İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

METAL ÖZLÜ KAYNAK TELLERİNİN BORU ALIN KAYNAKLARINDA METAL YIĞMA KAPASİTELERİNİN VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Met. & Malz. Müh. Ömer KÖKNAL
506041417

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 7 Mayıs 2007
Tezin Savunulduğu Tarih : 11 Haziran 2007

Tez Danışmanı : Prof.Dr. Hüseyin ÇİMENOĞLU

Diğer Jüri Üyeleri: Prof.Dr. Eyüp Sabri KAYALI

Prof.Dr. Mehmet KOZ (M.Ü.)

HAZİRAN 2007

ÖNSÖZ

Bu çalışmada boru alın kaynaklarının metal özlü kaynak teli kullanılarak yapılan kaynaklarında kaynak parametrelerinin ve kullanılan koruma gazının kaynak kalitesine, kaynak verimine ve kaynak bölgesi mekanik özelliklerine etkisi incelenmiştir.

Çalışmam esnasında yardımını ve desteğini hiç bir zaman esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. Hüseyin ÇİMENOĞLU'na en içten teşekkür ve şükranlarımı sunarım.

Bu çalışmanın yapılması için gerekli olanakları ve desteği sağlayan Çimtaş Boru İmalatları ve Tic. Ltd. Şti. Genel Müdürü Sn. Cem GEYİK Bey'e teşekkür ederim. Çalışmam süresince bana her konuda destek olan, yol gösteren, yardımlarını ve tecrübelerini hiç bir zaman esirgemeyen Kaynak Müdürü Sn. Baran BURAT Bey'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Deneysel çalışmalar esnasında her türlü yardımı gösterip çalışma içerisinde bilfiil yer alan kaynak inspektöreleri Halil YAREN ve Nazmi SİBİÇ'e, kaynak teknisyeni Güray KAYPAK'a, kaynakçılar Murat AYVA ve Mehmet ARSLAN'a, labratuvar teknisyeni Ergin BEKMEZCİYE ayrıca teşekkürü bir borç bilirim.

Yüksek lisans programı süresince her zaman yanımda olarak destek sağlayan aileme teşekkür ve şükranlarımı sunarım.

Mayıs, 2007 **Met. & Malz. Müh. Ömer KÖKNAL**

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR **v**
TABLO LİSTESİ **vi**
ŞEKİL LİSTESİ **vii**
SEMBOL LİSTESİ **viii**
ÖZET **ix**
SUMMARY **xi**

1. GİRİŞ **1**

2. GAZALTI ARK KAYNAĞI **3**
2.1 Gaz Metal Ark Kaynağı 5
2.2 Gaz Metal Ark Kaynak Donanımı 8
2.2.1 Kaynak Akım Üreteçleri 8
2.2.2 Kaynak Torçları 10
2.2.3 Tel Sürme Ünitesi ve Kumanda Paneli 11
2.3 Gaz Metal Ark Kaynağında Ark Geçişleri ve Metal Taşınımı 12
2.3.1. Damlasal Metal Taşınımı (Uzun Ark) 13
2.3.2. Eksenel Ufak Damlalı Metal Taşınımı 14
2.3.3. İnce Damlalı Metal Taşınımı 14
2.3.4. Döner Damlalı Metal Taşınımı 15
2.3.5. Kısa Devreli Metal Taşınımı (Kısa Ark) 15
2.4 Koruma Gazları 15
2.4.1 Argon 17
2.4.2 Karbondioksit 18
2.4.3 Helyum 18
2.4.4 Argon-Oksijen Karışımları 18
2.4.5 Argon-Karbondioksit Karışımları 19
2.4.6 Kullanılan Diğer Koruma Gazı Karışımları 19

3. ÖZLÜ TELLER **21**
3.1 Özlü Tellerin Üretim Yöntemleri 22
3.2 Metal Özlü Teller 24

4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR **28**
4.1 Kullanılan Malzemeler 28
4.2 Kaynak İşlemleri 28
4.3 İncelenen Parametreler 31
4.3.1 Metal Yığma Kapasitesinin Belirlenmesi 32
4.3.2 Kaynak Bölgesi Mekanikanik Özelliklerinin Belirlenmesi 34
4.4 Mekanik Testler 36
4.5 Mikro ve Makro Yapı İncelemeleri 367

5. DENEYSEL ÇALIŞMA SONUÇLARI **38**
5.1 Hasarsız Muayene Sonuçları 38
5.2 Metal Yığma Kapasitesi Belirlenmesi 38
5.3 Farklı Koruma Gazlarında Sıçrantı ve Çapak Miktarının Belirlenmesi 41
5.4 Farklı Koruma Gazlarında Mekanik Özelliklerin Belirlenmesi 44
5.5 Mikro ve Makro Yapı İncelemeleri 49

6. GENEL SONUÇLAR **523**

KAYNAKLAR **56**

EKLER **58**

ÖZGEÇMİŞ **111**

KISALTMALAR

ASME	: American Society of Mechanical Engineers
ASME BPV Code	: ASME Boiler Pressure Vessel Code
AWS	: American Welding Society
GTAK	: Gaz Tungsten Ark Kaynağı
TIG	: Tungsten Inert Gas
GTAW	: Gas Tungsten Arc Welding
GMAK	: Gaz Metal Ark Kaynağı
MIG	: Metal Inert Gas
MAG	: Metal Active Gas
GMAW	: Gas Metal Arc Welding
ITAB	: Isı Tesiri Altında Kalan Bölge
HAZ	: Heat Affected Zone

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

T**ablo 2.1:** Gazaltı Ark Kaynağı Sınıflandırması 3
Tablo 2.2: Koruma Gazları ve Kullanım Alanları 20
Tablo 3.1: Özlü Tellerin Sınıflandırılması 21
Tablo 3.2: Metal Özlü Tellerin Sınıflandırılması 25
Tablo 4.1: Kök Kaynak Parametreleri 30
Tablo 4.2: Gazaltı ilk paso kaynak parametreleri 31
Tablo 4.3: Kapak Paso Kaynak Parametreleri 31
Tablo 4.4: Yapılan Çalışmalar ve Belirlenen Özellikler 32
Tablo 4.5: Kaynak Koruma Gazları Bileşimleri 34
Tablo 4.6: Dolgu Kaynak Parametreleri 35
Tablo 4.7: Mekanik testler ve numune sayıları 37
Tablo 5.1: Metal Yığma Kapasitesi Belirleme Çalışması Sonuçları 39
Tablo 5.2: Koruma Gazı Bileşimine Göre Çapak ve Sıçrantı Miktarı 43
Tablo 5.3: Çekme Testi Sonuçları 44
Tablo 5.4: Çekme Testi Sonucu Numune Görüntüleri 45
Tablo 5.5: -46 °C'de Yapılan V-Çentikli Charpy Darbe Testi Sonuçları 46
Tablo 5.6: Sertlik Ölçüm Sonuçları 47
Tablo 5.7: Eğme Test Sonucu Numune Görüntüleri 48

