleştirmelerinde ve ince kesitlerde TIG, kalın kesitlerde MIG yöntemi daha uygundur. Elektrik ark kaynak yöntemi de sıklıkla kullanılmakta, bu tercihler konumsal kolaylık ve alaşımlı malzemelerde kolay bileşim ilave malzeme seçimi olanağına dayanmaktadır.

Demiryolu taşıtlarında kullanılan konstrüksiyonlarda, kalın malzemelerin kaynağında gazaltı kaynak yöntemleri(MIG/MAG), sac malzemelerin

kaynağında ise elektrik direnç kaynağı (nokta ve dikiş) yöntemleri kullanılır. Gazaltı kaynağı yöntemlerinde genellikle karışım gaz tavsiye edilir. Paslanmaz çelikten yapılmış vagon komponentlerinin birleştirilmesinde ise elektrik direnç ve MIG kaynak yöntemleri yaygın bir şekilde uygulanmaktadır. Alüminyumdan dizayn edilen konstrüksiyonların yüksek kaliteli kaynak bağlantıları için vagon iskeletinin birleştirilmesinde TIG ve MIG kaynak yöntemleri uygulanmaktadır.

Birbirleri ile devamlı temas halinde ve dinamik yükler altında çalışan demiryolu taşıt ve raylarında görülen hasarlar çatlaklar, kırıklar, aşınma şeklinde kendini gösterir. En sık görülen kaynaklı tamir-bakıma uygun hasar aşınmadır. Boden (tren tekerleği) ile ray arasındaki aşınma tipi metal-metal sürtünmesinden kaynaklı aşınma tipindedir.

Ray kaynak bölgelerinde trenlerin çevrimsel dingil yüklerine maruz kaldıklarından, kaynakların yorulma dayanımı kullanım ömrü ve maliyetler açısından çok büyük öneme sahiptir. Ray hatalarına neden olan yorulma çatlakları ultrasonik muayene ile önceden tespit edilebilmektedir.

Dolgu kaynak malzemeleri için DIN 8555 normu kullanılmaktadır. Diğer bir sert dolgu standardı ise yine ülkemizde de kullanılan AWS A5.13 standardıdır.

Sert dolgu işleminde yüksek nüfuziyete ihtiyaç yoktur. Yalnız kaynak metalinin ana metali iyi tutması ve yapışması önemlidir. Sert dolgu kaynak metalinin kimyasal bileşimi ve özellikleri ana metalden farklıdır,

Boden Dolgusunda gerek otomatik olması gerekse, verimlilik ve ekonomiklik bakımından en uygun yöntem olarak MAG yöntemi uygulanmaktadır. TCDD’de boden dolgu kaynağı uygulamaları Tülomsaş, Tüvasaş, Loko Bakım Atölyelerinde yapılmaktadır.

Az veya çok, küçük veya büyük hasarların meydana gelmesi, tren işletmeciliğinde verim düşüklüğünden başlayıp, ekonomik zarara neden olacağından, hasar sebebiyle malzemenin işletme dışı kaldığı zamanın mümkün olduğunca kısa tutulmasının en uygulanabilir yolu kaynaklı tamir-bakımdır. Tamirattan sonra da hasardan önceki performansını mekanizmaya kazandırıp kullanım süresinin uzatılması, işletmeye önemli ölçüde ekonomi sağlanması demektir.

