T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MAG KAYNAĞINDA ÖZLÜ TEL ELEKTROD TİPİNİN KAYNAK DİKİŞİ ÖZELLİKLERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

ALİ OĞUZ IŞIK

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
İMAL USULLERİ PROGRAMI

DANIŞMAN
PROF. DR. SELAHATTİN YUMURTACI

İSTANBUL, 2014

T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MAG KAYNAĞINDA ÖZLÜ TEL ELEKTROD TİPİNİN KAYNAK DİKİŞİ ÖZELLİKLERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Ali Oğuz IŞIK tarafından hazırlanan tez çalışması 24.06.2014 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Selahattin YUMURTACI

Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Selahattin YUMURTACI

Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Doç. Dr. Anıl AKDOĞAN

Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Prof. Dr. Ahmet KARAASLAN

Yıldız Teknik Üniversitesi _____

ÖNSÖZ

"MAG Kaynağında Özlü Tel Elektrod Tipinin Kaynak Dikişi Özelliklerine Etkisinin İncelenmesi" konulu Yüksek Lisans Tezi'mde benden sonsuz bilgi birikimini, deneyimlerini, tecrübelerini ve desteğini esirgemeyen Sayın Prof.Dr.Selahattin YUMURTACI'ya, deneysel çalışmalar ve yazılı-sözlü kaynaklar konusunda sınırsız destek veren Eczacıbaşı, Askaynak-Lincoln Electric firması Genel Müdürü Sayın Ahmet SEVÜK'e, Teknik Müdür Sayın Erkan YEGEN'e, kaynaklı birleştirmelerin hazırlanması, kaynak işlemlerinin yapılması konusunda destek olan Erkan KÖSTEK'e ve Arif ÇİFTÇİ'ye, öğrenim hayatım boyunca sürekli fikir alışverişinde bulunuğum ve teknik bilgilerinden faydalandığım Ferdi DİREK'e, her zaman yanımda olup bana güç veren, maddi ve manevi her anlamda bana destek olan, kaynak sektöründe otuz yılı aşkın tecrübesi ile beni yönlendiren babam Mesut IŞIK'a ve annem Mihrem IŞIK'a teşekkürü bir borç bilirim.

Haziran, 2014

Ali Oğuz IŞIK

İÇİNDEKİLER

Sayfa

SİMGE LİSTESİ vii

KISALTMA LİSTESİ ix

ŞEKİL LİSTESİ x

ÇİZELGE LİSTESİ xiv

ÖZET xv

ABSTRACT xvi

BÖLÜM 1

GİRİŞ 1

1.1 Literatür Özeti 1
1.2 Tezin Amacı 2
1.3 Hipotez 2

BÖLÜM 2

KAYNAK YÖNTEMİ 3

2.1 Giriş 3
2.2 Kaynak Yönteminin Prensibi 4
2.3 Kaynak Yönteminin Diğer Yöntemlere Göre Avantajları 7
2.4 Kaynak Yöntemlerinin Sınıflandırılması 8
2.4.1 MAG Kaynak Yönteminin Diğer Yöntemlere Kıyasla Üstünlükleri 10

BÖLÜM 3

MAG KAYNAĞI YÖNTEMİ 11

3.1 Giriş 11
3.2 MAG Kaynağı Yönteminin Prensibi 12
3.3 MAG Kaynağı Donanımı 13
3.3.1 Kaynak Torçları 14
3.3.1.1 Torç Bağlantı Paketi 18
3.3.2 Tel Sürme Tertibatı 18

3.3.3 Kumanda Tertibatı 21
3.3.4 MAG Kaynağı Akım Üreteçleri 22
3.3.5 Koruyucu Gaz Tüpleri 27
3.4 MAG Kaynak Yönteminde Kullanılan Koruyucu Gazlar 29
3.4.1 Asal Gazlar 29
3.4.2 Aktif Gazlar 31
3.4.3 Karışım Gazlar 33
3.5 MAG Kaynak Yönteminde Kullanılan Teller 36

BÖLÜM 4

ÇELİKLERİN KAYNAĞINDA KULLANILAN ELEKTRODLAR 38

4.1 Çeliklerin Kaynağında Kullanılan Elektrodların Sınıflandırılması 38
4.2 Özlü Tel Elektrodlara Geçişin Sebepleri 41
4.2.1 Özlü Tel Elektrodların Sağladığı Avantajlar 42
4.2.1.1 Örtülü Elektrodlar ile Özlü Tel Elektrodların Ağırlık Farkı ... 45
4.3 Özlü Tel Elektrodların Yapısı 45
4.4 Özlü Tel Elektrodların İmalatı 45
4.4.1 Özlü Tel Elektrod İmalatı Prosesleri 48
4.4.2 Özlü Tel Elektrod İmalatı İçin Gerekli Ekipmanlar 49
4.4.3 Özlü Tel Elektrodların Dolgu Oranı 57
4.5 Özlü Tel Elektrod Tipleri 57
4.6 Özden Beklenen Görevler 58
4.7 Özlü Tel Elektrodlarla Kaynak Yöntemi 59
4.7.1 Sistemin Genel Tanımı 59
4.7.2 Özlü Tel Elektrod Kaynağı 60
4.8 Genel Standartlar 61
4.9 Çeliklerin Kaynağındaki Tel ve Özlü Elektrodların Sınıflandırılması 65

BÖLÜM 5

ENDÜSTRİDE ÖZLÜ TEL ELEKTROD UYGULAMALARI 69

BÖLÜM 6

DENEYSEL ÇALIŞMALAR 75

6.1 Deneylerde Kullanılan Malzemeler 75
6.1.1 Ana Metal 75
6.1.2 Kullanılan Tel Elektrodlar 77
6.1.3 Koruyucu Gaz 79
6.1.4 Kaynak Makinesi 80
6.2 Kaynak İşlemlerinin Yapılışı 83
6.3 Uygulanan Deneyler 99
6.3.1 Çekme Deneyi 99
6.2.2 Sertlik Deneyi 101
6.2.3 Çentik Darbe Deneyi 105
6.3.4 Eğme Deneyi 113

BÖLÜM 7

SONUÇ VE DEĞERLENDİRMELER 117

KAYNAKLAR 119
ÖZGEÇMİŞ 121

SİMGE LİSTESİ

A	Amper
mm^3	Milimetrekare
I	Akım
Cu	Bakır
Cr	Krom
Zr	Zirkonyum
Be	Berilyum
Ag	Gümüş
Ni	Nikel
Al	Alüminyum
CO2	Karbondioksit
V	Volt
m^3	Metreküp
°	Derece
C	Celcius
kg	Kilogram
lt	Litre
dk	Dakika
%	Yüzde
CO	Karbonmonoksit
Si	Silisyum
Mn	Mangan
Ø	Çap
cm^3	Santimetreküp
N	Newton
Fe	Demir
Ar	Argon
Mo	Molibden
HRC	Hardness Rockwell C
HB	Hardness Brinell
DC	Direct Current
.(nokta)	Ondalık İfadesi
A	Kalıp Açısı [°]
A_o	Giren Alan [mm^2]
A1	Çıkan Alan [mm^2]

P1	Çekme Kuvveti [kgf]
Ɣ	Doluluk Oranı [٪]
mT	Aynı Uzunlukta Özlü Tel Elektrodun Ağırlığı [kg]
mZ	Dış Metalik Zarfın Ağırlığı [kg]
aT	Tozun Kesit Alanı [cm^2]
ρz	Zarfın Yoğunluğu [gr/cm^3]
ρt	Tozun Yoğunluğu [gr/cm^3]

KISALTMA LİSTESİ

AWS	American Welding Society
DIN	Deutsches Institut für Normung
EN	European Norm
FPM	Feet Per Minute
GMAW	Gas Metal Arc Welding
ITAB	Isı Tesiri Altındaki Bölge
MAG	Metal Active Gas
MIG	Metal Inert Gas
SIGMA	Shielded Inert Gas Metal Arc
TIG	Tungsten Inert Gas
TS	Türk Standartları
WPS	Welding Procedure Specification

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 Kaynak kabiliyeti 5
Şekil 2.2 Metal yüzeyinin gerçek durumu 5
Şekil 2.3 A ve B levhalarının, C altlığı ve D elektrodu ile kaynak yapılmasının şematik görünüşü 6
Şekil 2.4 Kaynak işleminden sonra meydana gelen oluşumlar 6
Şekil 2.5 Kaynak dikişinin ortasından itibaren sıcaklık dağılımı 6
Şekil 2.6 Çeşitli birleştirme tiplerinde kaynak ile perçinin karşılaştırılması 7
Şekil 3.1 MAG kaynağının prensip şeması 13
Şekil 3.2 Çeşitli tür MAG kaynak donanımları 14
Şekil 3.3 Hava soğutmalı torç kesiti ve torç bağlantı paketi 16
Şekil 3.4 Hava soğutmalı MAG tabancası (tel çekmeli tür) 17
Şekil 3.5 Tel sürme tertibatı 19
Şekil 3.6 Rulo profilinin ve basıncının elektrod üzerine etkileri 20
Şekil 3.7 Planet veya dönel tel sürme tertibatı şeması 21
Şekil 3.8 Tel ilerlemesinin durması ile akımın kesilmesi arasındaki sürenin (geri yanma süresi) telin ucunun biçimine etkisi 22
Şekil 3.9 Kaynak akım üreteçlerinde V-I karakteristikleri 23
Şekil 3.10 Ark boyunun kaynak süresince sabit kalması 23
Şekil 3.11 MAG akım üreteci ve ayarlar 25
Şekil 3.12 Kutuplamanın dikiş formuna ve kaynak özelliklerine etkisi 26
Şekil 3.13 Gaz debisi ölçümünde kullanılan akış ölçer (şematik) 27
Şekil 3.14 Basınç düşürme ventili 28
Şekil 3.15 Çeşitli asal gaz ve karışım gaz atmosferlerinde oluşan ark gerilimi 30
Şekil 3.16 CO2 atmosferinde oluşan reaksiyonlar 32
Şekil 3.17 MIG-MAG kaynağı yönteminde kullanılan koruyucu gazlar 34
Şekil 3.18 Koruyucu gaz tür ve bileşiminin kaynak metalinin mekanik özelliklerine etkisi 35
Şekil 3.19 Argon , Helyum ve Karbondioksit atmosferlerinde oluşan ark ve dikişin formu 35
Şekil 4.1 En genel haliyle özlü tel elektrodun gösterimi 39
Şekil 4.2 Çeliklerin kaynağında kullanılan özlü tel elektrodların kesitleri 39
Şekil 4.3 Metal yığma hızı / kaynak akımı ilişkisi 42
Şekil 4.4 Özlü tel elektrod / gazaltı kaynak teli / örtülü elektrod kaynak ağzı açıları 43
Şekil 4.5 Özlü tel elektrod ile örtülü elektrodun verim farkları 44
Şekil 4.6 Özlü tel elektrod ile örtülü elektrodun ağırlık farkları 45
Şekil 4.7 Özlü tel elektrod imalatının en genel şekilde gösterimi 46
Şekil 4.8 Özlü tel elektrod üretimi (şematik) 46

Şekil 4.9 Özlü tel elektrod imalatı tezgahları 47
Şekil 4.10 Özlü tel elektrod imalatı tezgahları-2 48
Şekil 4.11 Özlü tel elektrod imalatı akış şeması 49
Şekil 4.12 Özlü tel elektrod imalatı tezgahları-3 50
Şekil 4.13 Özlü tel elektrod imalatı tezgahları-4 50
Şekil 4.14 Özlü tel elektrodun kangala sarımı 51
Şekil 4.15 Makaralardan çekilen tel 51
Şekil 4.16 Merdanelerin gösterimi 52
Şekil 4.17 Tel çekme işlemi 52
Şekil 4.18 Kuru tip tel çekme makineleri 53
Şekil 4.19 Sulu tip tel çekme makineleri 53
Şekil 4.20 Kangala sarılan özlü tel elektrod 54
Şekil 4.21 Özlü tel elektrod kesitleri 54
Şekil 4.22 Özlü tel elektrod imalatı sırası 55
Şekil 4.23 Özlü tel elektrodlarda en çok kullanılan kesit formları ve dolgu dereceleri 58
Şekil 4.24 Özlü tel elektrodla ark kaynağı 60
Şekil 4.25 Özlü tel elektrodla ark kaynağı 60
Şekil 4.26 EN 17632-2009 normuna göre sınıflandırmalar 61
Şekil 4.27 AWS normuna göre genel sınıflandırmalar 61
Şekil 4.28 DIN 8555 normuna göre sınıflandırmalar 62
Şekil 4.29 Sertlik dönüşüm tablosu 63
Şekil 4.30 Koruyucu gazlar 64
Şekil 4.31 MIG-MAG kaynağında kullanılan elektrodların AWS standart numaraları 66
Şekil 4.32 AWS A5.18 , A5.28'e göre çelik tel elektrodların kimyasal bileşimi ile özlü tellerde kaynak metali bileşimi 66
Şekil 4.33 DIN 8559 ve TS 5618'e göre alaşımsız ve az alaşımlı çeliklerin kaynağında tel elektrodların kimyasal bileşimi 67
Şekil 4.34 DIN 8559 ve TS 5618'e göre alaşımsız ve az alaşımlı çeliklerin kaynağında özlü elektrodlar ile yapılmış kaynak dikişlerinin kimyasal bileşimleri 67
Şekil 4.35 Özlü tel elektrodların çap ve toleransları (DIN 8559) 67
Şekil 4.36 Tel elektrodların çap ve toleransları (DIN 8559) 68
Şekil 4.37 DIN 8559 ve TS 5618'e göre çelik tel elektrodların çekme mukavemet değerleri 68
Şekil 5.1 Muylu ve kaplinler 69
Şekil 5.2 Gemi pistonları 70
Şekil 5.3 Roller presler 71
Şekil 5.4 Konkasör kırıcı ve çekiç dişleri 72
Şekil 5.5 Kum nakil helezonları 73
Şekil 5.6 Gemi sübapları 74
Şekil 6.1 Deneylerde kullanılan ana metalin ölçüleri 76
Şekil 6.2 Bazik karakterli özlü tel elektrod 78
Şekil 6.3 CO2 gazı (koruyucu gaz tüpü) 79
Şekil 6.4 MIG/MAG kaynak tertibatı 80
Şekil 6.5 Gazaltı kaynak makinesi 81
Şekil 6.6 Taşlama ile ana malzemeleri istenilen boyuta getirme 83
Şekil 6.7 Son boyuta getirilen ana malzemeler 84
Şekil 6.8 Kaynak ağızları açılmış ana malzemeler 84
Şekil 6.9 30° kaynak ağzı açılmış ana malzeme 85
Şekil 6.10 Kaynak ağzı bölgesine kırılan 2 mm'lik pah 86

Şekil 6.11 Ters açı kadar açılı tutulan ana malzemeler 87
Şekil 6.12 Kaynak işlemine başlamadan önce verilen ters açı (geri esneme açısı) 88
Şekil 6.13 Ana malzemelere verilen açının ölçülmesi 88
Şekil 6.14 Ana malzemelere verilen açının ölçülmesi 89
Şekil 6.15 Ana malzemeleri sabit tutmak için yapılmış 4 adet punta işlemi 89
Şekil 6.16 Rutil karakterli özlü tel elektrod ile kaynak edilecek malzemelerin puntalanması 90
Şekil 6.17 Bazik karakterli özlü tel elektrod ile kaynak edilecek malzemelerin puntalanması 90
Şekil 6.18 Kök paso çekilmesi 91
Şekil 6.19 Rutil karakterli özlü tel elektrod ile kaynak edilen malzemenin kök paso çekildikten sonra ters çevrilip kök pasonun yarılması 91
Şekil 6.20 Rutil karakterli özlü tel elektrod ile kaynak edilen malzemenin kök paso çekildikten sonra ters çevrilip kök pasonun yarılmasının bir başka gösterimi 92
Şekil 6.21 Bazik karakterli özlü tel elektrod ile kaynak edilen malzemenin kök paso çekildikten sonra ters çevrilip kök pasonun yarılması 92
Şekil 6.22 Bazik karakterli özlü tel elektrod ile kaynak edilen malzemenin kök paso çekildikten sonra ters çevrilip kök pasonun yarılmasının bir başka gösterimi 93
Şekil 6.23 Kök pasonun yarılan kısmına bir paso kaynak çekilmesi 93
Şekil 6.24 Bazik karakterli özlü tel elektrod kullanılarak kaynak ağzının doldurulması 94
Şekil 6.25 Bazik karakterli özlü tel elektrod kullanılarak kaynak ağzının doldurulmasının bir başka gösterimi 94
Şekil 6.26 Dolgu kaynağında paso sırası 95
Şekil 6.27 Rutil karakterli özlü tel elektrod ile kaynak edilen malzeden test numunelerin çıkarılması 95
Şekil 6.28 Bazik karakterli özlü tel elektrod ile kaynak edilen malzeden test numunelerin çıkarılması 96
Şekil 6.29 Numaralama (Markalama) 96
Şekil 6.30 Çekme çubuğu numunesi (TS EN ISO 4136/2011) 100
Şekil 6.31 Çekme cihazı 100
Şekil 6.32 Sertlik ölçme cihazı 103
Şekil 6.33 Rutil karakterli özlü tel elektrod ile kaynak edilen malzemede sertlik ölçülen bölgeler ve sertlik dağılımı 104
Şekil 6.34 Çentik darbe deney numuneleri 106
Şekil 6.35 Tipik adlandırma örnekleri 108
Şekil 6.36 Charpy ve Izod test yöntemleri 109
Şekil 6.37 Darbe test cihazı 110
Şekil 6.38 Çentik darbe numuneleri 111
Şekil 6.39 Çentik darbe numunelerinin bir başka gösterimi 111
Şekil 6.40 -40 °C sıcaklık değerine indirilen çentik darbe numuneleri 112
Şekil 6.41 -20 °C sıcaklık değerine indirilen çentik darbe numuneleri 112
Şekil 6.42 Bir alın kaynağının enine kök ve yüzey eğme deney numunesi 114
Şekil 6.43 Mandrelle eğme deneyi metodu 114
Şekil 6.44 Eğme deneyi numuneleri 115
Şekil 6.45 Kaynak bölgeleri belirtilmiş eğme deneyi numuneleri 115
Şekil 6.46 Yüz eğme deneyine tabi tutulmuş numuneler 116

Şekil 6.47 55 ° Yüz eğme deneyine tabi tutulmuş numuneler 116

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 6.1 Ana metalin kimyasal bileşimi 75
Çizelge 6.2 Rutil karakterli özlü tel elektrodun kimyasal bileşimi..... 77
Çizelge 6.3 Bazik karakterli özlü tel elektrodun kimyasal bileşimi 78
Çizelge 6.4 Kullanılan MIG/MAG makinesi teknik özellikleri 82
Çizelge 6.5 Rutil karakterli özlü tel elektrod ile yapılan kaynak işleminin parametreleri 97
Çizelge 6.6 Bazik karakterli özlü tel elektrod ile yapılan kaynak işleminin parametreleri 98
Çizelge 6.7 Rutil karakterli özlü tel elektrod ile kaynak edilmiş numunelerin çekme deneyi sonuçları 101
Çizelge 6.8 Bazik karakterli özlü tel elektrod ile kaynak edilmiş numunelerin çekme deneyi sonuçları 101
Çizelge 6.9 Rutil karakterli özlü tel elektrod ile kaynak edilen malzemenin sertlik değerleri 104
Çizelge 6.10 Bazik karakterli özlü tel elektrod ile kaynak edilen malzemenin sertlik değerleri 105
Çizelge 6.11 Deney parçası yüzeyine paralel çentikli yüzey (S konumu)..... 107
Çizelge 6.12 Deney parçası yüzeyine dik çentikli yüzey (T konumu) 107
Çizelge 6.13 Test edilen çentik darbe numune sonuçları 110

ÖZET

MAG KAYNAĞINDA ÖZLÜ TEL ELEKTROD TİPİNİN KAYNAK DİKİŞİ ÖZELLİKLERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Ali Oğuz IŞIK

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Selahattin YUMURTACI

MAG kaynağının diğer kaynak yöntemlerine kıyasla üstünlüklerinden dolayı günümüz endüstrisindeki kullanım oranı giderek artmaktadır ve MAG kaynak yönteminde tel elektrod tipi seçimi çok önemli bir husustur. Uygun tel elektrod seçimi, uygun koruyucu gaz kullanımı, yeterli ve kaliteli işçilik neticesinde ortaya çıkan kaynak metalinin bileşimi, gerekli ve belirli mekanik ve fiziksel özellikleri karşılamalıdır.

Bu çalışmada, MAG kaynağında özlü tel elektrod tipinin kaynak dikişi özelliklerine etkisi incelenmiştir.Deneylerde ana metal olarak St 52 yapı çeliği, koruyucu gaz olarak rutil ve bazik özlü tel elektrod kullanıldığında %100 CO2 gazı kullanılmıştır.

Farklı tipte özlü tel elektrodların, aynı malzeme üzerinde kaynak dikişinin mekanik özelliklerine etkilerini saptamak amacıyla çekme, sertlik, çentik darbe, kök-yüz eğme deneyleri yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: MAG kaynağı, özlü tel elektrodlar, kaynak dikişi, deneysel çalışmalar

ABSTRACT

INVESTIGATION OF FLUX CORED WIRE TYPE EFFECTS ON PROPERTIES OF WELD BEAD IN MAG WELDING

Ali Oğuz IŞIK

Department of Mechanical Engineering

MSc. Thesis

Adviser: Prof. Dr. Selahattin YUMURTACI

As MAG Welding's advantages against other welding methods, utilization of MAG Welding increases in recent industry and selection of flux cored wire types is a quite important point in MAG Welding. Weld metal composition must cover and meet mandatory and specified physical and mechanical properties as a result of accurate flux cored wire selection, protective gas, sufficient and high-class labor.

Flux cored wire type effects to properties of weld bead in MAG welding were investigated in this thesis study. St 52 as structural steel, %100 CO2 as protective gas, rutile and basic flux cored wire were consumed during experimental studies.

Tensile, hardness, notch, root-face bending tests were performed to establish the effects to mechanical properties of weld bead while different type flux cored wires useage on the same main material.

Keywords: MAG Welding, flux cored wires, weld bead, experimental studies

BÖLÜM 1

GİRİŞ

1.1 Literatür Özeti

Günümüzde kaynak teknolojisi, son derece yaygınlaşmış, kaynak yöntemlerinden birini veya birkaçını kullanmayan herhangi bir atölye, fabrika, şantiye vs. görmek hemen hemen imkansız hale gelmiştir. Gazaltı ark kaynağı ise, ergime esaslı kaynak yöntemleri arasında en çok kullanılan kaynak yöntemi haline gelmiş ve kullanım oranı gün geçtikçe artmaktadır [1].

Bu yöntemde kaynak için gerekli ısı, sürekli besleyen ve ergiyen bir tel elektrodla kaynak banyosu arasında oluşturulan ark yoluyla ve elektroddan geçen kaynak akımının elektrodda oluşturduğu direnç ısıtması yoluyla üretilir. Elektrod çıplak bir tel olup, bir elektrod besleme tertibatıyla kaynak bölgesine sabit bir hızla sevkedilir. Çıplak elektrod, kaynak banyosu, ark ve esas metalin kaynak bölgesine komşu bölgeleri, amtosfer kirlenmesine karşı, dışarıdan sağlanan ve bölgeye bir gaz memesinden iletilen uygun bir gaz veya gaz karışımı tarafından korunur [2].

Ergiyen elektrodla gazaltı kaynağı fikri 1920'lerde ortaya atılmış olmakla birlikte, ticari anlamda ancak 1948'den itibaren kullanılmaya başlanmıştır. Önceleri yöntem soygaz koruması altında yüksek akım yoğunluklarında ince elektrodlarla gerçekleştirilen bir kaynak yöntemi olarak benimsenmiş ve temelde alüminyum kaynağında kullanılmıştır. Ergiyen metal elektrod ve soygaz kullanılması nedeniyle yönteme MIG (Metal Inert Gas) kaynağı adı verilmiştir. Yöntemde daha sonra düşük akım yoğunluklarıyla ve darbeli akımla çalışma, daha değişik metallere uygulama ve koruyucu gaz olarak aktif gazların (CO2) ve gaz karışımlarının kullanılması gibi gelişmeler meydana gelmiştir.

Bu gelişmeler, aktif koruyucu gazın kullanıldığı yönteme MAG (Metal Active Gas) kaynağı adının verilmesine neden olmuştur [2].

Gazaltı kaynak yöntemleri ile kaynak maliyeti düşürülmüş, kaynak süresi kısatılmış ve kaynakçının dikişin kalitesine olan etkisi azaltılmıştır. Ayrıca bu yöntemler günümüz teknolojisinde yer alan otomatik veya mekanize kaynak yöntemleri diye isimlendirilen modern yöntemler arasındadır.

1.2 Tezin Amacı

Tez çalışmasında farklı özlü tel elektrodlar (rutil ve bazik karakterli) kullanılarak gazaltı kaynağı tatbik edilmiş, daha sonra elde edilen kaynaklı numuneler, farklı karakterde özlü tel elektrodların kaynak dikişi özelliklerine etkisinin incelenmesi amacıyla bir dizi mekanik testlere tabi tutulmuştur.

1.3 Hipotez

MAG kaynak yöntemi kullanılarak aynı malzemeye, aynı kaynak parametleri uygulandığında rutil ve bazik karakterli özlü tel elektrodların kullanılması neticesinde ana malzemeye uygulanan mekanik testler sonucu; ilave malzeme olarak tüketilen rutil ve bazik karakterli özlü tel elektrodlar ile kaynak edilen numunelerin mekanik testleri başarıyla tamamlaması ve kaynak numunelerinden uygun neticeler elde edilmesi beklenilmektedir.

BÖLÜM 2

KAYNAK YÖNTEMİ

2.1 Giriş

Kaynak, malzemeleri birbiri ile birleştirmek için kullanılan bir imalat yöntemidir, genellikle metal veya termoplastik malzemeler üzerinde kullanılır. Bu yöntemde genellikle çalışma parçalarının kaynak yapılacak kısmı ergitilir ve bu kısma dolgu malzemesi eklenir, daha sonra ek yeri soğutularak sertleşmesi sağlanır, bazı hallerde ısı ile birleştirme işlemi basınç altında yapılır. Bu yöntem lehim ve sert lehim ile farklılık gösterir, lehim ve sert lehim yöntemlerinde birleştirme düşük ergime noktalarında ve çalışma parçaları ergimeden oluşur [3].

Kaynak için gaz alevi, elektrik arkı, lazer, elektron ışını, sürtme, ultra ses dalgaları gibi birçok farklı enerji kaynakları kullanılabilir. Endüstriyel işlemlerde, kaynak açık hava, su altı, uzay gibi birçok farklı ortamda gerçekleştirilebilir. Bununla beraber, yapıldığı yer neresi olursa olsun, kaynak çeşitli tehlikeler barındırır. Alev, elektrik çarpması, zehirli dumanlar ve ultraviyole ışınlara karşı önlem almak gereklidir [3].

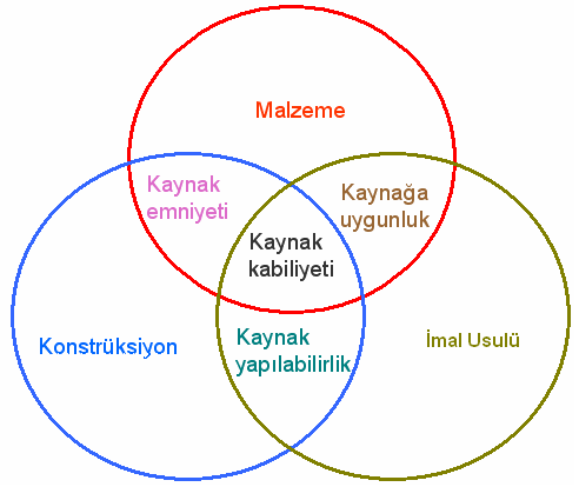
19. yüzyılın sonuna dek, sadece demircilerin kullandığı ısıtma ve dövme yolu ile metallerin birleştirildiği kaynak yöntemi biliniyordu. Elektrik ark kaynağı ve oksi-gaz kaynağı yüzyılın sonunda gelişen ilk yöntemlerdir, bunları direnç kaynağı izlemiştir. Kaynak teknolojisi 20. yüzyılın erken dönemleri esnasında (I. Dünya Savaşı ve II. Dünya Savaşı sonralarında) artan talebi karşılayabilmek için hızla gelişerek güvenilir ve ucuz yöntemler arasına katılmıştır. Savaşların ardından, manuel metodlar (manuel metal ark kaynağı), yarı-otomatik ve otomatik yöntemleri (gaz altı metal ark kaynağı vb.),

içeren çeşitli modern kaynak teknikleri gelişmiştir. Gelişmeler, yüzyılın ikinci yarısında da lazer ışın kaynağı ve elektron ışın kaynağının bulunması ile devam etmiştir. Halen bilim, gelişimi devam ettirmektedir. Robot kaynağı, endüstride yaygın bir yer edinmiştir, yeni kaynak metodları ve kaynak kalite ve özelliklerinin geliştirilmesi, maliyetlerin düşürülmesi için araştırma ve geliştirme çabaları devam etmektedir [3].

2.2 Kaynak Yönteminin Prensibi

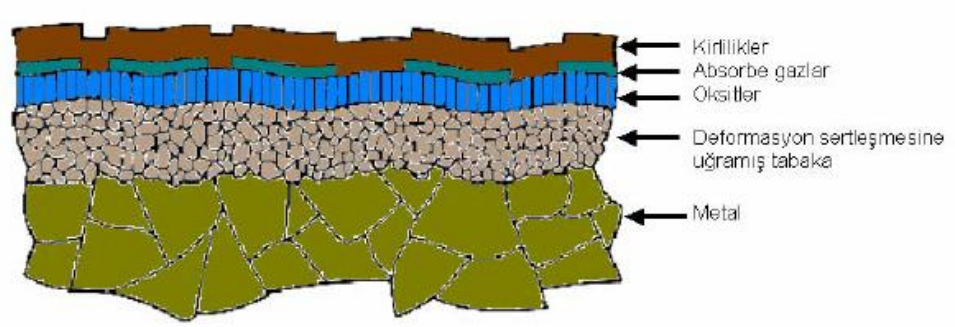
Kaynak; metalik veya termoplastik malzemelerin ısı, basınç veya her ikisinin etkisi altında bir malzeme ilavesi ya da ilave malzeme kullanmadan gerçekleştirilen bir birleştirme işlemidir. Birleştirilmek istenen malzemelerin kaynak bölgeleri plastik veya sıvı duruma getirilmekte, eş iki malzemenin birleştirilmesiyle oluşan kaynak dikişinin özellikleri de ana malzemeninkine benzemektedir. İşlemin yapılmasında birleştirilecek malzemelerin özellikleri, yönteme başvurma amacı, kaynak olayındaki oluşumlar ve konstrüksiyonun türü gibi faktörlere göre bazı önlemlere başvurulması da gerekebilmektedir. Ergitme esaslı kaynak uygulamalarında kaynak bölgelerinin genellikle yardımcı malzemelerle korunması gerekmektedir. Seçilen ilave malzemelerin ise, mümkün olduğu kadar ana malzeme ile aynı ergime aralığına sahip olması, işlem emniyeti bakımından gerekli görülmektedir. Bu tanımlamada belirtilen eş malzeme tabiri, metalurjik olarak tam eşitlik değil, malzemelerin birbiri içerisinde karışabilmesi anlamını taşımaktadır [4].

Kaynak yönteminin prensibininden bahsederken kaynak kabiliyetinden bahsetmek yerinde olacaktır. Kaynak kabiliyeti çoğunlukla bir malzemenin kaynağa uygunluğunu ifade eder. Kaynak kabiliyeti bir malzemenin uygun bir konstrüksiyonda doğru imal usülü ile kaynak edilebilmesi anlamına gelir ; ancak parça şekli, kalınlığı, kaynak pozisyonu ve kullanılan kaynak yöntemi de kaynak kabiliyetine etki yapar.



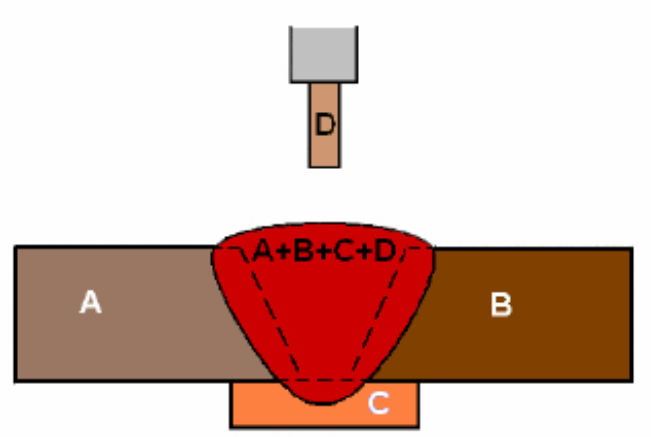
Şekil 2. 1 Kaynak kabiliyeti [1]

Malzemenin kaynak edilmeden önceki hali aşağıda detaylıca görülmektedir. Malzeme kaynak edilmeden önce iyi bir yüzey temizliğine tabi tutulmalı ve metal yüzeyi üzerindeki oksitler, kirlilikler temizlenmelidir.



Şekil 2. 2 Metal yüzeyinin gerçek durumu [1]

Aşağıda iki farklı malzemenin (A-B) , C altlığı yardımı ve D ilave malzemesi ile kaynak edilme usulü açıklanmıştır.

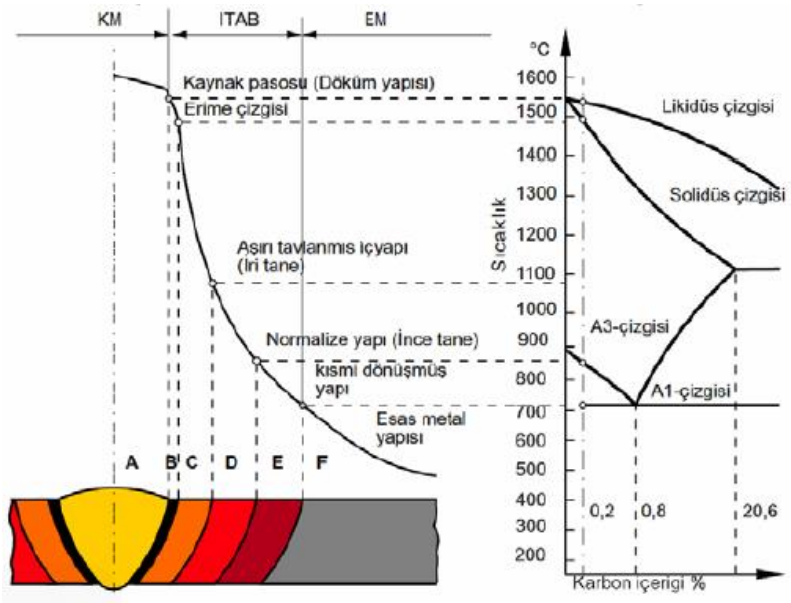


Şekil 2. 3 A ve B levhalarının, C altlığı ve D elektrodu ile kaynak yapılmasının şematik görünüşü [1]

Aşağıda iki malzemenin kaynak edildikten sonra oluşan oluşumlardan bahsedilmiştir.



Şekil 2. 4 Kaynak işleminden sonra meydana gelen oluşumlar [1]



Şekil 2. 5 Kaynak dikişinin ortasından itibaren sıcaklık dağılımı [1]

2.3 Kaynak Yönteminin Diğer Yöntemlere Göre Avantajları

Parçaların kaynakla birleştirilmesinin öneminin kavranabilmesi için, diğer imal usulleriyle kıyaslanması gerekir. Her ne kadar her usulün üstün olduğu sahalar varsa da, birbirine çok yakın oldukları uygulamalar da vardır [5].