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1 : Gaz tungsten ark kaynağı (GTAK) düzeneği..... 5
Şekil 2.2 : Gaz metal ark kaynağı (GMAK) düzeneği..... 6
Şekil 2.3 : GMAK kaynak bölgesi..... 6
Şekil 2.4 : Kutuplamanın kaynak özelliklerine etkileri..... 9
Şekil 2.5 : Hava soğutmalı gazaltı kaynak torcu..... 11
Şekil 2.6 : Sıvı metal damlasına etki eden kuvvetler..... 13
Şekil 2.7 : Damlasal metal taşınımı..... 13
Şekil 2.8 : İnce damlalı metal taşınımı..... 14
Şekil 2.9 : Kısa devreli metal taşınımı..... 15
Şekil 2.10 : Koruma gazları ve nüfuziyete etkileri 19
Şekil 3.1 : Özlü tellerin dikişli ve dikişsiz üretim akış şeması..... 23
Şekil 3.2 : Dikişli özlü tel üretim yöntemi..... 24
Şekil 3.3 : Metal özlü tellerin bileşenleri..... 25
Şekil 3.4 : Metal özlü ve masif tellerin karşılaştırılması..... 26
Şekil 4.1 : V kaynak ağzı formu..... 29
Şekil 4.2 : Kaynak paso sırası..... 29
Şekil 4.3 : Gazaltı ilk pasosu kaynatılacak parça..... 30
Şekil 4.4 : Otomasyon kaynak düzeneği..... 33
Şekil 4.5 : Parçalara ön ısıtma uygulanışı..... 35
Şekil 4.6 : Kaynağı bitmiş parça..... 36
Şekil 5.1 : Ana malzeme mikro yapı görüntüsü..... 49
Şekil 5.2 : Kaynak metaline ait mikro yapı görüntüsü 50
Şekil 5.3 : ITAB'a ait mikro yapı görüntüsü..... 51
Şekil 5.4 : Kaynak bölgesine ait makro yapı görüntüleri..... 52

SEMBOL LİSTESİ

K = Metal yığma kapasitesi

r = Tel yarıçapı

π = Pi sayısı

s = Tel hızı

d = Yoğunluk

η = Yöntem verimi

Q = Isı girdisi

A = Akım

V = Voltaj

h = İlereleme hızı

METAL ÖZLÜ KAYNAK TELLERİNİN BORU ALIN KAYNAKLARINDA METAL YIĞMA KAPASİTELERİNİN VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

ÖZET

Bu çalışmada 24 inch (610 mm) çapında, 17.5 mm et kalınlığında ASTM A106 Grade B standardına göre üretilmiş ve 28 inch (711 mm) çapında, 27 mm et kalınlığında ASTM A671 Grade CC65, Class 22 standardına göre üretilmiş boruların alın kaynakları gaz tungsten ark kaynağı (GTAK) ve gaz metal ark kaynağı (GMAK) yöntemleri ile birleştirilmiştir. Standart altlık amaçlı GTAK ve ilk paso GMAK pasolarından sonra farklı GMA kaynak parametreleri (akım, voltaj, ilerleme hızı) ile %20CO_2 + %80 Ar koruma gazı ortamında metal özlü tellerin metal yığma kapasitesini belirlemek amacı ile 15 kaynak işlemi, farklı koruma gazı bileşimlerinde (%100 CO_2, %30 CO_2 + %70 Ar karışımı, %20 CO_2 + %80 Ar karışımı ve %10 CO_2 + %90 Ar karışımı) kaynak bölgesi mekanik özelliklerinin ve kaynak esnasında sıçrantı miktarının belirlenmesi için de 5 kaynak işlemi olmak üzere toplam 20 kaynak işlemi gerçekleştirilmiştir.

Metal yığma kapasitesi belirleme çalışmasında 24 inch (760mm) çapında ve 17.5 mm et kalınlığındaki boruların alın kaynakları.birleştirilmiştir. Çalışma esnasında kaynak akımı 220 – 300 A aralığında, voltaj 25-30 V aralığında ve ilerleme hızı 30-40 cm/dak aralığında değiştirilmiştir. Çalışma sonucunda %20 CO_2 + %80 Ar koruma gazı bileşiminde 300A, 27.5V, 30cm/dk ilerleme hızı ile 5.08 kg/saat metal yığma kapasitesine ulaşılmıştır. Kaynak akımının artması ile kaynak esnasındaki tel besleme hızı artmakta buna bağlı olarak da metal yığma kapasitesi artmaktadır. Çalışma esnasında seçilen en yüksek kaynak akımı olan 300A uygun parametre olarak belirlenmiştir. Kaynak yapılırken 30V değerinde kaynak ağzında deformasyon meydana geldiği; 25V değerinde ise sıçrantı ve çapak miktarında artma olduğu tespit edilmiştir. İlerleme hızının 30 cm/dk'nın üzerine çıktığı kaynak parametrelerinde banyo kontrolü zorlaşmakta, ergime ve nüfuziyet hatası riski artmaktadır.

Farklı koruma gazı ortamlarında kaynak bölgesi mekanik özelliklerinin belirlenmesi ve kaynak esnasında oluşan sıçrantı ve çapak miktarı tespiti için 28 inch (711 mm) çapında ve 27 mm et kalınlığında 5 borunun alın kaynakları birleştirilmiştir. Diğer kaynak parametreleri sabit tutularak koruma gazındaki CO_2 oranı %10'dan %100'e kadar dengeleyici Ar gazı bileşiminde değiştirilmiştir. Çalışma sonucunda artan CO_2 miktarı ile birlikte kaynak esnasında çapak ve sıçrantı miktarında artış görülmüştür.

Kaynak işlemleri sonrası parçalara "ASME BPV Code Section IX: Welding and Brazing Qualifications" standardına uygun olarak oda sıcaklığında çekme, eğme ve sertlik, -46 °C'de kaynak metali ve ITAB darbe testleri uygulanmıştır. Çekme testi sonucu numunelerde kopma ana malzeme kısmından gerçekleşmiştir. Eğme testi sonunda numunelerde açılma yırtık veya çatlak tespit edilmemiştir. Sertlik ölçümleri sonucu kaynak metali ve ısı tesiri altında kalan bölgelerde farklı numunelerde yakın sertlikler elde edilmiştir. -46 °C'de yapılan ITAB darbe testi sonucu tüm numunelerde yakın değerler elde edilmiştir. Koruma gazının değişimi ile kaynak bölgesi mekanik özelliklerinin belirlenebilmesi için tek kriter olarak kaynak metali darbe testi sonuçları etkili olmuştur. -46 °C'de yapılan bu test sonucu en düşük değerlere %100 CO_2 koruma gazı ile kaynatılmış parçada ulaşılmıştır. Koruma gazındaki artan CO_2 miktarı ile birlikte kaynak metali tokluğunda düşüş olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca kaynak metali tokluk değerlerinin ITAB bölgesine göre daha düşük olduğu belirlenmiştir.

Mikro yapı incelemeleri sonucu karakteristik kaynak bölgesi görüntüleri elde edilmiştir. Makro incelemeler sonucu herhangi bir hata tespit edilmemiştir.

Yapılan çalışmalar sonunda metal özlü teller ile yapılan GMA kaynaklarında oluşan sıçrantı miktarı açısından ve kaynak bölgesi mekanik özellikleri bakımından en uygun koruma gazının %10 CO_2 + %90 Ar bileşimi olduğu tespit edilmiştir. %20 CO_2 + %80 Ar karışımı koruma gazının da maliyetler gözönüne alındığında ve deney sonuçlarının %10 CO_2 + %90 Ar karışımı koruma gazına çok yakın olması sebebi ile tercih edilebileceği belirlenmiştir.