KAYNAKLAR

- [1] **Çelik C.**, 1993,Vagon İmalinde Uygulanan Kaynak Yöntemlerinin Analizi ve Uygun Yöntemlerin Çıkarılması,*Yüksek lisans tezi* Y.T.Ü. F.B.E., İstanbul
- [2] **Kuday N.**, 1997, Rayların Yakma Alın Kaynağı ile kaynaklanabilirliğinin incelenmesi, *Yüksek lisans tezi*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara
- [3] **Tülbentçi K.,Kaluç E.**, 1989, Raylı Taşıtların Yapımında Paslanmaz Çeliklerin Kullanılması, Ulaşımda Raylı Taşıt Sempozyumu, S.290 , Adapazarı
- [4] **Aytekin V.**, 1989.,Ray Malzemelerinde Gelişmeler Ve Türkiye’de Ray Üretimi, Ulaşımda Raylı Taşıt Sempozyumu, S.327 , Adapazarı .
- [5] **Demiryolu Taşıtları İmalat Sanayi Özel İhtisas Komisyonu Raporu**,2000, DPT Yayın Ve Temsil Dairesi Başkanlığı Yayın Ve Basım Şube Müdürlüğü, Ankara.
- [6] **Karamış, M.B.**, 1985, Toprak İşleme Aletlerinde İş Organının Aşınmasının Etüdü, *Doktora Tezi*, Erciyes Üniversitesi F.B.E., Kayseri.
- [7] **Dikicioğlu, A.**, 2000. Bakım Onarım İşlerinde Kaynağın Esasları, Ders Notları, İ.T.Ü. Makine Fakültesi, İstanbul.
- [8] **TCDD**, 2001, Yük Vagon Kataloğu, TCDD, İstanbul
- [9] **Geridönmez Ö.**, 1989, Yüksek Dayanımlı Alüminyum Alaşımlarının Raylı Taşıtlarda Kullanılması, Ulaşımda Raylı Taşıt Sempozyumu, S.249 , Adapazarı
- [10] **Anık S.,Kurşungöz N.,Ceyhun V.,Vural M.**,Raylı Taşımacılıkta Kullanılan Alüminyum Ve Alaşımlarının Nokta TIG/MIG Kaynağı, 2. Raylı Taşıt Sempozyumu, S.141/143, 1991 , Eskişehir
- [11] **Dikicioğlu A.,Eryürek İ.B.,Bodur O.**, 1996,Kaynak Teknolojisinin Esasları, S. 191-202, İ.T.Ü.Makina Fakültesi, İstanbul
- [12] **Anık S.**, Kaynaklı İmalatta Dizayn Esasları,*Kaynak Dünyası*, S.13-15, Gedik

Holding,1991

- [13] **Geridönmez Ö.**, 1989, Yüksek Dayanımlı Alüminyum Alaşımlarının Raylı Taşıtlarda Kullanılması, Ulaşımında Raylı Taşıt Sempozyumu, S.256-287 , Adapazarı
- [14] **DVS 1610**, 1984, Deutscher verband für schweisstechnik, Almanya
- [15] **Tülbentçi, K.**, 1998, Gazaltı Kaynak Yöntemi,Arctech Kaynak Elektrodları Ve Telleri A.Ş. Yayını, İstanbul.
- [16] **Anık, S.**, 1994, Kaynak Tekniği El Kitabı, Gedik Holding Yayını, İstanbul.
- [17] **Anık, S., Tülbentçi, K., Kaluç, E.**, 1991. Örtülü Elektrod İle Elektrik Ark Kaynağı, Gedik Holding Yayını, İstanbul.
- [18] **Anık, S.**, 1993, 1000 Soruda Kaynak Teknolojisi El Kitabı, Cilt II, İstanbul
- [19] **Anık, S.**, 1983, Kaynak Teknolojisi El Kitabı, İstanbul.
- [20] **Anık, S.**, 1993, 1000 Soruda Kaynak Teknolojisi El Kitabı, Cilt I, İstanbul
- [21] **Castolin+Eutectic**, 1998. Welding Equipment, Operating Manuals, İsviçre.
- [22] **Akman, H.**,2001,Endüstride Karşılaşılan Aşınma Problemlerinin İncelenmesi ve Tamir Bakım Kaynak Yöntemleri Uygulanarak Kullanım Ömürlerinin Artırılması, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. F.B.E. İstanbul
- [23] **Anık, S., Vural,M.**, Gazaltı Ark Kaynağı (TIG-MIG-MAG), Gev Gedik Eğitim Vakfı Kaynak Teknolojisi Eğitim, Araştırma Ve Muayene Enstitüsü, Yayın No:3, İstanbul
- [24] **Tülbentçi, K., Kaluç, E.**, 1992. Endüstriyel İşletmelerde Bakım İşlerinde Kaynağın Önemi, *Kaynak Dünyası*, Gedik Holding A.Ş. 992/1, S.5-15
- [25] **Eryürek İ.B.,Bodur O., Dikicioğlu A.**,1996, Kaynak Teknolojisinin Esasları, İ.T.Ü. Makine Fakültesi, S.38, İstanbul
- [26] **Yağmur S.,Şenay M.Ali**, 1995, Punta Kaynağının Esasları, *Metal Ve Kaynak Dergisi*, S.21,
- [27] **Yıldız F.**, 1988, MIG/MAG Gazaltı Ark Kaynağı İle Örtülü Elektrot Ark Kaynağının Maliyet Yönünden Karşılaştırılması, *Metal Ve Kaynak Dergisi*, S.39-41,
- [28] **Kökçe Y.**,2001, ADF,Tüvasaş-Tülomsaş'tan Fotoğraflar, TCDD, İstanbul
- [29] **TSE**, 1988 , Alüminyum Ve Alüminyum Alaşımları İçin Kaynak Telleri, *Türk*