Kaynak ile perçin karşılaştırıldığında; parçaların birleştirilmesinde eski bir usul olmasına rağmen, kaynağın öneminin bilinebilmesi bakımından perçinle kaynağın karşılaştırılması uygun olacaktır:

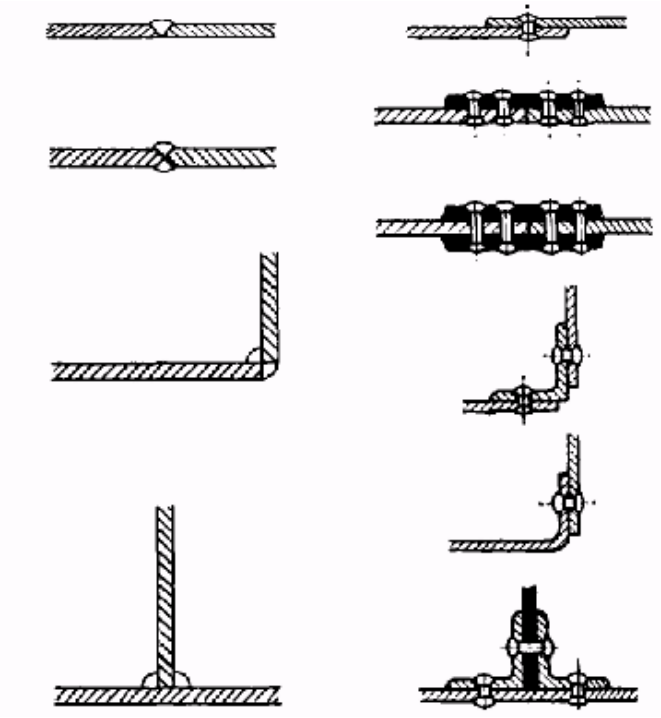
a) Kaynak, ağırlık ve işçilikten tasarruf sağlar. Ağırlıktan sağlanan tasarruf, % 10 ile 30 arasındadır. İşçilikten sağlanan tasarruf ise, % 20 ile 35 civarındadır. Çeşitli bağlantı biçimlerinde kaynak ve perçinin nasıl olduğu, Şekil 2.6' da görülmektedir.

b) Kaynak ile, perçine göre daha iyi bir sızdırmazlık elde edilir.

c) Kaynaklı bağlantıların mukavemeti, perçinli birleştirmelerden daha yüksektir. Perçinde esas malzemenin mukavemetine erişilmemesine rağmen, kaynakta %100' üne erişilir.

d) Kaynak ile, perçine göre daha kolay ve ucuz bağlantılar elde edilir.

e) Gemi inşaatlarında kaynaklı birleştirmelerin suya karşı dirençleri daha azdır. Dolayısıyla geminin hızını azaltmazlar [5].



Şekil 2. 6 Çeşitli birleştirme tiplerinde kaynak ile perçinin karşılaştırılması [5]

Kaynak ile dökümün farkları aşağıdaki biçimde sıralanabilir:

a) Kaynakta model masrafı yoktur.

b) Cidar kalınlıkları 6 mm'den az olan parçaların dökümü güçlük arz ederken, kaynakla imalatında bir zorluk yoktur.

c) Çelik malzemeden dökümle parça yapımında bazı zorluklar ortaya çıkarken, aynı parçanın kaynakla imalatı kolaydır.

d) Kaynak, döküme göre ağırlıktan tasarruf sağlar. Ağırlıktan sağlanan kazanç %30 civarındadır.

e) Çok sayıda üretimde, döküm daha üstündür [5].

2.4 Kaynak Yöntemlerinin Sınıflandırılması

A) Kaynak Edilen Malzemeye Göre Sınıflandırma

1) Metal Kaynağı

1.1) Ergitme Kaynağı

1.1.1) Gaz Ergitme Kaynağı

1.1.2) Direnç Ergitme Kaynağı

1.1.3) Döküm Ergitme Kaynağı

1.1.4) Elektron Bombardımanı ile Ergitme Kaynağı

1.1.5) Lazer Işını ile Ergitme Kaynağı

1.1.6) Alümina Termit Ergitme Kaynağı

1.1.7) Ark Ergitme Kaynağı

1.2) Basınç Kaynağı

1.2.1) Soğuk Basınç Kaynağı

1.2.2) Ultrasonik Kaynak

1.2.3) Sürtünme Kaynağı

1.2.4) Döküm Basınç Kaynağı

1.2.5) Elektrik Direnç Kaynağı

1.2.6) Gaz Basınç Kaynağı

1.2.7) Elektrik Ark Basınç Kaynağı

1.2.8) Difüzyon Kaynağı

1.2.9) Ocak Kaynağı

2) Plastik Kaynağı

2.1) Ultrason Kaynağı
2.2) Sürtünme Kaynağı
2.3) Titreşim Kaynağı
2.4) Sıcak Levha Kaynağı
2.5) Sıcak Gaz Kaynağı
2.6) Implantasyon Kaynağı
2.7) Solvent Kaynağı

B) Kaynak Amacına Göre Sınıflandırma

1- Birleştirme kaynağı: İki veya daha çok sayıdaki parçayı birleştirerek çözülmez bir bütün haline getirme işlemidir.

2- Dolgu kaynağı: Bir iş parçasının veya malzemenin hacmindeki bir eksiği doldurmak veya hacmini genişletmek amacıyla yapılır.Ayrıca malzeme yüzeyini korozyon ve aşındırıcı etkilere karşı korumak amacıyla da dolgu kaynağı yapılmaktadır

C) Kaynak yapılış metoduna göre sınıflandırma

1- El kaynağı

2- Yarı mekanize kaynak: Kaynak işlemi el yerine kısmen mekanize edilmiş bir vasıta ile sağlanır.

3- Tam mekanize kaynak: Kaynak işlemi el yerine tamamen mekanize edilmiş bir vasıta ile sağlanır.

4- Otomatik kaynak: Hem kaynak işlemi hem de kaynak edilen parçaların değiştirilmesi tamamen mekanize edilmiş kaynak metodudur [4].

2.4.1 MAG Kaynak Yönteminin Diğer Yöntemlere Kıyasla Üstünlükleri

- 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 geliştirilmesi sonucu ince çaplı kaynak teli ile yüksek akım şiddeti uygulama olanağı, ısıdan etkilenen bölgesi daha dar ve daha derin nufuziyetli kaynak bağlantılarının eldesine 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 beslenen tel elektrodu bölgeye göndermekte, sistem uygun ark boyunu, kendisi otomatik olarak ayarlamakta ve sabit tutmaktadır.
- Kalifiye işçilik gerektirmez.
- Örtülü elektrod ile yapılan ark kaynağında olduğu gibi elektrodda koçandan dolayı kaynaklanan kayıp oluşmaz, daha verimli bir yöntemdir.
- Örtülü elektrod ile ark kaynağına kıyasla daha hızlı bir yöntemdir.
- Devamlı elektrod değiştirmek gerekmediğinden ; sürekli tel beslemesi olduğundan dolayı örtülü elektroda kıyasla daha az kaynak hatası görülür ; çünkü en fazla kaynağın başlangıç ve bitiş bölgelerinde oluşan kaynak hataları, sürekli tel beslemesi olduğundan dolayı gazaltı kaynağında daha azdır.
- Cüruf kaldırma ve temizleme ek işi ve işçiliği gerektirmez.

BÖLÜM 3

KAYNAK YÖNTEMİ

3.1 Giriş

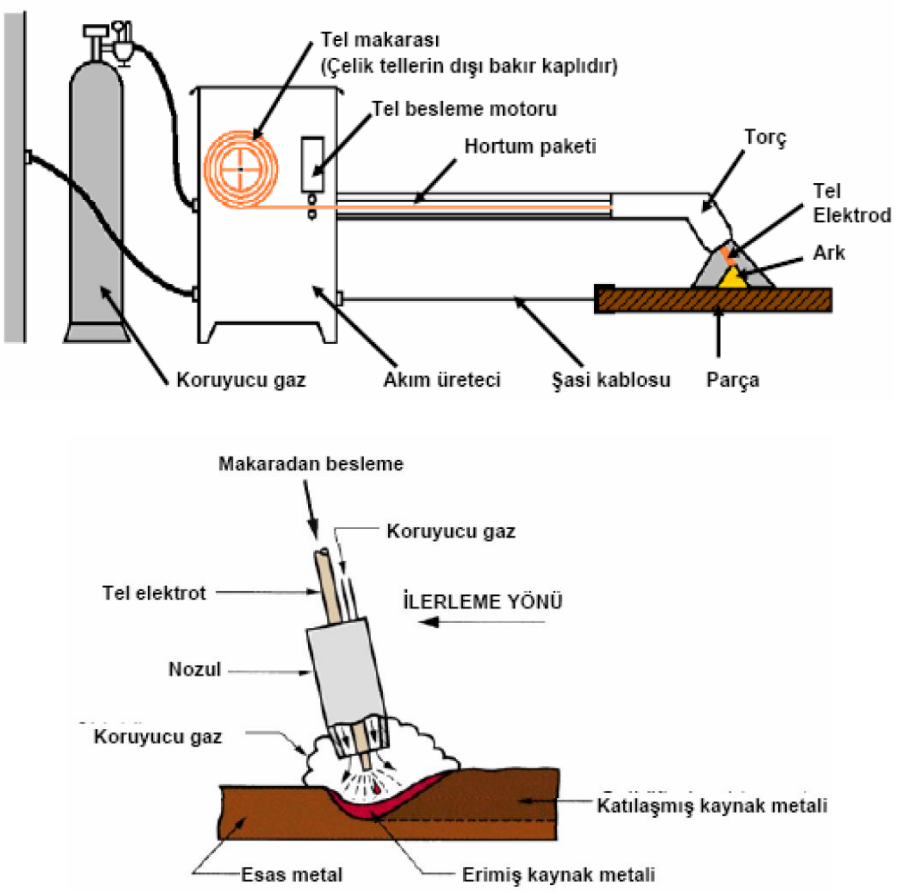
Gazaltı kaynak yöntemlerinin tarihi incelendiğinde MIG kaynağının esas gelişimi, 1947 yılında ABD'de ilk satın alınabilir kaynak makinalarının üretilmesiyle başlamıştır. O tarihte yöntem S.I.G.M.A (Shielded Inert Gas Metal Arc) olarak adlandırılmakta ve bugünkü MIG kaynağı ile aynı anlamda kullanılmaktaydı. Karbondioksit koruyucu gaz olarak ilk defa Rusya'da 1952 yılında denenmiş ve bugünkü MAG kaynağı başlamıştır. Argon o zamanlar çok pahalıya mal olduğundan bu yöntem ilk olarak alaşımsız ve düşük alaşımlı çeliklerin kaynağı için yerleşmiştir.CO2 altında kaynaktaki sıçrama oluşumu, kısa arkla kaynak olarak bilinen tekniğin gelişmesine yol açmıştır. Gazaltı Metal Ark Kaynağının bu daha sonradan gelişen değişik uygulaması, karbondioksit altında da hemen hemen sıçramasız kaynak yapılmasını sağlamış ve özellikle ince sacların birleştirilmesi, kök pasolarının kaynağı ve zor pozisyonlardaki kaynaklar için uygun olmuştur.Argon fiyatlarının 60' lardan itibaren düşmesiyle karışım gazlar -ilk olarak da argon ile karbondioksit karışımı- kullanılmaya başlanmıştır. Saf karbondioksite kıyasla daha pahalı olmasına rağmen karışım gazlar çok gelişmiştir ve günümüzde MAG kaynağında kullanılan koruyucu gazların hemen hemen % 80'ı karışım gazdır.Bilinen tüm ergitme kaynak yöntemleri kullanılarak birleştirilmiş dikişler arasında gazaltı metal ark (MIG/MAG) kaynağı ile yapılan kısmı, % 70'lik bir bölümünü oluşturmaktadır ve gelişimini sürdürmektedir [5].

3.2 MAG Kaynağı Yönteminin Prensibi

Sürekli tel ile koruyucu atmosfer altında yapılan gazaltı kaynağı M.I.G (Metal Inert Gas), M.A.G (Metal Active Gas) veya G.M.A.W (Gas Metal Arc Welding) olarak tanımlanır. Sürekli tel ile gazaltı kaynağında, gerekli olan ısı enerjisi malzeme ile sürekli tel arasında oluşturulan elektrik arkıyla ortaya çıkar. Kaynak torcu, kaynak bölgesine ilave teli besler, aynı zamanda koruyucu gazı da kaynak bölgesine göndererek kaynak bölgesinin ve kaynak banyosunun havanın kötü etkisinden korunmasını sağlar. Gaz korumasına göre yöntemin adlandırılması değişir. Şayet soygaz atmosferi altında bir kaynak yapılıyorsa MIG olarak adlandırılır. Aktif gaz koruması altında yapılan kaynak yöntemi ise MAG olarak adlandırılır [5].

MIG/MAG kaynağında ark, aynı zamanda ilave tel görevi yapan ergiyen bir elektrod ile iş parçası arasında yanar. Koruyucu gaz ya argon, helyum gibi bir inert gaz ya bunların karışımı (MIG) veya aktif bir gazdır (MAG). Koruyucu gaz, örneğin CO2 kaynağında (MAGC-yöntemi), karbondioksitten veya karışım gaz kaynağında (MAGM-yöntemi) inert gazla aktif gazların karışımından oluşan bir karışım gazdır [5].

Şekil 3.1 yöntemin prensip şemasını vermektedir. "Uçsuz" elektrod, bir tel ilerletme mekanizması yardımıyla bir tel makarasından akım kontak borusuna gelir. Serbest tel ucu nispeten kısadır; böylece ince elektroda yüksek akım şiddeti (> 100 A/mm^3) uygulanabilir. Kaynak makinasının kutuplarından biri elektroda diğeri de parçaya bağlanır; böylece ark, ergiyen elektrod ile parça arasında yanar. Elektrod aynı anda hem enerji taşıyıcı ve hem de kaynak ilave metali görevi yapar. Koruyucu gaz, elektrodun eşeksenli olarak bulunduğu bir memeden akar ve arkı, ergiyen damlaları ve arkın altındaki ergimiş banyoyu atmosferin etkisinden korur [5].



Şekil 3. 1 MAG kaynağının prensip şeması [6]

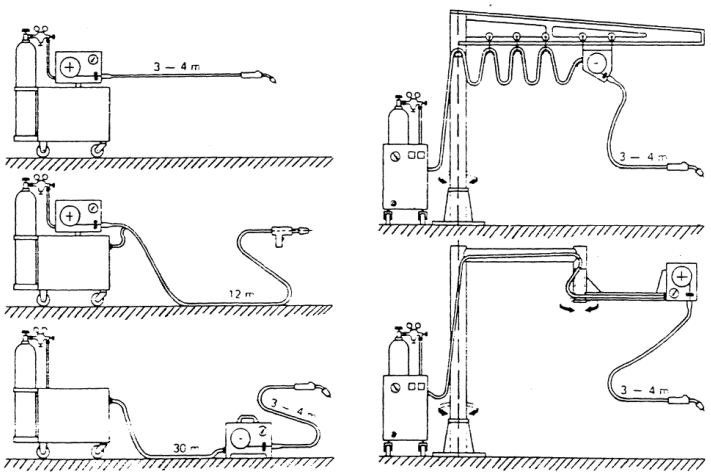
3.3 MAG Kaynağı Donanımı

Bir MAG kaynak donanımı şu kısımlardan oluşur :

- Kaynak tabancası diye de adlandırılan bir kaynak torcu.
- Tel şeklindeki elektrod ve muhafazasını, kaynak ve şalter kablosunu, gaz hortumunu ve gerektiğinde soğutma suyu giriş ve çıkış hortumlarını bir arada tutan metal spiral takviyeli hortum; torç bağlantı paketi.
- Tel şeklindeki elektrodun hareketini sağlayan tertibat.
- Kaynak akımının geçişini, soğutma suyunun devreye girişini, koruyucu gazın akışını ve telin hareketini sağlayan kumanda dolabı.
- Kaynak akım üreteci.
- Üzerinde basınç düşürme ventili ve gaz debisi ölçme tertibatı bulunan koruyucu gaz tüpü [2].

3.3.1 Kaynak Torçları

MAG kaynağında tel elektroda akımın yüklenmesi, ark bölgesine koruyucu gazın gönderilmesi torcun görevidir. Arkın çok yakınında bulunması nedeni ile özellikle, yarı otomatik yöntemlerde operatörün sıcaklıktan mümkün olduğu kadar az etkilenmesi için çeşitli biçimlerde torçlar geliştirilmişse de günümüzde en yaygın olarak kullanılanı, oksi-asetilen üflecini andıran biçimde bükülmüş olan türüdür; tel elektrodun spiral içinde itilerek ilerletilmesi çok zor olan alaşımlar için tabanca şeklinde, üzerinde tel ilerletme tertibatı ve ufak bir tel kangalı bulunduran torçlar da üretilmektedir [2].



Şekil 3. 2 Çeşitli tür MAG kaynak donanımları [2]

MAG yönteminde tel elektrod sürekli olarak ilerlediği için tele elektrik iletimi bir kayar kontak ile sağlanır. Tel, torcu terketmeden biraz evvel bakır esaslı bir kontak lülesi içinden geçerken kaynak akımı ile yüklenir; bu kontak lülesine konsantrik olarak, torcun ağız bölgesinde bir gaz lülesi (nozül) bulunur ve bu lüle sayesinde, koruyucu gaz akımı laminer olarak (girdapsız olarak) kaynak bölgesine sevkedilir [2].

Ark sıcaklığından etkilenen torcun sürekli olarak soğutulması gereklidir; düşük akım şiddetlerinde yapılan çalışmalarda koruyucu gaz akımı gerekli soğutmayı yapabilmektedir. Kalın elektrodların, yani yüksek akım şiddetlerinin kullanılması halinde ise (I : 250 A) su ile soğutma sistemi gereklidir. Su ile soğutma, doğal olarak düşük akım şiddetlerinde de daha iyi bir soğutma yaparsa da, uygulamada torçta sızdırmazlığın sağlanması için kullanılan contaların bakımı külfetli olduğundan tercih edilmez.Torcun ark sıcaklığından en fazla etkilenen parçaları gaz ve kontak lüleleridir. Kontak lülesi, sıcaklığın yanısıra hareket halindeki tele, kısa bir bölgede akımı

ilettiğinden, yüksek bir akım şiddetinin ve kaynak banyosundan sıçrayan metal damlacıklarının etkisine de maruz kalmaktadır [2].

Yüksek sıcaklık, aşınmayı arttırarak telin geçtiği deliğin büyümesine ve dolayısı ile tele elektrik iletiminin zorlanmasına neden olur. Uygulamada, akım şiddetinin üst sınırlarında çalışılması halinde, kısa bir süre sonunda tel ilerleme hızında düzensizlikler görülmeye başlar, bu telin aşın ısınmış kontak lülesi içinde sürtünmesinin artmasından ortaya çıkmaktadır; bu olay temas düzensizliğine yol açtığından, arkın stabilitesini kaybetmesine, kaynaklı bağlantının da kalitesini yitirmesine neden olur. Uygun akım şiddetlerinde de eğer ısınma ortaya çıkıyorsa kontak lülesinin montajına dikkat etmek gereklidir; lüledeki sıcaklığın geriye iletilmesi bağlantı soketinin tam yerine oturmaması veya temas yüzeylerinde yabancı madde (pislik v.b.) bulunması nedeni ile önlenmiş olabilir [2].

Kontak lülesinin aşırı ısınması bu olayın dışında başka birçok nedenle de ortaya çıkabilir; örneğin lülenin banyodan olan mesafesi, kontak kalitesi lülenin malzemesi, koruyucu gaz türü, ark boyu, ağız türü, iş parçası sıcaklığı ve iş parçasının ısı yansıtma özelliği gibi [2].

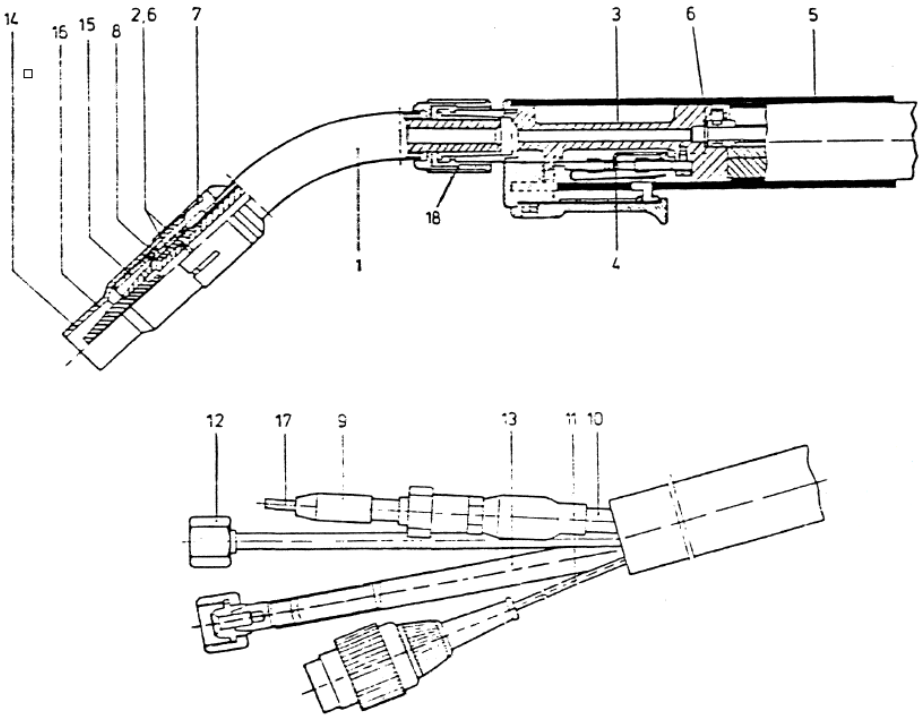
Kontak lüle malzemesi elektriği çok iyi iletmek ve aynı zamanda aşınmaya (özellikle elektroerozyona) dayanıklı olmak zorundadır. CuCr, CuCrZr, CuBe uygulamada çok sık kullanılmakta ve saf bakıra tercih edilmektedir; günümüzde piyasada aşınmaya daha da dayanıklı sinter tekniği ile üretilmiş CuTu, CuTuAg alaşımı kontak lüleleri de bulunmaktadır.

Uygulamada lülenin iç çapının tel çapından yaklaşık 0,2 mm daha büyük olmasına müsaade edilir, bu değer yumuşak tel elektrodları halinde daha da büyüyebilir [2].

Cr, Ni ve Al elektrodları kontak lülesini bakır kaplanmış yumuşak çelik tellerden daha fazla zorlarlar; kısa bir süre içinde, çok sayıda arkın yakılıp söndürülmesi lülenin kontak yüzeylerinin bozulmasına neden olur [2].

Kontak lülesi ile konsantrik olarak bulunan gaz lülesi de çalışma esnasında aşırı termik zorlamaya maruz kalan torç elemanlarındandır. Kaynak bölgesine gönderilen koruyucu gazın düzgün akımını sağlayan gaz lülesinin büyüklüğü, ergime gücü ve kaynak hızına bağlı olarak değişir [2].

Kaynak esnasında lüleye yapışan, sıçrayan metal damlacıkları, koruyucu gazın laminer akımını bozar ve bu da kaynak bölgesinin iyi korunmamasına neden olur. Sıçramanın aşırı olduğu hallerde, yapışan metal damlacıkları akım lülesi ile gaz lülesi arasında köprü oluşturarak, gaz lülesi ile iş parçası arasında ikinci bir arkın oluşmasına ve bu da, hem iş parçasının hem de torcun hasar görmesine neden olur; bu bakımdan kaynak esnasında sıçramanın fazla olduğu hallerde torç sık sık kontrol edilip temizlenmelidir.Her iki tüle de torcun kolaylıkla değiştirilebilen ve yedekleri tedarik edilebilen elemanlarıdır [2].



Şekil 3. 3 Hava soğutmalı torç kesiti ve torç bağlantı paketi [2]

1 : Torç Boynu

2 : Kontak Lülesi Tutucu

3 : Torç Gövdesi

4 : Torç Şalteri

5 : Kabza

6 : Conta

7 : Bağlama Ringi

8 : İzolasyon Yüksüğü

9 : Kılavuz Lülesi

10 : Kılavuz Hortumu

11 : Şalter Kablosu

12 : Gaz Hortumu

13 : Akım Kablosu

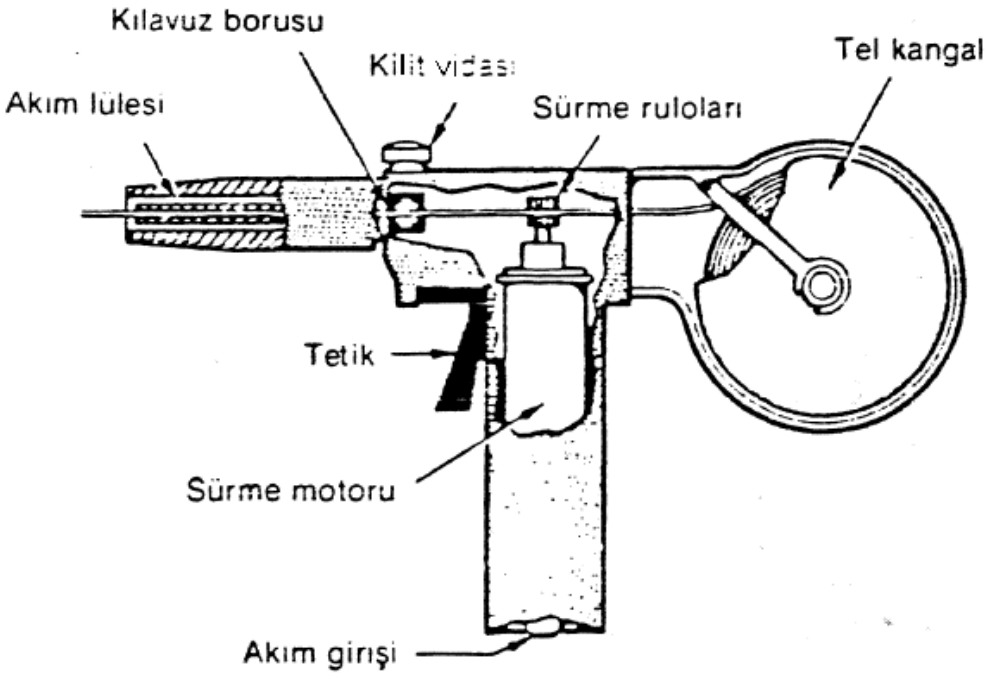
14 : Gaz Lülesi

15 : İzolasyon Ringleri

16 : Kontak Lülesi

17 : Elektrod Kılavuzu (spiral)

18 : Torç Bağlantı Rakoru



Şekil 3. 4 Hava soğutmalı MAG tabancası (tel çekmeli tür) [2]

3.3.1.1 Torç Bağlantı Paketi

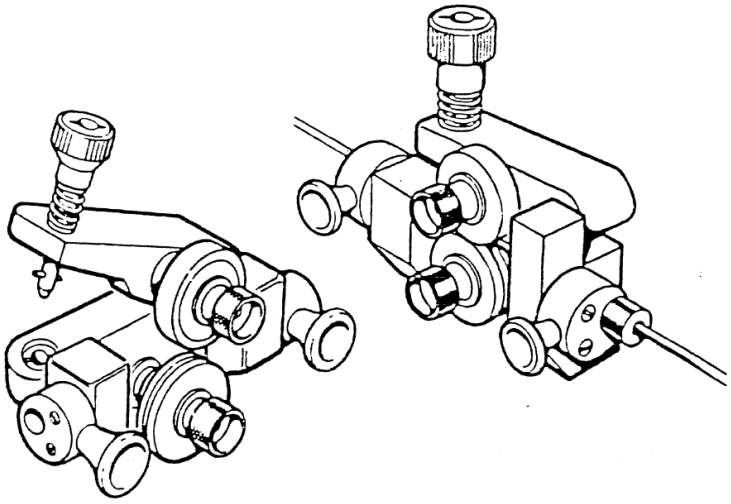
Torç kaynak makinasına, içinde tel elektrod kılavuzunu, akım kablosunu, koruyucu gaz hortumunu ve gerekli hallerde soğutma suyu geliş ve dönüş hortumlarını bir arada tutan metal spiral takviyeli ve kalın hortum ile irtibatlanmıştır, bu hortuma torç bağlantı paketi adı da verilir [2].

Kullanılan tel elektrodun malzemesine göre çeşitli türde kılavuzlar kullanılır; bazı yörelerde bu kılavuzlara spiral veya gayd adı da verilir. Kılavuz, tel ilerletme tertibatından kontrol lülesine kadar tel elektrodun sevkedilmesi görevini üstlenir; alüminyum ve alaşımları, Cr-Ni paslanmaz çelikler için plastik hortum, alaşımsız ve alaşımlı çelik elekrrodlar için ise spiral şeklinde yapılmış kılavuzlar kullanılır [2].

Kullanılan kılavuz hortumun çapı , elektrod çapına uygun olarak seçilir; uygulamada genellikle her kılavuz ile ancak iki birbirine yakın çaptaki teller kullanılabilir [2].

3.3.2 Tel Sürme Tertibatı

Tel elektrod sürme tertibatı, teli makaradan sağıp, önceden saptanmış bir hızla ark bölgesine gönderen bir mekanizmadır. Çalışma sistemlerine göre çekme, itme türü tertibatlar diye adlandırılırsa da prensip olarak çalışma bakımından birbirlerinden pek farkları yoktur. Hız ayarı kademesiz bir mekanik tertibat veya gerilimi değiştirilerek hızı ayarlanan bir doğru akım motoru tarafından gerçekleştirilir. Günümüzde daha çok bu ikinci sistem tercih edilmektedir.
Tel sürme tertibatları çalışma prensibi bakımından, rulolu tertibatlar ve planet tertibatlar olmak üzere iki ana gruba ayrılırlar [2].

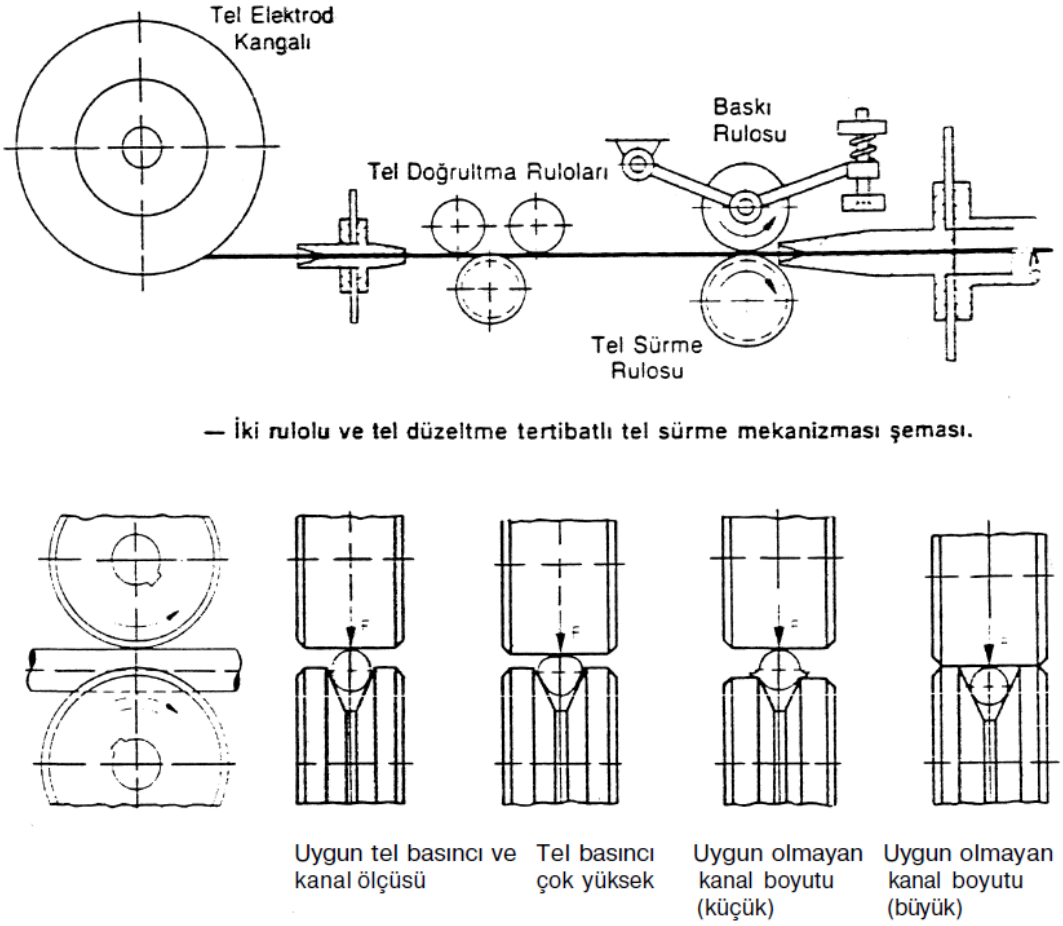


Şekil 3. 5 Tel sürme tertibatı [2]

Rulolu tertibatlarda, tel iki veya dört rulo arasından geçer; bunlardan alt rulolar arzu edilen tel besleme hızına eşit bir çevresel hızla dönerler ve üzerlerinde tel çapına uygun bir kanal açılmıştır, üst rulolar avare döner, bunların bazıları düz, diğer bazılarına ise kanal açılmıştır; kullanılan elektrodun sert olması halinde rulolara teli kaydırmamaları için tırtıllar da açılmıştır [2].

Tel makaradan sağılırken tam düz değildir ve bu şekilde tel kaynak bölgesine sevkedilirken, spiral kılavuz içinde sürtme yaptığından sürme tertibatını zorlar ve tel ilerletme hızının düzensiz olmasına neden olur ki bu olay da kaynak dikişinin kalitesini etkiler [2].

Dört rulolu tertiplerde tel bir dereceye kadar düzelir, iki rulolu tertibatlarda, sürme mekanizmasından önce bir tel doğrultma ruloları grubuna gerek vardır. Tel sürme tertibatında ruloların tel üzerine yaptıkları basıncın iyi ayarlanması ve tel tür ve çapına uygun biçimdeki ruloların kullanılması gereklidir [2].

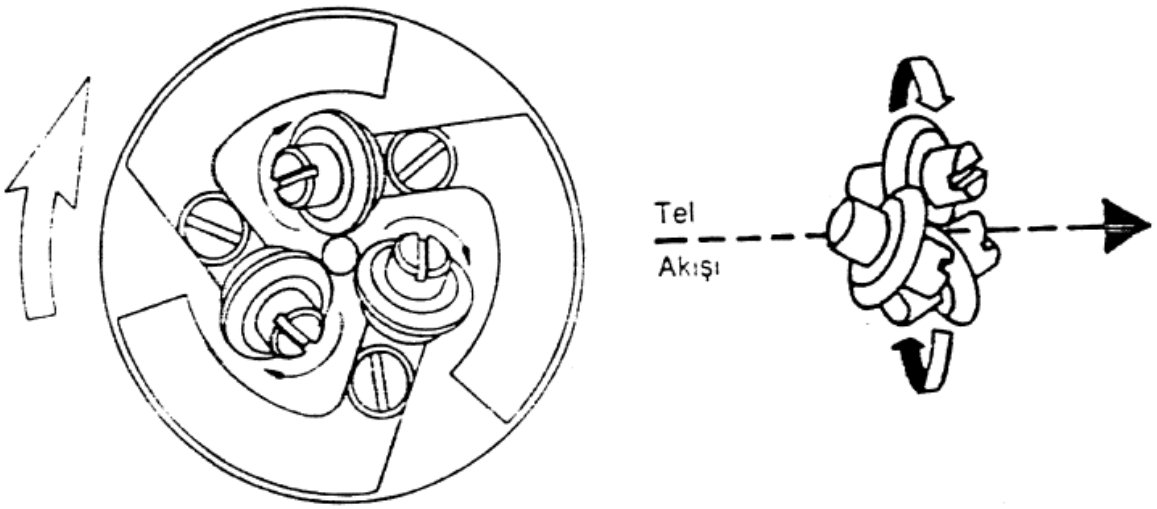


Şekil 3. 6 Rulo profilinin ve basıncının elektrod üzerine etkileri [2]

Yumuşak malzemeden yapılmış kaynak telleri ile özlü tel elektrodlar halinde dört rulolu tel sürme tertibatlarının kullanılması ile daha iyi sonuç alınmaktadır; bu halde ruloların profilinin kalitesi ile rulo basıncının ayarı da büyük bir öneme sahiptir. Rulolu tel sürme tertibatlarının tek dezavantajı; makaradan sağılan teli tam olarak doğrultamamalarıdır [2].

Dönel veya planet sistemi tel sürme tertibatlarında eksenleri birbirlerine göre çarpık üç rulo vardır, tel bunların arasından geçer, ruloların bağlı olduğu gövde döndürülür ve bu şekilde ruloların temas noktası tel üzerinde bir helis çizer; tel dönemediği için de ilerleme hareketi yapar. Bu sistemin en büyük avantajı tel elektrodu çok iyi bir şekilde doğrultmasıdır [2].

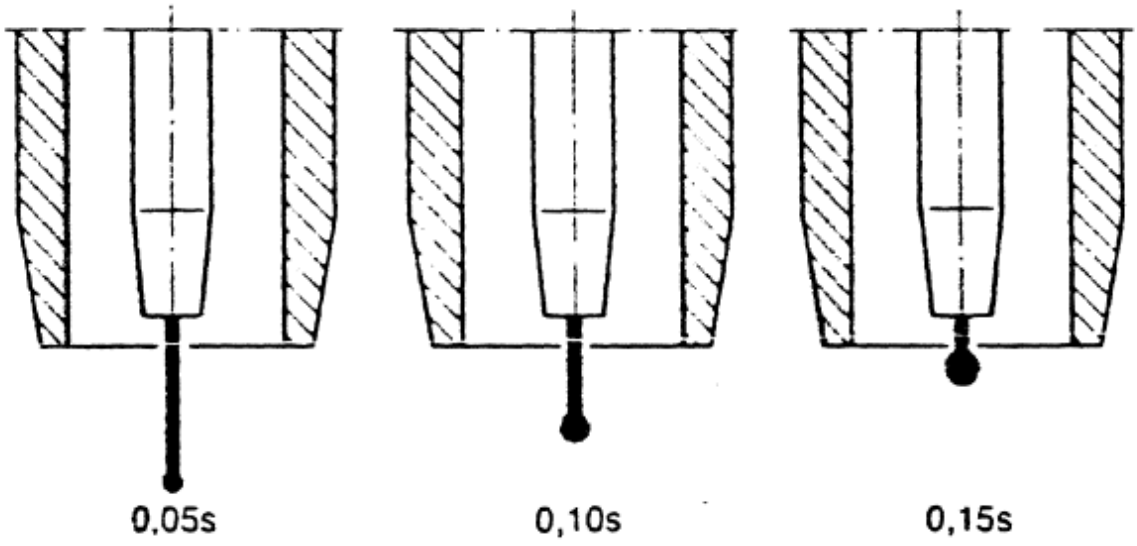
Planet sistemi tel sürme mekanizmaları, teli çok iyi doğrulttuğundan, tel ile spiral kılavuz arasındaki sürtünme azalır ve dolayısı ile daha uzun hortumlar kullanmak mümkün olur; bu tertibatla hortum boyu 6 m'ye kadar uzatılabilir. Yalnız bu sistem ince ve yumuşak metallerden yapılmış tel elektrodlar ile özlü tel elektrodlar için uygun değildir [2].