DETERMINATION OF DEPOSITION RATE AND WELD AREA MECHANICAL PROPERTIES OF METAL CORED WIRES ON PIPE BUTT WELDS

SUMMARY

In this study ASTM A106 Grade B, 24 inch (610 mm) pipes with 17.5mm wall thickness and ASTM A671 Grade CC65, Class 22, 28 inch (711 mm) pipes with 27mm wall thickness have been welded using gas tungsten arc welding (GTAW) and gas metal arc welding.(GMAW). After two root passes by GTAW, one pass was applied with GMA welding technique as a backing for fill passes. After backing passes to determine the deposition rate of metal cored wires, 15 weldements were made under %20 CO_2 + %80 Ar shielding gas. Additionally 5 weldements have been made under different shielding gasses (%100 CO_2, %30 CO_2 + %70 Ar mixture, %20 CO_2 + %80 Ar mixture and %10 CO_2 +%90 Ar mixture).to determine the spatter amount and the mechanical properties of the weld area. Totally 20 joints welded under different welding parameters.

For deposition rate determination study butt welds of ASTM A106 Grade B, 24 inch (610 mm) pipes with 17.5mm wall thickness were welded. Welding current, voltage and the travel speed were 220A-300A, 25V-30V and 30 cm/min-40cm/min, respectively. At the end of the study 300 A. welding current, 27.5V voltage and 30 cm/min travel speed paremeters were determined as the optimum parameters for low spatter ratio, stable arc and high deposition rate (5.08 kg/hr). It is determined that with the increase of the welding current, wire feed speed and the deposition rate increases. Therefore , the highest current of 300A was selected as the optimum current. While welding with 30V arc voltage it has been determined that deformation occured on the side walls. While welding with 25V arc voltage it has been determined that spatter ratio is increased. At the travel speeds over than 30 cm/min. weld bead could not be control easily and the risk of weld defects, such as lack of fusion and incomplete penetration, was high.

For the study to determine the mechanical properties of the weld area and the spatter ration under different shielding gasses, butt welds of ASTM A671 Grade CC65, Class 22, 28 inch (711 mm) pipes with 27mm wall thickness have been welded. Keeping the other welding parameters constant, CO_2 composition in the shielding gas have been changed in between %10 and %100 with Ar balance. It has been observed that spatter ratio inceases with increasing CO_2 content in the shielding gas.

After welding operations mechanical tests including room temperature tensile, bending and harness tests and impact tests (-46 C) have been applied to the samples by considering ASME BPV Code Section IX: Welding and Brazing Qualifications. During tensile tests welded samples were fractured at the base material. After bending test no crack or fissure determined. HAZ impact test results were closer to each other (in between 279J – 288J). Weld metal and heat affected zone hardness values were close to each other after hardness tests. The lowest impact energy values were obtained from the impact test samples having notches in the weld metal, which were welded under %100 CO_2 shielding gas. It has been determined that weld metal toughness decreases with the increase of CO_2 content in the shielding gas and the tougness of weld metal is lower than the toughness of heat affected zone.

Finally it has been concluded that the best shielding gas for GMA welding of metal cored wires is %10 CO_2 + %90 Ar mixture if weld metal properties and spatter occured during welding are considered. Since %20 CO_2 +%80 Ar mixture yielded reasonable results it can also be used to lower the cost of welding.

1. GİRİŞ

Gazaltı kaynak yöntemlerinde kaynak sarfı olarak kullanılmakta olan metal özlü tellerin uygulama alanları yüksek verimleri sayesinde ve mekanik özelliklerindeki gelişmeler ile birlikte hızla artmaktadır.

Ark kaynağının endüstriyel olarak kullanılmaya başlamasından beri geçen süreçte örtülü elektord kaynağından gaz korumalı kaynak yöntemlerine geçiş yaşanmaktadır. Gaz korumalı yöntemlerde ise masif tellerden özlü tellere yöneliş olmuştur. Özlü tellerin bir çeşidi olan metal özlü teller özlü tel teknolojisinin masif teller ile birleştirilmesi ile ortaya çıkmıştır. Dış metal kabuk ve öz olarak metal tozları ve deoksidan element tozlarından oluşmaktadırlar. Günümüzde dikişli ve dikişsiz olmak üzere iki farklı yöntemde üretilebilmektedirler. Farklı üreticiler tarafından iki yöntem de kendi proseslerine uygunluk bakımından seçilebilmektedir.

Metal özlü tellerin masif tellere oranla metal yığma kapasiteleri daha yüksektir ve uygun koruma gazı bileşimlerinde, uygun parametreler ile çalışıldığında daha estetik kaynak dikişi vermektedirler. Kaynak sonrası oluşan silis kalıntıları dışında curuf oluşmamaktadır. Kaynak esnasında kaynak metali olarak kaynak bölgesine geçme oranları düşük sıçrantı ve curuf oluşmamasına bağlı olarak yüksektir. %91-96 oranında kaynak verimleri bulunmaktadır.

Çalışan sağlığının ve iş güvenliğinin ön plana çıktığı günümüzde insan sağlığına daha az zarar veren kaynak yöntemleri ve sarfları tercih edilmektedir ve bu konu üzerinde yoğun çalışmalar yapılmaktadır. Metal özlü teller ile kaynak esnasında emsal diğer yöntemlere göre daha az kaynak dumanı ortaya çıkmaktadır.

Metal özlü tellerin avantajları yanında yüksek maliyet ve mekanik özelliklerinin emsal sarflara göre düşük olması gibi dezavantajları bulunmaktadır.Metal özlü teller ile kaynatılmış kaynak metali mekanik özellikleri ilgili standartlarda belirtilen şartları sağlasa da örtülü elektrod veya tozaltı yöntemi ile yapılmış değerlere oranla düşük kalmaktadır. Metal özlü teller üzerinde yapılan araştırma geliştirme çalışmaları mekanik özelliklerinin geliştirilmesi üzerine yoğunlaşmıştır. Düşük kaynak dumanı

ve kaynak kalitesi için geliştirilen üretim yöntemlerinin sebep olduğu yüksek üretim maliyeti az miktarda sarf ihtiyacı olan kullanıcılara dezavantaj yaratmaktadır.

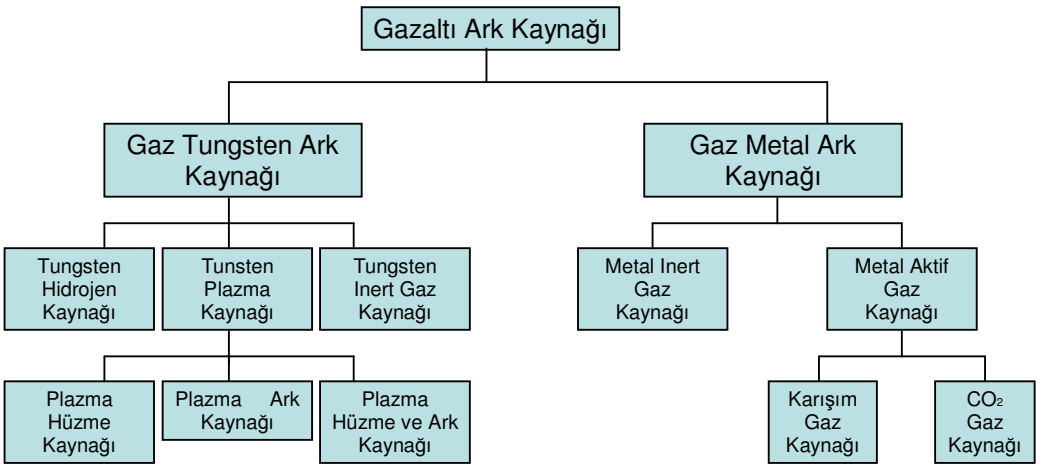
Genel olarak metal özlü teller ile yapılan karbon çeliği kaynaklarında CO_2-Ar karışım koruma gazları ile çalışılmaktadır. Seçilen koruma gazı bileşimi kaynak kalitesini, kaynak bölgesi mekanik özelliklerini ve kaynak verimini etkilemektedir. Koruma gazına uygun kaynak parametrelerinin belirlenmesi kaynak esnasındaki metal taşınım moduna, oluşan çapak ve sıçrantı miktarına ve metal yığma kapasitesine etki etmektedir.