- [30] **Askaynak Kobatek**, Nisan 1998, Ürün Kataloğu , Eczacıbaşı, İstanbul
- [31] **Sözal,S.**, 1987, Yol Bilgisi Ders Notları, TCDD Endüstri Meslek Lisesi, Eskişehir
- [32] **Esveld, C.**, 1989, Modern Railway Track, Esveld Consulting Services
- [33] **Kumbasar, F.**, 1972, Üstyapı ve Demiryolu Mekaniği, , S.20-70 , Ankara
- [34] **Esab**, 2001, Ürün Kataloğu, S. 74, Türkiye
- [35] **Mundrey, J., S.**, 1971, Track Modernization, Janty Priting Works, S.6, Delhi
- [35] **Tulumtaş, H.**, 2000, Demiryolları Ve Demir Çelik Sektörü, TCDD Yol Dairesi Başkanlığı, Ankara
- [36] **TCDD Genel Müdürlüğü**, 2000, Malzeme Listesi, Malzeme Dairesi Başkanlığı, Ankara
- [37] **Aytekin V.**, 1951., T.Demirçelik Müessesesi Müdürlüğü Laboratuar Raporları
- [38] **TCDD Malzeme Dairesi Başkanlığı**, 1999, Ray Satınalma Sözleşmeleri, Haydarpaşa
- [39] **TMMOB Metalurji Müh. Odası**, 1989., Ultrasonik Muayene Kursu ve 1.Seviye Sınavı Kurs Notları, İstanbul
- [40] **Esab, 2001**, Ray Dolgu Ürün Kataloğu , Türkiye
- [41] **Lugg P.,J,Weld,M.**,1989, Depot And Site Welding, Railway Industry Association,Sec. 5,7/1-7/13
- [42] **Budinski, K.G.**, 1993. The Wear Resistance Of Diffusion Treated Surfaces”, Wear, Vol. 162-164, Pp. 757-762.
- [43] **Kalvala, P., R., Krishman, K., N.**, 1990, The Effect Of Welding Parameters On The Quality And Corrosion Characteristics Of Flash Butt Welded Austenitic Steels, Welding And Cutting, E4-E6
- [44] **Mundrey, J., S.**, 1971, Track Modernization, Janty Priting Works, Delhi-6
- [45] **Galantucci, L., M.**, 1993, Numerical Computer Aided Technique To Dizayn Rails Flash Welds, La Metallurgia, Vol. 85, S. 7-8 İtaliana,
- [46] **Anık, S.**, 1991, Kaynak Tekniği El Kitabı, S.131-133, İstanbul
- [47] **Schwerzer, R.**, 1981, Flash Butt Welding Of Rails, Stahl-Boratungstelle Fur Stahlverwendung, 258, S.3-19 , Merkblatt