Şekil 3. 7 Planet veya dönel tel sürme tertibatı şeması [2]

3.3.3 Kumanda Tertibatı

Gerekli ayarlar yapılıp makinanın ana şalteri kapatılarak çalışmaya hazır hale gelinince, kaynağa başlamak için yan otomatik MIG-MAG makinalarında torç üzerindeki düğmeye basmak yeterli gelir. Bu anda, önce ayarlanmış debide koruyucu gaz akımı başlar, kısa bir süre sonra ark oluşur ve ark oluştuktan çok kısa bir süre sonra da tel sürme tertibatı devreye girer. Kaynağa son verilmesi halinde ise bu sıralamanın tersi oluşur. Büyük güçlü makinalarda ayrıca soğutma suyunun devreye giriş ve çıkışı da kumanda tertibatı tarafından gerçekleştirilir [2].

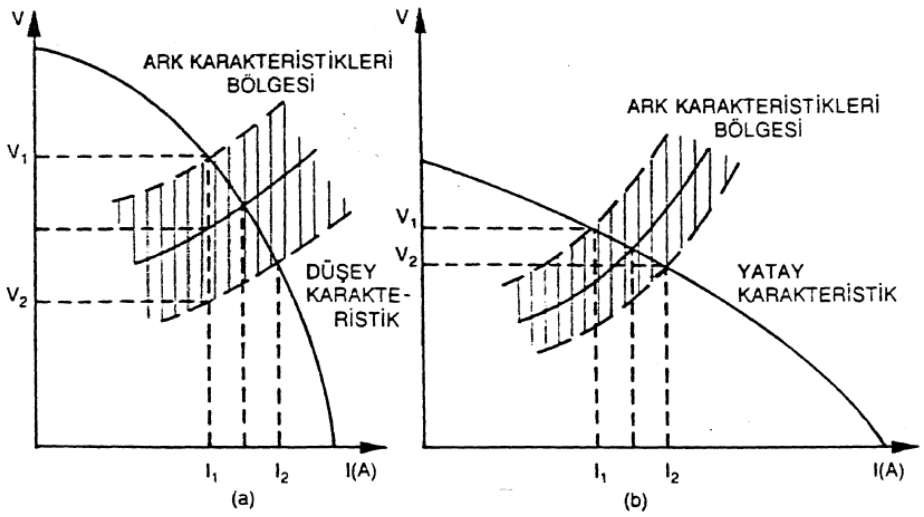


Şekil 3. 8 Tel ilerlemesinin durması ile akımın kesilmesi arasındaki sürenin (geri yanma süresi) telin ucunun biçimine etkisi [2]

3.3.4 MAG Kaynağı Akım Üreteçleri

MAG kaynağında kullanılan kaynak akım üreteçlerinin V-I karakteristiği örtülü elektrod ile yapılan elektrik ark kaynağı ve TIG kaynağında kullanılan akım üreteçlerinden çok farklıdır.

MIG - MAG kaynak yönteminde kullanılan akım üreteçleri yatay karakteristiklidir; sabit gerilimli diye de adlandırılan bu kaynak akım üreteçlerinde, gerilimin tamamen sabit tutulması mümkün olmadığı gibi aynı zamanda mahzurludur. Zira böyle bir üreteçte elektrod iş parçasına temas ettiğinde gerilim düşecek ve akım şiddeti sonsuz yükselecektir ve bu da elektrod ucunda ani bir patlamaya ve şiddetli sıçramaya neden olur; bu bakımdan bu tür kaynak akım üreteçlerinde her 100 Amper için azami 7 Volt kadar ark gerilimi düşümüne müsaade edilir; bu değer kaliteli üreteçlerde 2 ile 5 V arasındadır [2].

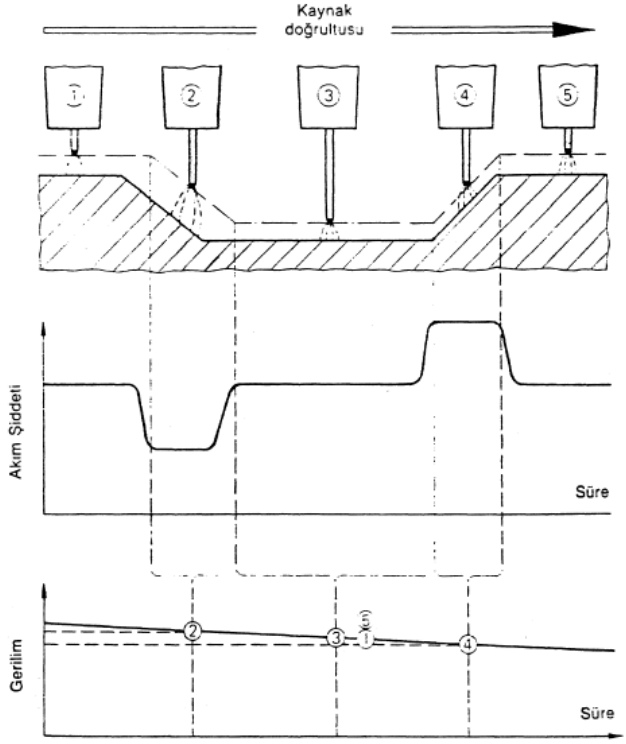


Şekil 3. 9 Kaynak akım üreteçlerinde V-I karakteristikleri [2]

(a)Düşey Karakteristik (TIG ve elektrik ark kaynağı için)

(b)Yatay Karakteristik (MAG kaynağı için)

Bu tip kaynak akım üreteçlerinde iç ayar diye isimlendirilen ark boyu ayarı vardır.Bu tip üreteçlerde ark gerilimi ve tel ilerleme hızı ve buna bağlı olarak da akım şiddeti ayarlanır. Bu tür makinalarda tel ilerletme motoru, seçilmiş sabit bir devirde döner, yani diğer bir deyimle tel hızı sabittir [2].



Şekil 3. 10 Ark boyunun kaynak süresince sabit kalması [2]

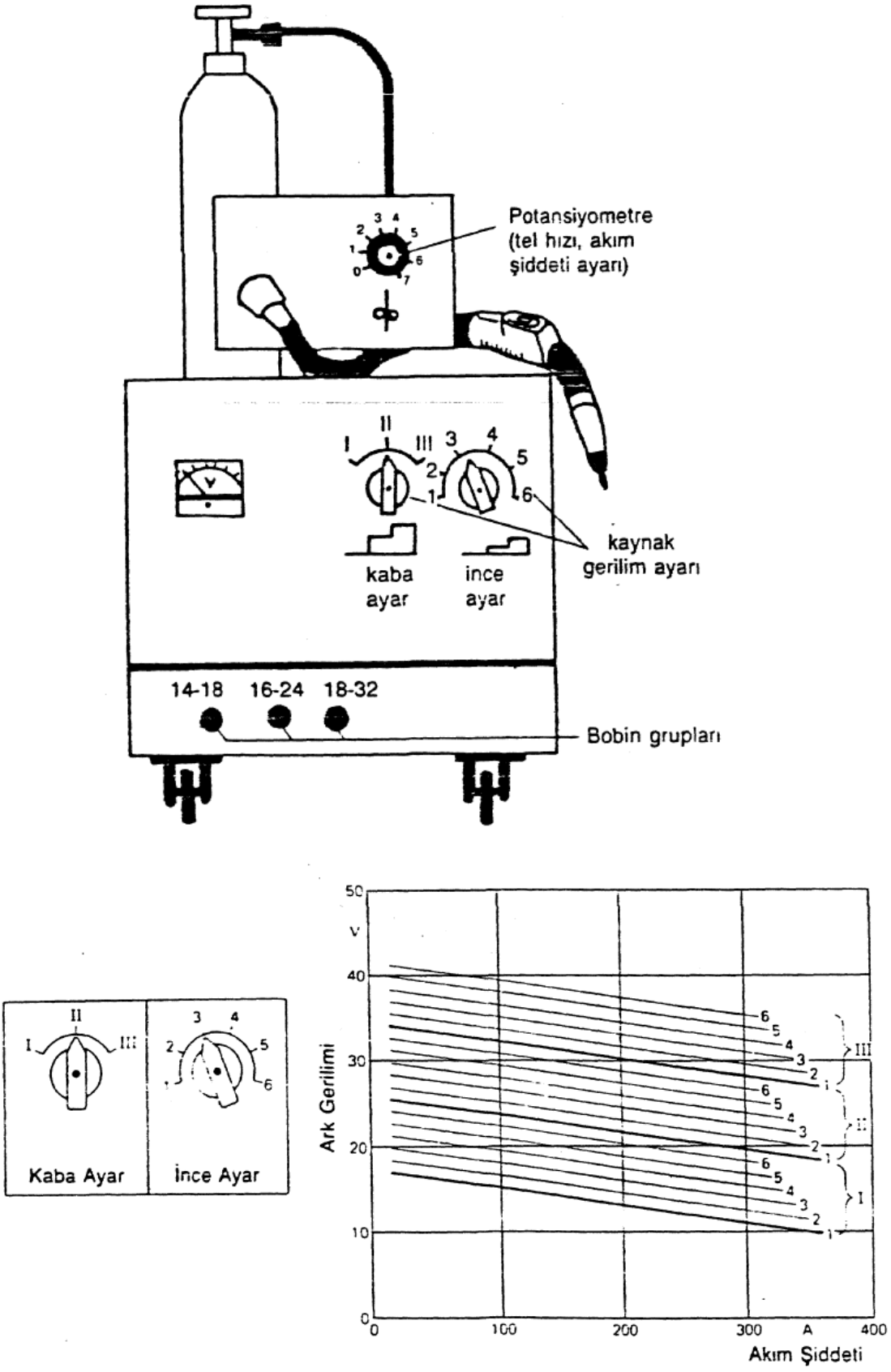
Kaynak esnasında herhangi bir nedenle ark boyu uzadığı zaman Şekil 3.10'da görüldüğü gibi akım şiddeti büyük miktarda azalır. Buna bağlı olarak da ergiyen tel miktarı azaldığından ark normal boyuna döner; aksi halde, yani ark boyunun kısalması halinde ise akım şiddeti süratle artar, ergiyen tel miktarı da buna bağlı olarak artacağından neticede de ark boyu normale döner [2].

Bu kaynak yönteminde görüldüğü gibi ark boyunun ayarlanması yarı otomatik kaynak halinde dahi, kaynakçının insiyatifine veya dikkatine bırakılmamıştır. Ark boyu kaynak akım üretecinin yatay karakteristiği sayesinde kendinden ayarlanmaktadır. Günümüzde MAG kaynağında kullanılmak üzere genelde iki tür kaynak akım üreteci imal edilmektedir [2].

Birinci tür, şantiyelerde, elektrik akımının bulunmadığı yerlerde kullanılmak üzere geliştirilmiş, dizel veya benzin motoru tarafından tahrik edilen jeneratörlerdir. Bununla genellikle gerektiğinde yatay ve gerektiğinde düşey karakteristik ile çalışabilecek tarzda dizayn edilirler ve bu şekilde özellikle pipe line borularının kaynağında hem örtülü elektrod ile elektrik ark kaynağı ve hem de MIG-MAG yönteminde kullanılabilir. Bu özelik özellikle pipe line borularının kaynaklarında büyük bir kolaylık sağlamaktadır [2].

Atölyelerde kullanılan akım üreteçleri ise bir transformatör ve bir redresörden oluşmuş paket cihazlardır. Günümüzde artık elektrik motoru ile tahrik edilen jeneratörlerin imali yok denecek kadar azalmıştır.Normal şebekeye bağlanan bu cihazların monofaze ve trifaze akım ile çalışanları vardır. Trifaze akım ile çalışan üreteçler gerek daha kararlı bir kaynak arkı oluşturmaları ve gerekse de şebekeyi dengeli bir şekilde yüklemeleri nedeni ile tercih edilirler.

MIG kaynak yönteminde güvenilir kaynak bağlantısı elde edebilmek için ayarlanması gereken kaynak parametrelerinin başında akım şiddeti ve gerilimi gelir. Sabit gerilimli veya diğer bir deyimle yatay karakteristikli kaynak akım üreteçlerinde bu iki parametre birbirlerinden bağımsız olarak ayarlanabilir [2].



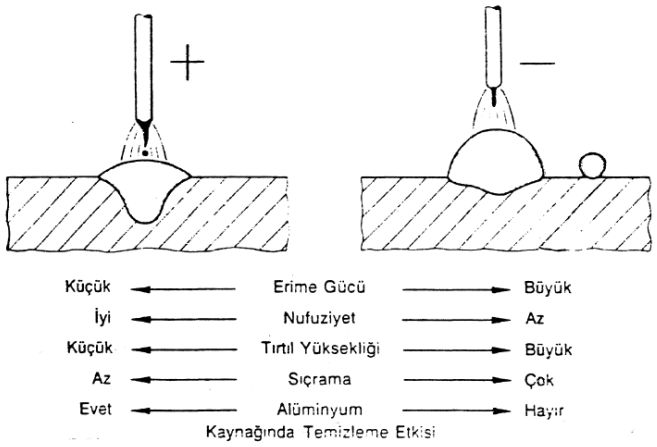
Şekil 3. 11 MAG akım üreteci ve ayarlar [2]

Kaynak akım gerilimi, akım üretecenin ince ve kaba ayar düğmelerinden kademeli olarak veya bazı özel tiplerde ise potansiyometre ile kademesiz olarak ayarlanabilir. Kaynak akım şiddeti ise MIG kaynak üreteçlerinde tel ilerletme düğmesinden ayarlanır. Seçilmiş olan gerilim ve akım şiddetinin dikiş formu ve ark şekli üzerine etkileri Şekil 3.12' de gösterilmiştir. Uygun seçilmiş bir çalışma noktası arkın sakin ve kararlı bir şekilde yanışı ile kendini belli eder [2].

Bir MIG kaynak akım üretecinde sabit gerilim karakteristik ayar imkanı ne kadar fazla olursa optimal çalışma noktasının saptanması da o derece kolay olur. Genel olarak standard akım üreteçlerinde 3 kaba ayar ve 5 adet de ince ayar vardır, bu da toplam 15 kademede gerilim ayar olanağı sağlar [2].

Ergiyen elektrod ile gazaltı kaynağında doğru akım ve yatay karakteristikli kaynak akım üreteçleri kullanılır. Bilinen diğer ark kaynak yöntemlerinde olduğu gibi doğru akım kullanılması halinde elektrod pozitif veya negatif kutba bağlanabilir [2].

Alüminyum ve alaşımlarının kaynağında banyo üzerinde oluşan oksit tabakasının parçalanabilmesi için elektrodun muhakkak pozitif kutba (ters kutuplama) bağlanması gereklidir. Diğer metal ve alaşımların özellikle çeliklerin kaynağında her iki kutuplama türü de kullanılabilirse de, çok daha derin bir nüfuziyet sağladığından uygulamada genellikle ters kutuplama tercih edilir: doğru kutuplama çok nadir olarak, nüfuziyetin çok az olmasının gerekli olduğu hallerde kullanılır [2].

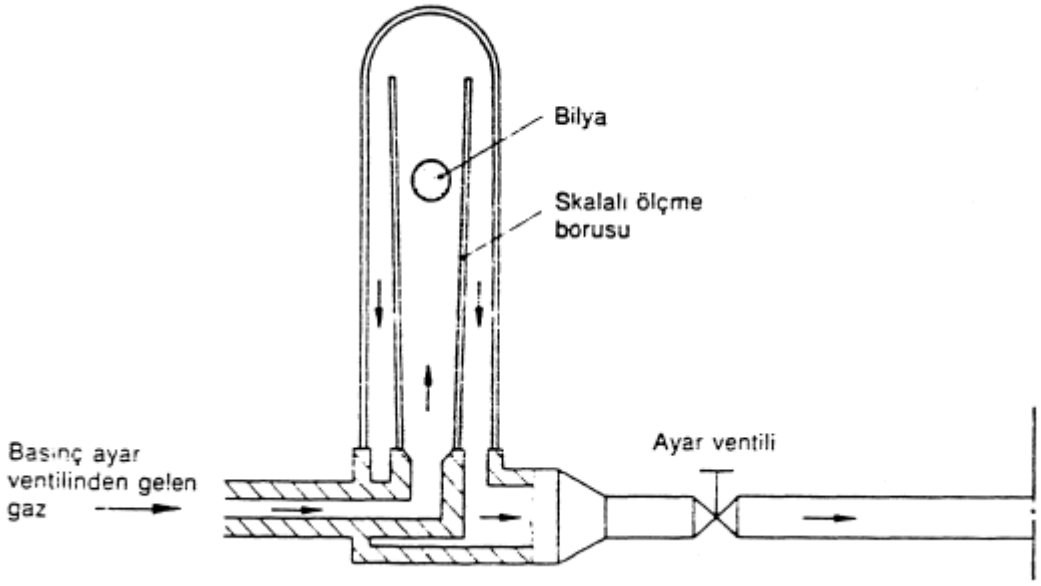


Şekil 3. 12 Kutuplamanın dikiş formuna ve kaynak özelliklerine etkisi [2]

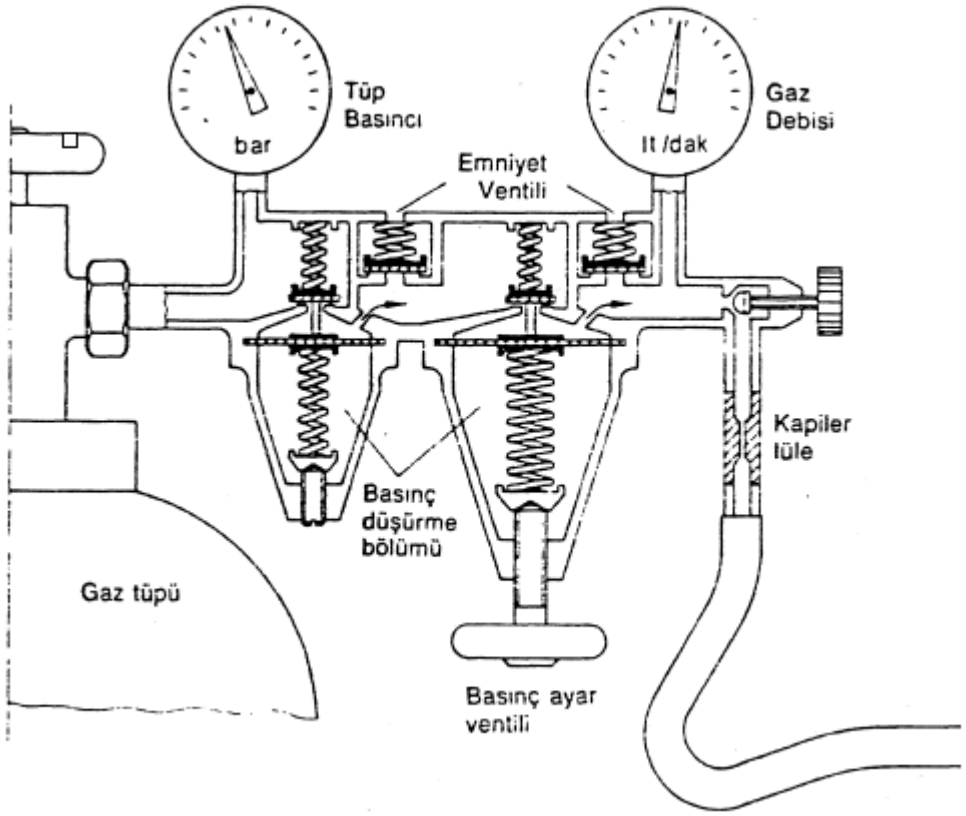
İyi bir nüfuziyetin, buna karşın parçaya kaynaktan olan ısı girdisinin sınırlı tutulmasının gerekli olduğu hallerde, darbeli doğru akım yöntemi uygulanır. Darbeli doğru akım (pulsed direct current) ile alternatif akımı birbirlerine karıştırmamak lazımdır; darbeli doğru akım halinde, seçilen akım şiddeti önceden saptanmış iki değer arasında, arzu edilen bir frekansta değişmektedir [2].

3.3.5 Koruyucu Gaz Tüpleri

Ülkemizde MAG kaynağı için gerekli koruyucu gaz basınçlı tüplerden sağlanır. İşletme içi merkezi sistem gaz dağıtım şebekeleri henüz uygulama alanı bulamamıştır. Ülkemizde asal gaz tüpü olarak, oksijen için üretilmişlerin benzeri 40 litre hacimli 150 Atü'lük tüpler kullanılmaktadır. Batı ülkelerinde ise 10, 20, 50 litre hacimli, 200 Atü ile doldurulan tüpler tercih edilmektedir; bu şekilde tüplerde 2, 4 veya 10 m^3 gaz depolanabilmektedir [2].



Şekil 3. 13 Gaz debisi ölçümünde kullanılan akış ölçer (şematik) [2]



Şekil 3. 14 Basınç düşürme ventili [2]

CO2 tüpleri içinde gaz sıvı haldedir ve bu bakımdan gaz tüpleri içerdikleri sıvı gazın ağırlığına göre 10, 20 ve 30 kg'lık olmak üzere sınıflandırılırlar. 1 kg sıvı CO2 teknik olarak 540 litre koruyucu gaz oluşturur. Tüp ağızlarına gaz basınç ayar ventili diye isimlendirilen ve aynen oksijen tüpündeki tertibatı andıran bir düzenek takılır; bunun üzerinde tüpe yakın olan manometre tüp basıncını,diğeri ise gaz debisini gösterir. Gaz debisi bu şekilde ölçülüp ayarlanabildiği gibi, akışmetre denilen bir konik cam tüp içinde haraketli bir bilya bulunan aletle de yapılabilir [2].

Koruyucu gaz olarak CO2 kullanılması halinde, tüp içinde gaz sıvıdan buharlaşırken ortamdan enerji çeker ve dolayısı ile tüpte ortaya çıkan sıcaklık düşmesi sonucu kuru buz diye adlandırılan CO2 karı oluşur ve bu da ventili tıkar; sürekli olarak 12 lt/dk daha fazla debilerde CO2 kullanılması veya kaynak işleminin soğuk iklimlerde yapılması hallerinde tüp çıkışına bir ısıtıcı konur.Gaz akımının kaynak esnasında açılıp kapanması tüpler ile değil, kumanda dolabında bulunan bir magnetik ventil ile sağlanır.

Gaz tüplerine takılan basınç ayar ventilleri sadece belirli bir gaz türü içindir ve bunlar dizayn edildikleri gaz için kullanılmalıdırlar [2].

3.4 MAG Kaynak Yönteminde Kullanılan Koruyucu Gazlar

Gazaltı kaynak yöntemlerinin üç tür sarf malzemesi vardır, bunlar elektrik enerjisi, koruyucu gaz ve kaynak metalidir. Kaynak telinin kimyasal bileşimi ve koruyucu gazın türü kaynak metalinin bileşimini ve mekanik özeliklerini belirleyen en önemli faktörlerdir [2].

Bütün gazaltı kaynak yöntemlerinde olduğu gibi koruyucu gazın MAG yönteminde ark bölgesini tamamen örtmesi ve atmosferin olumsuz etkilerinden koruması gereklidir.
MIG/MAG kaynağında inert ve aktif gazlar veya bunların çeşitli oranlarda karışımı kullanılır [2].

Genel olarak asal gazlar, reaksiyona girmediklerinden demir dışı metallerin kaynağında, aktif gazlar veya aktif ve asal gaz karışımları da çeşitli tür çeliklerin kaynağında uygulama alanı bulmaktadır [2].

Kaynak işlemi için gaz seçiminde çeşitli faktörlerin göz önünde bulundurulması gereklidir;
Bunlar şu şekilde sıralanabilir:
1.- Kaynak edilen metal veya alaşımın türü,
2.- Ark karakteristiği ve metalin damla geçiş biçimi,
3.- Kaynak hızı,
4.- Parça kalınlığı, gereken nüfuziyet ve kaynak dikişinin biçimi,
5.- Tedarik edilebilirlik ve gazın maliyeti,
6.- Kaynak dikişinden beklenen mekanik özelikler [2].

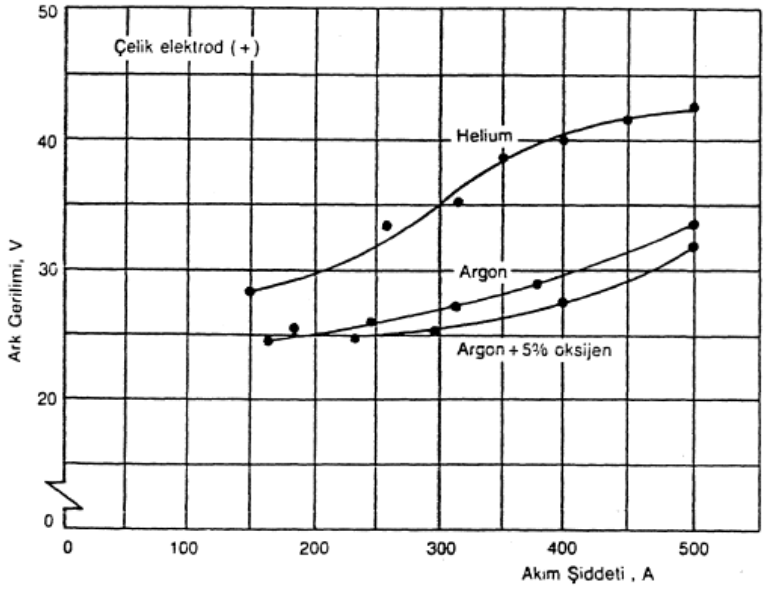
3.4.1 Asal Gazlar

Asal gazlar, kabuklarındaki bütün yerlerin elektronlar ile dolu olması, diğer bir deyimle dış kabuğun kapalı olması dolayısı ile diğer elementlerin atomları ile elektron

alışverişinde bulunamazlar; yani kimyasal bir reaksiyon oluşturamazlar.Koruyucu gaz kaynağı yöntemlerinde, asal gaz olarak helyum ve argon kullanılır [2].

Argon gazı, içinde oluşan arkın gerilim düşümü diğer koruyucu gazlara kıyasla daha azdır, ayrıca argonun ısı iletme kabiliyetinin de zayıf olması nedeni ile ark sütunu daha geniş ve sıcaklığı da özellikle dış kısımlarda düşüktür. Sütunun merkezinde gerek metal buharları ve gerekse damla geçişi dolayısı ile sıcaklık daha yüksektir. Bu bakımdan Argon'un koruyucu gaz olarak kullanıldığı kaynak dikişlerinde nüfuziyet dikişin merkezinde derin, kenarlarda azdır.Al ve Cu gibi metallerin kaynağı için uygun olan argon, çelikler halinde, ancak başka gazlarla karıştırılarak kullanıldığında iyi sonuçlar vermektedir. Helyum'un havadan çok hafif olması gaz sarfiyatını çok arttırmakladır. Örneğin; yatay pozisyonda aynı şartlarda argonun yaptığı korumayı sağlamak için 3 kat helyuma gerek vardır [2].

Helyum atmosferi, ısıyı iyi ilettiğinden, bu gazın koruyucu gaz olarak kullanılmayı halinde derin nufuziyetli kaynak dikişleri elde edilir. Ark geriliminin düşümü de argona nazaran yüksek olduğundan, helyum atmosferinde oluşan kaynak arkı daha yüksek enerjilidir.Bu bakımdan ısıyı iyi ileten metallerin kalın kesitlerinin kaynağında fazladan ön ısıtma gerektirmez [2].



Şekil 3. 15 Çeşitli asal gaz ve karışım gaz atmosferlerinde oluşan ark gerilimi [2]

3.4.2 Aktif Gazlar (CO2)

Karbondioksit renksiz, kokusuz ve özgül ağırlığı 1,997 kg/m^3 olan bir gazdır. Havadan yaklaşık 1,5 kat daha ağırdır. Basınçlı tüplerde kullanılır. Karbondioksit tüpleri 15°C'de takriben 65 atmosferde doldurulur. Bu şartlarda tüpün içerdiği gaz sıvı haldedir. Kullanma sırasında sıvı haldeki karbondioksit gaz haline geçer. Karbonun yanması sonucu ortaya çıkan karbondioksit, endüstriyel çapta, yanıcı gazların, akaryakıt ve kokun yanma ürünü olarak, kireç taşının kalsinasyonu, amonyak üretimi ve alkolün fermantasyonunda da yan ürün olarak elde edilir. Karbondioksit kaynak işletmelerine genellikle tüp içinde getirilir, tüp içindeki karbondioksitin büyük bir kısmı sıvı halinde bulunur ve sıvının üst kısmında (tüpün 1/3) ise buharlaşmış karbondioksit gaz halindedir ve bu gazın basıncı düştükçe de sıvıdan buharlaşarak basıncı normale döndürür. Buharlaşma esnasında tüp daima bir buharlaşma ısısına ihtiyaç gösterir, bu bakımdan standard bir tüpten bir anda çok fazla gaz çekebilme olanağı yoktur; zira buharlaşma ısısının çekilmesi sonucu sıcaklık düşer ve sıvı karbondioksit zerrecikleri karbondioksit karına dönüşür, çıkış borusunu ve detandörü tıkar; bu bakımdan bir tüpten sürekli olarak 12 lt/dk'dan daha büyük debiler çekilmemesi gereklidir, sürekli olmamak koşulu ile bu değer 17 lt/dk'ya kadar çıkabilir. Bu debiden daha fazla gazın gerekli olduğu hallerde, birden fazla tüpün bir manifold ile bağlanarak kullanılması gereklidir. Soğuk iklimlerde ise karbondioksit kan zerreciklerin çıkış ağzını tıkamaması için, buraya bir elektrikli ısıtıcı konması hararetle tavsiye edilen bir husustur [2].

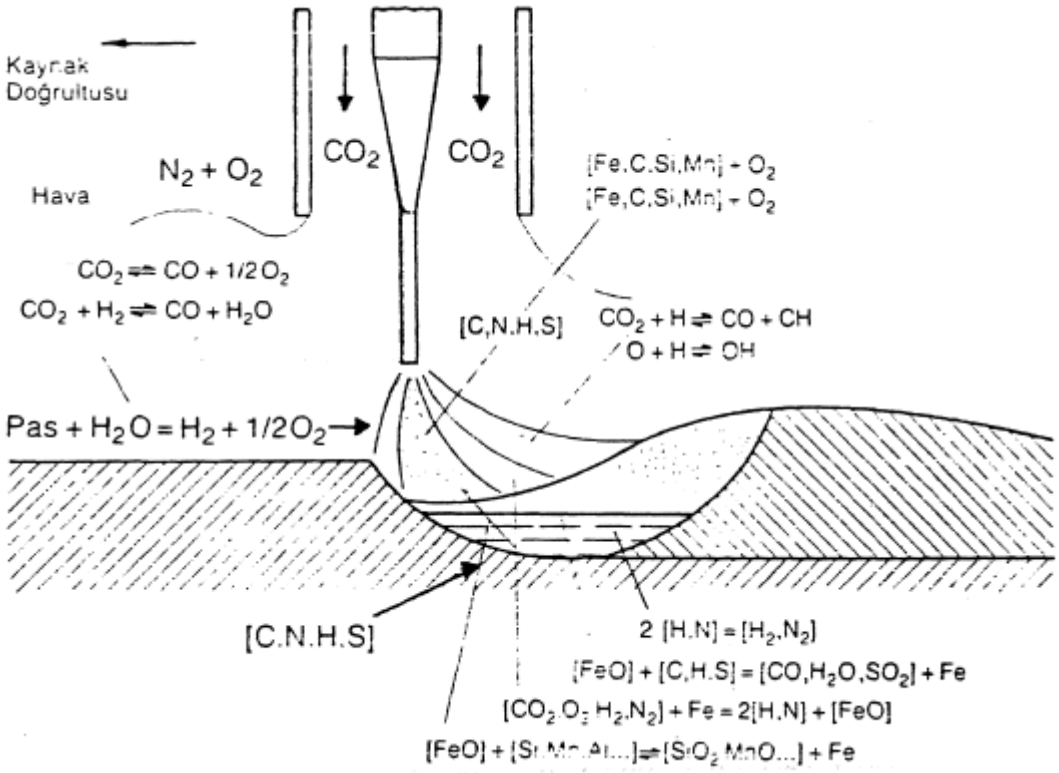
Tüp içinde karbondioksitin çok büyük bir kısmının sıvı halde bulunması nedeni ile hiçbir zaman bu tüpler eğik veya yatay durumda kullanılmamalıdır; karbondioksit tüpleri daima kullanma esnasında dik durumda tutulmalıdır. Birçok aktif gazın kaynakta koruyucu gaz olarak kullanılmaya uygun olmamalarına karşın, karbondioksit arzettiği çok sayıda üstünlük dolayısı ile az alaşımlı ve sade karbonlu çeliklerin gazaltı-kaynağında cok geniş çapta bir uygulama alanı bulmuştur [2].

Karbondioksidin çeliklerin kaynağında sunduğu avantajlar derin nüfuziyet, daha yüksek kaynak hızları ve düşük kaynak maliyeti olarak sıralanabilir. Karbondioksit ile düşük akım şiddetleri ve ark gerilimlerinde kısa ark ile, yüksek akım değerlerinde ise uzun ark damlalı metal geçişi ile kaynak yapmak mümkün olabilmektedir [2].

Karbondioksit atmosferi altında yapılan, diğer bir deyimle koruyucu gaz olarak karbondioksit, kullanılan kaynak yöntemine Metal Active Gas kelimelerinin baş harflerinden faydalanılarak MAG adı verilmiştir [2].

Alüminyum, magnezyum ve alaşımları gibi kolaylıkla oksitlenen malzemelerin kaynağında CO2 gibi aktif bir gazın kullanılmamasına rağmen, bu gaz çeliklerin kaynağında yeni imkanların ortaya çıkmasına neden olmuştur [2].

Karbondioksit, argon gibi monoatomik bir gaz olmadığından arkın yüksek sıcaklığında karbonmonoksit ve oksijene ayrılır.Serbest kalan oksijen kaynak banyosundaki elementlerle birleşir ; ark sütunu içinde iyonize olan gaz , kaynak banyosuna doğru gelir ve bir miktarı tekrar karbondioksit haline geçer ve dolayısı ile ayrışma esnasında almış olduğu ısıyı tekrar verir ve bu da dikişte nüfuziyetin artmasını sağlar.Mangan ve silisyum kaybı kaynak telinin bileşimi tarafından karşılanır.Bu bakımdan çeliklerin kaynağında MIG yöntemi için üretilmiş teller MAG yönteminde kullanılamaz [2].



Şekil 3. 16 CO2 atmosferinde oluşan reaksiyonlar [2]

MAG kaynağında, kaynak işlemi esnasında bir miktar alaşım elementi oksidasyonla kaybolduğundan, dikişin üzerinde çok ince bir cüruf tabakası oluşur ve bu da çok kolay bir şekilde kalkar [2].

3.4.3 Karışım Gazlar

Ark atmosferinin karakteri, kullanılan çeşitli gaz ve gaz karışımlarına bağlı olarak değişir.He ve Ar karışımları koruyucu gaz olarak yukarıda belirtilmiş olan özellikleri karışım oranına göre gösterirler. Argon gazına az miktarda Oksijen, çeşitli oranlarda CO2 ilave ederek karışım gazlar elde edilir [2].

Argon, helyum gibi asal gazların atmosferde nötr bir karakter göstermesine karşın, argon gazına oksijen veya karbondioksit gibi aktif gazların karıştınlmasıyla ark atmosferine oksitleyici bir karakter kazandırılabilir. Hidrojen gazının karıştırılması halinde ise redükleyici bir gaz atmosferi oluşur [2].

Argon'a oksijen veya karbondioksit gazlarının karıştırılması ile oluşan ekzoterm bir reaksiyon sonucunda kaynak banyosunun sıcaklığı yükselir ve yüzey gerilimi zayıflar, böylece kaynak banyosunun akıcılığı yükseltilmiş ve gazı giderilmiş olur. Ayrıca, koruyucu gazın oksijen içermesi düşük akım yoğunluklarında da ince taneli ve kısa devresiz damla geçişinin (Sprey ark) oluşmasına yardımcı olur [2].