Bu çalışmada metal özlü teller kullanılarak farklı bileşimdeki koruma gazı ortamlarında kaynatılan kaynak bölgelerinin mekanik özellikleri ile kaynak esnasındaki sıçrantı miktarları ve %20CO_2 + %80 Ar koruma gazında yapılan kaynaklarda en yüksek metal yığma kapasitesi belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. GAZALTI ARK KAYNAĞI

Gazaltı ark kaynağı, kaynak esnasında kaynak bölgesi koruma ortamının asal veya karışım gazlarla oluşturulduğu kaynak yöntemlerine verilen genel adlandırmadır. Bu yöntemlerin sınıflandırılması elektrod tipi, kullanılan sarf tipi ve kullanılan koruma gazı tipine göre yapılabilmektedir. Ergimeyen elektrod kullanılıp ilave tel beslemesinin ayrı olarak yapıldığı Gaz Tungsten Ark Kaynağı (GTAK) ve sürekli tel beslemesinin yapıldığı, ergiyen elektrod olarak kaynak telinin kullanıldığı Gaz Metal Ark Kaynağı (GMAK) olmak üzere iki ana yönteme ayrılmaktadır. En yaygın ve geçerli olarak yapılan sınıflandırma Tablo 2.1 de verilmiştir. GTAK yöntemi avrupa standartlarında "Tungsten Inert Gas" (TIG) , amerikan standartlarında "Gas Tungsten Arc Welding" (GTAW) olarak isimlendirilmektedir. GMAK yöntemi ise avrupa standartlarında kullanılan koruma gazına göre "Metal Inert Gas/Metal Aktive Gas" (MIG/MAG), amerikan standartlarında "Gas Metal Ark Welding" (GMAW) olarak isimlendirilmektedir.

Tablo 2.1: Gazaltı ark kaynağı sınıflandırması [1]



Elektrik arkı, 1800 yılında H. Davy tarafından bulunmasından sonra 1800'lü yılların sonlarına doğru Rus N.G. Slavianoff ve Amerikalı C.L Coffin tarafından Karbon Ark Kaynağı olarak malzemelerin birleştirilmesinde kullanılmaya başlanmıştır. 1900'lü yılların başında A. P. Strohmenger tarafından geliştrilen yöntemde metal elektrodlar

örtü ile kaplanarak daha karaklı ark oluşması ve kaynak banyosu koruması sağlanmıştır [2].

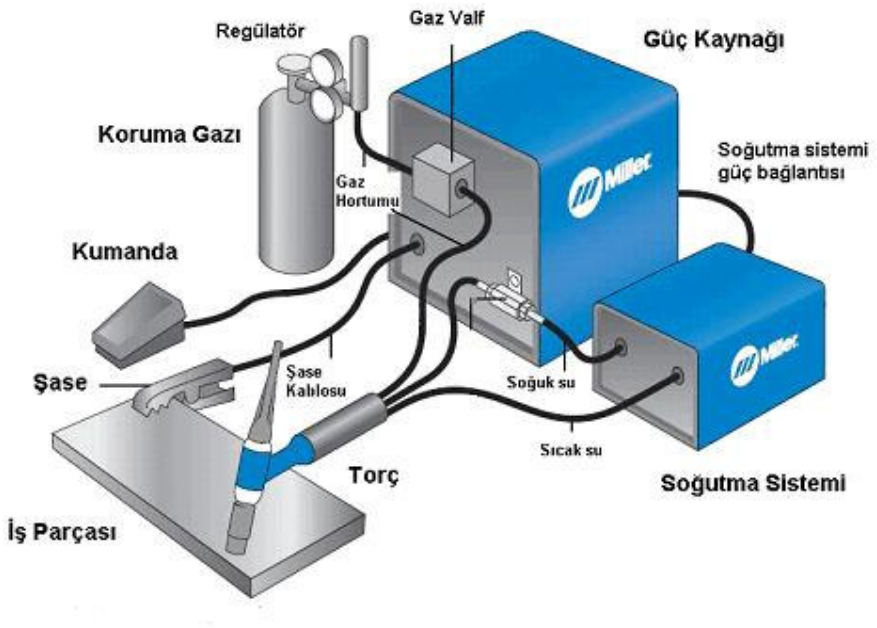
Kaynak esnasında yarı otomatik olarak sürekli kaynak teli beslemesine yönelik çalışmalara 1920'li yıllarda başlanmıştır. General Electric firmasında çalışmakta olan P.O. Nobel tarafından sürekli tel besleyen kaynak düzeneği geliştirilmiş fakat gaz koruması olmadığı için yaşanan gözenek ve düzensiz ark problemlerinden ötürü kullanım alanı bulamamıştır [2].

1930'lu yılların başında özellikle aliminyum ve magnezyum gibi demir dışı metallerin kaynağında örtülü elektrodlarla yaşanan problemler araştırmacıları kaynak esnasında asal gaz koruması kullanmaya itmiştir. Doğru akım ile çalışan ve asal koruma gazı kullanılan yöntemler havacılık sanayisinde magnezyum kaynağında uygulanmaya başlanmıştır. Yöntem 1941 yılında geliştirilmiş, Gaz Tungsten Ark Kaynağı (GTAK) adını alarak yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Koruyucu gaz olarak asal helyum gazı kullanılmıştır. Kaynak esnasında tungsten parçalarının deformasyondan ötürü kaynak banyosuna düşmesi problemini önlemek için ilk olarak doğru akım eksi kutuplamada, çözüm bulunamayınca alternatif akımda çalışılmaya başlanmıştır [3].