- [48] **Kökçe, Y.**, 2001, Ray Kaynak Fabrikası Fotoğrafları, Ankara
- [49] **Giachino, J., W., Weeks, W., Johnson, G., S.**, 1981, Kaynak Teknolojisi, Yüksek Teknik Öğretmen Okulu Yayını, P.33
- [50] **Kuday N., Ertürk İ.**, 1997, Raylarda Yakma Alın Kaynağı, *Kaynak Teknolojisi 1. Ulusal Kongresi Bildiriler Kitabı*, S.165-177, Ankara
- [51] **Kalvala, P., R., Krishnan, K., N.**, 1990, The Effect Of Welding Parameters On The Quality And Corrosion Characteristics Of Flash Butt Welded Austenitic Steels, *Welding And Cutting*, E4-E6
- [52] **Dziubinski, J., Szymonsky, A.**, 1990, Flash Butt Welding Of Rails And Mecanical Propertiesof The Joints, *Welding And Cutting*, E8- E11
- [53] **Corvino, L., Intrieri, T.**, 1989, Electrical Flash-Butt Welding Of Rails İn Situ, *Rail Engineering International Edition*, 17-19
- [54] **Myers, C., S., Mcdowell, N., R.**, 1989, Mobile Flash Butt Welding, *Railway Industry Association* , Sec. 5, S. 5/1-5/9
- [55] **Plasser-Theurer**, Self-Propelled Fash-Butt Welding Machine K-355 Pt, Austria, 1-6
- [56] **Sme**, 1976, *Welding And Allied Processes*, Tool And Manufacturing Engineers Handbook, Chapter 28, S. 1-160
- [57] **TCDD**, 1970, Ray Kaynakları (Elektrik Kaynağı), s. 135 , TCDD Matbaası, İzmir
- [58] **Gözkaman Y. Ç.**, 1991, Metalotermik Prosesle Titanyum Bor Alüminyum Alaşımı Üretimi, *Yüksek lisans tezi*, İ.T.Ü. Fenbilimleri Enstitüsü İstanbul
- [59] **Ersümer, A.**, 1969, Makine Teknolojisi İmal Usulleri, İ.T.Ü Teknik Okulu Yayınları Sayı 70 S.
- [60] **Elektro-Thermit GmbH**, 2001, *Thermit Welding Methods For Flat- Bottom- Rails*, Elektro-Thermit GmbH
- [61] **Gültekin, N.**, 1985, Kaynak Tekniği, Yıldız Üniversitesi Yayınları, S.184, 37-39, 198-202, İstanbul
- [62] **TCDD**, 1970, Ray Kaynakları (Alüminotermik Kaynak), İzmir TCDD Matbaası, S.134 İzmir
- [63] **Tulumtaş H.**, 1997, Alüminotermik Kaynak Yönergesi, TCDD Genel Müdürlüğü Yol Dairesi Başkanlığı, Ankara

- [64] **TCDD**, 2001, Ray Kaynak Malzemesi Sipariş Sözleşmesi,TCDD Malzeme Daire Başkanlığı,
- [65] **The India Thermit Corporation Ltd.**,1993,Skv-F Process Welding Method With Short Preheat, The India Thermit Corporation Ltd,İndia
- [66] **Kayalı ,E.,S.**,1997,Yorulma,T.M.M.O.B. Metalurji Mühendisleri Odası Hasar Analizi Seminer Notları,S.3.1-33, İstanbul
- [67] **TCDD**, 2001, Haydarpasha Statik Yorulma Laboratuvarı , İstanbul
- [68]**TCDD**,1998,Alümino-termit Kaynak Malzemeleri Teknik Şartnamesi,TCDD Genel Müdürlüğü Yol Dairesi Başkanlığı, S.3 ,Ankara
- [69] **Kayalı,E.S.,Ensari C.,Dikeç F.**1990,Metalik Malzemelerin Mekanik Deneyleri, İ.T.Ü. Kimya –Metalurji Fakültesi Ofset Atelyesi,S.83, İstanbul
- [70] **Railtech Company**,1992,Charges Aluminothermiques Quality Report,Railtech International,France
- [71] **Wissenschaftlich-Technisches Zentrum**,1998, Railfoot Of Sample No 602/01 With Fatigue Breaking Area, Germany
- [72] **Ramesh, C.S., Seshardri, S.K., Iyer, K.J.L.**, 1989. A Survey Of Aspects Of Wear Of Metals, Indian Of Technology, 29(4), Pp. 179-185, Indian
- [73] **Misra, A., Finnie, I.**, 1982. A Rewiew Of The Abrasive Wear Of Metals, Jurnal Of Engineering Materials And Technology, Vol 104, Pp.94-101.
- [74] **Oğuz, B.**, 1993. Aşınma Sorunları ve Dolgu Kaynakları, Oerlikon Kaynak Elektrodları Ve Sanayi A.Ş., İstanbul .
- [75] **Hutchings, I.M.**, 1992, Triboloji: Friction And Engineering Meterials, Edvard Arnold, London.
- [76] **Akkurt M.**, Makine Elemenları-Cilt-II, İ.T.Ü. Mühendislik Ve Mimarlık Fakültesi, Sayı 134.
- [77] **Anık, S., Dikicioğlu, A., Vural, M.**, 1993. Bakım ve Tamir İşlerinde Kaynak ve Metal Püskürtme, *Metal Ve Kaynak*, 49, S.21-25
- [78] **Sarı, N.Y.**, 1999. Klasik Ve Modern Yüzey İşlemler Uygulanmış Ç 1050 Çeliğinin Abrazif + Erozif Aşınma Davranışının İncelenmesi, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. F.B.E., İstanbul .
- [79] **Ulusoy, E.**, 1981, Bazı Toprak İşleme Alet Ve Makinalarında İş Organlarının Aşınması Üzerinde Araştırmalar, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi

Yayınları, No 390, İzmir S.11, İzmir.