Oksijen, oksitleyici etkisi, oksijene karşı büyük bir afînitesi olan mangan, silisyum, alüminyum, titanyum, zirkonyum gibi alaşım elementlerinin kaynak telindeki miktarının arttırılması ile dengelenir [2].

Çeliğin MIG kaynağında argon gazına oksijen ve karbondioksit karıştırılmaktadır.
Böylece oksijen kolay ergiyen oksitlerin oluşumunu hızlandırarak, ergiyen elektrod telinden düşen damlaların yüzey gerilimini zayıflatmakta ve ince taneli bir metal geçişi sağlamaktadır [2].

Kaynak Usulü	Gazın Karakteri	Gazın İşareti DİN 32526	Gazın Bileşimi	Kullanma Yeri
MIG	Asai	1.1	Ar % 100	Çelik nar cinde bütün metal ve alaşımın
	Asa!	12	He % 100	Cu ve A! alaşımları
	Asal	I.3	He % 25-75 Ar kalanı	Cu ve Aî alaşımları
karışım gazlar	Hafif Oksitleyici	M. 1.1	O_2 %o 1... 3 Ar katanı	Paslanmaz Çelikler
		M. 1.2	CO_2 % 2... 5 Ar kalanı	Paslanmaz Çelikler
		M. 1.3	CO_2 %o 6... 14 Ar kalanı	Alaşsrr.s 2 ve az alaşımlı çelikler
	Oksitleyici	M. 2.1	CO_2 %o 15... 25 Ar kalanı	Alaşımsz ve az alaşımlı çelikler (özlü e'eWroG ile)
		M. 2.2	CO_2 %b 5... 15 O_2 % 1... 3 Ar kalanı	Alaşım?: ve az alaşımlı çelikler
	Kuvvetli Oksitleyici	M. 3.1	CO_2 % 26... 40 Ar kalanı	Alaşıma z ve az alaşımlı çelikler
		M. 3.2	CO_2 % 5... 20 O_2 % 4.. 6 Ar kalanı	ASaşımî z ve az alaşımlı çeiikler
		M. 3.3	O_2 % 9... 12 Ar kalanı	Aîaşırrs z çelikler
MAG		C	CO_2 % 100	Aiaşir.s z ve az alassmli çelikler

Şekil 3. 17 MIG-MAG kaynağı yöntemlerinde kullanılan koruyucu gazlar [2]

Koruyucu gazların farklı kimyasal ve fiziksel özeliklerinden dolayı, düzgün ve sakin bir ark ile kaynak yapabilmek için, her bir gaza belirli bir ark gerilimi ve akım şiddeti uygulamak gerekmektedir. Örneğin; karbondidioksit molekülünün ayrışması için yüksek akım yoğunluğuna gerek vardır. Bunun sonucu olarak iri taneli, sıçramasız bir damla geçişi meydana gelir ve derin nüfuziyetli kaynak dikişleri elde edilir [2].

Bazı metal ve alaşımların kaynağında argon gazında çok düşük derecede bir safiyetsizlik bulunması, kaynak dikişinde oksit, nitrür ve gözenek oluşmasına neden olmaktadır [2].

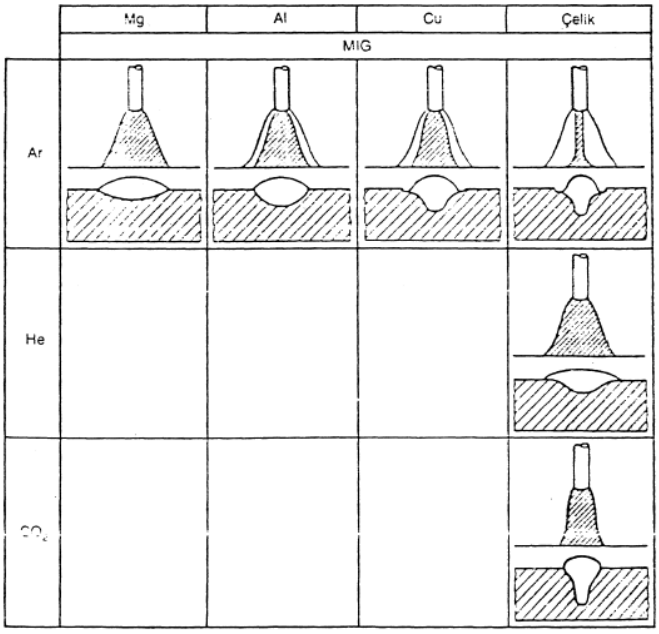
Koruyucu Gaz	Tel Türü	Çekme Mukavemeti		Akma Mukavemeti		Uzama ($5d_0$)		Çentik Darbe ISO-V; ±0°C		Çentik Darbe ISO-V; −20°C	
		A N/mm²	Ü N/mm²	A N/mm²	Ü N/mm²	A %	Ü %	A J	Ü J	A J	Ü J
100% CO_2	SG2	594	536	489	422	24,2	26,9	50	81	45	67
75% Ar, 25% CO_2	SG2	641	586	501	455	23,3	27,7	80	46	63	53
83% Ar, 13% CO_2, 4% O_2	SG2	626	606	525	481	24,5	28,7	131	54	82	51
82% Ar, 18% CO_2	SG2	644	592	525	485	22,6	22,1	78	62	61	63
92% Ar, 8% O_2	SG2	644	614	505	464	24,2	23,8	76	96	66	67
91% Ar, 5% CO_2, 4% O_2	SG2	635	598	532	464	22,7	21,7	91	90	63	58
95% Ar, 5% O_2	SG2	—	609	—	485	—	24,9	—	95	—	35
100% CO_2	SG3	586	562	455	435	26,8	25,6	59	88	46	64
75% Ar, 25% CO_2	SG3	641	578	532	475	26,6	28,5	121	117	123	109
83% Ar, 13% CO_2, 4% O_2	SG3	630	599	545	493	23,1	24,7	129	127	106	93
82% Ar, 18% CO_2	SG3	659	613	548	503	23,3	25,2	144	100	114	71
92% Ar, 8% O_2	SG3	625	602	526	496	25,6	27,8	136	121	97	118
91% Ar, 5% CO_2, 4% O_2	SG3	630	615	542	505	20,2	27,1	121	113	116	88
95% Ar, 5% O_2	SG3	—	604	—	492	—	28,8	—	127	—	99
100% CO_2	Cr-Mo	836	795	786	721	17,1	15,3	43	34	30	28
83% Ar, 13% CO_2, 4% O_2	Cr-Mo	878	837	836	761	13,8	16,5	59	46	44	33
82% Ar, 18% CO_2	Cr-Mo	—	790	—	702	—	17,2	—	53	—	33
92% Ar, 8% O_2	Cr-Mo	—	828	—	767	—	15,3	—	52	—	41
95% Ar, 5% O_2	Cr-Mo	—	830	—	762	—	16,1	—	62	—	42
100% CO_2	IT	757	720	700	640	16,3	17,1	55	74	40	42
82% Ar, 18% CO_2	IT	—	737	—	665	—	18,6	—	54	—	44
92% Ar, 8% O_2	IT	—	776	—	705	—	17,1	—	52	—	43
95% Ar, 5% O_2	IT	—	786	—	730	—	17,5	—	90	—	54

Şekil 3. 18 Koruyucu gaz tür ve bileşiminin kaynak metalinin mekanik özelliklerine etkisi [2]

A : Alt Akım Sınırında Çalışma

Ü : Üst Akım Sınırında Çalışma

IT : İnce Taneli Yüksek Mukavemetli Yapı Çeliği



Şekil 3. 19 Argon , Helyum ve Karbondioksit atmosferlerinde oluşan ark ve dikişin formu [2].

3.5 MAG Kaynak Yönteminde Kullanılan Tel Elektrodlar

Bu yöntemde kullanılan tüm elektrodlar tel halindedir ve bir kangala sarılmış olarak makinaya takılır. Kangal büyüklükleri ve tel çapları standardlarla saptanmıştır. Son yıllarda, kaynak metalinin özeliklerini geliştirebilmek için çeliklerin kaynağında kullanılmak üzere özlü veya kenetli tel elektrod diye isimlendirilen bir tür geliştirilmiştir. Bunlar yumuşak çelikten ince bir şeritin, ferroalyaj ve dekapanlar ile beraberce kıvrılıp tel haline getirilmesi ile üretilmişlerdir. Bu şekilde tel halinde üretilmesi güç veya imkansız bileşimdeki alaşımlar dahi kolaylıkla elektrod haline getirilebilmekte ve daha geniş bir spektrumda elektrod üretimi mümkün olabilmektedir [2].

Ergiyen elektrod ile gazaltı kaynak yönteminde en önemli problemlerden bir tanesi de tel elektrodun seçimidir. Bu kaynak yönteminde tel ve koruyucu gaz kombinasyonu sonucunda ortaya çıkan kaynak metalinin bileşimi gereken mekanik ve fiziksel özelikleri karşılamak zorundadır, bu bakımdan elektrod seçiminde aşağıda belirtilmiş olan hususlar gözönüne alınmak zorundadır [2].

Elektrod seçimini etkileyen en önemli faktör ; esas metalin fiziksel ve mekanik özelikleri ile kimyasal bileşimdir. Esas metalin bu özelikleri bilinmediği zaman görünüşü, ağırlığı, magnetik özeliği ile kama testi, kırma ve kıvılcım testi gibi basit atölye testleri ile bu konuda bir fikir edilinebilirse de, özellik gerektiren işlerde, kimyasal bileşimin muhakkak bir analiz ile saptanması gereklidir. Elektrod seçimi aşağıda belirtilmiş olan kriterler gözönünde bulundurularak yapılır;

1- Esas metalin mekanik özelikleri

Bu kritere göre elektrod seçimi, genellikle esas metalin çekme ve akma mukavemeti gözönüne alınarak yapılır; bazı hallerde, özellikle ferritik çelikler halinde malzemenin kırılma tokluğunun da (çentik-darbe mukavemeti) gözönüne alınması gereklidir.

2- Esas metalin kimyasal bileşimi

Esas metalin kimyasal bileşiminin bilinmesi, bilhassa renk uyumunun, korozyon direncinin, krip dayanımının, elektriksel ve ısıl iletkenliğinin söz konusu olduğu hallerde gereklidir. Bunun yanısıra çelikler halinde, ısının tesiri altında kalan bölgede, sertleşme oluşup oluşmayacağının önceden belirlenmesi bakımından da esas metalin

kimyasal bileşiminin bilinmesi gereklidir. Genel olarak sade karbonlu ve az alaşımlı çelikler halinde elektrod seçiminde, esas metalin kimyasal bileşimi en önemli faktördür.

3- Koruyucu gazın türü

Koruyucu gaz olarak asal gaz veya karışımlarının kullanılması halinde bir yanma kaybı sözkonusu değildir; buna karşın bir aktif gaz, örneğin karbondioksit veya asal gaz + aktif gaz karışımı kullanılması halinde bir takım yanma kayıpları ile karşılaşılır.Daha önceden belirtilmiş olduğu gibi aktif gaz kullanılarak çeliklerin kaynatılması halinde az bir miktar demir oksijen tarafından oksitlenir ve ortaya çıkan demir oksit de bileşimdeki mangan ve silisyum tarafından redüklenir; buradaki silisyum ve mangan kaybı elektrod tarafından karşılanmak zorundadır, bu bakımdan çeliklerin kaynağında MIG Yöntemi için geliştirilmiş bir elektrod MAG yönteminde kullanılamaz.

4- Esas metalin kalınlığı ve geometrisi

Kaynakla birleştirilecek olan parçaların, kalın kesitli veya karışık şekilli olmaları halinde, çatlamanın önlenebilmesi için kaynak metalinin sünek olması gereklidir; bu durumlarda en iyi sünekliği sağlayan kaynak metalini oluşturacak türde bir elektrod seçilmelidir.Kaynaklı yapının aşırı düşük veya yüksek sıcaklıklarda, korozif ortamlarda çalışmasının gerekli olduğu hallerde, kaynak metalinin her bakımdan esas metalin özeliklerini aksettirmesi gereklidir. Ayrıca şartnamelerde kaynak metalinin bazı ilave özeliklere de sahip olması istenebilir ve bu husus da elektrod seçiminde çok önemli bir rol oynar. Günümüz endüstrisinde, elektrod seçimini kolaylaştırmak gayesi ile çeşitli standardlar hazırlanmış ve özellikler sınıflandırılmıştır, gereksinimleri karşılayacak ve esas metal ile en iyi uyumu sağlayarak en iyi sonuçlan verecek türde çok çeşitli tel ve özlü tel elektrodlar üretilmektedir [2].

BÖLÜM 4

ÇELİKLERİN KAYNAĞINDA KULLANILAN ELEKTRODLAR

4.1 Çeliklerin Kaynağında Kullanılan Elektrodların Sınıflandırılması

Çeliklerin kaynağında kullanılan elektrodlar ;

-Örtülü elektrodlar

-Tel Elektrodlar olarak genel hatlarıyla ikiye ayrılabilir.

Örtülü elektrodlar ile tel elektrodların en genel farkı ise elektrik akımının elektrodun tüm hattı üzerinden geçip geçmemesi esasına dayanır.

Örtülü elektrodlar ; rutil, bazik, selülozik, demir esaslı, sertdolgu ve özel alaşımlı tamir-bakım elektrodları olarak sınıflandırılabilir.

Çeliklerin kaynağında kullanılan tel elektrodlar ise şu şekilde gruplanabilir:

1- Alaşımsız tel elektrodlar

Bu tür tel elektrodlar yumuşak çeliklerin kaynağında kullanılır, bunların bileşimlerini alaşımsız çeliklerden ayırdeden sadece mangan ve silisyum içeriklerinin bir miktar daha fazla olmasıdır.

2- Alaşımlı tel elektrodlar

Bu tel elektrodlar özel bileşimde olup, alaşımlı çeliklerin kaynağında kullanılır.

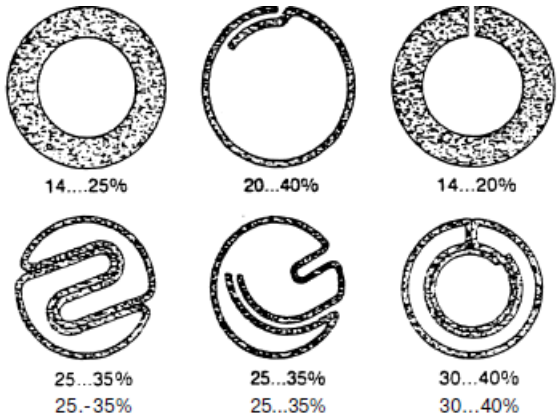
Alaşımlı tel elektrodlar ise paslanmaz çelik tel elektrodlar, demirdışı metal ve alaşımlarının kaynağında kullanılan tel elektrodlar (örneğin; alüminyum ve alüminyum alaşımları, nikel ve nikel alaşımları, magnezyum ve magnezyum alaşımları, bakır ve bakır alaşımları vb.) olarak genel hatlarıyla ikiye ayrılabilir [2].

Aşağıda ise özlü tel elektrodlardan bahsedilmektedir.Özlü tel elektrodun örtülü elektroda göre en önemli farkı; alaşımlama yapan kısmın (öz-örtü) örtülü elektrodun tersine çıplak telin örtü gibi çevresinde değil, öz gibi iç kısmında olmasıdır.



Şekil 4. 1 En genel haliyle özlü tel elektrodun gösterimi

Çeliklerin ergiyen elektrod ile gazaltı kaynağında kullanılan elektrodların türlerine ve çeşitli standardlara göre sınıflandırılmalarına geçmeden önce, bunların bileşiminde bulunan alaşım elementleri ve bunların kaynak dikişine olan etkilerini bilmek, elektrod seçiminde kolaylık sağlar [2].



Şekil 4. 2 Çeliklerin kaynağında kullanılan özlü tel elektrodların kesitleri [2]

Dezoksidasyon: kaynak banyosundan bir elementin oksijenle birleşerek oksit oluşturup cürufa geçmesine denir; oksijen dikişte gözenek oluşumuna neden olduğundan, bu işlemin kaynak esnasında gerçekleşmesi çok önemlidir. Çeliklerin kaynağında kullanılan elektrodlara ilave edilen alaşım elementleri ve bunların etkileri aşağıda belirtilmiştir [2].

Silisyum; çeliklerin ergiyen elektrodla gazaltı kaynağında silisyum elektrod metalinde en yaygın bir şekilde kullanılan dezoksidasyon elementidir. Genelde, çelik gazaltı telleri

% 0.40 ile 1,2 arasında değişen bir oranda silisyum içerirler ve bu bileşim aralığında, silisyum çok iyi bir dezoksidasyon özeliğine sahiptir. Silisyum içeriğinin yükselmesi sonucu kaynak metalinin sünekliğinin az bir miktar azalmasına karşın mukavemeti oldukça şiddetli bir artma oluşturur; bir sınır değerin üzerinde, silisyum miktarının artması ise kaynak dikişinin çatlama hassasiyetini arttırır [2].

Mangan da silisyum gibi, kaynak metalinin mukavemet özeliklerinin geliştirilmesi ve kaynak banyosunun dezoksidasyonu için ilave edilir. Mangan içeriğinin artması kaynak dikişinin mukavemetini silisyumdan daha şiddetli olarak yükseltir ve aynı zamanda kaynak metalinin çatlama hassasiyetini de azaltır. Çeliklerin kaynağında kullanılan kaynak tellerinin manganez içeriği % 1 ile 2 arasında değişir [2].

Alüminyum, Titanyum, Zirkonyum gibi elementlerin hepsi de çok kuvvetli dezoksidandırlar, kaynak teline % 20'ye kadar ilave edildiklerinde aynı zamanda mukavemeti arttırıcı yönde de etkirler [2].

Karbon, çeliklerin yapısal ve mekanik özeliklerini diğer bütün alaşım elementlerinden çok daha şiddetli bir şekilde etkiler, bu bakımdan çelik kaynak tellerinde miktarı % 0.05 ile 0.12 arasında değişir. Bu miktar kaynak metalinin mukavemetini gerektiği kadar yükselttiği gibi süneklik ve tokluğuna da olumsuz yönde hissedilebilir bir etki yapmaz. Esas metal veya telde karbon miktarının artması, koruyucu gaz olarak CCb kullanılması halinde porozite oluşumuna neden olur; karbon miktarı artınca, banyoda CO oluşarak karbon kaybı ortaya çıkar, bu da gözenek oluşumuna neden olur, bu olay dezoksidasyon elementlerinin ilavesi ile önlenir [2].

Diğer alaşım elementlerinden; Nikel,Krom ve Molibden mekanik özelikleri geliştirmek ve korozyon dayanımını arttırmak gayesi ile çeşitli çelik kaynak tellerine katılan alaşım elementleridir. Bu elementler az miktarda kaynak metalinin mukavemet ve tokluğunu arttırmak gayesi ile, paslanmaz çelikler halinde ise oldukça yüksek miktarlarla paslanmayı önlemek için katılırlar [2].

Genel olarak kaynak işleminde koruyucu gaz olarak bir asal gaz veya içinde az miktarda CO2 içeren asal gaz kullanıldığında, kaynak dikişinin kimyasal bileşimi telin

bileşiminden bir farklılık göstermez, buna karşın saf CO_2 kullanılması halinde Si ve Mn ve diğer dezoksidasyon elementlerinin miktarlarında bir azalma görülür. Çok düşük miktarlarda (% 0.04-0.05) karbon içeren teller ile yapılan kaynak dikişlerinde ise karbon miktarında bir artma görülür [2].

4.2 Özlü Tel Elektrodlara Geçişin Sebepleri

Özlü tel elektrodlarla ark kaynağı örtülü elektrodlarla ark kaynağına göre pek çok avantaja sahiptir. Ayrıca tozaltı ve gazaltı ark kaynağına göre de bazı bakımlardan daha üstündür. Gazaltı ark kaynağına göre daha esnek ve tozaltı ark kaynağına göre de daha adaptiftir. Bu avantajlar aşağıda verilmiştir.

(1) Yüksek kaliteli kaynak metali

(2) Mükemmel dikiş görünüşü -düzgün ve pürüzsüz- dikişler

(3) Yatay içköşe kaynaklarında mükemmel dış profil

(4) Geniş bir kalınlık bölgesinde pek çok çelik, kaynak yapılabilir

(5) Yüksek işletme faktörü - kolayca mekanize edilebilir

(6) Yüksek yığma hızı - yüksek akım yoğunluğu

(7) Nispeten yüksek elektrod yığma verimi

(8) Ekonomik mühendislik bağlantı tasarımı

(9) Görülebilen ark - kullanımı kolay

(10) Gazaltı ark kaynağına göre dan az ön temizleme gereği

(11) Örtülü elektrodla ark kaynağına göre daha az çarpılma ve içgerilme

(12) Örtülü tel elektrodla ark kaynağına oranla dört kata kadar daha fazla yığma

(13) Kendinden gaz korumalı elektrodların kullanımı, ayrıca toz taşınmasını ve gaz tüpü ile diğer aparatlara gereksinimi ortadan kaldırır ve şantiye uygulamalarında rüzgar etkilerine karşı daha toleranslıdır

(14) Kaynak dikişinin çatlamasına yol açan kirliliklere daha yüksek tolerans

(15) Dikiş altı çatlamasına daha yüksek direnç

Özlü tel elektrodla ark kaynağının dezavantajları ise şunlardır:

(1) Bu yöntem demir esaslı ve nikel esaslı malzemelerle sınırlıdır

(2) Yöntem, uzaklaştırılması gereken bir cüruf oluşturur

(3) Özlü tel elektrodlar, bazı hafif alaşımlı çelikler hariç aynı ağırlıktaki masif elektrodlara kıyasla daha pahalıdır.

(4) Ekipman, örtülü elektrodla ark kaynağında kullanılana göre daha karmaşık ve daha pahalıdır; ancak artan verimlilik bunu dengeler.

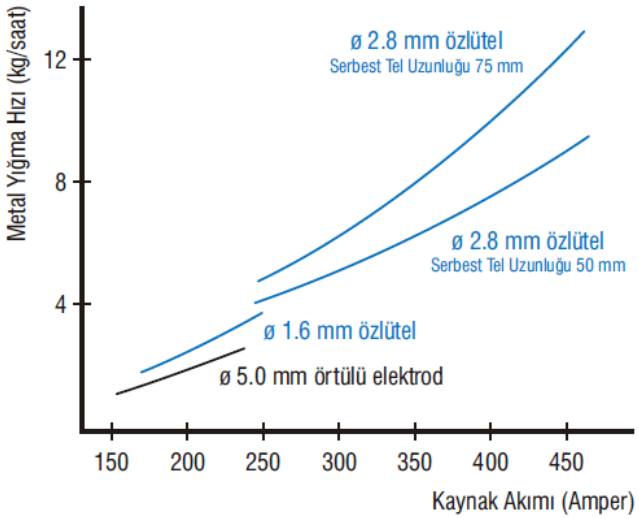
(5) Tel besleme ünitesi ve kaynak makinesinin kaynak noktasına çok yakın olması gerekir.İlave gaz korumalı olan türü bakımından, dış koruma hava akımları tarafından etkisiz hale getirilebilir; kendinden gaz korumalı elektrodlarda bu bir problem değildir çünkü gaz koruması, tam gerek duyulan yerde yani elektrodun ucunda oluşur.

(6) Ekipman örtülü elektrodlarda kullanılanlara göre daha karmaşık olduğundan daha fazla bakım gerektirir.

(7) Gazaltı ve tozaltı ark kaynak yöntemlerine göre daha fazla kaynak dumanı oluşur.

4.2.1 Özlü Tel Elektrodların Sağladığı Avantajlar

-Örtülü elektrod ile ark kaynağına oranla dört kat daha fazla kaynak metali yığma olanağına sahiptir.Örneğin özlü tel elektrodlarla gerçekleştirilen tam otomatik kaynak uygulamalarında saatte 8-12 kg kaynak metali elde etmek mümkündür [7].



Şekil 4. 3 Metal yığma hızı / kaynak akımı ilişkisi [7]

-Elde edilen dikişin mekanik özellikleri çok yüksektir.

-Yüksek üretim verimliliği

-Kolaylık

-Daha az porozite

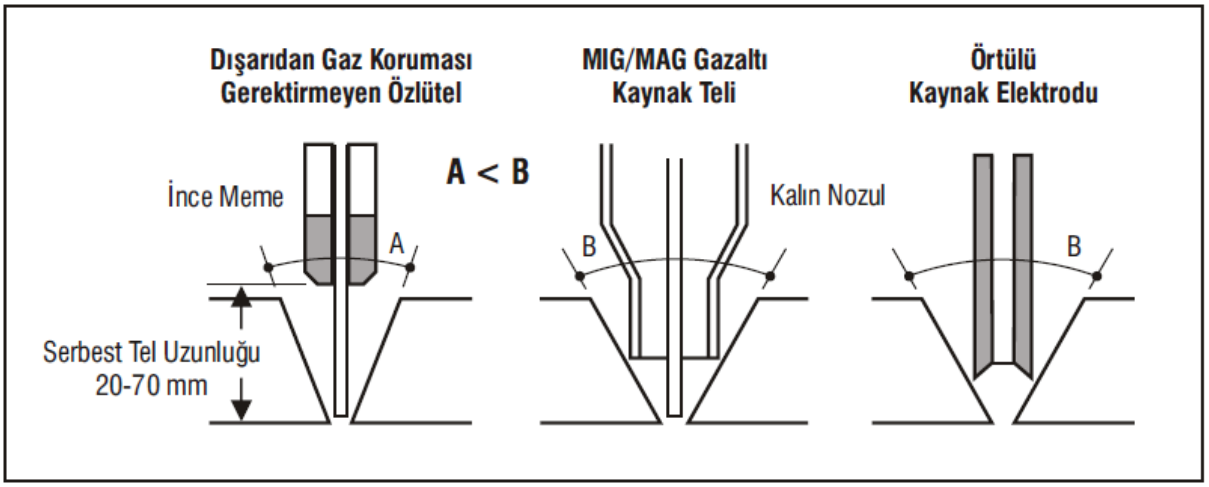
-Daha az kaynak hatası

-Kullanımı çok kolay olup kalifiye işçilik gerektirmez.

-Dışarıdan yardımcı gaz koruması gerektirmemesi sayesinde , özellikle şantiye dışında yani açık havada veya rüzgar altında gerçekleştirilen uygulamalarda büyük avantaj sağlar.

İçinde bulunan oksit çözücü elementler sayesinde kaynak edilen yüzeylerin temiz olması zorunluluğu ortadan kalkmaktadır.Buna karşın MIG/MAG kaynak yöntemlerinde yüzeyler temiz olmalıdır [7].

-Özlü tel elektrodların kullanımında açılması gereken kaynak ağızları örtülü elektrod ile ark kaynağı ve MIG/MAG kaynak yöntemlerinde kullanılan kaynak ağızlarından daha dardır.Bunun temel nedeni ise serbest tel uzunluğunun arttırılabilmesidir.Dışarıdan yardımcı gaz koruması ile gerçekleştirilen uygulamalarda ise koruyucu gazın kaynak banyosu üzerinde yeterli koruyuculuk görevi yapamadan yanlardan kaynak bölgesi dışına kaçmasını önlemek için torcu parçaya yaklaştırmak gerekmektedir [7].



Şekil 4. 4 Özlü tel elektrod / gazaltı kaynak teli / örtülü elektrod kaynak ağzı açıları [7]

-Sürekli özlü tel elektrodlar en az dilüsyon ile en uygun nüfuziyeti verecek şekilde tasarlanmış olup tek pasoda istenilen özellikleri sağlamaktadır.

-Kaynak dikişi çok düzgündür.

-Alaşım elementleri telin içinde toz halinde depolandığı için istenilen özellikle kaynak işlemi sırasında dolgu metaline kolayca verilebilmektedir.Örneğin yüksek oranda krom içeren sert dolgu tel elektrodları ile kobalt esaslı ürünler yüksek sertliklerinden dolayı bobine sarılamadıkları için gazaltı kaynak teli olarak üretilemezken özlü tel elektrod olarak üretilebilmektedir.

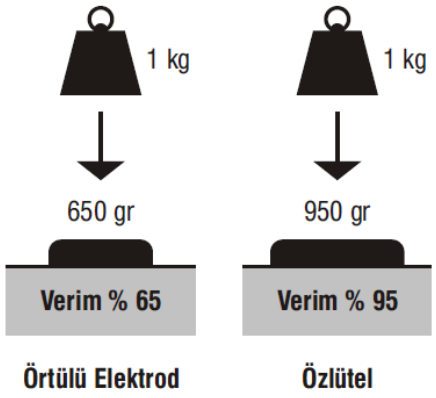
-Örtülü elektrod ile ark kaynağında 8 saatlik bir vardiya 2 saat 50 dakika kaynak yapılırken özlü tel elektrod kullanımı ile bu süre ortalama 4 saat 40 dakikaya yükselmektedir.

-Düz olmayan bir hat boyunca gerçekleştirilen girintili-çıkıntılı yüzeylerin kaynağına elverişlidir.

-Özlü tel elektrodların kullanımında örtülü elektrodlarda olduğu gibi arkı kesme ve yeniden tutuşturma problemi yoktur.Bu sayede arkın kesilip yeniden tutuşturulması sırasında ortaya çıkabilen kaynak hataları ortadan kalktığı gibi elektrod dip kayıpları da tamamen önlenmektedir.

-Özlü tel elektrodların kullanıldığı güç üniteleri alçalan karakteristikli olup en az 300 A gücündedir.Her yere kolayca taşınabilir.

-Özlü tel elektrodların etkin verimleri % 90-95 arasında değişirken bu değer örtülü elektrodlarda % 55-70 arasındadır [7].



Şekil 4. 5 Özlü tel elektrod ile örtülü elektrodun verim farkları [7]

4.2.1.1 Örtülü Elektrodlar ile Özlü Tel Elektrodların Ağırlık Farkı

ÖRTÜLÜ ELEKTRODLAR	Kaynak Metali Hacmi (cm^3)	Önerilen Elektrod Ağırlığı (kg)
	50	0.78
	100	1.57
	200	3.14
	300	4.72
	400	6.29
	500	7.87
	600	9.44
	700	11.01
	800	12.59
	900	14.16
	1000	15.75

ÖZLÜ TELLER	Kaynak Metali Hacmi (cm^3)	Önerilen Elektrod Ağırlığı (kg)
	50	0.50
	100	1.00
	200	2.00
	300	3.00
	400	4.00
	500	5.00
	600	6.00
	700	7.00
	800	8.00
	900	9.00
	1000	10.00

Şekil 4. 6 Özlü tel elektrod ile örtülü elektrodun ağırlık farkları [7]

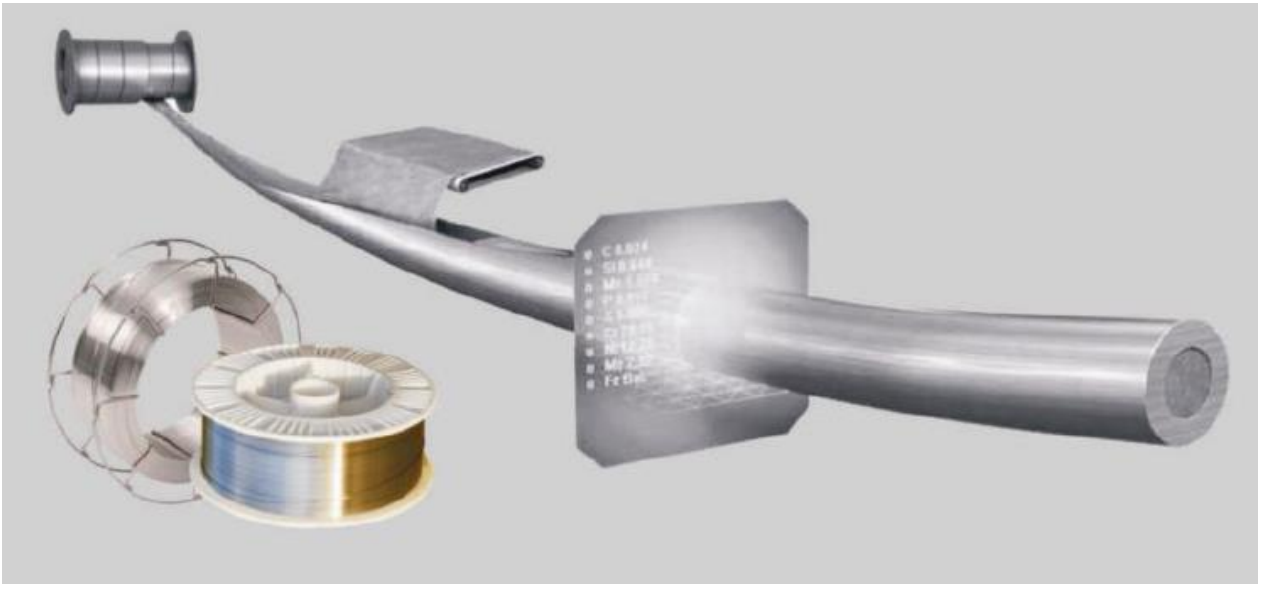
4.3 Özlü Tel Elektrodların Yapısı

Genellikle alaşımsız ince çelik bantların boru haline getirilmesi (önce U daha sonra O şekline) ve içerisinde de öz diye nitelendirilen toz halindeki çeşitli bileşenlerin (cüruf oluşturucu , gaz oluşturucu , alaşım elementleri ve deoksidasyon elementleri gibi) karıştırılarak doldurulmasıyla elde edilen elementler özlü tel elektrod olarak nitelendirilirler [7].

4.4 Özlü Tel Elektrodların İmalatı

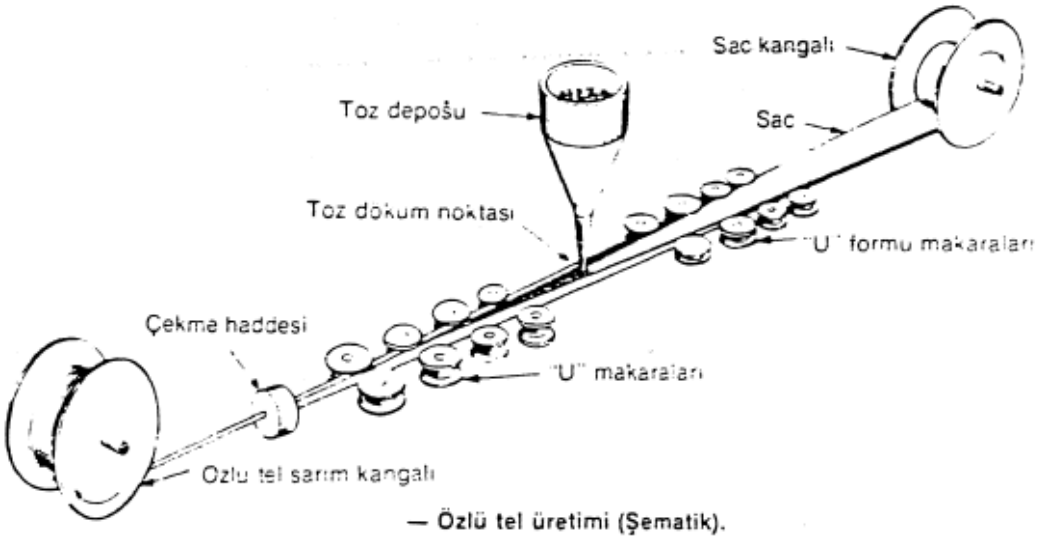
Özlü tel elektrodlar, alaşımsız ince bir sac şeridin boru haline getirilmesi veya bir lüleden geçilerek tel şeklinde çekilmesi sonucu elde edilmişlerdir. Boru biçiminde olanların iç kısmında, diğerlerinin kıvrımları arasında bir dekapan ve ferroalaşım tozları bulunur; kaynak dikişinin dezoksidasyonu ve alaşımlanması bu öz tarafından gerçekleştirilir.

En genel gösterimle aşağıdaki şekilde gösterilebilir:



Şekil 4. 7 Özlü tel elektrod imalatının en genel şekilde gösterimi [8]

Özlü tel elektrodların imalatını daha fazla detaylandırmak gerekirse;



Şekil 4. 8 Özlü tel elektrod üretimi (şematik) [5]

Şekil 4.8’de de görüldüğü gibi klasik bir özlü tel elektrod imalatı; sac kangalı , sac , U formu makaraları , toz deposu , çekme haddesi ve özlü tel elektrod sarım kangalından oluşur.

Özlü tel elektrodların iki tür imal yöntemi vardır: Haddeden çekme ve art arda dizilmiş makaralar takımıyla şekillendirme.



Şekil 4. 9 Özlü tel elektrod imalatı tezgahları [8]

Çekme teller, içi dekapan tozu ve/veya toz halinde alaşım elementi dolu bir silindirik taslaktan itibaren, birbiri ardından çekme işlemleriyle imal edilir.

Nihai standard çaplar (dış) 1.0- 1.2 - 1.4 - 1.6 - 2.0 - 2.4 - 2.8 - 32 - 4.0 - 5.0 mm'dir.