1948 yılında "Battle Memorial Institute" tarafından Gaz Metal Ark Kaynak (GMAK) yöntemi, koruma ortamı asal gaz ile oluşturularak, geliştirilmiştir. H. E. Kenny tarafından geliştirilen yöntemde küçük çaplı masif kaynak teli, sabit voltaj güç ünitesi ve asal koruma gazı kullanılmıştır. Yüksek ergime kapasitesine ve verime ulaşılmasına rağmen asal gaz maliyetinin çok yüksek olmasından ötürü demri dışı metallerdeki uygulamaların dışında çok fazla kullanım alanı bulamamıştır ve ekonomik kazanç sağlayamamıştır. 1953 yılında CO_2'nin de koruma gazı olarak kullanılmaya başlanması ile birlikte GMAK yöntemi yaygın uygulama alanı bulmuştur. 1958-1959 yıllarında kısa devre çalışma modundaki gelişmeler ve 1960 yılındaki ince damlalı metal taşınım modunda çalışmanın geliştirilmesi GMAK yöntemini en çok tercih edilen kaynak yöntemlerinden biri haline getirmiştir [4]

1950'li yıllarda CO_2'nin koruma gazı olarak kullanılmaya başlaması ile birlikte GTAK yönteminde de bu gazla deneme çalışmaları yapılmış fakat başarılı uygulamalara ulaşılamamış, çok yaygın kullanım alanı bulamamıştır. Günümüzde GTAK yöntemi genel olarak argon, kısmen de helyum asal gazları kullanılarak farklı

malzeme türlerinin manul olarak kaynatılmasında doğru akım veya alternatif akımda normal ve darbeli çalışma şeklinde çok geniş uygulama alanı bulmaktadır. Yöntemin otomasyon ve orbital sistemleri uygulamaları da bulunmaktadır. Tüm ark kaynağı yöntemleri içerisinde en kaliteli ve hatasız kaynak dikişleri GTAK yönteminde elde edilmektedir. Kaynak sarfı olarak masif tel kullanılmaktadır. Çok yaygın olmamakla birlikte özel uygulamalarda özlü teller de tercih edilebilmektedir. GTA kaynak düzeneği Şekil 2.1'de gösterilmiştir.

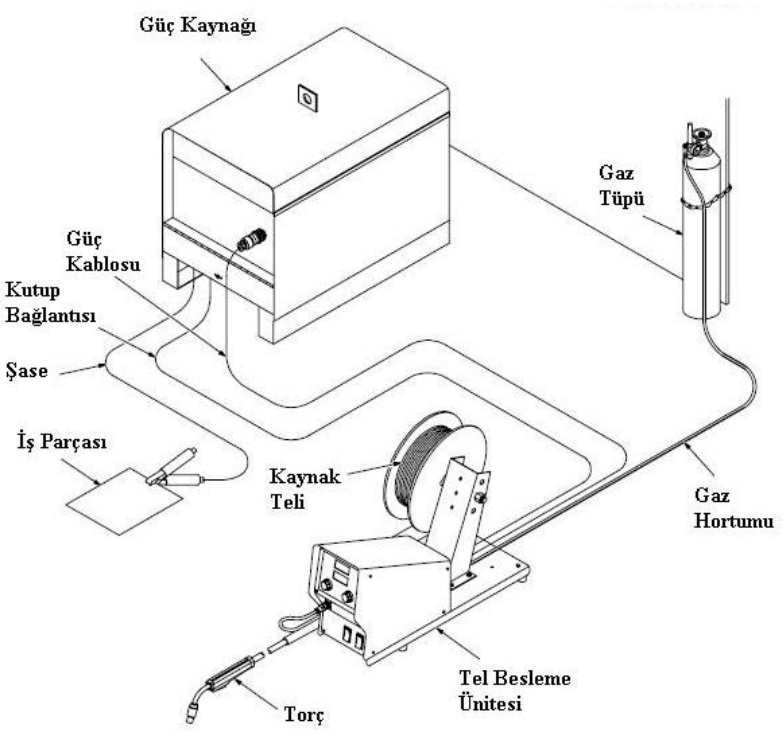


Şekil 2.1: Gaz Tungsten Ark Kaynağı (GTAK) Düzeneği [5]

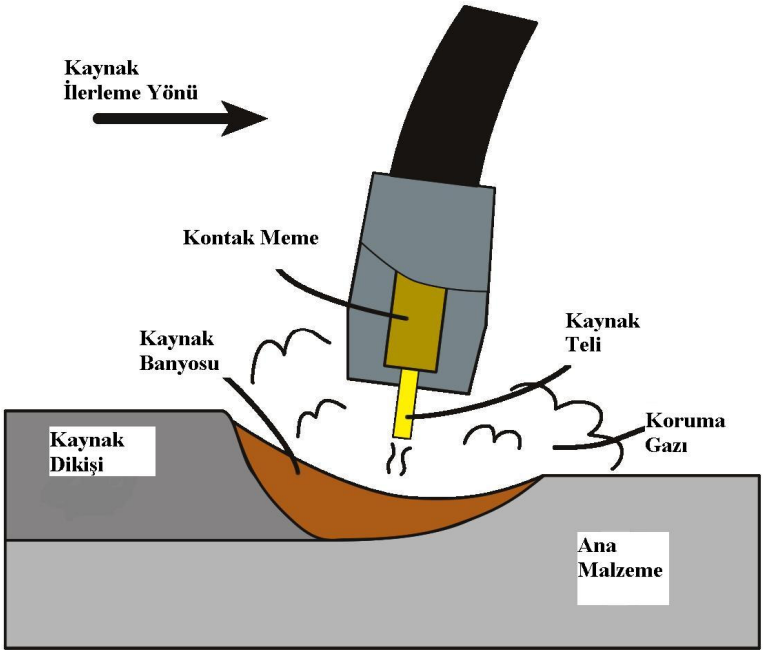
2.1 Gaz Metal Ark Kaynağı

1960'lı yıllardaki gelişmelerden alınan ivme ile GMAK günümüzde bir çok malzemenin kaynağında hızlı ve ekonomik bir yöntem olarak uygulanmaktadır. Masif tellerin yanında metal özlü teller de GMA kaynağında kaynak sarfı olarak kullanılabilmektedir. GMA kaynak düzeneği kaynak güç ünitesi, sonsuz tel besleyen tel sürme ünitesi, kaynak torcu ve koruma gazı tüpünden oluşur. Kaynak düzeneği Şekil 2.2'de gösterilmiştir. Güç ünitesi kutuplarından biri iş parçasına diğeri de tel sürme ünitesine bağlanır. Koruma gazı depolandığı kısımdan tel sürme ünitesine ulaştırılır. Koruma gazı ve kaynak teli torç vasıtası ile kaynak bölgesine beslenir.

Ark, iş parçası ile elektrod görevi de gören kaynak teli arasında oluşmaktadır. Kaynak bölgesi Şekil 2.3'de verilmiştir.



Şekil 2.2: Gaz Metal Ark Kaynağı (GMAK) düzeneği [6]



Şekil 2.3: GMAK kaynak bölgesi

Yöntemin avantajları aşağıda sıralanmıştır [14]:

- Tel şeklindeki kaynak elektrodu kaynak bölgesine sürekli beslendiği için kaynakçı örtülü elektrod ark kaynak yönteminde veya gaz tungsten ark kaynak yönteminde olduğu gibi elektrod veya tel değiştirmek için kaynağı durdurmak zorunda değildir.
- Tozaltı ark kaynağından farklı olarak uygun parametreler ayarlandığında tüm pozisyonlarda kaynak imkanı bulunmaktadır.
- Curuf oluşmadığı için örtülü elektrod ark kaynağında olduğu gibi her paso sonrası curuf temizliğine gerek yoktur ve kaynak metalinde curuf kalıntısı oluşma riski olmadığından, daha kaliteli kaynaklar elde edilir.
- Örtülü elektrod ark kaynağına ve gaz tungsten ark kaynağına göre daha düşük çaplı elektrodlar kullanıldığından, aynı akım aralığında yüksek akım yoğunluğuna ve yüksek metal yığma kapasitesine sahiptir.
- Gazaltı kaynağı ile elde edilen kaynak metali düşük hidrojen miktarına sahiptir, bu özellikle sertleşme özelliğine sahip çeliklerde önemlidir.
- Gazaltı kaynağında derin nüfuziyet sağlanabildiği için bazen küçük köşe kaynakları yapmaya izin verir ve örtülü elektrod ark kaynağına göre daha düzgün bir kök penetrasyonu sağlamaktadır.
- İnce malzemeler çoğunlukla GTAK yöntemi ile ilave metal kullanarak veya kullanmadan birleştirilse de, gazaltı kaynağı ince malzemelerin kaynağına örtülü elektrod ark kaynağından daha iyi sonuç vermektedir.
- Hem yarı otomatik hem de tam otomatik kaynak sistemlerinde kullanıma çok uygundur. Otomasyon ve robot sistemlerinde uygulama imkanı bulunmaktadır.
- Manuel uygulamalarda çok yüksek kaynakçı kalifikasyonu gerektirmemektedir.