- [80] **Özdaş, N.**, 1958. Sürtünme ve Aşınma Teorileri, İ.T.Ü. Kütüphanesi, Sayı 388
- [81] **Wutrich, N.**, 1986. Materials Science And Wear, Technical Review, 3, Pp. 37-40
- [82] **Zum Gahr, K.H.**, 1987. Microstructure And Wear Of Materials, Tribolog Series, No 10, Elsevier, Pp.560
- [83] **Eyre, T.S.**, 1976. Wear Characteristics Of Metals, Tribology International, Vol 9, Pp 203-212.
- [84] **Budinski, K. G.**, 1986. Hardfacing III: The Wear Processes, Welding Design And Fabrication, Pp. 40-47.
- [85] **Misra, A., Finnie, I.**, 1983. An Experimental Study Of Three-Body Abrasive Wear, Wear, Vol. 85, Pp. 57-68.
- [86] **Çelebi, M.**, 1992. Kaynakla Tamir Bakım, Eczacıbaşı Kaynak Tekniği San. A.Ş., İstanbul.
- [87] **Cavdar M.,M.**,2001,Sert Dolgu Alaşımı Ürün Seçimi Ve Uygulama, Oerlikon, Sert Dolgu Rehberi, İstanbul
- [88] **TS-9470**, 1991, Dolgu Metalleri – Yüzey Kaplama Kaynağı İçin Kullanılan, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [89] **DIN 8555**, 1962, Schweisszusatzwerkstoffe Zum Auftragschweissen, Deutschen Industrie Normenausschusss, Deutschland.
- [90] **Oerlikon**, 1997. Oerlikon Ürün Katalaoğu, Oerlikon Kaynak Elektrodları ve San. A.Ş., İstanbul
- [91] **Tulumtaş ,H.**1999,Dolgu Kaynağı Yapım Prensipleri ,TCDD Genel Müdürlüğü Yol Dairesi Başkanlığı, Ankara
- [92] **Günoral Ş.**,2002, Demiryolu Makasları, İ.B.Ş.Belediyesi Ulaşım A.Ş Yayınları, İstanbul
- [93] **Dilaver Ş.**, 2002, İstanbul Metrosu Kaynak Uygulama Fotoğrafları, İ.B.Ş.Belediyesi Ulaşım A.Ş Yayınları, İstanbul
- [94] **TÜVASAŞ**, 2001,Elin Kaynak Makinası Kataloğu, Adapazarı
- [95] **TCDD**, 2002, Buraj Kazması Teknik Şartnamesi, TCDD Yol Dairesi Başkanlığı, Ankara

ÖZGEÇMİŞ

Yasin KÖKÇE, 10.11.1969 tarihinde Malatya'da doğmuştur. İlk, orta öğrenimini aynı ilde, lise öğrenimini Demiryolları Endüstri Meslek Lisesi'nde (ESKİŞEHİR) 1987 yılında tamamladıktan sonra, TCDD'de elektrik ve elektronik teknisyeni olarak iş hayatına atılmış, aynı yıl İ.T.Ü. Kimya -Metalurji Fakültesi Metalurji Mühendisliği Bölümü'nde öğrenime başlamıştır.

1991 yılı bahar yarıyılında İ.T.Ü. Kimya-Metalurji Fakültesi'nden Metalurji Mühendisi ünvanını almaya hak kazanmış ve aynı yıl İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Metalurji Ana Bilim Dalında yüksek lisans eğitimi ile birlikte, TCDD Teslimat ve Yollama Müdürlüğü'nde(İSTANBUL) kalite kontrol mühendisi olarak çalışmaya başlamıştır. Zamanında izin verilememesi ve bürokratik engeller nedeniyle yüksek lisans eğitimine iki kez giriş yapmış ancak, devamsızlıktan ayrılmak zorunda kalmıştır. 28.06.2000 tarih ve 4584 sayılı kanun gereği yarım kalan lisansüstü çalışmasını tamamlamak için 2000 yılında yeniden yüksek lisans eğitime başlamıştır. Şu anda aynı müdürlükte grup amiri ve kalite kontrol mühendisi olarak görev yapmaktadır.