Oldukça yüksek bir ergime hızı tutturarak nispeten ince parçaları kaynak etmek için Ø 1.0 mm'ye kadar inilir. Otomatik makinalar dışında Ø 2.4 mm'den büyük çaplar az kullanılır.



Şekil 4. 10 Özlü tel elektrod imalatı tezgahları-2 [8]

Özlü tel elektrodlar %90 oranında şerit çelikten kesilerek ve form verilerek imal edilir.İmalattaki anahtar adımlar şu şekildedir :

-Kangal halindeki soğuk haddelenmiş çeliği genişliği 8-14mm arasında şerit çelik halinde olmak şartıyla kesmek

-Şerit çeliği "U" formuna getirmek

-Flaks tozu doldurmak

-Bükerek kapalı hal olan "O" formuna getirmek

-Nihai ürün kaynak teli çapına getirmek (Ø 1.2-2.4 mm)

4.4.1 Özlü Tel Elektrod İmalatı Prosesleri

Özlü tel elektrod imalatı prosesi aşağıdaki gibidir :

1) Flaks Tozu

2) Flaks Tozu Karışımı

3) Toz Eklemek

4) Çelik Şerit

5) Formlara Getirme

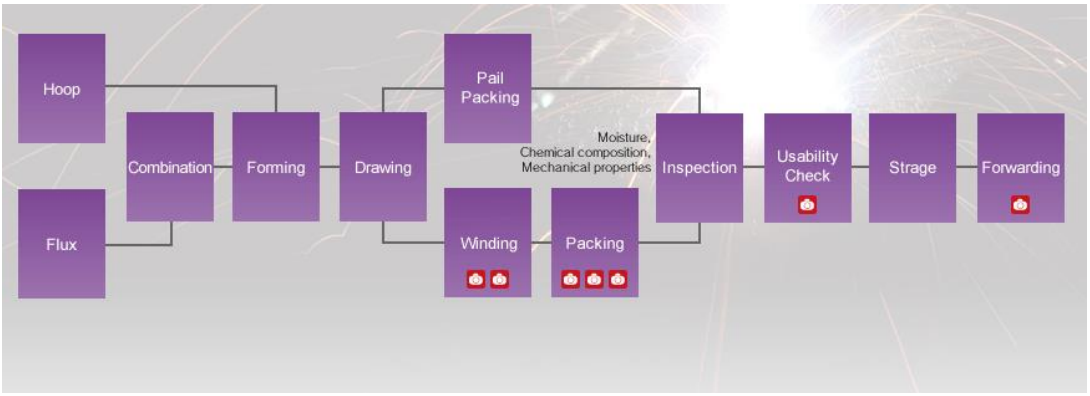
6) 4.2 mm çapındaki boruyu sarım

7) Nihai çap olan 1.2 mm'ye getirme

8) 15 kg'lık küçük kutulara dahil etme

9) Paketleme

Aşağıda Şekil 4.11'de özlü tel elektrod imalatının akış şeması gösterilmektedir.



Şekil 4. 11 Özlü tel elektrod imalatı akış şeması [8]

4.4.2 Özlü Tel Elektrod İmalatı İçin Gerekli Ekipmanlar

1) Boyuna Makaslama Makinesi (1 adet)

2) I-Makara Seti (15 adet)

3) Şerit Makinesi (1 adet)

4) Temizleme Makinesi Seti (1 adet)

5) Kaldırma Tertibatı (1 adet)

6) Flaks Tozu Kutusu (5 adet)

7) Özlü Tel Elektrod Form Verme Makinesi (1 adet)

8) Tel Çekme Makinesi (1 adet)

9) Gerilimi Ayarlanabilir Makine (1 adet)

10) Elektrik Kontrol Ünitesi (1 adet)

11) Özlü Tel Elektrod Sargı Tezgahı (2 adet)



Şekil 4. 12 Özlü tel elektrod imalatı tezgahları-3 [8]



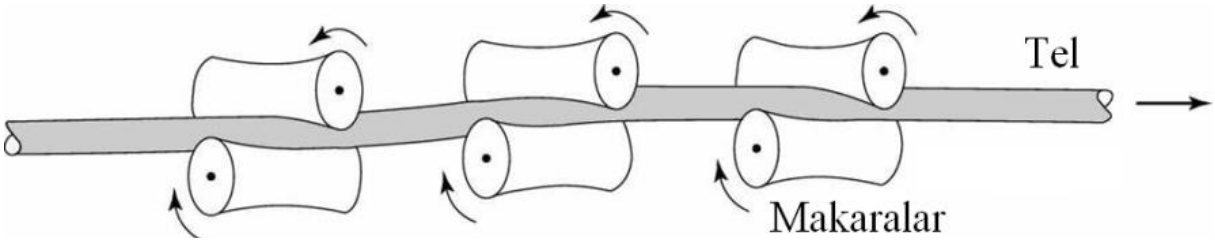
Şekil 4. 13 Özlü tel elektrod imalatı tezgahları-4 [8]



Şekil 4. 14 Özlü tel elektrodun kangala sarımı [8]

Özlü tel elektrod , boru içerisinde öz olarak konulacak malzemeyi tutmak ve muhafaza etmek için alın eki –uç uca eklenerek- yapılarak imal edilir.Boru tipik olarak 200-500 FPM (feet per minute) hızları aralığında son ölçü çapını alır ve toz haline getirilmiş flaks haddeleme prosesine (merdaneli biçimlendirme) dahil edilir.

En genel şekliyle “O” formuna getirilmiş telin nihai dış çapa kavuşturulması amacıyla yapılan tel çekme işleminin ana hattı aşağıda gösterilmiştir.



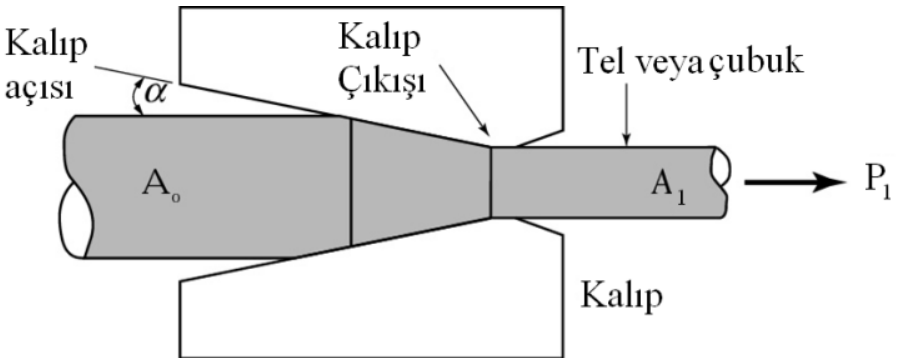
Şekil 4. 15 Makaralardan çekilen tel [9]

Şekil 4.16’da merdaneler arasından çekilen telin tezgahtan alınmış görüntüsü bulunmaktadır.



Şekil 4. 16 Merdanelerin gösterimi [8]

Teller , nihai çaplara tel çekme esasındaki tekniklere göre getirilir.



Şekil 4. 17 Tel çekme işlemi [9]

Çekme işlemi yağlama bakımından kuru ve ıslak olmak üzere ikiye ayrılır. Kuru çekmede gres veya sabun tozu kullanılırken, ıslak çekmede sıvı yağ kullanılır.5 mm den küçük teller yalnızca çekme yolu ile elde edilirken 5 mm den büyük teller sıcak haddeleme ile elde edilirler [9].



Şekil 4. 18 Kuru tip tel çekme makineleri [9]

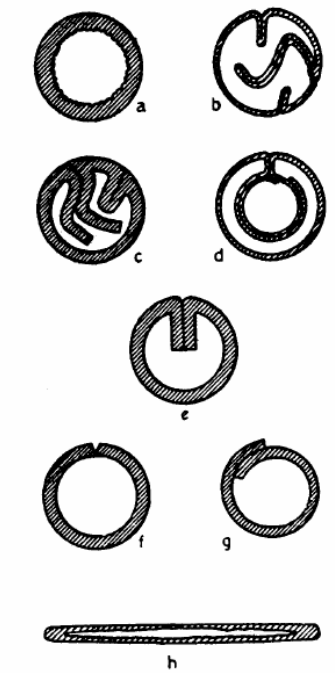


Şekil 4. 19 Sulu tip tel çekme makineleri [9]



Şekil 4. 20 Kangala sarılan özlü tel elektrod [10]

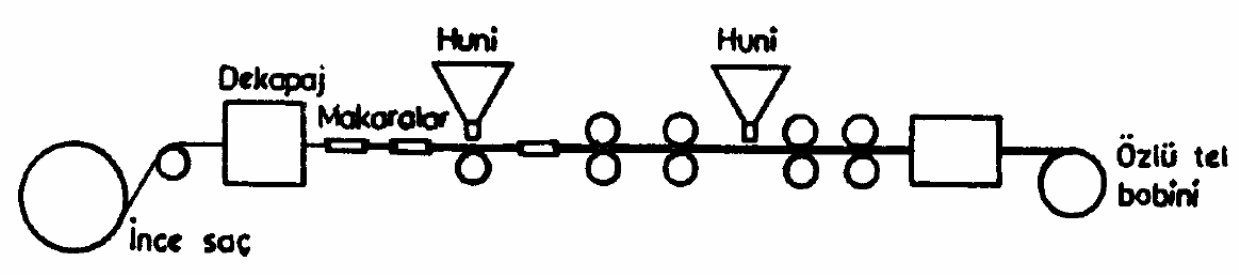
Özlü tel elektrodların imalatı kısmında imal edilen özlü tel elektrodların kesitlerine tekrardan dayanmak ve kesitlerden de dolgu(doluluk) oranına yönelmek gerekir.



Şekil 4. 21 Özlü tel elektrod kesitleri [10]

Kesitte, çekme teller Şekil 4.21'deki görünümde olurlar.

"Kıvrık" adı verilen bütün öbür teller Şekil 4.22 'de şematik olarak görülen bir şekillendirme tesisinde bir saç levhadan (banddan) itibaren imal edilir.



Şekil 4. 22 Özlü tel elektrod imalatı sırası [5]

İmalatçının tasarımına göre sacın kıvrılmış şekilleri az veya çok çapraşık olup Şekil 4.21 b ile 4.21 g'de görülen kesitlerde teller elde edilir.

Bunların dışında bir de, otomatik büyük dolgu işlerinde kullanılan yassı band halinde

(Şekil 4.21 h) özlü tel elektrodlar vardır. Bunlar önce yuvarlak olarak imal edilip içine toz dekapan konduktan sonra yassıltılır.

Böyle tamamen kapalı olarak imal edilmiş özlü tel elektrodların (Şekil 4.21 a ve h) tozları hiçbir surette dıştan rutubet almaz.

Sac levhanın dekapan tozu hunileri tarafından doldurulması iki defada yapılabilir:

Şekil 4.21 d'deki telin orta bölümü toz halinde alaşım elementlerini, bunun dış çevresindeki bölüm de doğruca dekapanı içerir. Alaşım elementlerinin merkezde ve dekapanın dışta olması halinde bu sonuncusunun koruyucu görevini çok daha iyi ifa ettiğini deney göstermiştir. Bu da, bazı kıvrık kesitlerin hayli dalgalı görünümünü izah eder.

Özlü tel elektrodlarda dekapan tozu (ve/veya alaşım elementi) oranlarının % 13 ile % 50 arasında değiştiğini yukarıda görmüştük; bu sonuncu değere, kendi kendini koruyan

yani gaz korumasına gerek göstermeyen tellerde varılır. Öbür tellerde iyi bir ortalama % 38 olup çekme teller nadiren bu rakama varırlar.

Özlü tel elektrodların yüzeyleri genellikle bakırlanmamış olup bunların muhafazası dolu tellerinkine göre çok daha büyük önlemleri gerektirir. Durum böyleyken son yıllarda, özellikle penselerin çıkış memelerini korumak amacıyla teller dekape edilip bakırlanmaktadır.

Özetleyecek olursak denebilir ki, bir özlü tel elektrod, "tersine çevrilmiş", yani örtüsü içeriye alınmış bir örtülü elektrod olup birbirini tamamlayan iki gereksinmenin baskısından doğmuştur:

a- Kaynak yöntemlerini otomatikleştirmek,

b- Otomatik ya da yarı-otomatik kaynak yöntemlerini, terk edilmiş kaynak metallerinin bileşim ve karakteristiklerini çeşitleme olanağı sağlayan basit ve emin araçlarla donatmak.

Bir kaynak sürecinin otomatikleştirilmesine bağlı prodüktivite artışı, başlıca iki etmenin sonucudur:

— Bir sürekli telin açılmasıyla metal sağlanması;

— Yüksek kaynak akım şiddetlerinin kullanılması; bu da ancak akımın tele, arka yakın mesafede getirilmesiyle mümkündür.

Özlü tel elektrodlar, tozun (ağırlık olarak) oranı ve bu tozun cinsine göre sınıflandırılırlar. Kullanılacakları yerlere ve imal sürecine göre özlü tel elektrodlar % 13 ila 50 toz içerirler [5].

4.4.3 Özlü Tel Elektrodların Dolgu Oranı

Dolgu oranı, özlü tel elektrod içinde gaz ve cüruf oluşturucular ve alaşım elementlerinin oranını ifade eder. Çoğu kez de toz yüzey alan ozan da bu anlamda verilmekte ise de bu, özlü tel elektrodu karakterize etmeye yetmeyecek kadar kararsız bir yaklaşım

olmaktadır. Gram olarak Ɣ dolgu oranı, tozun kitlesinin metalik dış zarf kitlesine oranını ifade eder:

$$\gamma = \frac{m_t}{m_T} \cdot 100 = \frac{m_T - m_z}{m_T} \cdot 100$$

(2.1)

Burada m, belli bir özlü tel elektrod uzunluğunun dekapan tozunun gr olarak kitlesi; mT bu aynı uzunlukta özlü tel elektrodun ağırlığı; mZ de bunun dış metalik zarfının ağırlığıdır.

Bunun dışında, yeni alaşımların geliştirilmesinde kullanılacak değişik formüller ortaya atılmış olup bunlardan bir tanesi:

$$\gamma = \frac{m_t}{m_T} = \frac{1}{1 + \left\{\frac{a_z}{a_t}\right\} \cdot \left\{\frac{\rho_z}{\rho_t}\right\}} \cdot 100' dür.$$

(2.2)

Burada az , cm² olarak zarfın kesit alanı; aT, tozun kesit alanı; ρz, gr/cm3 olarak zarfın yoğunluğu; ρt tozun yoğunluğudur. Dekapan tozunun yoğunluğu Scotts volümetresiyle saptanır. Tane boyutu, yoğunluğu etkiler [5].

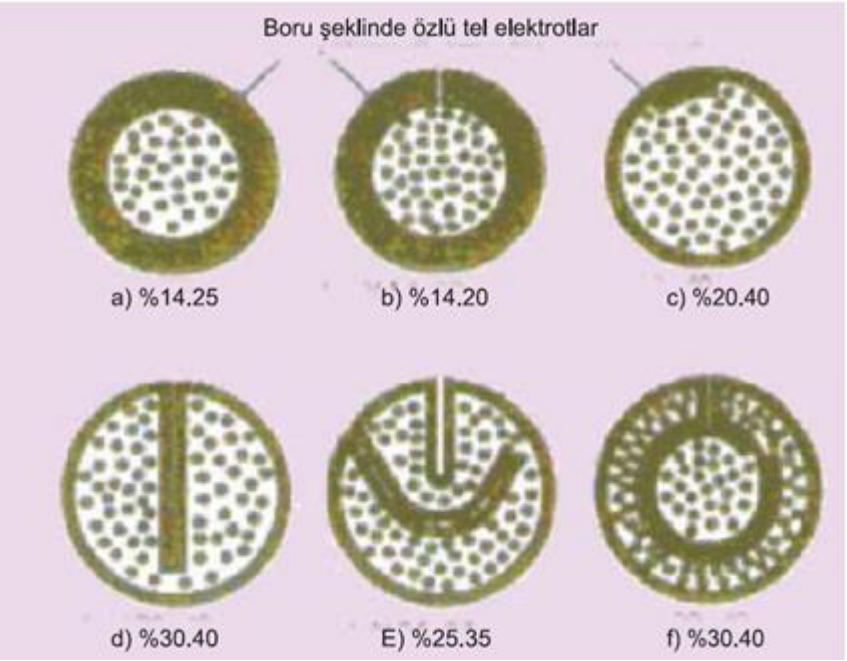
4.5 Özlü Tel Elektrod Tipleri

Özlü tel elektrodların rutil , bazik ve metal özlü olmak üzere 3 tipi vardır.

Rutil karakterli özlü tel elektrodlar ; yumuşak ark karakteristiği , kolay cüruf kalkışı ve güzel dikiş görüntüsüne sahiptir.Her pozisyonda kaynak yapmaya uygun olması nedeniyle tersanelerde en çok kullanılan özlü tel elektrod çeşididir. (Saraçoğlu, Gençkan)

Bazik karakterli özlü tel elektrodlar ; yüksek mekanik özellikleri nedeniyle ince taneli ve yüksek dayanımlı çeliklerde kullanılır.Düz ve yatay pozisyonlarda kullanılması , sınırlı uygulama alanına neden olduğu için tersanelerde fazla kullanılmazlar [6].

Metal özlü tel elektrodlar ise sprey ark modunda yatay poziyonlarda yüksek metal yığma hızına sahiptir.Çok az sıçrama kaybı olması ve kaynak üzerinde cüruf oluşturmaması önemli avantajlarındandır.Genellikle boruların kök pasolarında ve köşe kaynaklarında kullanılırlar [6].



Şekil 4. 23 Özlü tel elektrodlarda en çok kullanılan kesit formları ve dolgu dereceleri [6]

a)Dikişsiz Tip

b)Dikişli Tip

c)Bindirme Boru Tipinde

d-e)Kenetli Özlü Tel Elektrodlar

f)Çift Mantolu Özlü Tel Elektrodlar

4.6 Özden Beklenen Görevler

- Kaynak metalinin kimyasal bileşimini ayarlayarak kaynağın mekanik , metalurjik ve korozyon özelliklerini sağlar.

- Kaynak banyosunu cüruf oluşturarak , atmosferdeki azot , hidrojen ve oksijenden korur.

- Farklı alaşımdaki malzemelerin birleştirme kaynaklarının ve dolgu kaynaklarının yapılmasında alaşımlandırma yapar ve özellik kazandırır.

- Kaynak dikişi formunun oluşmasında katkıda bulunur.

- Ark stabilizasyonu sağlar ve sıçrama özelliğine , ergime hızına etki eder [6].

4.7 Özlü Tel Elektrodlarla Kaynak Yöntemi

4.7.1 Sistemin Genel Tanımı

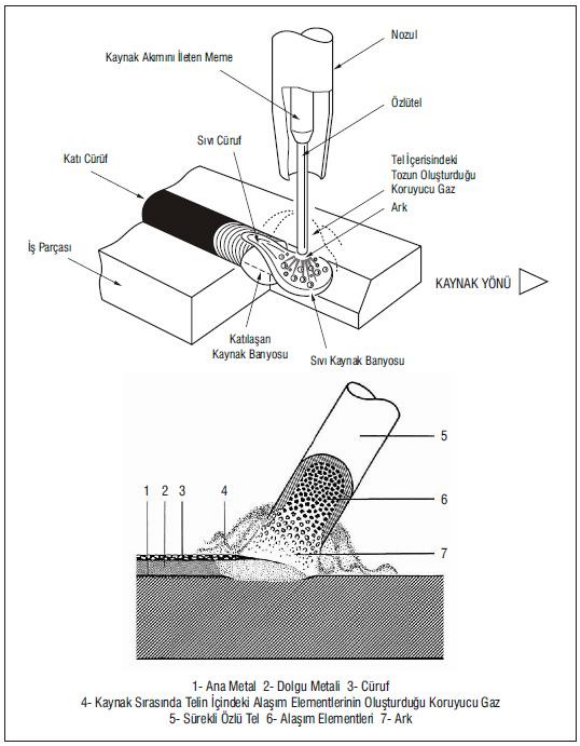
1925 yılında ilk olarak Avrupa'da üretilmeye başlayan özlü tel elektrodlar , son yıllarda çeşitli sektörlerde sayıları günden güne artan uygulamalarla özellikle aşınmaya karşı koruyucu dolgu işlemlerinde sık olarak kullanılmaya başlanmıştır.

Özlü tel elektrodlar en genel ifadeyle örtülü elektrodların tersyüz edilmiş şekli olarak tanımlanabilir.Elektrodların dış kısmını oluşturan örtü maddesi özlü tel elektrodların iç kısmında yer almaktadır.

Özlü tel elektrodların içerisine doldurulan bu maddeler temel olarak 2 gruba ayrılırlar:

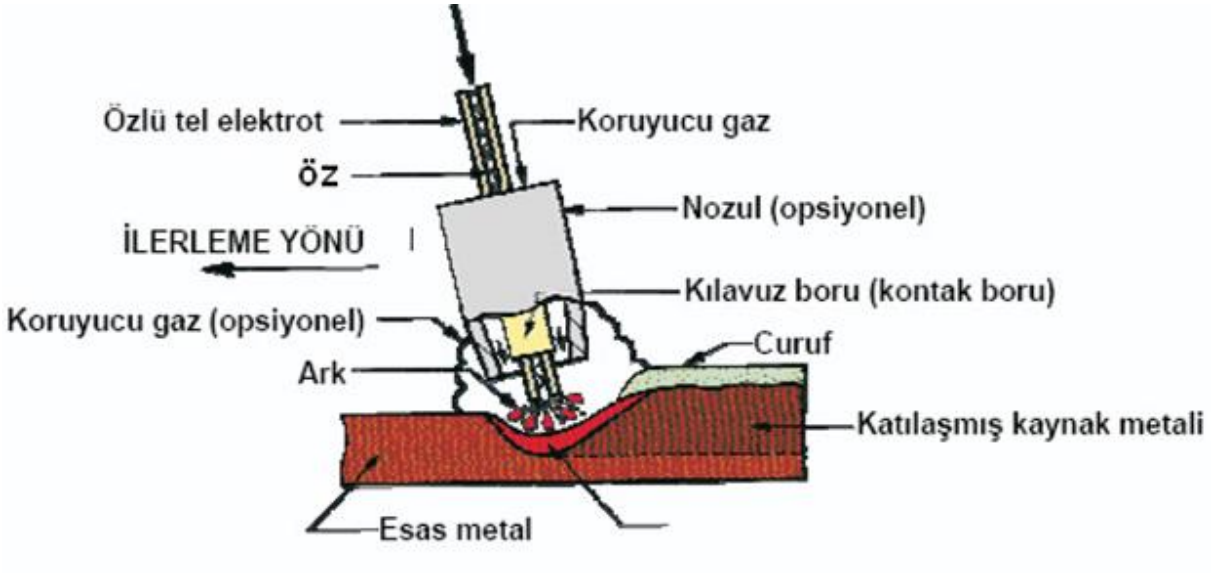
Metalsel Partiküller ; kaynak edilen yüzeydeki oksit tabakasına etki eder ve kaynak dikişini alaşımlandırır.

Mineral Partiküller ; yüksek ark sıcaklığında çözünerek kaynak arkını kararlı hale getirir ve cüruf oluşumuna yardımcı olarak kaynak dikişinin atmosferin kötü etkilerinden korunmasını sağlar.



Şekil 4. 24 Özlü tel elektrodla ark kaynağı [7]

4.7.2 Özlü Tel Elektrod Kaynağı

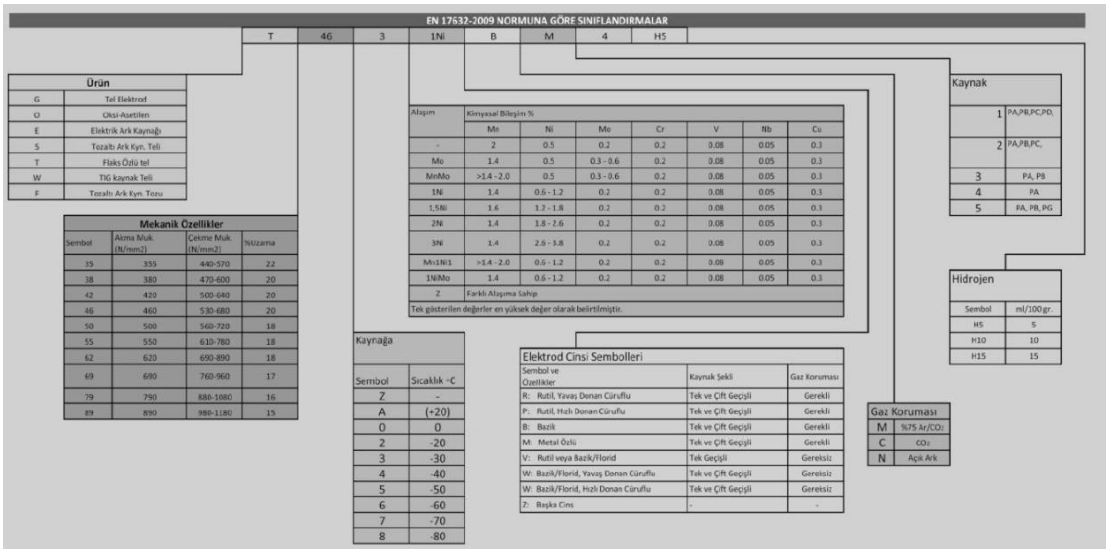


Şekil 4. 25 Özlü tel elektrodla ark kaynağı [6]

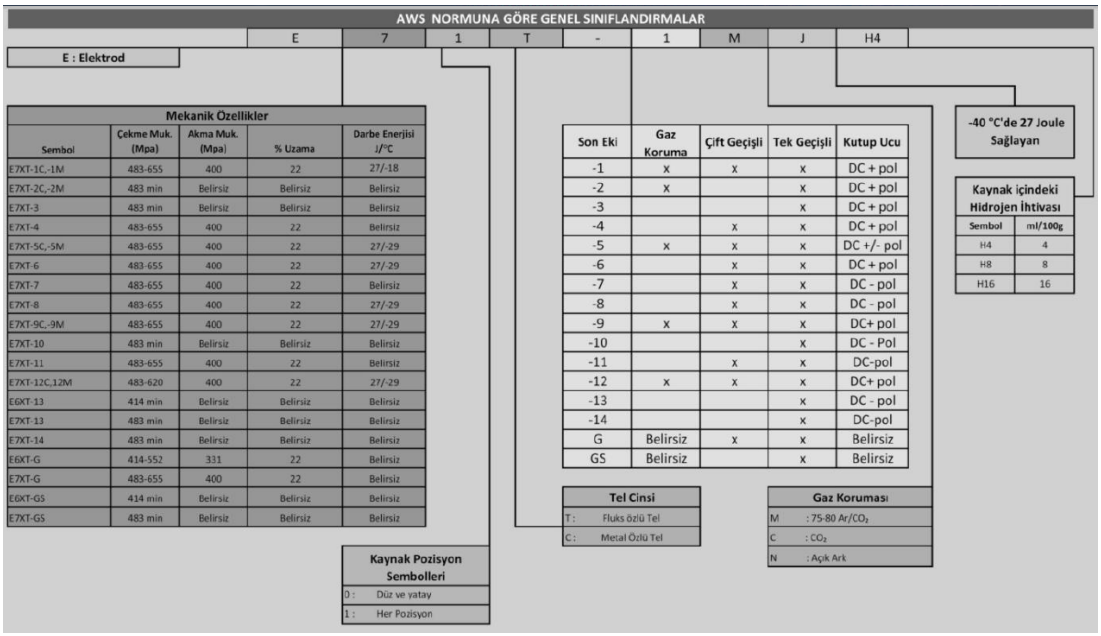
(1)İlave koruyucu bir gazın kullanılmayıp özün içerisinde bulunan kimyasallar, minerallerin ark esnasında bir atmosfer oluşturması ise "Kendinden Korumalı"

(2)İlave, dışarıdan verilen bir koruyucu gaz ile yapılması halinde "Gaz Korumalı"

4.8 Genel Standartlar



Şekil 4. 26 EN 17632-2009 normuna göre sınıflandırmalar [7]



Şekil 4. 27 AWS normuna göre genel sınıflandırmalar [7]

DIN 8555 NORMUNA GÖRE SINIFLANDIRMALAR						
	E	23	UM	250	CKNPTZ	
	1	2	3	4	5	
1	Elle ark kaynağının kısa sembolü					

2	Kısa Sembol	Alaşım Grubu ve Uygulamalar
	1	%0.4 C'a kadar alaşımsız veya en fazla %0.4 C'a kadar düşük alaşımlı. Toplamda en fazla %5'e tekabül eden alaşım elementleri: Cr, Mn,Mo,Ni. Yumuşak yüzeyleme, doldurma kaynağı ve tampon katmanlarında kullanılır.
	2	%0.4'ten daha fazla C içeren alaşımsız veya %0.4'ten daha fazla C içeren düşük alaşımlı. Toplamda en fazla %5'e tekabül eden alaşım elementleri: Cr, Mn,Mo,Ni. Merdanelerde kullanılır.
	3	Alaşımlı. Sıcak İşlem Çelikleri ve Sıcak İşlem Takımlarına uygun özelliklerdedir.
	4	Alaşımlı. Yüksek hız çelikleri, kesme takımları, mandreller, makas bıçakları, bıçaklar, matkap uçlarında kullanılır.
	5	Kav oluşumuna ve kükürtlü gazlara karşı dayanıklılık için düşük karbonlu (yaklaşık %0.2C'a kadar) ve %5'ten fazla Cr içeren alaşımlı. Korozyon dirençli yüzeyler için %12 Cr'lu (vana kısımları, fırın kısımları) olarak kullanılır.
	6	Yüksek karbonlu (yaklaşık %0.2-2.0 C) ve %5'ten fazla Cr içeren alaşımlı. Kesme takımları, makas bıçakları, soğuk hadde kafalarında kullanılır.
	7	%11 ila %18 arası Mn, %0.5'ten fazla C ve %3'e kadar Ni içeren östenitik çelik. Geniş yüzey işlemlerinde (aşınma plakaları, kırıcı çeneleri, kazıcı dişleri, saplamalar) kullanılır.
	8	Cr-Ni-Mn-östenitik çelik. Ezici parçaları (orta şiddette gerilme), sviçler, raylar, su türbin parçalarında kullanılır.
	9	Cr-Ni çelikleri (korozyon ve ısıl dirençli) korozyon ve ısıl dirençli yüzeyler için kullanılır.
	10	Ek karbür oluşturucu içermeksizin, yüksek karbonlu ve yüksek Cr-alaşımlı. Maden ve demir-çelik endüstrisi ekipmanlarının bakımında, inşaat ve tarım endüstrisinde makine parçalarında, ağır ekskavatörlerde, sinter ezicilerde kullanılır.
	20	Co-Esaslı, Cr-W-Alaşımlı, tüm tiplerde Ni ve Mo takviyeli veya takviyesiz, içten yanmalı motorlarda vana yatakları ve egzoz vanalarında, buhar motorlarının vana yataklarında, pompa şaftları ve şiddetli korozyon ve erozyona maruz kalan benzeri parçalarda kullanılır.
	21	Karbür esaslı (sinterlenmiş veya döküm). Kayalık zeminde çalışmak için takım ve makine parçaları, matkap ve benzeri takımlar, seramik endüstrisinde pres civatalarında kullanılır.
	22	Ni-Esaslı, Cr-alaşımlı, Cr-B alaşımlı, beton pompaları vanaları, civataları, şaftlarında kullanılır.
	23	Ni-Esaslı, Mo-alaşımlı, Cr takviyeli veya takviyesiz. Sıcak işlem takımları, kimyasal aparatlardaki vanaların temas yüzeyleri, yüksek sıcaklıklara maruz kalan Ni-Cr-Mo alaşımlarının çalışma yüzeylerindeki aşınmalarda kullanılır.
	30	Cu-Esaslı, Sn-alaşımlı, rulman yatakları,şaftlar, vanalar,takım tekerleklerinde kullanılır.
	31	Cu-Esaslı, Al-alaşımlı, kimya, kağıt, gıda ve elektrik endüstrisindeki makine parçalarında kullanılır.
	32	Cu-Esaslı, Ni-alaşımlı artıcılar, deniz suyu boruları,soğutucular, kimyasal aparatlar ve ısı değiştiricilerde kullanılır.

3	Sembol	Tip
	GW	Haddelenmiş
	GO	Döküm
	GZ	Çekilmiş
	GS	Sinterlenmiş
	GF	Doldurulmuş
	UM	Örtülü halde

4	Sertlik Sınıfı	Sertlik Dercesi
	40	37 – 42 HRc
	45	>42 – 47 HRc
	50	>47 – 52 HRc
	55	>52 – 57 HRc
	60	>57 – 62 HRc
	65	>62 – 67 HRc
	70	>67 HRc
	150	125 – 175 HB
	200	>175 – 225 HB
	250	>225 – 275 HB
	300	>275 – 325 HB
	350	>325 – 375 HB
	400	>375 – 450 HB

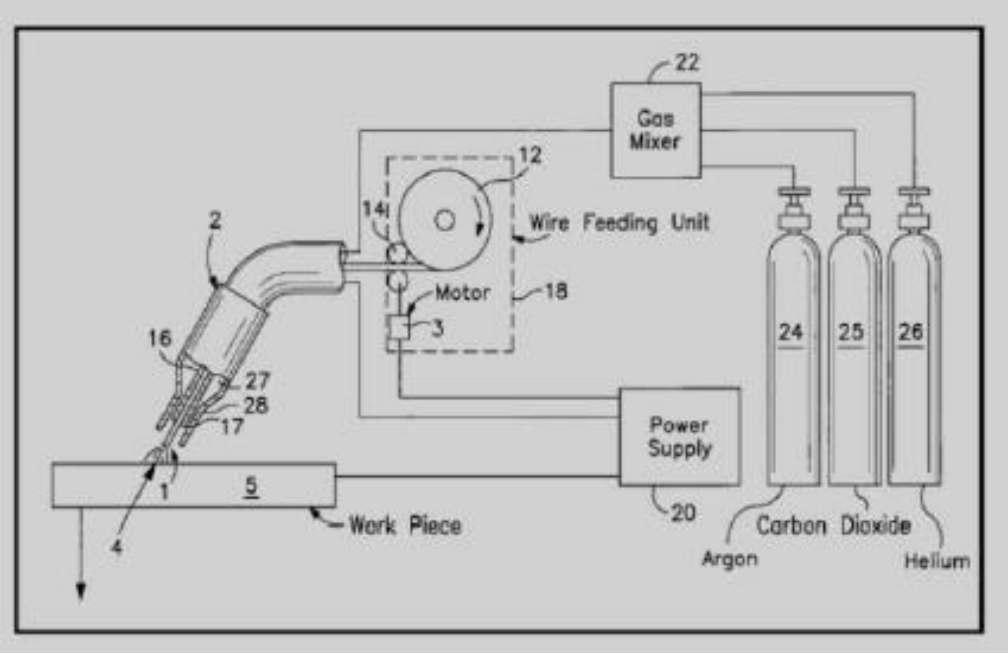
5	Sembol	Kaynak Metali Özelliği
	C	Korozyon Dirençli
	G	Aşınma Dayanımlı
	K	İşlem Sertleşmeli
	N	Mıknatıslanma Göstermeyen
	P	Darbe Dayanımlı
	R	Paslanmaz
	S	Kenar Mukavemetli (Yüksek Hız Çeliği)
	T	Sürünme Dayanımlı (Yüksek Hız Çeliği)
	Z	Sıcaklığa Dayanıklı (Sıc. > 600°C)

Şekil 4. 28 DIN 8555 normuna göre sınıflandırmalar [7]

SERTLİK DÖNÜŞÜM TABLOSU *HARDNESS TRANSFORMATION TABLE*				
ÇEKME DAYANIMI *TENSILE STRENGTH* (Mpa)	BRINELL SERTLİĞİ *BRINELL HARDNESS* (HB)	VICKERS SERTLİĞİ *VICKERS HARDNESS* (HV)	ROCKWELL SERTLİĞİ *ROCKWELL HARDNESS* (HRb)	ROCKWELL SERTLİĞİ *ROCKWELL HARDNESS* (HRc)
285	86	90	-	-
320	95	100	56.2	-
350	105	110	62.3	-
385	114	120	66.7	-
415	124	130	71.2	-
450	133	140	75	-
480	143	150	78.7	-
510	152	160	81.7	-
545	162	170	85	-
575	171	180	87.1	-
610	181	190	89.5	-
640	190	200	91.5	-
675	199	210	93.5	-
705	209	220	95	-
740	219	230	96.7	-
770	228	240	98.1	-
800	238	250	99.5	-
820	242	255	-	23.1
850	252	265	-	24.8
880	261	275	-	26.4
900	266	280	-	27.1
930	276	290	-	28.5
950	280	295	-	29.2
995	295	310	-	31
1030	304	320	-	32.2
1060	314	330	-	33.3
1095	323	340	-	34.4
1125	333	350	-	35.5
1155	342	360	-	36.6
1190	352	370	-	37.7
1220	361	380	-	38.7
1255	371	390	-	39.8
1290	380	400	-	40.8
1320	390	410	-	41.8
1350	399	420	-	42.7
1385	409	430	-	43.6
1420	418	440	-	44.5
1455	128	450	-	45.3
1485	437	460	-	46.1
1520	447	470	-	46.9
1555	456	480	-	47.7
1595	466	490	-	48.4
1630	475	500	-	49.1
1665	485	510	-	49.8
1700	494	520	-	50.5
1740	504	530	-	51.1
1775	513	540	-	51.7
1810	523	550	-	52.3
1845	532	560	-	53
1880	542	570	-	53.6
1920	551	580	-	54.1
1955	561	590	-	54.7
1995	570	600	-	55.2
2030	580	610	-	55.7
2070	589	620	-	56.3
2105	599	630	-	56.8
2145	608	640	-	57.3
2180	618	650	-	57.8

Şekil 4. 29 Sertlik dönüşüm tablosu [7]

EN 14175:2010 - KORUYUCU GAZLAR / *SHIELDING GASES*						
Sembol		**% Hacimsel Oranlar**				
Grup *Group*	**Kod** *Code*	**Oksitleyici** *Oxidizing*		**Soygaz** *Noble Gas*		**İndirgeyici** *Reducing*
		CO_2	**O_2**	**Ar**	**He**	**H_2**
R	1	-	-	Kalan / *Rest*	-	> 0-15%
	2	-	-	Kalan / *Rest*	-	> 15-35%
I	1	-	-	100%	-	-
	2	-	-	-	100%	-
	3	-	-	Kalan / *Rest*	> 0-15%	-
M1	1	> 0-5%	-	Kalan / *Rest*	-	> 0-5%
	2	> 0-5%	-	Kalan / *Rest*	-	-
	3	-	> 0-3%	Kalan / *Rest*	-	-
	4	> 0-5%	> 0-3%	Kalan / *Rest*	-	-
M2	1	> 5-25%	-	Kalan / *Rest*	-	-
	2	-	> 3-10%	Kalan / *Rest*	-	-
	3	> 0-5%	> 3-10%	Kalan / *Rest*	-	-
	4	> 5-25%	> 0-8%	Kalan / *Rest*	-	-
M3	1	> 25-50%	-	Kalan / *Rest*	-	-
	2	-	> 10-15%	Kalan / *Rest*	-	-
	3	> 5 -50%	>8-15%	Kalan / *Rest*	-	-
C1	1	100%	-	-	-	-
	2	Kalan / *Rest*	> 0-30%	-	-	-
F1	1	-	-	-	-	100%
	2	-	-	-	> 0-50%	Kalan / *Rest*



Şekil 4. 30 Koruyucu gazlar [7]

4.9 Çeliklerin Kaynağında Kullanılan Tel ve Özlü Tel Elektrodların Sınıflandırılması

Çeliklerin ergiyen elektrod ile gazaltı kaynağında (MIG-MAG) kullanılan tel ve özlü tel elektrodlar ülkemizde TS, Alman DIN standardlarma ve Amerikan AWS'a göre sınıflandırılır. Ülkemizde bu konuda sadece az alaşımlı çeliklerin kaynağı için kullanılan çelik tellere ait bir standard bulunmaktadır (TS 5618). Uygulamada bu halin dışında yukarıda belirtildiği gibi DIN ve AWS standardlarma başvurulmaktadır [5].