Yöntemin dezavantajları ve karşılaşılan problemler ise [14]:

- Gazaltı kaynak ekipmanları, örtülü elektrod ark kaynağı ve gaz tungusten ark kaynağı ekipmanlarına göre daha karmaşık, daha pahalı ve taşınması daha

zordur. Düzgün kaynak elde edebilmek için tüm sistem parçalarının kusursuz çalışması gerekmektedir.

- Gazaltı kaynak torcu iş parçasına yakın olması gerektiği için ulaşılması zor alanlarda kaynak yapmak kolay değildir.
- Sertleşme özelliği olan çeliklerde gazaltı kaynağı ile yapılan kaynak birleştirmeleri çatlamaya daha eğilimlidir çünkü, örtülü elektrod ark kaynağında veya tozaltı ark kaynağında olduğu gibi kaynak metalininin soğuma hızını düşüren bir curuf tabakası yoktur.
- Gazaltı kaynağı, gaz korumasını kaynak bölgesinden uzaklaştırabilecek hava akımlarına karşı ek bir koruma gerektirir. Açık alanlarda kaynak yapmak zordur ve hata ihtimali yüksektir. Bunun için kaynak esnasında ilave önlemler alınması gerekmektedir.
- Metal yığma kapasitesi tozaltı ark kaynak yöntemine göre düşüktür.
- Oluşan kaynak arkı daha parlak ve daha zararlıdır. Kaynakçı kişisel koruması kaynak öncesi eksiksiz sağlanmalıdır.

Gaz metal ark kaynağında önemli parametreler tel hızı (akım), voltaj ve serbest tel mesafesidir. Temel olarak kaynak akımı nüfuziyet derinliğini, kaynak voltajı ise kaynak banyosunun yayılmasını ve kaynak genişliğini belirlemektedir. Serbest tel mesafesi kontak memeden ana malzemeye uzanan tel boyu olarak tanımlanmaktadır. Elektod olarak görev yapan kaynak teli çok iyi iletken olmadığı için serbest tel mesafesi uzadığı durumlarda akım da düşme meydana gelmektedir [13].

2.2 Gaz Metal Ark Kaynak Donanımı

2.2.1 Kaynak Akım Üreteçleri

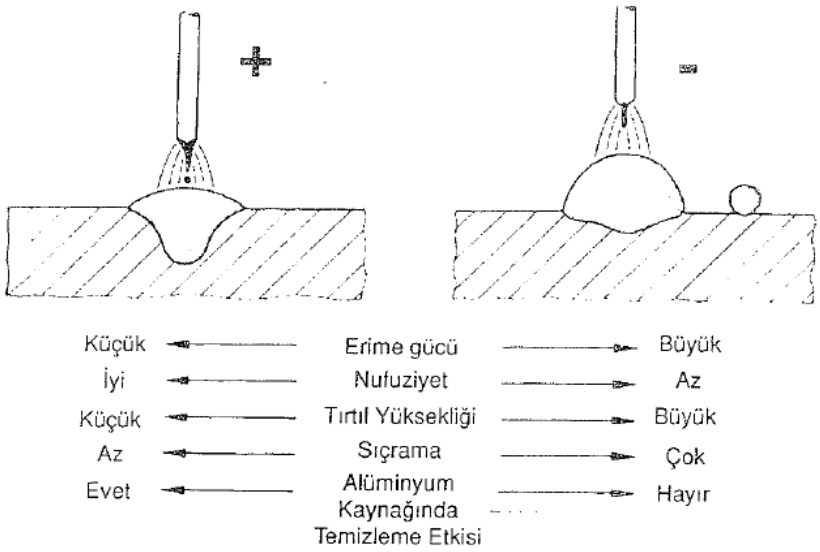
Kaynak akım üreteci ark için gerekli olan elektrik enerjisini sağlamaktadır. Akım olarak doğru akım veya darbeli doğru akım kullanılmaktadır. Gelen şebeke akımı üreteç içindeki uygun elemanlarla ve devrelerle doğru akıma çevrilmektedir.

Gazaltı ark kaynağında kullanılan akım üreteçleri yaygın olarak yatay volt-amper karakteristiğine sahiptir. Bu tip karakteristikte çalışan güç üniteleri sabit voltaj (gerilimli) makinalar diye de adlandırılmaktadır. Ark boyunun dolayısı ile ark geriliminin az miktar değişmesi ile kaynak akımı yani ergime gücündeki değişim çok

fazla olur. Bu tip makinalarda iç ayar diye adlandırılan ve hiçbir ek donanım gerektirmeden kendinden oluşan ark boyu ayarı vardır [7].

Nadir olarak 2.5mm'den daha kalın çaplı kaynak tellerinin kullanıldığı uygulamalarda düşey karakteristikli üreteçler kullanılabilmektedir. Bu tip uygulamalarda ark boyunun değişimi ile tel süreme motorunun hızı değiştirilerek ark gerilimi sabit tutulur. Pahalı ve hızlı olmayan bu sistemin çok fazla uygulama alanı bulunmamaktadır [7].

Diğer ark kaynak yöntemlerinde olduğu gibi doğru akım kullanıldığı zaman elektrod negatif veya pozitif kutuplama ile çalışılabilmektedir. Kutuplamanın kaynak özelliklerine etkisi Şekil 2.4'de gösterilmiştir. Yaygın olarak gaz metal ark kaynağında elektrod pozitif kutuplama ile çalışılmaktadır. Elektrod negatif kutuplama şekli aliminyum ve alaşımlarının kaynağında tercih edilmektedir.



Şekil 2.4: Kutuplama'nın kaynak özelliklerine etkileri [7]

Akım üreteçleri çalışma prensibi olarak motor jeneratör tipi, redresör tipi ve invertör teknolojili olmak üzere 3 ana grupta üretilmektedir.

- **Motor jeneratör** tipi üreteçler özellikle elektrik akımının bulunmadığı şantiyelerde sık olarak tercih edilmektedirler. Dizel veya benzin motoru tarafından tahrik edilerek çalışmaktadırlar. Aynı zamanda örtülü elektrod kaynağına da imkan vermektedirler. Atölye ve fabrikalarda tercih edilmezler.

- **Redresör tipi** akım üreteçleri şebeke akımı ile çalışırlar. Transformatör ve redresör olarak iki ana gruptan oluşurlar. Monofaze ve trifaze akımlarda çalışan çeşitleri bulunmaktadır. Darbeli akımda çalışma imkanı sunarlar. Yaygın olarak atölye ve fabrikalarda kullanılmaktadırlar.
- **İnvertör teknolojili** akım üreteçleri redresör tipi üreteçlerin geliştirilmesi ile ortaya çıkmış yeni nesil makinalardır. İnvertör teknolojisi üstün ark kontrolü ve sıçrantısız ark oluşumu sağlamaktadır. Redresör tipi üreteçlerden boyut olarak küçük ağırlık olarak da hafiftirler. Günümüzde akım üreteçleri invertör teknolojisi üzerine gelişmektedir.

Gaz metal ark kaynağı dahil birden çok ark kaynak yöntemini yapabilen akım üreteçleri ticari olarak önem kazanmıştır. Çoklu proses üreteçler olarak adlandırılan bu tip sistemlerde örtülü elektrod ark kaynağı, gaz tungsten ark kaynağı ve gaz metal ark kaynağı aynı anda yapılabilmektedir.

Akım üreteçleri ürettikleri akım ve devrede kalma sürelerine göre farklı uyulamalar için seçilmektedirler. Devrede kalma süresi kaynak ark süresinin toplam makina çalışma süresine oranıdır.

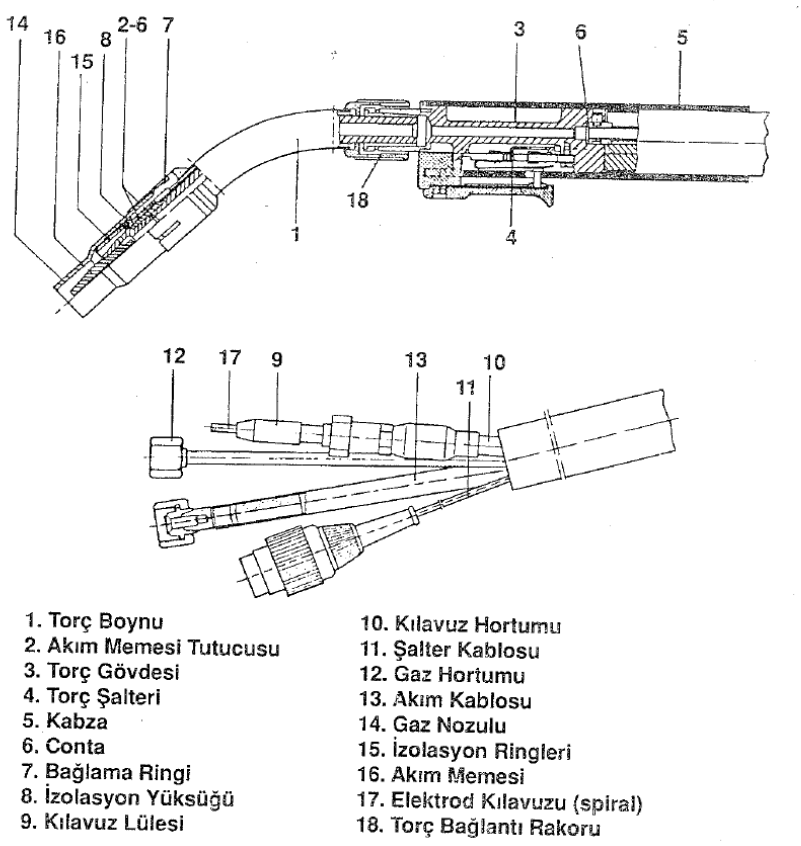
2.2.2 Kaynak Torçları

Kaynak bölgesine koruyucu gaz gönderilmesi ve kaynak teline akım yüklenerek iletilmesi kaynak torcu vasıtası ile olmaktadır. Temel olarak su soğutmalı ve hava soğutmalı olmak üzere iki farklı tip kaynak torcu bulunmaktadır. Yüksek akım değerlerinde çalışılan yoğun kaynak işlerinde su soğutmalı torçlar tercih edilmektedir. Daha düşük akım değerlerinde ise hafilikten ve kullanım kolaylığından ötürü hava soğutmalı torçlar tercih edilmektedir. Uygulama alanlarına göre çok farklı şekil ve boyutta kaynak torcu üretilmektedir. Şekil 2.5'de hava soğutmalı gazaltı kaynak torcunun kesiti ve elemanları verilmiştir.

Akımı kaynak teline ileten eleman akım memesidir (kontak meme). Akım memesi kalitesi ve kullanımı kaynak kalitesine ve maliyetine doğrudan etki etmektedir. Kaynak esnasında kontak memeye bağlı oluşabilecek hataları ve zaman kayıplarını önlemek için tel besleme üniteleri ve teller mümkün olduğunca demir tozu ve diğer tozlardan arındırılmalıdır ve bu amaçla gerekli önlemler alınmalıdır. Çalışılan akım ve voltaj değerlerine uygun büyüklükte kontak memeler seçilerek aşırı ısınmalar

önlenmelidir, tel beslemenin sürekli ve düzenli gelmesi sağlanmalıdır, kontak meme içerisinde şase almaları önlenmelidir [8].

Nozul koruma gazı akışının laminar gerçekleşmesini sağlamaktadır. Nozul çapı koruma gazı hızını ve debisini etkilemektedir. Gaz dağıtıcı (akım memesi tutucu), gazın nozzle içerisinde homojen ve akıcı dağılımını sağlamaktadır. Gaz dağıtıcı ve nozzle'dan uygun debide ve formda gaz akışının sağlanması kaynak kalitesi (özellikle gözenek hatasına sebebiyet vermemek için) ve yeterli koruma için önem taşımaktadır.



Şekil 2.5: Hava soğutmalı gazaltı kaynak torcu [7]

2.2.3 Tel Sürme Ünitesi ve Kumanda Paneli

Tel sürme üniteleri kaynak telini sarılı olduğu makaradan açıp kaynak bölgesine toç içerisinden ittiren mekanizmalardır. Ana elemanlar olarak tel sürme motoru, baskı makaraları ve giriş-çıkış nozzlelarından oluşurlar. Üretici firmaya ve ürüne göre makara sayıları ve sistemleri değişebilmektedir. Model ve üretici firmaya göre değişmekle birlikte genel olarak tel sürme ünitelerinin üzerinde kumanda panelleri de

bulunmaktadır. Bu paneller vasıtası ile tel hızı (akım), voltaj, ön gaz akışı, son gaz süresi, geri yanma zamanı gibi bir çok kaynak parametresi ayarlanabilmektedir. Ayarlanabilen parametre detayı makina modeline ve cinsine göre değişiklik göstermektedir.