Birçok metal ve alaşımın gazaltı kaynağı için geliştirilmiş olan elektrodlar genellikle her iki standardda kimyasal bileşimlerine göre sınıflandırılmış olmasına karşın, çelikler halinde bir istisna olarak hem kimyasal bileşim ve hem de mekanik özelikler bir arada sınıflandırma kriteri olarak kullanılmışlardır [5].

AWS standardında MIG-MAG kaynak elektrodlarının simgeleri 4 grup işaretten oluşmuştur:

1- Simgenin baş kısmındaki E harfi elektrod olduğunu ve MIG-MAG kaynağında kullanılabileceğini gösterir; bunu takiben bulunan R harfi ise aynı elektrodun TIG kaynağında da kullanılabileceğini belirtir.

2- 2 veya 3 hane halinde verilmiş olan rakamlar kaynak telinin nominal çekme mukavemetini belirtir.

3- Rakamlardan sonra gelen harf kaynak telinin türünü belirtir, S standard dolu teli. C ise özlü tel elektrodu belirtir.

4- En sonda bulunan rakam veya harfler telin özel bileşimini belirtir.

AWS Standard No.	Meta!
A5.7	Bakır ve bakır alaşımlar*
A5.9	Paslanmaz çelikler
A5.10	Alüminyum ve alürrunyjn alaşımları
A5.14	Nikel ve alaş;mlan
A5.1Ô	Titanyum ve titanyum alaş;mlan
A5.18	Karbonlu çelikler
A5.19	Magnezyum alaşımlar;
A5.24	Zirkonyum ve alaşımlar!
A5.28	Az alaştrr.lı çelikler

Şekil 4. 31 MIG-MAG kaynağında kullanılan elektrodların AWS standart numaraları [5]

Alman DIN normlarında ise, MIG-MAG kaynağında kullanılan elektrodlar çeşitli normlar halinde de gruplandırılmışlardır. Bu standardlarda, tellerin çaplan, toleransları, yüzey durumları, ambalajlanma ve pazara sunma biçimleri ile kimyasal bileşimleri belirtilmiştir.

Gazaltı kaynağında kullanılan elektrodlar ile ilgili DIN normları şunlardır:
DIN 8559 Alaşımlı ve alaşımsız çeliklerin kaynağında kullanılan gazaltı kaynağı için tel elektrodlar, DIN 8575 Sıcaklığa dayanıklı çelikler için gazaltı kaynağı tel elektrodları,

	C	Mn	Si	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu	Diğer
					C'lu çelikler					
ER70S-2	07	90-1 40	40- 70	025	035	—	—	—	50	Ti, Zr, Al
ER70S-3	06- 15	90-1 40	45- 70	025	035	—	—	—	50	—
ER70S-4	07- 15	1 00-1 50	65- 85	025	035	—	—	—	50	—
ER70S-5	07- 19	90-1 40	30- 60	025	035	—	—	—	50	Al
ER70S-6	07- 15	1 40-1 85	80-1 15	025	035	—	—	—	50	—
ER70S-7	07- 15	1 50-2 00	50- 80	025	035	—	—	—	50	—
ER70S-G	Kimyasal bileşim serbest									
					Cr-Mo Çelikleri					
ER80S-B2	07- 12	40- 70	40- 70	025	025	20	1 2-1 5	40- 65	35	—
ER80S-B2L	05	40- 70	40- 70	025	025	20	1 2-1 5	40- 65	35	—
ER90S-B3	07- 12	40- 70	40- 70	025	025	20	2 3-2 7	90-1 20	35	—
ER90S-B3L	05	40- 70	40- 70	025	025	20	2 3-2 7	90-1 20	35	—
E80C-B2L	05	40-1 00	25- 60	025	030	20	1 00 1 5	40- 65	35	—
E80C-B2	07- 12	40-1 00	25- 60	025	030	20	1 0 1 50	40- 65	35	—
E90C-B3L	05	40-1 00	25- 60	025	030	20	2 0-2 5	90-1 20	35	—
E90C-B3	07- 12	40-1 00	25- 60	025	030	20	2 0-2 5	90-1 20	35	—
					Ni Çelikleri					
ER80S-Ni1	12	1 25	40- 80	025	025	80-1 10	15	15	35	V
ER80S-Ni2	12	1 25	40- 80	025	025	2 00-2 75	—	—	35	—
ER80S-Ni3	12	1 25	40- 80	025	025	3 00-3 75	—	—	35	—
E80C-Ni1	12	1 25	60	025	030	80-1 10	—	65	35	V
E80C-Ni2	12	1 25	60	025	030	2 00-2 75	—	—	35	—
E80C-Ni3	12	1 25	60	025	030	3 00-3 75	—	—	35	—
					Mn. Mo Çelikleri					
ER80S-D2	07- 12	1 60-2 10	50- 80	025	025	15	—	40- 60	50	—
					Diğer az alaşımlı çelikler					
ER100S-1	08	1 25-1 80	20- 50	010	010	1 40-2 10	30	25- 55	25	V, Ti, Zr, Al
ER100S-2	12	1 25-1 80	20- 60	010	010	80-1 25	30	20- 55	35 - 65	V, Ti, Zr, Al
ER110S-1	09	1 40-1 80	20- 55	010	1 90-2 60		50	25- 55	25	V, Ti, Zr, Al
ER120S-1	10	1 40-1 80	25- 60	010	2 00-2 80		60	30- 65	25	V, Ti, Zr, Al
ERXXS-G	Kimyasal bileşim serbest									
EXXC-G	Kimyasal bileşim serbest									

Şekil 4. 32 AWS A5.18 , A5.28'e göre çelik tel elektrodların kimyasal bileşimi ile özlü tel elektrodlarda kaynak metali bileşimi [5]

DIN 8556 Paslanmaz ve ısıya dayanıklı çeliklerin gazaltı kaynağı için tel elektrodlar

DIN 1732 Alüminyum için kaynak ilave metali

DIN 1733 Bakır ve alaşımları için tel elektrodlar

DIN 1736 Nikel ve alaşımları için tel elektrodlar

Simge	Malzeme No.	Kimyasal Bileşim % C	Si	Mn	P ≤	S ≤	Cu ≤	Müsaade edilen Safsızlık
SG 1	1.5112	0,07 - 0,12	0,5 - 0,7	1,0 - 1,3	0,025	0,025	0.30	Cr 0.15 V 0.05 Zr+Ti 0.15 Al 0.02 Ni 0.15 Mo 0.15
SG 2	1.5125	0,07 - 0,14	0,7 - 1,0	1,3 - 1,6	0,025	0,025	0,30	
SG 3	1.5130	0,07 - 0,14	0,8 - 1,20	1,6 - 1,9	0,025	0,30	0,30	

Şekil 4. 33 DIN 8559 ve TS 5618'e göre alaşımsız ve az alaşımlı çeliklerin kaynağında kullanılan tel elektrodların kimyasal bileşimi [5]

Simge	Kimyasal Bileşim % C	Si	Mn	P ≤	S ≤	Cu ≤	Ni ≤	Müsaade edilen Safsızlık
SG R 1	0.05 - 0,12	0,2 - 0,6	0,8 - 1,4	0.03	0.03	0,35	0,7	Cr 0.15 V 0.05 Zr+Ti 0.15 Al 0.02 Mo 0.15
SG B 2	0.05 - 0,12	0,15 - 0,45	0,8 - 1,6	0.03	0.03	0.35	0.7	

Şekil 4. 34 DIN 8559 ve TS 5618'e göre alaşımsız ve az alaşımlı çeliklerin kaynağında kullanılan özlü tel elektrodlar ile yapılmış kaynak dikişlerinin kimyasal bileşimleri [5]

ÇAPLAR	
Anma Boyutu	Toleranslar
1.0 1.2 1.4	+0.01 —0.03
1.6	+0.01 —0.05
2.0 2.4	+0.01 —0.06
3.0 3.2 4.0	+0.2 —

Şekil 4. 35 Özlü tel elektrodların çap ve toleransları (DIN 8559) [5]

ÇAPLAR	
Anma Boyutu	Toleranslar
(0.5)	+0,01 —0,02
0.8 0.9 1,0 1.2 1.4	+0,01 —0,03
1.6	+0,01 —0,04
2.0 2.4	+0,01 —0,05
(3.2)	+0,01 —0,06

Şekil 4. 36 Tel elektrodların çap ve toleransları (DIN 8559) [5]

Tel Çapı (mm.)	0,6	0,8	0,9	1,0	1,2	1,6 2,0	2,4 3,2
En az çekme mukavemeti 1) (N/mm²)	1100	1100	1000	950	900	700	600
1) D100 kod numaralı makaralara sarılan tel elektrodların çekme mukavemetleri yukarıda belirtilenlerin % 50-70'i olarak alınabilir.							

Şekil 4. 37 DIN 8559 ve TS 5618'e göre çelik tel elektrodların çekme mukavemet değerleri [5]

BÖLÜM 5

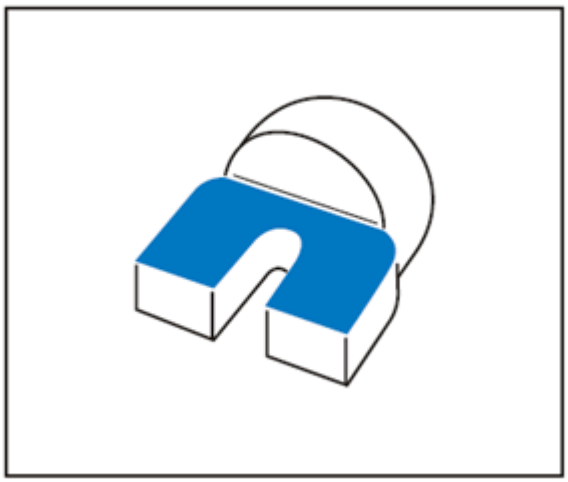
ENDÜSTRİDE ÖZLÜ TEL ELEKTROD UYGULAMALARI

Özlü tel elektrodlar piyasada çok çeşitli amaçlara yönelik kullanılmaktadırlar ve çok geniş kullanım alanı bulmaktadırlar.

Özlü tel elektrodlar tampon dolgu ve birleştirme işlemlerinde kullanılabilirler.Şiddetli darbeye ve basınca karşı yüksek dayanım ve çatlama direnci gösterirler.

Kullanım Alanları ve Uygulamalar

- Giroskopik konkasör gömleklerinin darbe yüzeyleri
- Hadde tahrik millerinin muyluları , kaplinler
- Gezer vinç tekerlekleri ve rayları
- Rayların makas noktaları
- Darbeli çalışan kırıcı silindirler
- Kepçe dişlileri [7].

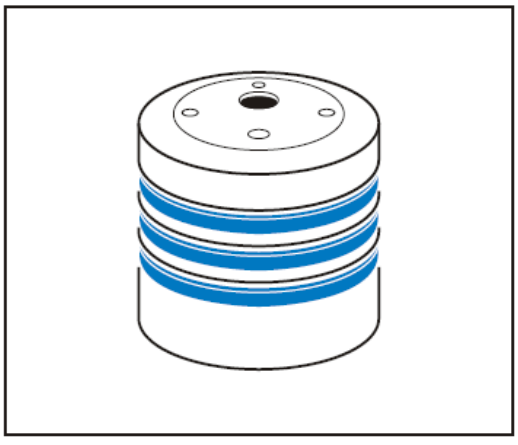


Şekil 5. 1 Muylu ve kaplinler [7]

Örnek olarak “Fe-Cr-Co-Mo” içeren ve sahip olduğu düşük sürtünme katsayısı sayesinde metal-metal aşınmasına karşı yüksek dayanım sağlayan , özel alaşımlı ve gaz korumalı sertdolgu özlü kaynak tel elektrodlar kaynak metali metal-metal aşınmasının yanında; oksidasyona , yorulmaya , kavitasyona ve yüksek çatlama sıcaklıklarında oluşan korozyon aşınmasına karşı yüksek dayanım sağlar.Elde edilen kaynak metali çatlak içermemekle birlikte ilk pasoda istenilen sertlik değerine ulaşılır.Bu tip bir özlü tel elektrodun kullanım alanları ve ilgili uygulamalar aşağıda belirtilmiştir [7].

Kullanım Alanları ve Uygulamalar

- Gemi pistonları ve sübaplar
- Segman yuvaları
- Sıcak kesme bıçakları
- Çapak temizleme takımları
- Sıcak dövme takımları ve kalıpları
- Pres takımları
- Fırın parçaları
- Çelik boru ekstrüzyonunda kullanılan delici zımbalar
- Pompa elemanları
- Sıcak iş takımlarının dolgu yüzeyleri
- Sürekli dökümde kullanılan yönlendirme takımları ve sürücü makaralar [7].



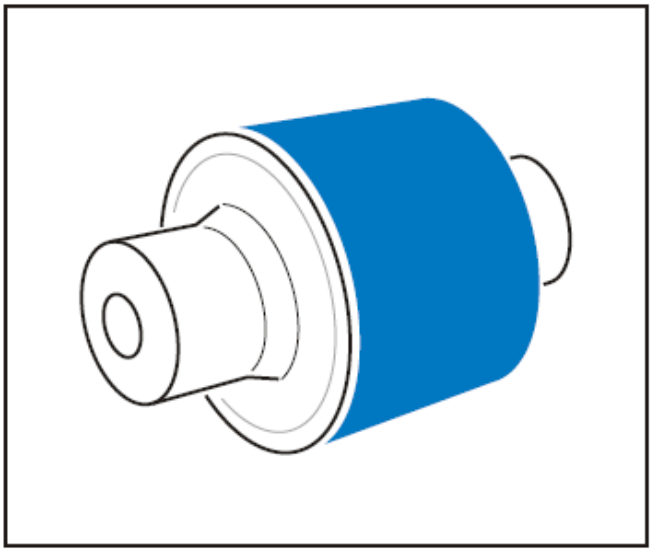
Şekil 5. 2 Gemi pistonları [7]

Bir başka örnek olarak; darbe ve basınçla birlikte görülen abrazyon aşınmasına karşı korunması için gerçekleştirilen sertdolgu kaynağı uygulamalarında kullanılan sertdolgu özlü tel elektrodunun kullanım alanları ve ilgili uygulamalar aşağıda belirtilmiştir [7].

Kullanım Alanları ve Uygulamalar

- Çimento fabrikalarındaki roller preslerin sert dolgu yüzeyleri
- Asfalt karıştırıcı kanatlar
- Şeker kamışı bıçakları ve parçalayıcıları
- Kağıt imalatında kullanılan odun küspesi bıçakları
- Darbeli deliciler
- Cevher kırıcı çekiçler
- Draglayn ve kırıcıların kepçe tırnakları ve darbe yüzeyleri
- Konik kırıcılar
- Kazıyıcı bıçaklar
- Öğütücü dişler
- Kılavuz raylar

-Tarım aletlerinin sert toprakla çalışan yüzeyleri [7]



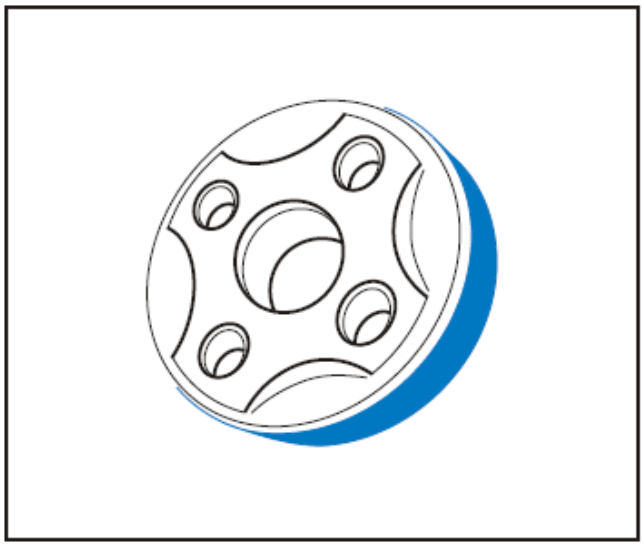
Şekil 5. 3 Roller presler [7]

Bir başka örnek olarak ; şiddetli abrazyon aşınmasına karşı dayanıklı , yapıda homojen dağılmış çok sert primer Nb-karbürler içeren sertdolgu özlü tel elektrod 450 °C'a kadarki çalışma sıcaklıklarına karşı dayanıklıdır.Dolgu metali düşük ve orta şiddetli

darbelere karşı da dayanım gösterir ve alevle kesme yöntemleri kullanılarak kesilemez.Elde edilen sert dolgu metali sadece taşlanarak işlenebilir.Yüksek sertlikten dolayı dikiş yüzeyinde enine çatlakların oluşması doğaldır [7].

- Kullanım Alanları ve Uygulamalar

- Çimento fabrikalarındaki öğütücü çelikler
- Kırıcı çekiç rotorları
- Kum karıştırıcı kol ve kanatlar
- Aşınma plakaları ve elekler
- Pompa fanları
- Toprak nakil helezonları
- Cüruf kırıcılar
- Kırıcı çeneler
- Konveyör zincirleri
- Kepçelerin toprakları temas eden yüzeyleri ve tırnakları
- Vidalı konveyörler
- Kumlama tesislerindeki kılavuzlar ve kum tutucu saclar [7]



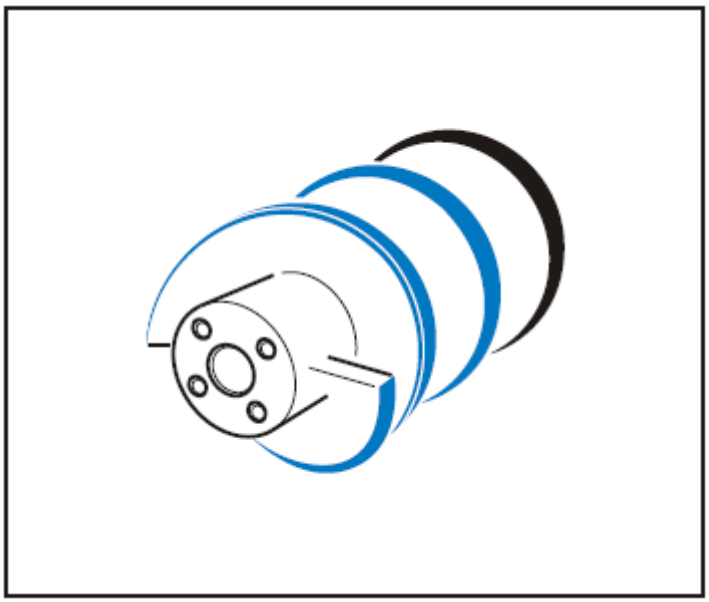
Şekil 5. 4 Konkasör kırıcı ve çekiç dişleri [7]

Bir başka örnek olarak ; çok şiddetli abrazyon aşınmasına karşı yüksek dayanım sağlayan “Cr-Nb ve B (Bor)” elementlerinin oluşturduğu sert karbürler içeren , östenitik matrikse sahip bir dolgu metali veren özlü tel elektrodu kullanımı ile tek pasolu kaynak

uygulamalarında çok yüksek sertlik değerleri elde edilir. Alevle kesme yöntemleri kullanılarak kesilemez.Elde edilen sertdolgu metali sadece taşlanarak işlenebilir [7]

Kullanım Alanları ve Uygulamalar

- Kömür ve fosfat madenlerinde kullanılan döner kepçeli ekskavatörlerin kepçe ağızları ve kazıyıcı dişleri
- Tuğla ve kil değirmenlerindeki matkaplar ve helezonlar
- Kum ile çalışan buldozer bıçakları ve kürek kepçelerinin ağızları ve kazıyıcıdişleri
- Kömür ocaklarında kullanılan aşınma plakaları ve nakil vidaları [7]



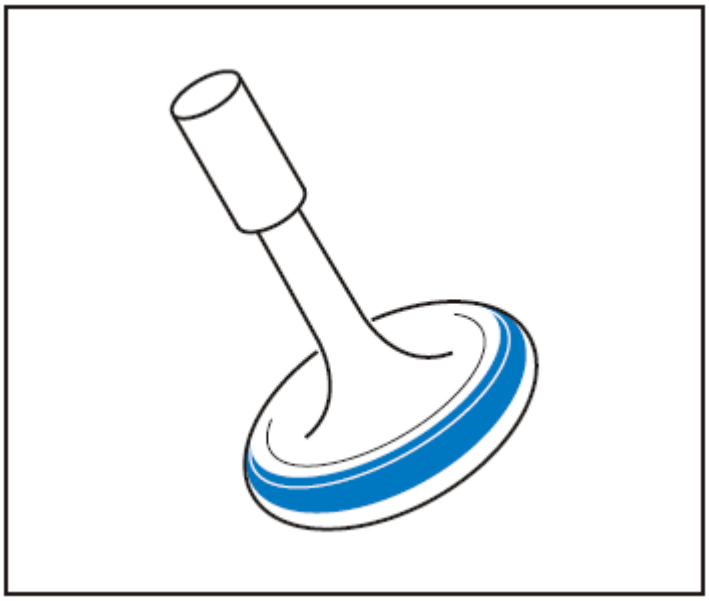
Şekil 5. 5 Kum nakil helezonları [7]

Yüksek alaşımlı çelikler , sıcak iş çelikleri , kendiliğinden sertleşebilen çelikler , yüksek manganlı çelikler ve nikel alaşımlarının kaynağında kullanılan özlü tel elektrod ile elde edilen dolgu metali yüksek oranda “Co” içermekte olup 800 °C’a kadarki ısıl şoklar , korozyon , oksidasyon ve basınç ile birlikte görülen metal-metal sürtünmesine karşı mükemmel dayanım gösterir.Elde edilen dolgu metali sertliğini yüksek çalışma sıcaklıklarında da korur.Kavitasyon aşınmasına karşı gösterdiği yüksek dayanım bir diğer önemli özelliğidir [7].

Kullanım Alanları ve Uygulamalar

- Sıcak dövme kalıpları

- Plastik ekstrüzyon vidaları
- Soğutma ızgaraları
- Tel çekme tesislerindeki tel yönlendirme kılavuzları
- Yüksek sıcaklıklarda çalışan pompa milleri
- Sıcak kesme bıçakları
- Buhar ve kimyasal vana sitleri ve klapeleri
- Sıcak çapak temizleme takımları
- Gemi dizel motorlarının sübap basma yüzeyleri
- Sıcak çelikleri tutan kavrama dişleri
- Yüksek çalışma sıcaklıklarında sertliğin korunması istenilen kalıpların yüzey dolgu işlemleri [7]



Şekil 5. 6 Gemi sübapları [7]

BÖLÜM 6

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada MAG kaynağında özlü tel elektrod tipinin kaynak dikişi özelliklerine etkisi incelenmiştir.Bu amaçla rutil ve bazik karakterli özlü tel elektrodlar kullanılarak deney numuneleri kaynak edilmiştir.Daha sonra bu numuneler, çekme , çentik darbe , eğme ve sertlik deneylerine tabi tutulmuştur.

6.1 Deneylerde Kullanılan Malzemeler

6.1.1 Ana Metal

Deneysel çalışmalarda ana metal olarak St 52 (EN 10025-3 / S355N) yapı çeliği kullanılmıştır.Kullanılan malzemenin kimyasal bileşimi aşağıdaki gibidir.

Çizelge 6. 1 Ana metalin kimyasal bileşimi

Kimyasal Bileşim (%)				
C	Si	Mn	P	S
0.2	0.53	1.6	0.029	0.021

Mekanik Özellikler

Akma Mukavemeti Re : 310 N/mm²

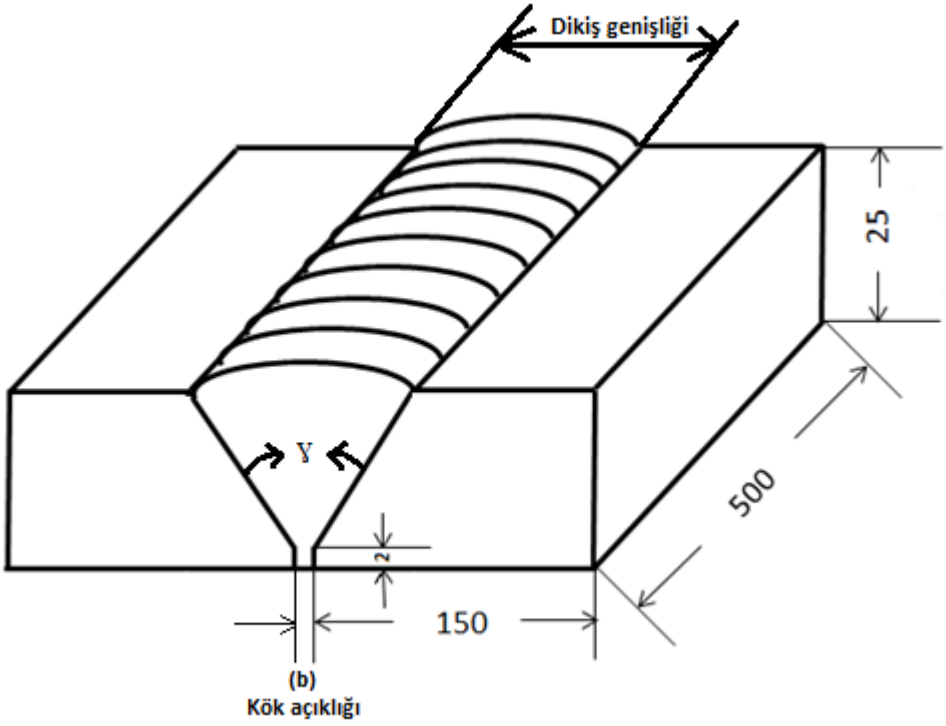
Çekme Mukavemeti Rm : 590 N/mm²

Yüzde Uzama : % 21

Darbe Dayanımı : -20 °C 40 J (Charpy V-Çentik)

-40 °C 24 J (Charpy V-Çentik)

Çalışmalarda iki adet St 52 malzeme kullanılmış olup, öncelikle bu malzemelerin her birine 30 ° V kaynak ağzı açılmıştır.Kaynak edilecek numuneler TS-EN ISO 15614-1 standardına uygun olarak hazırlanmıştır.Kullanılan ana malzemelerin ölçüleri aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 6. 1 Deneylerde kullanılan ana metalin ölçüleri

Tez çalışmasında numuneler üzerinde yazılı olan N19 ve N07 simgelerinin anlamları ise aşağıda verilmiştir :

N19 : Rutil karakterli özlü tel elektrod ile kaynak edilen ana malzemeler

N07 : Bazik karakterli özlü tel elektrod ile kaynak edilen ana malzemeleri ifade etmektedir.

6.1.2 Kullanılan Tel Elektrodlar

1-Rutil Karakterli Özlü Tel Elektrod

Tel Çapı : Ø 1.2 mm

Standartlardaki Gösterilişi:

AWS A5.20 / ASME SFA-5.20 : E71T-1C/9C

EN ISO 17632-A : T 46 3 P C 1 H10

Çizelge 6. 2 Rutil karakterli özlü tel elektrodun kimyasal bileşimi

Kimyasal Bileşim (%)				
C	Si	Mn	P	S
0.06	0.39	1.33	0.02	0.01

Mekanik Özellikler

Akma Mukavemeti Re : 460 N/mm²

Çekme Mukavemeti Rm : 550 N/mm²

Yüzde Uzama : % 32

Darbe Dayanımı : -20 °C 108 J (Charpy V-Çentik)

2-Bazik Karakterli Özlü Tel Elektrod

Tel Çapı : Ø 1.2 mm

Standartlardaki Gösterilişi:

AWS A5.20 / ASME SFA-5.20 : E71T-5C-JH4

: E71T-5M-JH4

EN ISO 17632-A : T 42 4 B C 2 H5

: T 42 4 B M 2 H5

Çizelge 6. 3 Bazik karakterli özlü tel elektrodun kimyasal bileşimi

Kimyasal Bileşim (%)				
C	Si	Mn	P	S
0.06	0.6	1.5	0.012	0.01

Mekanik Özellikler

Akma Muhavemeti Re : 420 Mpa

Çekme Mukavemeti Rm : 550 Mpa

Yüzde Uzama : % 27

Darbe Dayanımı : -20 °C 130 J (Charpy V-Çentik)

: -40 °C 80 J

: -50 °C 60 J



Şekil 6. 2 Bazik karakterli özlü tel elektrod

6.1.3 Koruyucu Gaz

Bu çalışmada koruyucu gaz olarak %100 CO2 gazı kullanılmıştır.Bilindiği gibi bu gaz, aktif bir gazdır.



Şekil 6. 3 CO2 gazı (koruyucu gaz tüpü)

6.1.4 Kaynak Makinesi

Deneylerde aşağıda resimlerde belirtilen MIG/MAG kaynak makinesi kullanılmıştır.



Şekil 6. 4 MIG/MAG kaynak tertibatı



Şekil 6. 5 Gazaltı kaynak makinesi

Deneylerde kullanılan MIG/MAG gazaltı kaynak makinesi özellikle gemi inşaa sanayi, tersaneler ile deniz üzerindeki platformlar gibi ağır çalışma şartlarında kullanım için özel olarak tasarlanan endüstriyel tip kaynak güç ünitesidir.Bu kaynak makinesi IP23 koruma standardına sahip olup kötü hava şartlarında bile tam performansla çalışmaktadır. Hassas parçalar, soğutma işlemi sırasında makine içine alınan havadan bağımsız noktalara sabitlenmiş ve dolayısıyla hava ile birlikte içeri giren toz, kir ve partiküllerin olumsuz etkilerinden korunmuştur.

LF-33 tel sürme ünitesiyle birlikte oluşturulan sistemin en büyük özelliği sahip olduğu yüksek performans, sağlamlık ve kullanım kolaylığıdır.Bu amaçla tasarlanan sistemlerde ana kontrol elemanları tel sürme ünitesinin dışında yer alırken, ikincil kontrol elemanları tel sürme ünitesi kasasının içerisine yerleştirilmiştir.

Su soğutmalı olarak tedarik edilen bu makineye ait diğer özellikler aşağıda verilmiştir.

- Her türlü kaynak uygulamasını destekleyen, yüksek çalışma çevrimine sahip özel tasarım,
- Üstün ark özelliği sağlayan çift endüktans,
- 2/4 tetik seçim anahtarı,
- Argon karışım gazı ve %100 CO2 gazı korumasında kusursuz ark oluşumu,
- Özel soğutma sistemiyle toz veya yabancı partiküllere maruz kalmayacak bir bölüme yerleştirilen elektronik kontrol kartı,
- Kusursuz tel besleme olanağı sağlayan geniş çaplı tel sürme makaraları ve 4 makaralı tel sürme sistemi,
- Kesintisiz gerilim ve tel besleme hızı kontrolü,
- Gaz testi, kaynaksız tel besleme (tel testi), geri-yanma ve tel hızlanma süresi (yavaş başlangıç) ayarı,
- Dijital ampermetre ve voltmetre,
- Geniş çaplı tekerlekler, tutma sapı ve taşıma halkalarıyla tam manevra kabiliyeti ve kolay taşıma olanağı,
- IEC974-1, ROHS ve CE emniyet ve güvenlik standartlarına uygunluk

Çizelge 6. 4 Kullanılan MIG/MAG makinesi teknik özellikleri

Besleme Gerilimi	400 V
	3 Faz
	50/60 Hz
Kaynak Akımı, Kaynak Gerilimi	420 A / 35 V / % 60
	320 A / 30 V / % 100
Sigorta Değeri	32 A
Akım Aralığı	30 - 420 A
Boşta Çalışma Gerilimi	43 V (max)
Boyutlar (YxGxD)	870 x 700 x 1030 mm
Ağırlık	155 kg

6.2 Kaynak İşlemlerinin Yapılışı

* İki adet 155 x 500 x 25 mm ebatlarında St 52 ana malzeme hazırlanmıştır.

* Malzemeler öncelikle iyi bir yüzey temizliğine tabi tutulmuş ve taşlama yolu ile 150 x 500 x 25 mm ebatlarına getirilmiştir.



Şekil 6. 6 Taşlama yolu ile ana malzemeleri istenilen boyuta getirme



Şekil 6. 7 Son boyuta getirilen ana malzemeler

* İki ana malzemeye de 30 ° lik V kaynak ağızları açılmıştır.



Şekil 6. 8 Kaynak ağızları açılmış ana malzemeler



Şekil 6. 9 30 ° kaynak ağzı açılmış ana malzeme

* Şekil 6.1'de de belirtildiği gibi iki ana malzemenin kaynak ağzı birleşme bölgelerine 2 mm'lik pah kırılmıştır. Kök açıklığında ve yüksekliğinde ana malzemeye 2 mm pah kırılmasının sebebi; her ne kadar kusursuz kaynak işlemi yapılırsa yapılsın pah kırılmadığı taktirde kök paso işleminde birleşme bölgelerinde boşluk oluşabilme riskinin bulunmasıdır. Kök pasonun bir kaynak işleminde en önemli ve kritik paso olmasından dolayı deney numunelerinin kaynağına başlamadan önce bu tedbire ve işleme başvurulmuştur.



Şekil 6. 10 Kaynak ağzı bölgesine kırılan 2 mm’lik pah

Bilindiği gibi kaynak işleminin neden olduğu yerel sıcaklık farklılıkları genleşme ve çekme farklılıklarına, bu durum ise distorsiyonlara (çarpılmalara) yol açmaktadır.Çarpılmaları azaltıcı pek çok önlem bulunmaktadır. Bunlardan biri de "çekme kuvvetlerinin sonradan yaratacağı çarpıklığı önceden ters yönde vererek" başka bir anlatımla ters açı (geri esneme açısı) verip eğri çatarak onları düzgün elde etmek mümkündür.

* Yukarıdaki açıklamaların ışığında ana malzemeler daha önceki tecrübelerden edinilen bilgilere göre toplamda 14 ° lik geri esneme açısı ile eğri çatılmışlardır.



Şekil 6. 11 Ters açı kadar açılı tutulan ana malzemeler



Şekil 6. 12 Kaynak işlemine başlamadan önce verilen ters açı (geri esneme açısı)

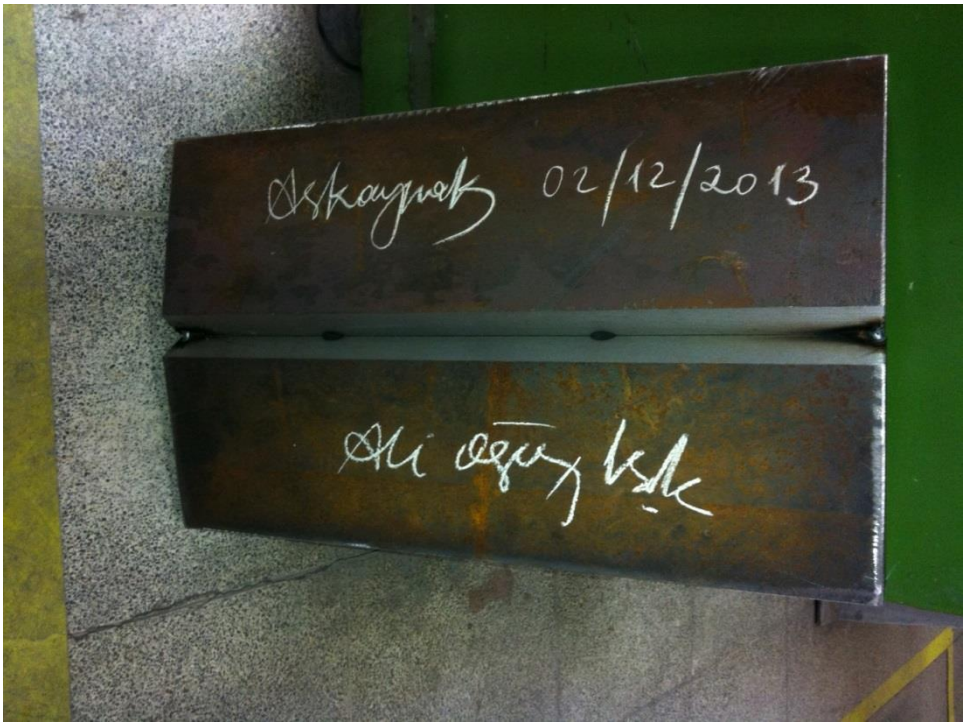


Şekil 6. 13 Ana malzemelere verilen açının ölçülmesi



Şekil 6. 14 Ana malzemelere verilen açının ölçülmesi

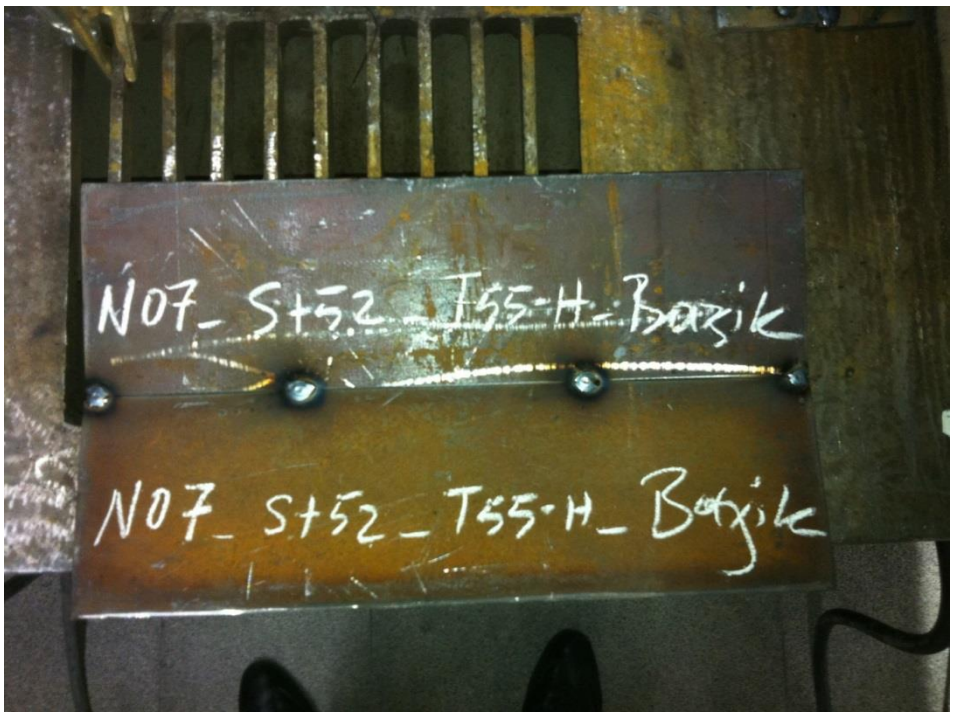
* Malzemeler üzerinde önceden belirtilmiş geri esneme açısı var iken ana malzemelere toplamda 4 adet punta kaynak işlemi uygulanmıştır.Punta işleminde gazaltı SG2 (ER70-S6, G3 Si 1) teli kullanılmıştır.



Şekil 6. 15 Ana malzemeleri sabit tutmak için yapılmış 4 adet punta işlemi

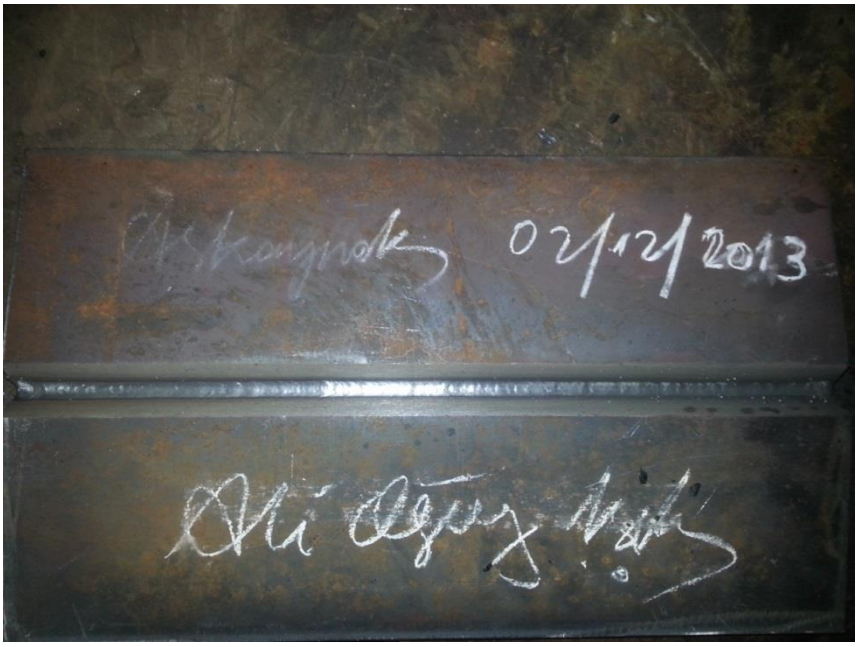


Şekil 6. 16 Rutil karakterli özlü tel elektrod ile kaynak edilecek malzemelerin puntalanması



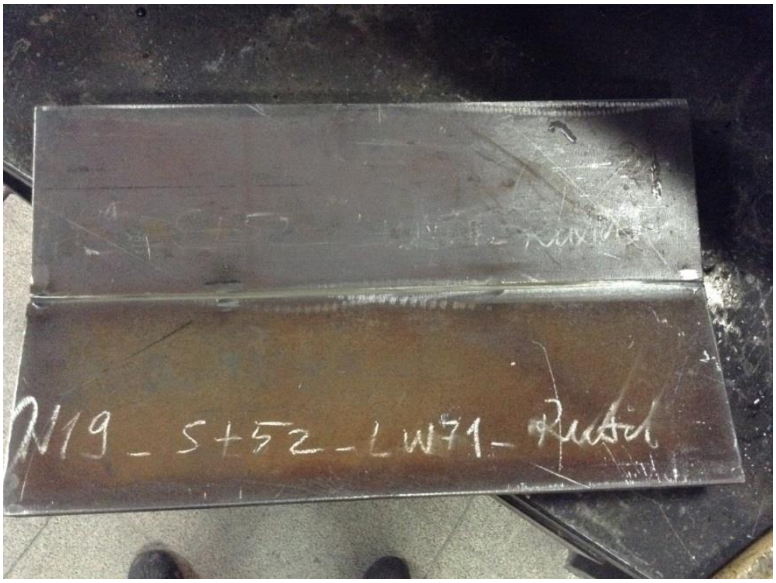
Şekil 6. 17 Bazik karakterli özlü tel elektrod ile kaynak edilecek malzemelerin puntalanması

* Daha sonra öncelikle kök paso atılmıştır.



Şekil 6. 18 Kök paso çekilmesi

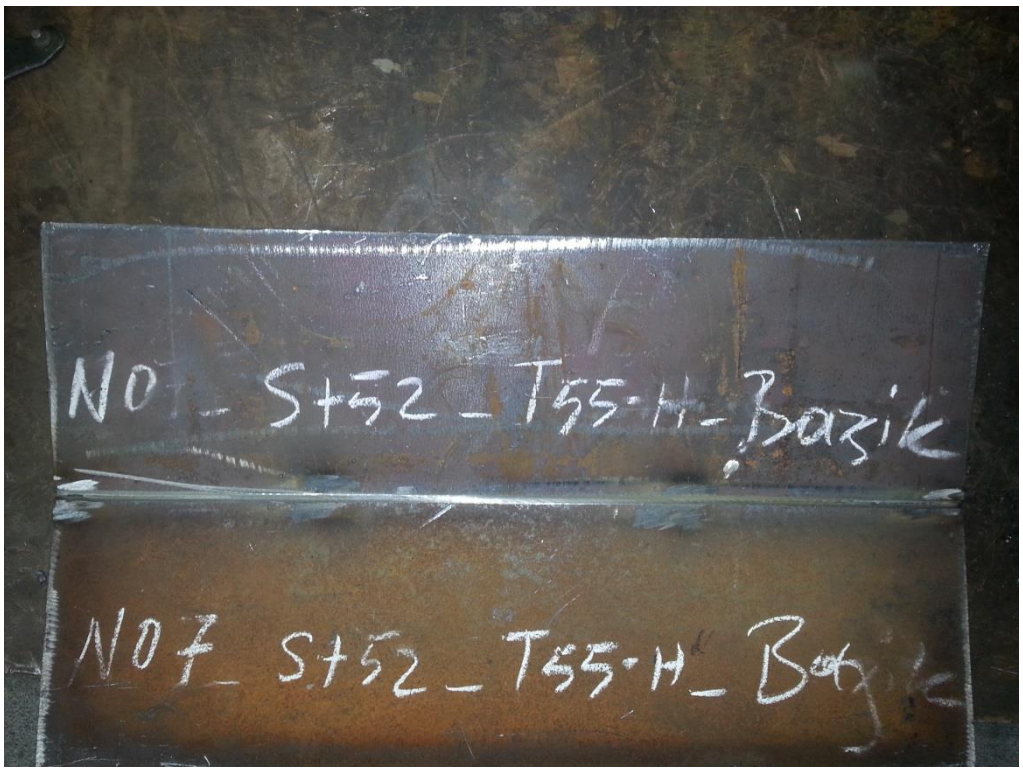
* Bilindiği üzere çok pasolu bir kaynak işleminde kök paso çok ayrı bir öneme sahiptir, dolayısıyla da bu pasoda olası kaynak hatalarını ortadan kaldırmak amacıyla kök paso atıldıktan sonra malzeme ters çevrilip taşlama işlemi ile bu paso yarma işlemine tabi tutulmuştur.



Şekil 6. 19 Rutil karakterli özlü tel elektrod kaynak edilen malzemenin kök paso çekildikten sonra ters çevrilip kök pasonun yarılması



Şekil 6. 20 Rutil karakterli özlü tel elektrod kaynak edilen malzemenin kök paso çekildikten sonra ters çevrilip kök pasonun yarılmasının bir başka gösterimi



Şekil 6. 21 Bazik karakterli özlü tel elektrod kaynak edilen malzemenin kök paso çekildikten sonra ters çevrilip kök pasonun yarılması



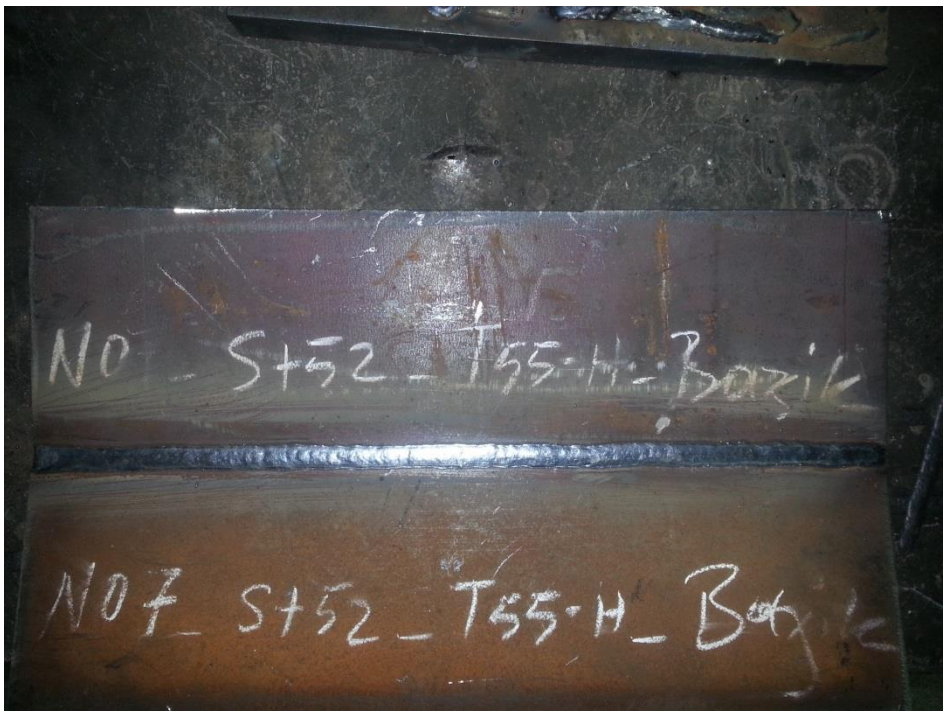
Şekil 6. 22 Bazik karakterli özlü tel elektrod kaynak edilen malzemenin kök paso çekildikten sonra ters çevrilip kök pasonun yarılmasının bir başka gösterimi

* Yarılan kısma bir paso daha kaynak işlemi uygulanmıştır.



Şekil 6. 23 Kök pasonun yarılan kısmına bir paso kaynak çekilmesi

* Ardından tekrardan malzeme ters çevrilerek kaynak ağzı bölgesine çok pasolu kaynak işlemi uygulanmış ve kaynak ağzı bölgesi doldurulmuştur.

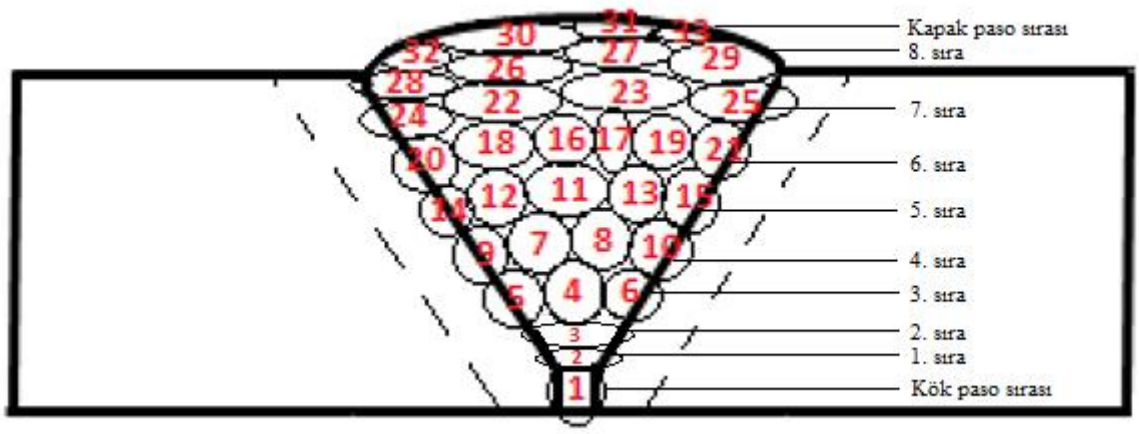


Şekil 6. 24 Bazik karakterli özlü tel elektrod kullanılarak kaynak ağzının doldurulması



Şekil 6. 25 Bazik karakterli özlü tel elektrod kullanılarak kaynak ağzının doldurulmasının bir başka gösterimi

* Dolgu kaynağındaki paso sayısı ve sıraları Şekil 6.26'da gösterilmiştir.



Şekil 6. 26 Dolgu kaynağında paso sayısı ve sırası

* Rutil ve bazik karakterli özlü tel elektrod ile yapılan kaynak işleminde %100 CO2 koruyucu gaz kullanılmıştır.

* Dolgu işlemi tamamlandıktan sonra ana malzeme düz hale gelmiştir ve yapılacak deneyler için numunelerin çıkarılmasına hazır haldedir.



Şekil 6. 27 Rutil karakterli özlü tel elektrod ile kaynak edilen malzemeden test numunelerinin çıkarılması



Şekil 6. 28 Bazik karakterli özlü tel elektrod ile kaynak edilen malzemeden test numunelerinin çıkarılması



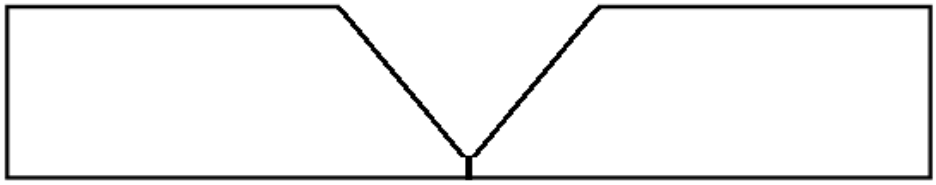
Şekil 6. 29 Numaralama (Markalama)

1 numara ile markalananlar rutil özlü tel elektrod test numunelerini simgelemektedir.

2 numara ile markalananlar bazik özlü tel elektrod test numunelerini simgelemektedir.

* Rutil karakterli özlü tel elektrod ile yapılan kaynak işleminin parametreleri aşağıdaki gibidir.Bu bilgiler aynı zamanda WPS'te (Welding Procedure Sheet) de belirtilmiştir.

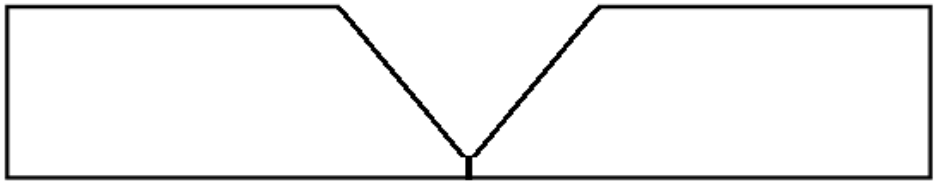
Çizelge 6. 5 Rutil karakterli özlü tel elektrod ile yapılan kaynak işleminin parametreleri



PASO	Ø(mm)	KUTUPLAMA	GERİLİM (V)	AKIM (A)	MALZEME YÜZEYİNDE KAYNAĞA BAŞLANILDIĞINDA ÖLÇÜLEN SICAKLIK (°C)	MALZEME YÜZEYİNDE KAYNAK BİTTİĞİNDE ÖLÇÜLEN SICAKLIK (°C)
1 (Kök)	1.20	DC(-)	27	230	25	90
2 (Ters taraf)	1.20	DC(-)	27	230	70	85
3	1.20	DC(-)	27	230	100	150
4	1.20	DC(-)	27	230	120	149
5	1.20	DC(-)	27	230	145	182
6	1.20	DC(-)	27	230	90	140
7	1.20	DC(-)	27	230	110	150
8	1.20	DC(-)	27	230	150	187
9	1.20	DC(-)	27	230	170	190
10	1.20	DC(-)	27	230	144	166
11	1.20	DC(-)	27	230	164	198
12	1.20	DC(-)	27	230	160	201
13	1.20	DC(-)	27	230	182	197
14	1.20	DC(-)	27	230	195	237
15	1.20	DC(-)	27	230	207	238
16	1.20	DC(-)	27	230	204	212
17	1.20	DC(-)	27	230	210	235
18	1.20	DC(-)	27	230	169	205
19	1.20	DC(-)	27	230	200	240
20	1.20	DC(-)	27	230	221	240
21	1.20	DC(-)	27	230	190	210
22	1.20	DC(-)	27	230	197	243

* Bazik karakterli özlü tel elektrod ile yapılan kaynak işleminin parametreleri aşağıdaki gibidir.Bu bilgiler aynı zamanda WPS'te (Welding Procedure Sheet) de belirtilmiştir.

Çizelge 6. 6 Bazik karakterli özlü tel elektrod ile yapılan kaynak işleminin parametreleri



PASO	Ø(mm)	KUTUPLAMA	GERİLİM (V)	AKIM (A)	MALZEME YÜZEYİNDE KAYNAĞA BAŞLANILDIĞINDA ÖLÇÜLEN SICAKLIK (°C)	MALZEME YÜZEYİNDE KAYNAK BİTTİĞİNDE ÖLÇÜLEN SICAKLIK (°C)
1 (Kök)	1.20	DC(-)	27	250	23	120
2 (Ters taraf)	1.20	DC(-)	27	250	80	150
3	1.20	DC(-)	27	250	120	150
4	1.20	DC(-)	27	250	140	180
5	1.20	DC(-)	27	250	135	155
6	1.20	DC(-)	27	250	150	200
7	1.20	DC(-)	27	250	168	230
8	1.20	DC(-)	27	250	150	200
9	1.20	DC(-)	27	250	150	200
10	1.20	DC(-)	27	250	150	205
11	1.20	DC(-)	27	250	140	180
12	1.20	DC(-)	27	250	150	200
13	1.20	DC(-)	27	250	145	195
14	1.20	DC(-)	27	250	160	220
15	1.20	DC(-)	27	250	150	200
16	1.20	DC(-)	27	250	150	200
17	1.20	DC(-)	27	250	160	210
18	1.20	DC(-)	27	250	150	200

6.3 Uygulanan Deneyler

6.3.1 Çekme Deneyi

Çekme deneyi malzemenin mekanik özelliklerinin belirlenmesi ve mekanik davranışlarına göre sınıflandırılması amacıyla yapılır.Çekme deneyi ilgili standartlara göre hazırlanan deney numunesinin tek eksende ve sabit bir hızla kopuncaya kadar çekilmesi işlemidir (Savaşkan, 1999).

Bu çalışmada TS EN ISO 4136/2011 standardına göre numuneler hazırlanmıştır.Numuneler 300 x 50 x 18 mm ebatlarında kesilmiştir.Bu numunelere 60 ° lik V kaynak ağzı açılmıştır.Bu ebatlardaki iki adet numune karışılıklı olarak birleştirilmiştir.Kaynakla birleştirildikten sonra parçaların iki yüzeyi taşlanarak hem fazla kaynak metali temizlenmiş hem de iki yüzeyin birbirine paralel olması sağlanmıştır.Daha sonra parçaların kenarları işlenerek Şekil 6.39'daki ölçülere uygun numuneler elde edilmiştir.

Lt = 300 mm

b1 = 50 mm

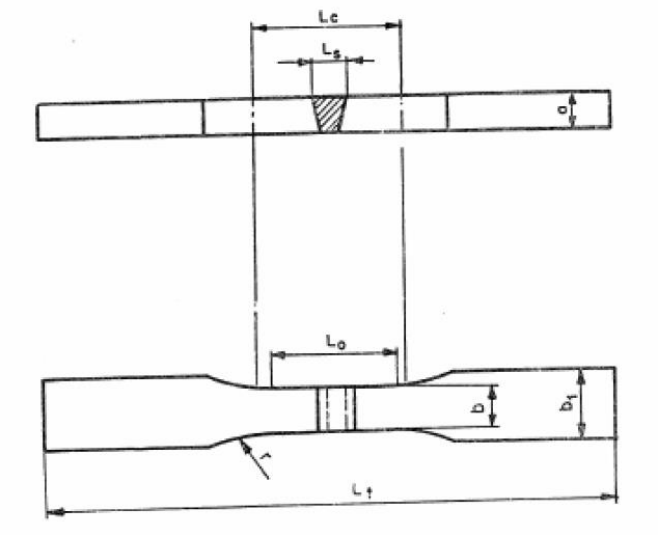
b = 17,5 mm

Lc = 120 mm

L0 = 100 mm

r = 25 mm

a = 18 mm



Şekil 6. 30 Çekme çubuğu numunesi (TS EN ISO 4136/2011)

Deneyler 20 tonluk çekme deney cihazında yapılmıştır.



Şekil 6. 31 Çekme cihazı

Deney numuneleri TS EN ISO 4136/2011 standardına uygun olmalıdır. Deney EN 10002'ye göre yapılır. Deney sonunda numune ana malzemeden kopmalıdır. Kaynaktan kopmuşsa, kaynak edilen malzemenin minimum çekme dayanımına eşit ve ya daha yüksek dayanım değerine sahip olmalıdır.

Çizelge 6. 7 Rutil karakterli özlü tel elektrod ile kaynak edilmiş numunelerin çekme deneyi sonuçları

Numune No	Kesit Alanı (mm²)	Çekme Dayanımı (N/mm²)	Maksimum Yük (kN)	Kopma Bölgesi
1	313	600	188	Ana Metal
2	303	606	183.5	Ana Metal

Çizelge 6. 8 Bazik karakterli özlü tel elektrod ile kaynak edilmiş numunelerin çekme deneyi sonuçları

Numune No	Kesit Alanı (mm²)	Çekme Dayanımı (N/mm²)	Maksimum Yük (Mpa)	Kopma Bölgesi
1	315	592	186.5	Ana Metal
2	313	594	186	Ana Metal

6.3.2 Sertlik Deneyi

Bir malzemenin çizilmeye, kesilmeye, aşınmaya ve delinmeye karşı gösterdiği dirence sertlik denir.Bilimsel anlamda ise, bir malzemenin dislokasyon hareketine veya plastik deformasyona karşı gösterdiği direnç, sertlik olarak ifade edilir. Sertlik deneyinde, bir malzemenin yüzeyine batırılan bir uca veya kesici takıma karşı gösterdiği direnç ölçülür (Savaşkan, 1999).

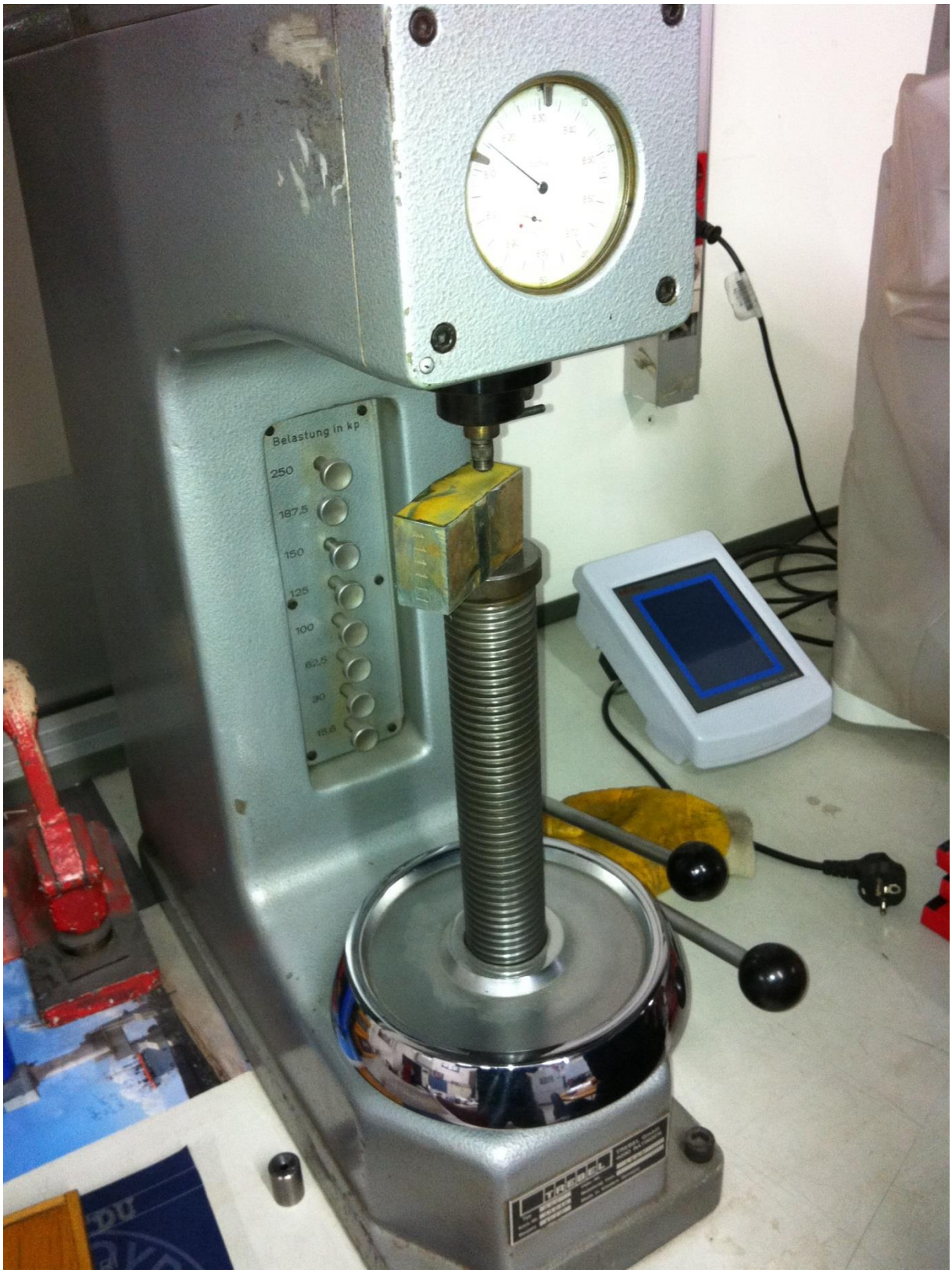
Değişik sertlik ölçme yöntemleri vardır. Bu çalışmada Brinell sertlik ölçme yöntemi kullanılmıştır.

Brinell sertlik deneyinde sertleştirilmiş çelik veya tungsten karbürden yapılan bir bilya belirli bir yük ile malzemenin yüzeyine bastırılır ve malzeme yüzeyinde meydana gelen izin çapı ölçülür (Savaşkan, 1999).

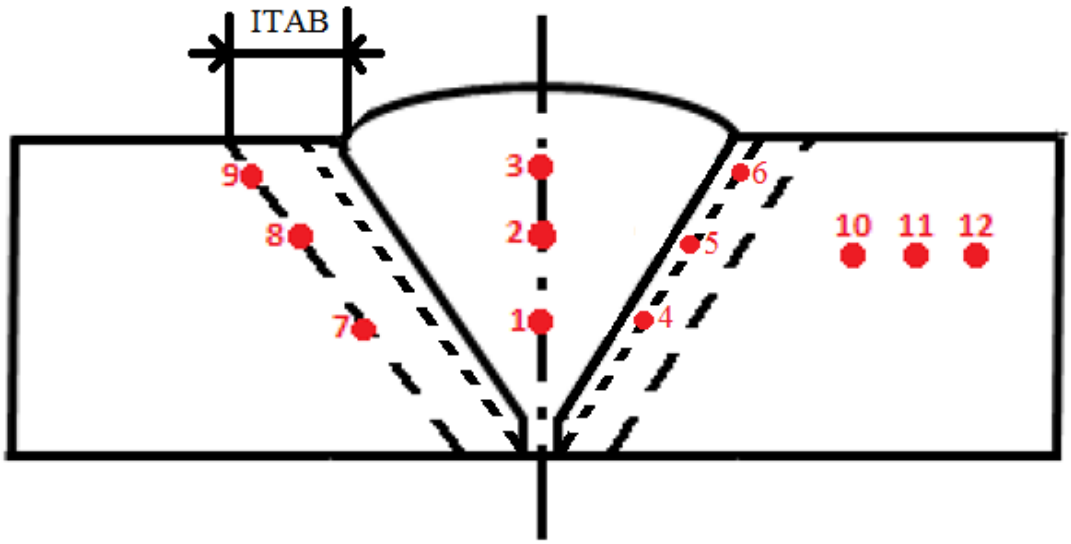
Deney için 70 x 40 x 25 mm ebatlarında hazırlanan numunelere 60 ° lik V kaynak ağzı açılmış ve daha sonra karşılıklı iki numune kaynak edilmiştir.Daha sonra kaynak edilmiş numuneler kaynağa dik olacak şekilde ortadan kesilmiştir.Kesilen numuneler 80, 180, 240, 400, 600, 800, 1000, 1200 zımpara ile ile zımparalanmıştır.Parlatma keçesi ve 1 µ luk süspansiyon ile parlatılmıştır.Son olarak da numuneler %2 Nital ile dağlanmıştır.

Deney numunelerinden alınacak ölçümlerin konumu TS EN ISO 9015-1'e göre belirlenmiş ve deney TS EN ISO 6506-1 standardına göre yapılmıştır.

Hazırlanan deney numuneleri sertlik ölçme cihazında test edilmiş olup deneyde 62.5 kgf yük ve 2.5 mm çapında Tungsten karbür uç kullanılmıştır.Yük süresi 15 saniyedir.Oluşan izin çapı x70 büyütme ile belirlenmiştir.



Şekil 6. 32 Sertlik ölçme cihazı



Şekil 6. 33 Rutil karakterli özlü tel elektrod ile kaynak edilen malzemede sertlik ölçülen bölgeler ve sertlik dağılımı

Çizelge 6. 9 Rutil karakterli özlü tel elektrod ile kaynak edilen malzemenin sertlik değerleri

Bölge Numarası	Sertlik Değeri (HB)
1	200
2	216
3	216
4	208
5	221
6	212
7	181
8	181
9	178
10	181
11	167
12	167

Çizelge 6. 10 Bazik karakterli özlü tel elektrod ile kaynak edilen malzemenin sertlik değerleri

Bölge Numarası	Sertlik Değeri (HB)
1	216
2	225
3	221
4	216
5	216
6	225
7	184
8	193
9	187
10	167
11	172
12	164

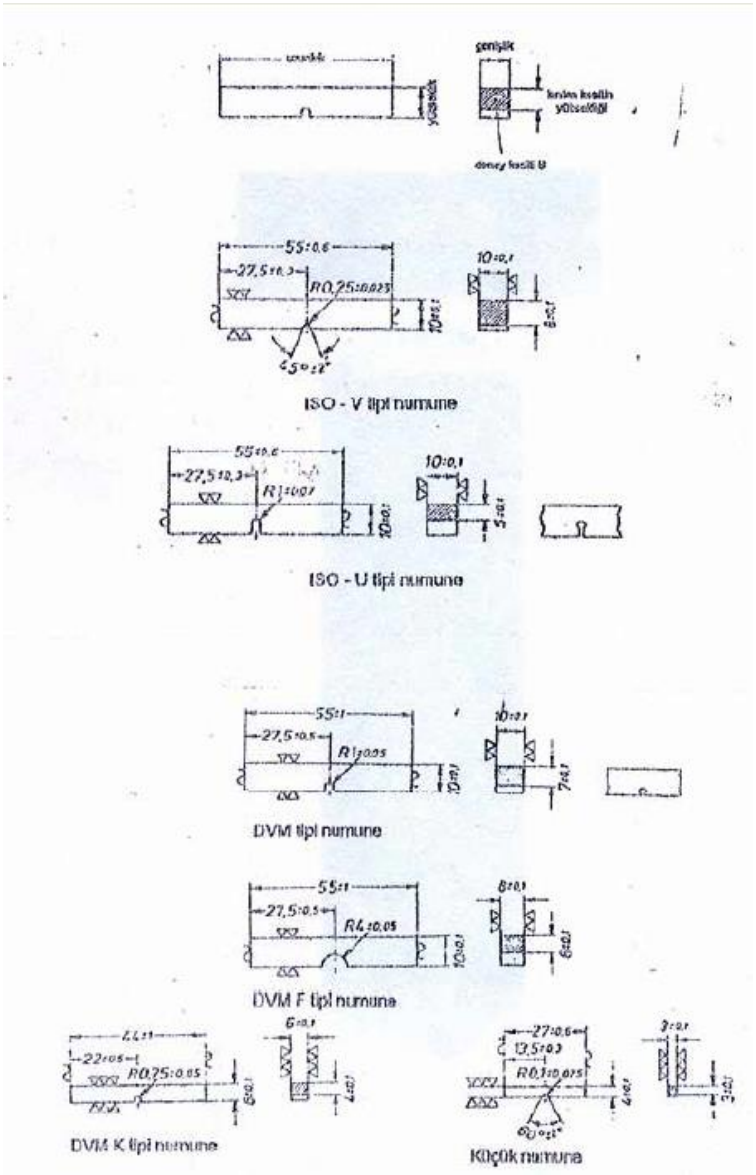
6.3.3 Çentik Darbe Deneyi

Malzemelerin gevrek ve sünek davranışları ile gevrek-sünek geçiş sıcaklığının belirlenmesinde kullanılan bir testtir. Deney numuneleri Şekil 6.34'te verilmiştir. Çentik tipleri V, anahtar deliği ya da U şeklindedir.

Çentik dibinde çok eksenli gerilme durumu ortaya çıkar. Bu çentikler vida dişleri, yağ delikleri, kama yuvaları gibi dizayn süreksizliklerini temsil etmektedir. Keskin çentikler çentik tabanındaki şekil değişimini daha fazla önlerler. En fazla kullanılan çentik numunesi ISO'ya göre olanıdır.

Yapılan çentik darbe deneylerinde rutil karakterli özlü tel elektrod ile kaynak edilen çentik darbe testi numuneleri 9 adettir. Yapılan çentik darbe deneylerinde bazik karakterli özlü tel elektrod ile kaynak edilen çentik darbe testi numuneleri 9 adettir.

Kullanılan numuneler ISO-V tipi numunelerdir.

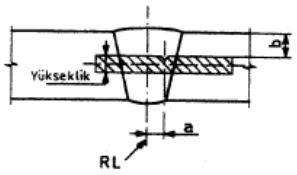
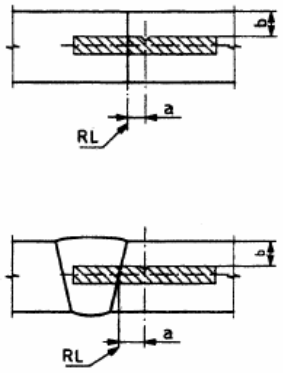


Numune Şekli	Kesim No	Uzunluk	Genişlik	Yükseklik	Kırılan Kesit Yüksekliği	Kırılan Kesit Alanı cm^2	Çentik Yarıçapı	Çentik Açısı Grad	Mesnet Aralığı
ISO-V	3	55±0,6	10±0,1	10±0,1	8±0,1	0,80	0,25±0,025	45±2	$40^{+0,5}_{0}$
ISO-U	4	55±0,6	10±0,1	10±0,1	5±0,1	0,50	1±0,07	-	$40^{+0,5}_{0}$
DVM	5	55±1	10±0,1	10±0,1	7±0,1	0,70	1±0,05	-	$40^{+0,5}_{0}$
DVMF	6	55±1	8±0,1	10±0,1	6±0,1	0,48	4±0,05	-	$40^{+0,5}_{0}$
DVMK	7	44±1	6±0,1	6±0,1	4±0,1	0,24	0,75±0,05	-	$30^{+0,5}_{0}$
KLST	8	27±0,5	3±0,1	3±0,1	3±0,1	0,09	0,1±0,025	60±2	$22^{+0,5}_{0}$

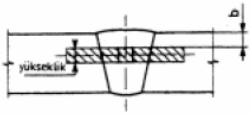
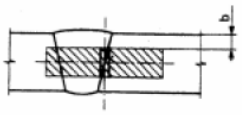
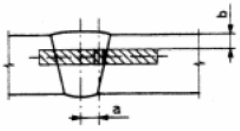
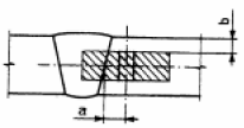
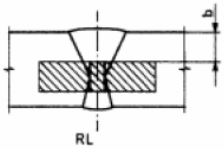
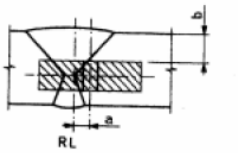
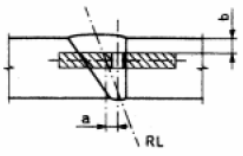
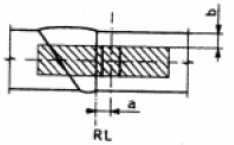
Şekil 6. 34 Çentik darbe deney numuneleri

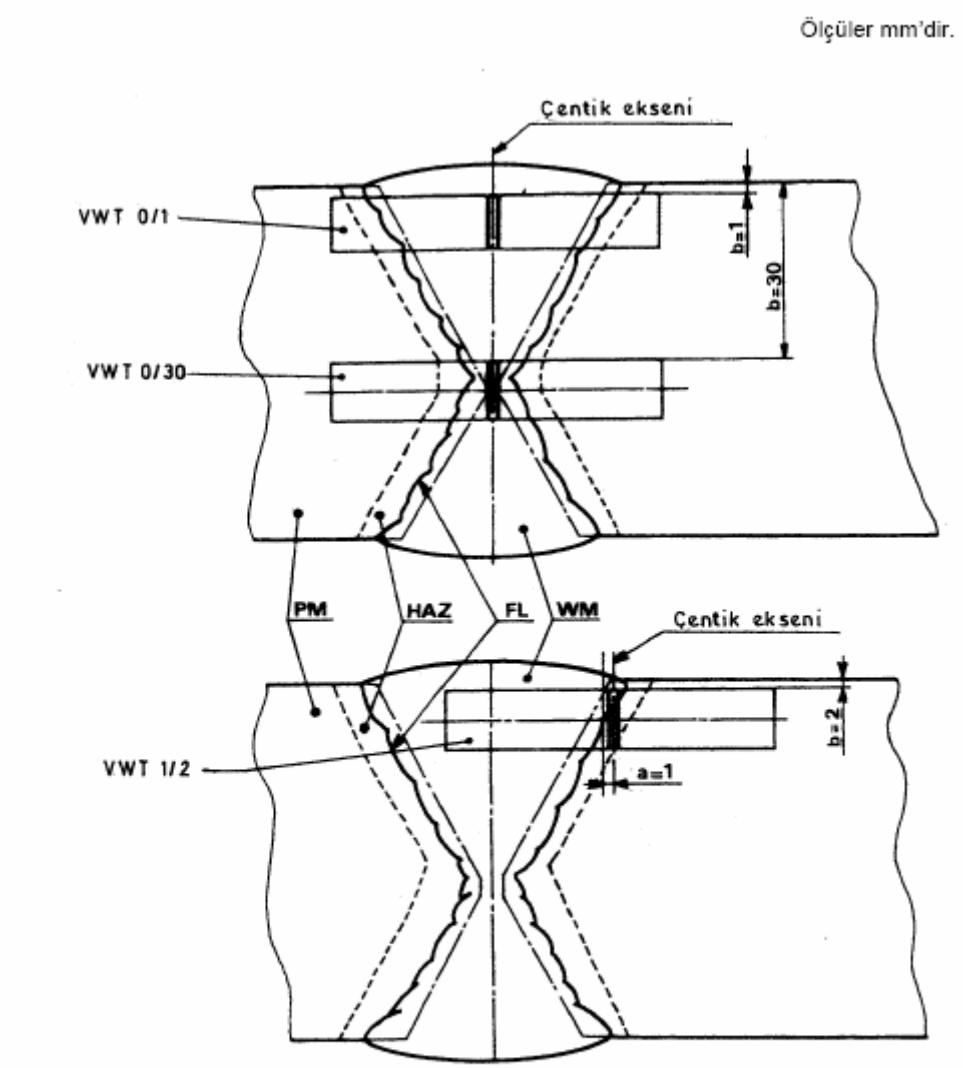
Kaynaklı numuneler üzerinde yapılan çentik darbe deneyi TS EN ISO 148-1 standardına göre gerçekleştirilir. Çentik konumu makro dağlama ile belirlenir. Deney numunesinin konumu ve boyutları TS EN ISO 9016'ya uygun olmalıdır. Deney parçası üzerinde çentik açılma yerleri Çizelge 6.10'da ve Çizelge 6.11'de verilmiştir. Şekil 6.48'de adlandırma örneği vardır.

Çizelge 6. 11 Deney parçası yüzeyine paralel çentikli yüzey (S konumu)

Referans Adlandırma	Kaynak ekseni Gösteriliş	Referans Adlandırma	Ergime / birleşme hattı Gösteriliş
VWS a/b		VHS a/b (Basınç kaynağı) VHS a/b (Ergitme kaynağı)	

Çizelge 6. 12 Deney parçası yüzeyine dik çentikli yüzey (T konumu)

Referans Adlandırma	Kaynak ekseni Gösteriliş	Referans Adlandırma	Ergime / birleşme hattı Gösteriliş
VWT 0/b		VHT 0/b	
VWT a/b		VHT a/b	
VWT 0/b		VHT a/b	
VWT a/b		VHT a/b	

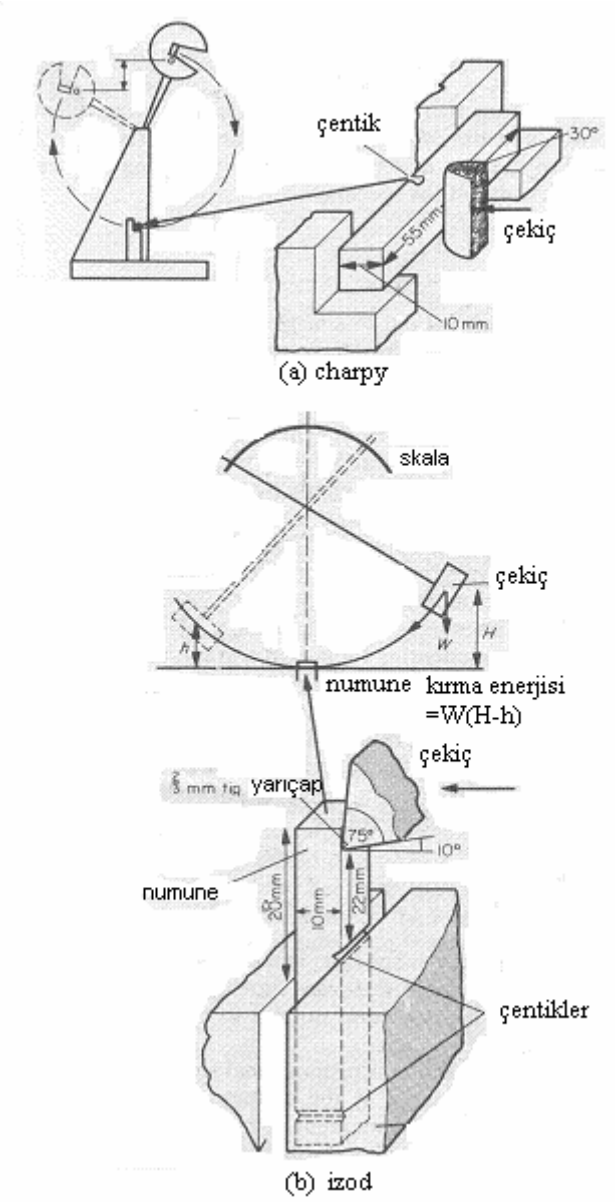


Burada:
PM: Esas metal,
HAZ: Isıdan etkilenmiş bölge,
FL: Ergime hattı,
WM: Kaynak metali,
dir.

Şekil 6. 35 Tipik adlandırma örnekleri

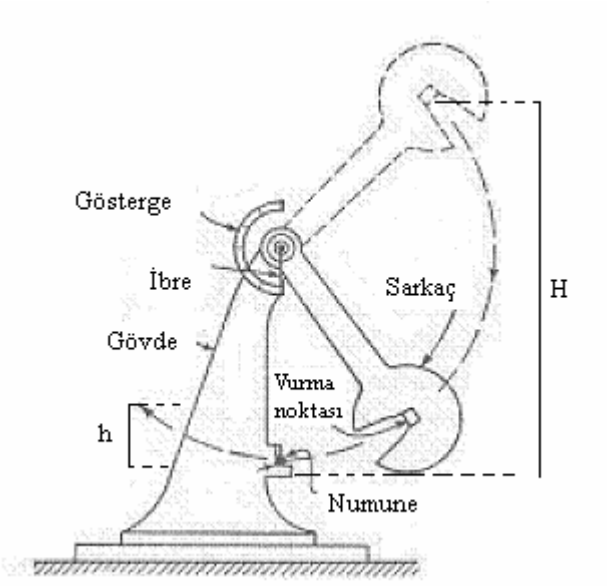
Çentik darbe deneyi Charpy ve Izod yöntemine göre yapılır.

Yöntemler Şekil 6.36'da gösterilmiştir.



Şekil 6. 36 Charpy ve Izod test yöntemleri

Deney cihazları 5-300 J kapasiteli cihazlardır. Çarpma anındaki hız değerleri 2.7, 3.8 ve 5.6 m/sn'dir.Cihazlar DIN 512222'ye göre imal edilmiştir. Şekil 6.37'de darbe test cihazı şematik olarak verilmiştir.Deneyler, TS EN ISO 148-1'e göre gerçekleştirilir.



Şekil 6. 37 Darbe test cihazı

Yapılan deneyler Charpy test yöntemine göre yapılmıştır.

Çentik darbe numunelerini -20 °C ve -40 °C sıcaklık değerlerine indirebilmek için numuneler içi aseton dolu özel bir muhafaza kabı içerisine konuldu ve sıcaklık değerini yavaş yavaş düşürmek için numunelerin bulunduğu asetonun içerisinde kuru buz (katı CO2) eklendi. Termostatta -20 °C ya da -40 °C değerleri görülse dahi tüm numunelerin bu sıcaklık değerlerine indiğinden emin olmak için 8 dakika beklenildi.

Çizelge 6. 13 Test edilen çentik darbe numune sonuçları

Çentik Darbe Numuneleri			
Rutil Karakterli Özlü Tel Elektrod ile Kaynak Edilen Çentik Darbe Numuneleri		Bazik Karakterli Özlü Tel Elektrod ile Kaynak Edilen Çentik Darbe Numuneleri	
-20 °C'de J değeri	-40 °C'de J değeri	-20 °C'de J değeri	-40 °C'de J değeri
106	42	151	112
66	48	160	116
74	60	152	113
64	43	132	120
66	57	154	107



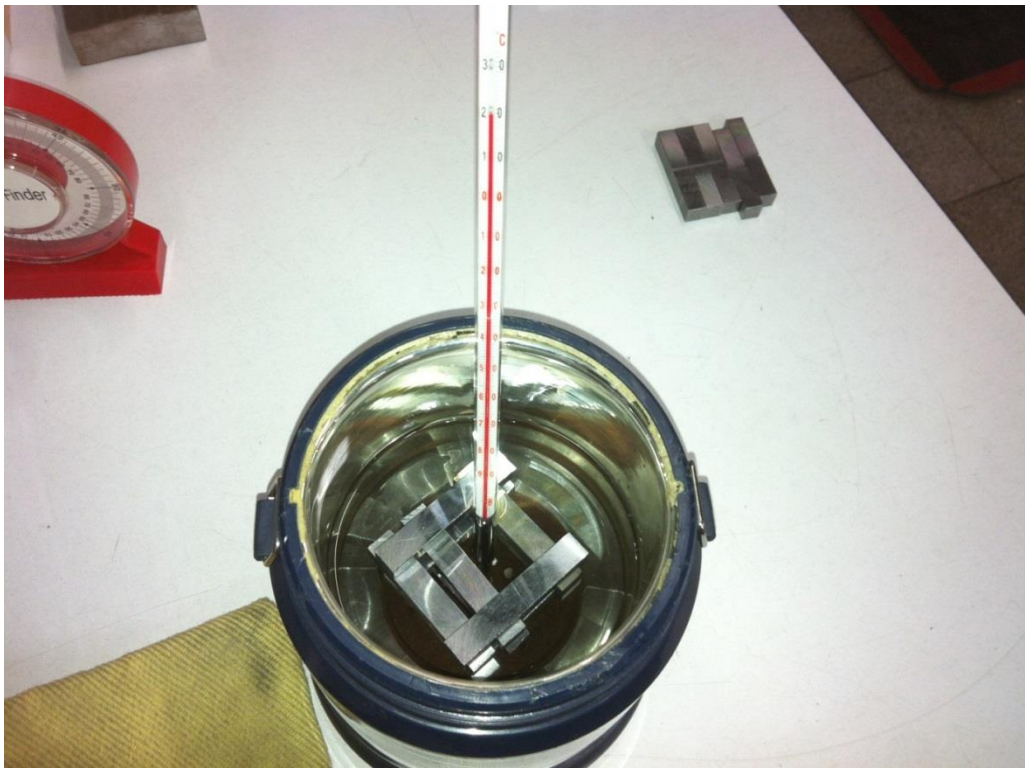
Şekil 6. 38 Çentik darbe numuneleri



Şekil 6. 39 Çentik darbe numunelerinin bir başka gösterimi



Şekil 6. 40 -40 °C sıcaklık değerine indirilen çentik darbe numuneleri



Şekil 6. 41 -20 °C sıcaklık değerine indirilen çentik darbe numuneleri

6.3.4 Eğme Deneyi

Bu deney kaynaklı birleştirme yüzeyindeki ya da yakınındaki bölgede birleştirmenin sünekliğini ya da yüzeye yakın kusurların mevcut olup olmadığının değerlendirilmesi için TS EN ISO 5173 standardına uygun olarak yapılır. Alın kaynaklı ya da giydirme kaynaklı numunelere uygulanır. Numune şekilleri Şekil 6.57 a, b'de verilmiştir. Deney numunesi genişliği çelik malzeme için 20 mm'den az olmamak kaydı ile (1,5a)'dan az olmamalıdır. Kaynak bölgesi gerektiğinde makro dağlama yapılarak görünür hale getirilir.

Deneyin yapılışı Şekil 6.58'de verilmiştir. Malafa çapı uygulama standardına göre seçilir. Çelikler için kopma uzaması %20'nin üzerinde ise parça kalınlığının 4 katı olarak alınır. Kopma uzaması (A) 520'nin altında ise malafa çapı aşağıdaki eşitlikten bulunur:

$$d = \frac{100xa}{A} - a$$

a: numune kalınlığı

A: malzeme şartnamesi tarafından istenen en düşün çekme uzaması

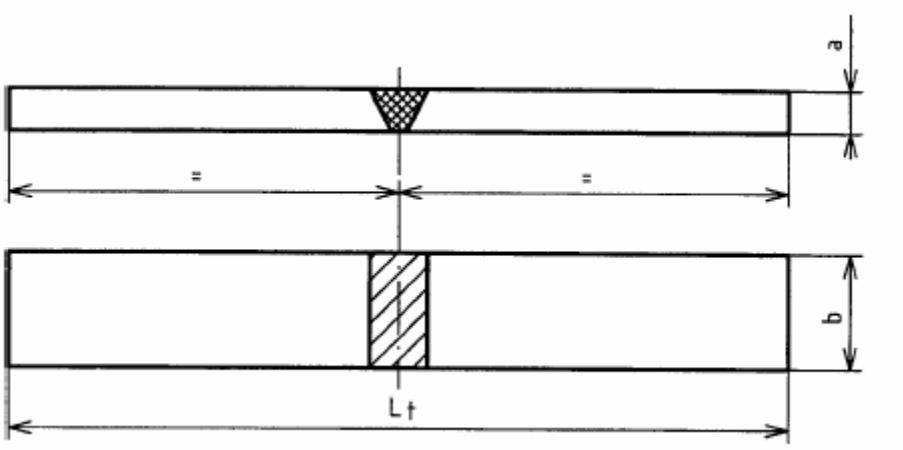
d: Mandrel çapı

TS EN ISO 5173 standardına göre yüz ve kök eğme numunelerinin eğme test açısının kabul edilebilir olması için, test sonucunda eğilmiş numunenin iki malafa arasından çıkarılabilmesi gerekmektedir.

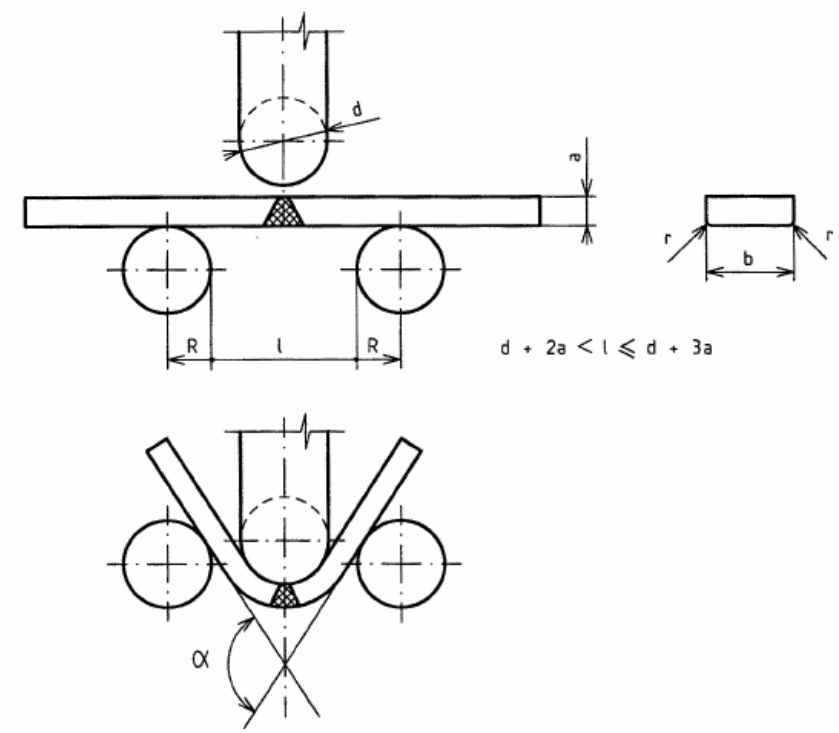
Lt = 260 mm

b = 30 mm

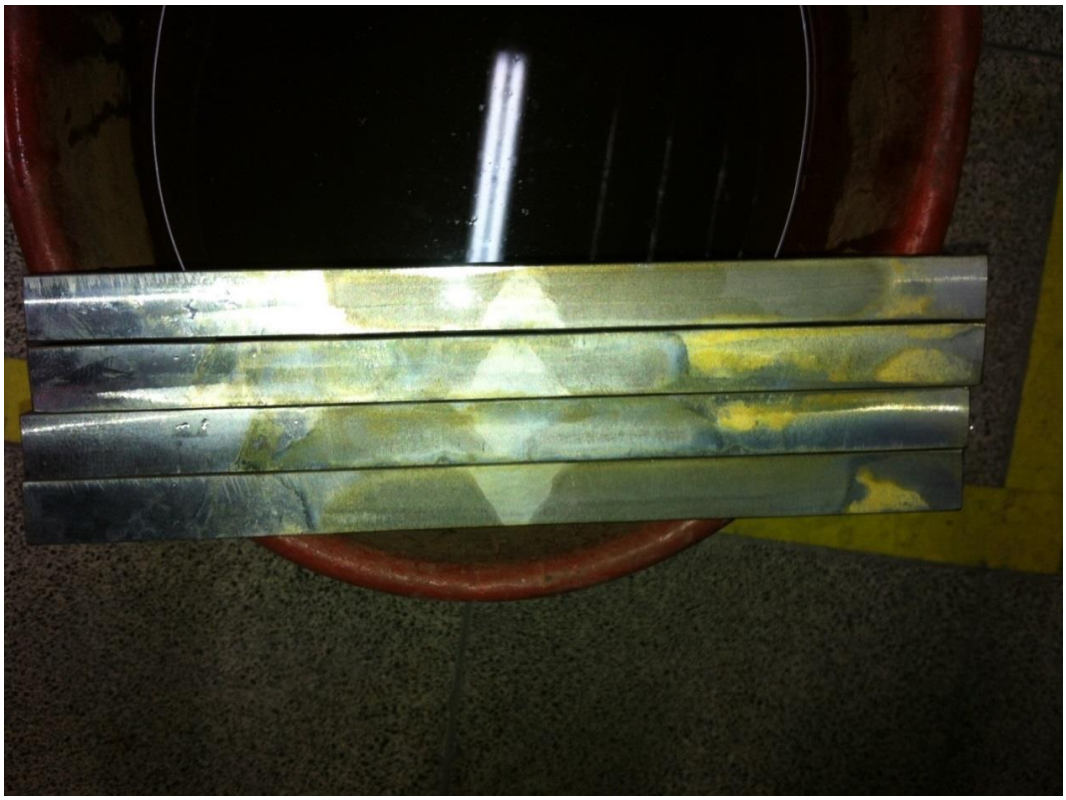
a = 18 mm



Şekil 6. 42 Bir alın kaynağının enine kök ve yüzey eğme deney numunesi



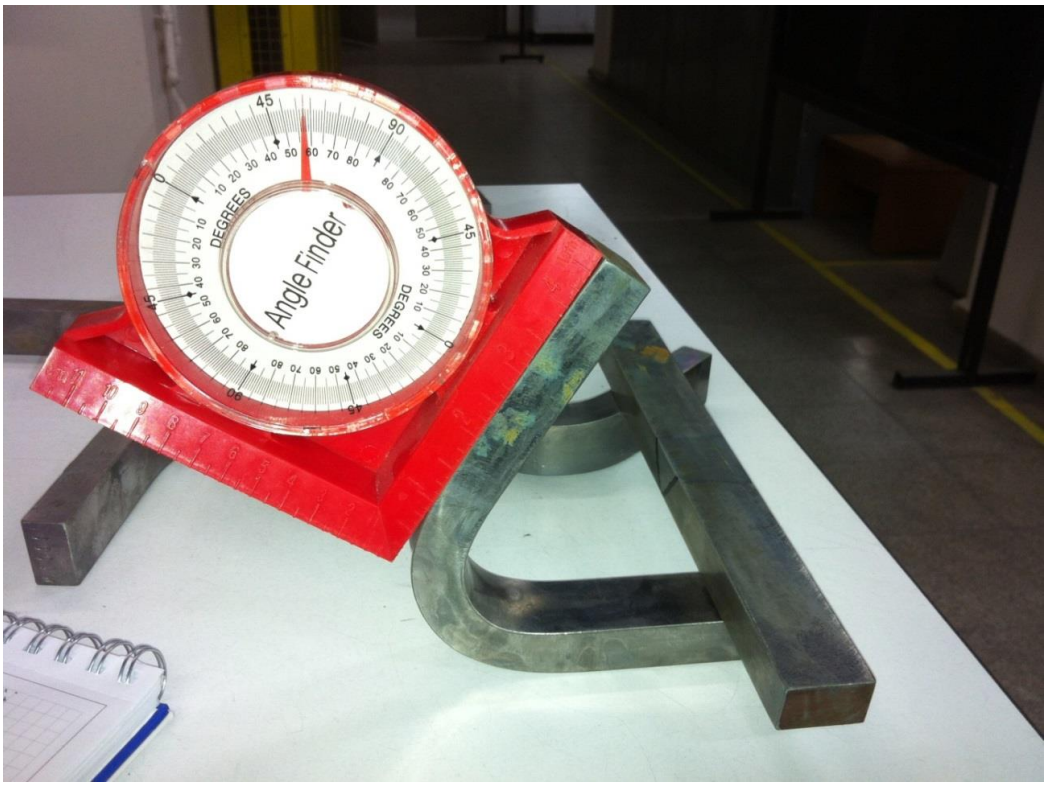
Şekil 6. 43 Mandrelle eğme deneyi metodu



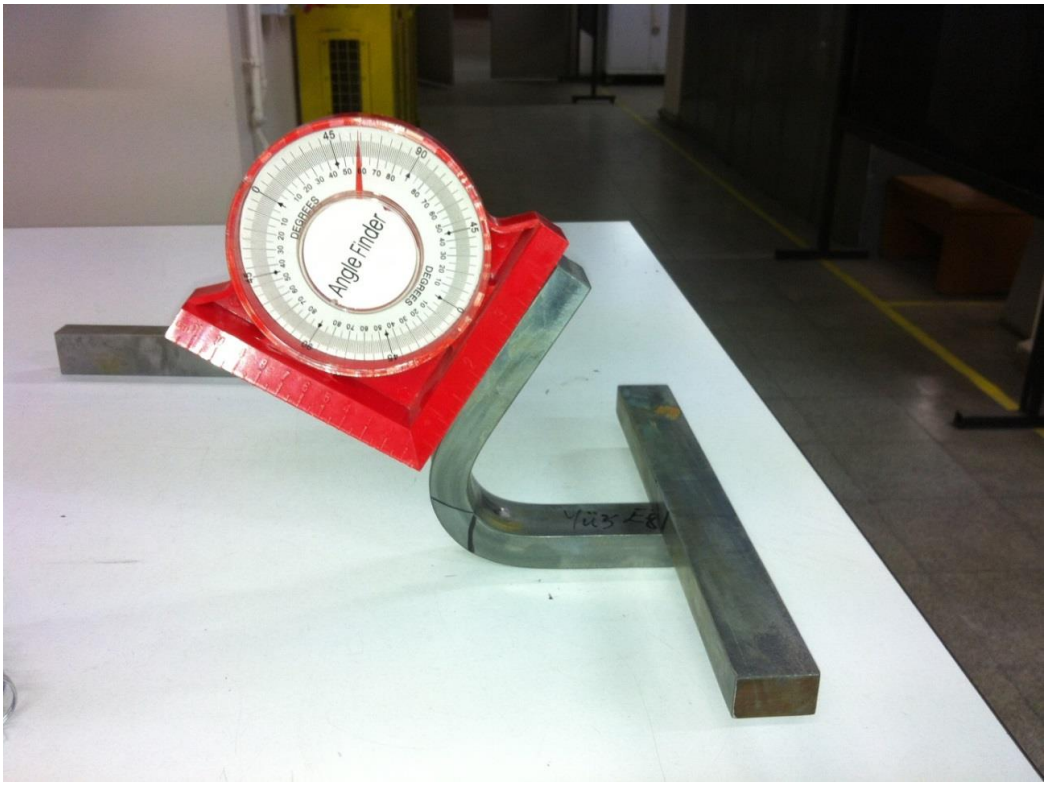
Şekil 6. 44 Eğme deneyi numuneleri



Şekil 6. 45 Kaynak bölgeleri belirtilmiş eğme deneyi numuneleri



Şekil 6. 46 Yüz eğme deneyine tabi tutulmuş numuneler



Şekil 6. 47 55 ° Yüz eğme deneyine tabi tutulmuş numuneler

BÖLÜM 7

SONUÇ VE DEĞERLENDİRMELER

Bu çalışmada St 52 (EN 10025-3 / S 355N) yapı çeliği ana malzemeye, farklı özlü tel elektrodlar (rutil ve bazik karakterli) kullanılarak gazaltı kaynağı tatbik edilmiş, daha sonra elde edilen kaynaklı numuneler bir dizi mekanik testlere tabi tutulmuş ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Kaynaklı numuneler ilk olarak çekme deneyine tabi tutulmuşlardır. Çekme deneyi sonuçlarına göre kopmaların tümünün ana malzeme kısmında gerçekleştiği görülmüştür. Deneyler sonucunda max. çekme dayanımının bazik karakterli özlü tel elektrodlarda ana malzeme ile yaklaşık örtüştüğü, buna karşın rutil tip özlü tel elektrodlarda ana malzemeden yaklaşık % 2 daha fazla olduğu saptanmıştır. Buna neden olarak, kaynak işlemi sırasında ana malzemeye kaynağın doğası gereği uygulanan yoğun ısı girdisi gösterilebilir. Kaynak dikişi ile ana metalin metalurjik yapıları farklılıklar göstermektedir. Bu yapı farklılıkları mekanik özelliklere ve sertliğe de yansımış, dolayısıyla da kopma kaynak dikişinden değil de ana metalde meydana gelmiştir.

Çekme deneyinden sonra kaynaklı numuneler Brinell sertlik deneyine alınmış ve sertliğin beklentilere uygun olarak ITAB'ın kaynak dikişi sınırında (kaba taneli yakın alan) zirveye ulaştığı saptanmıştır. Bu durumun nedeni, en fazla martenzit oluşumunun burada yer almasıdır. Kaynağın kenarında yer alan bu son derece dar şeritten ana metale doğru gidildikçe sertliğin hızla azaldığı görülmüştür. Kaynak bölgesindeki sertlik bağlamında bir değerlendirme yapıldığında, her iki tip özlü elektrodun da yaklaşık eşit

sertlik değerleri verdiği; fakat bazik karakterli özlü tel elektrodlar ile kaynak edilen numunelerin rutil esaslılara göre yaklaşık % 10 daha fazla olduğu görülmüştür. Buna neden olarak bazik özlü tel elektrodların kimyasal bileşimi gösterilir.

Çentik darbe deneyi değerleri incelendiğinde; beklentilere uygun olarak bazik esaslı özlü tel elektrod ile kaynak edilen numunelerin çentik darbe dayanımlarının her durumda (yani hem -20 °C hem de -40 °C sıcaklıkta) , rutil karakterli özlü tel elektrodlara göre çok daha yüksek olduğu, bu farkın -20 °C sıcaklıkta yaklaşık % 50 , -40 °C sıcaklıkta ise yaklaşık % 100 'lere kadar ulaştığı görülmüştür.

Eğme deneyleri sonuçları incelendiğinde, kök ve yüz eğmelerin TS EN ISO 5817 kalite sınıfı B'ye göre yüzey kusurları değerlendirilmiştir.Değerlendirme sonucunda hem rutil hem de bazik karakterli özlü tel elektrod ile kaynak işlemleri yapılmış deney numunelerinin kök, yüz ve yan yüzeylerinde herhangi bir kusur gözlemlenmemiştir.

KAYNAKLAR

[1] Anık, S. ve Vural, M., (1996). Gazalltı Ark Kaynağı (TIG, MIG, MAG), Gedik Eğitim Vakfı Yayın No:3, İstanbul.

[2] Eryürek, İ. B., (2003). Gazaltı Kaynağı, Kaynak Tekniği Sanayi ve Ticaret A.Ş., İstanbul.

[3] Wikipedia, www.wikipedia.com, 01 Haziran 2014

[4] Detay Kalite Sistemleri, http://www.detayquality.com/teknik/46.pdf, 01 Haziran 2014

[5] Anık, S., Tülbentçi, K. ve Özgöktuğ, T., (1978). Soru ve Cevaplarla Kaynak Teknolojisi, Eğitim Yayınları, Ankara.

[6] Saraçoğlu, E., Gençkan, D., "Özlü Tel Kaynak Teknolojisi", Mühendis ve Makine, Cilt : 50 , Sayı : 599.

[7] Askaynak, www.askaynak.com.tr, 05 Haziran 2014

[8] Yoder Manufacturing, www.yodermfg.com, 07 Haziran 2014

[9] Kocaeli Üniversitesi, http://makine2.kocaeli.edu.tr/kaynak/kaynak1.pdf, 05 Haziran 2014

[10] Carboweld, www.carboweld.de, 07 Haziran 2014

[11] Cary, H. B., (1989). Modern Welding Technology, Prentice Hall.

[12] Gülbahar, B., (1991). Özlü Elektrodlar ve Uygulama Alanları, Mühendis ve Makine, Mart, 28-35

[13] Geçmen, İ., (2006). Çeliklere Gazaltı Kaynağının Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

[14] Tülbentçi, K., (1998). MIG-MAG Kaynak Yöntemi, Arctech Yayın No:2, İstanbul.

[15] Savaşkan, T., (1999). Malzeme Bilgisi ve Muayenesi, Derya Kitapevi, Trabzon.

[16] Güner, E., (2007). MAG Kaynağında Elektrod Tipinin (Çıplak Tel-Özlü Tel) Kaynak Dikişi Özelliklerine Etkisinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.

[17] Gülsöz, A., (2000). Özlü Tel Elektrodların Önemi ve Kaynak Özellikleri, Mühendis ve Makine Kaynak Özel Sayısı, Eylül, 35-40.

[18] Gültekin, N., (1991). Kaynak Tekniği, Engin Ofset, İstanbul.

[19] Kaluç, E., (2004). Kaynak Teknolojisi El Kitabı Cilt 1 , MMO Yayını, Kocaeli.

[20] Nippes, E. F., (1989). Metals Handbook Ninth Edition Volume 6: Welding, Brazing and Soldering, ASM.

[21] TS EN ISO 15614-1, (2009). Metalik Malzemeler İçin Kaynak Prosedürlerinin Şartnamesi ve Vasıflandırılması

[22] TS EN ISO 4136, (2011). Metalik Malzemelerin Kaynakları Üzerinde Tahribatlı Deneyler -Enine Çekme Deneyi

[23] TS EN ISO 9015-1, (2011). Metalik Malzemelerdeki Kaynaklar Üzerinde Tahribatlı Deneyler - Sertlik deneyi

[24] TS EN ISO 6506-1, (2007). Metalik Malzemeler - Brinell Sertlik Deneyi

[25] TS EN ISO 148-1, (2011). Metalik Malzemeler - Charpy Vurma Deneyi

[26] TS EN ISO 9016, (2011). Metalik Malzemelerde Kaynaklar Üzerinde Tahribatlı Deneyler - Vurma Deneyleri

[27] TS EN ISO 5173, (2010). Metalik Malzemelerde Kaynak Dikişleri Üzerinde Tahribatlı Muayeneler- Eğme Deneyleri

[28] Lincoln Electric, www.lincolnelectric.com, 06 Haziran 2014

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Ali Oğuz IŞIK

Doğum Tarihi ve Yeri : 07.07.1989 / Kadıköy

Yabancı Dili : İngilizce, Almanca

E-posta : alioguzisik@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	İmal Usulleri	Yıldız Teknik Üniversitesi	2014
Lisans	İmal Usulleri	Yıldız Teknik Üniversitesi	2012
Lise	Fen Bilimleri	Burak Bora Anadolu Lisesi	2007

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2012	Ford Otomotiv San.Tic.A.Ş.	Ürün Geliştirme ve Dizayn Mühendisi