2.3 Gaz Metal Ark Kaynağında Ark Geçişleri ve Metal Taşınımı

Metal taşınımı modu, kaynak esnasında oluşan ark bölgesinde kaynak telinden kopan sıvı metal damlalarının ana malzemeye geçiş tipini tanımlamaktadır.Kaynak arkı oluşumu esnasında metal taşınım tipini etkileyen faktörler aşağıda sıralanmıştır,

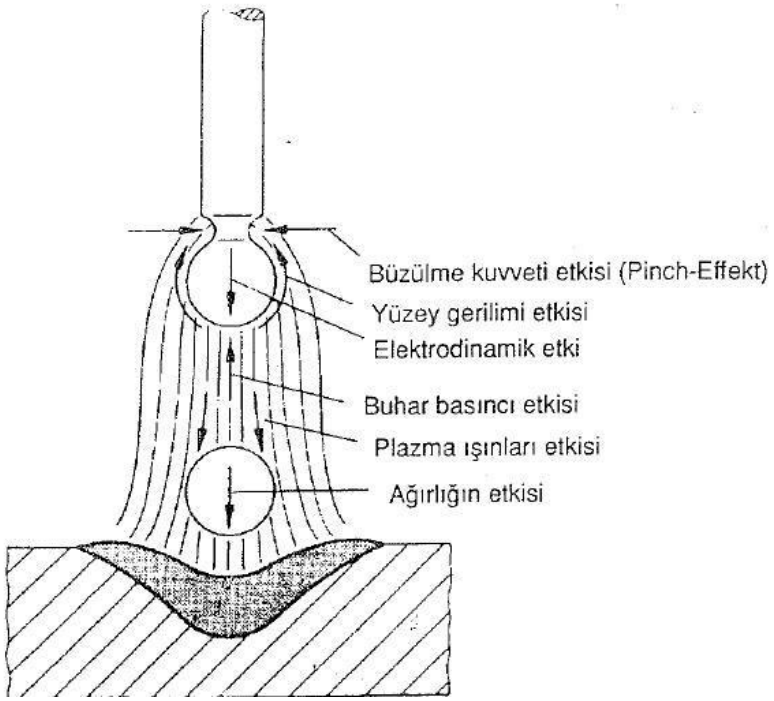
- Kaynak akım şiddeti,
- Kaynak teli (elektrod) çapı,
- Elektrod bileşimi,
- Kullanılan koruma gazı
- Serbest tel mesafesi

Kaynak esnasında ark bölgesinde tanışan sıvı metal damlacığına büzülme kuvveti, yüzey gerilimi, elektrodinamik etki, buhar basıncı, plazma ışınları ve yerçekimi etki etmektedir. Etkiyen kuvvetler ve etki biçimleri Şekil 2.6'da verilmiştir.

Metal taşınım tipi kaynak kalitesine ve verimliliğe direk etki etmektedir. Doğru metal taşınımında çalışmak ekonomik olarak büyük kazançlar sağlamaktadır.

Uluslararası Kaynak Enstitüsü (International Welding Institute / IIW) tarafından 8 farklı metal taşınım tipi belirlenmiş olsa da yaygın olarak damlasal (uzun ark), eksenel ufak damlalı, ince damlalı, döner damlalı ve kısa devreli taşınım tipleri sınıflandırması yapılmaktadır [9].

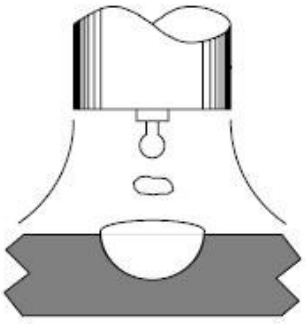
Kaynak esnasında hangi tipte metal taşınımında çalışıldığını tespit etmek için pahalı ve teknolojik makinalar gerekse de kaynak sektöründe tecrübeli ve kalifiye kişiler tarafından oluşan ark sesinden kısa devre, uzun ark ve ince damlalı taşınım türleri tespit edilebilmektedir.



Şekil 2.6: Sıvı metal damlasına etkiyen kuvvetler [7].

2.3.1. Damlasal Metal Taşınımı (Uzun Ark)

Tüm parametreler sabit kabul edildiğinde en düşük tel hızı değerlerinde görülen taşınım tipidir. Taşınım geniş çaplı oval sıvı metal damlaları şeklinde gerçekleşir. Saniyede 1-10 damla kaynak banyosuna taşınabilmektedir. Metal damlalarının esas olarak yer çekimi ile hareket etmelerinden ötürü pozisyon kaynaklarında çalışmak zordur [9]. Damlasal metal taşınımı Şekil 2.7'de verilmiştir. Kaynak esnasında çapak ve sıçrantı oluşur, kaynak yüzeyi çok düzgün değildir.



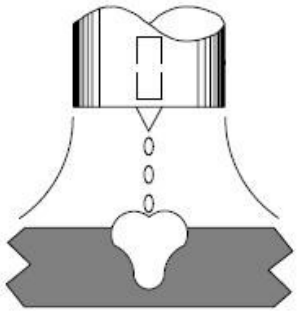
Şekil 2.7: Damlasal metal taşınımı [6]

2.3.2. Eksenel Ufak Damlalı Metal Taşınımı

Damlasal metal taşınımı esnasında tel hızı dolayısı ile kaynak akımı arttırıldığı takdirde eksenel ufak damlalı taşınım moduna geçilir. Bu modda saniyede 100 damla kaynak banyosuna taşınabilmektedir [9]. Metal damlalarının eş eksenli küçük damlalar halini almaktadır. Metal damlaları sadece zayıf yer çekimi kuvveti ile değil elektromanyetik kuvvetler ile ivmelenerek kaynak banyosuna eksenel olarak taşınırlar [7].

2.3.3. İnce Damlalı Metal Taşınımı

Eksenel ufak damlalı metal modunda tüm parametreler sabitken tel hızı arttırıldığı takdirde kaynak akımının da artması ile birlikte ince damlalı metal taşınım moduna geçililir. Saniyede 1000 damla kaynak banyosuna geçebilmektedir [9]. Taşınım esnasında elektromanyetik kuvvet ve "pinch effekt" etkilidir. Günümüzde çok yaygın olarak kullanılmaya çalışılan metal taşınım modudur. Uygun parametreler ile çalışıldığı takdirde neredeyse çapak ve sıçrantı oluşmaz. Bu modda çalışabilmek için Argon veya argonca zengin koruma gazları kullanılması gerekmektedir [7]. İnce damlalı metal taşınımı Şekil 2.8'da verilmiştir. Metal yığma kapasitesi yüksektir, büyük çaplı kaynak teli ile çalışma imkanı bulunmaktadır, nüfuziyet ve ergime problemleri yaşanmamaktadır, çok düzgün kaynak yüzeyleri elde edilmektedir. Bu taşınım modunda çalışabilmek için düzgün malzeme birleştirmesi gerekmektedir ve ana malzeme kalınlığının en az 3mm'nin üstünde olması gerekmektedir. Açık kök kaynaklarında uygulama imkanı bulunmamaktadır.



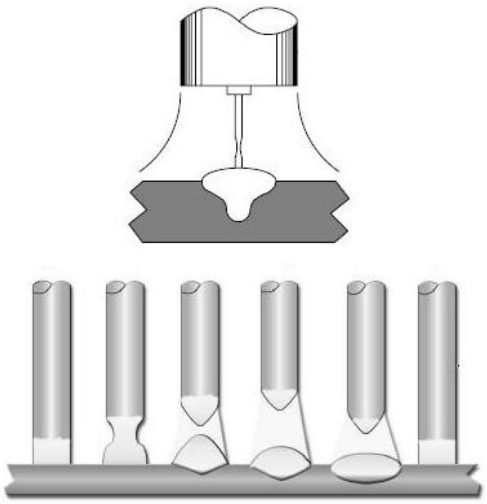
Şekil 2.8 İnce damlalı metal taşınımı [6]

2.3.4. Döner Damlalı Metal Taşınımı

İnce damlalı transfer modunda kayna akımının ve voltajının daha da yükselmesi veya serbest tel ucunun fazla büyümesi sonucu oluşan taşınım tipidir. Çok yaygın olmayan bir uygulama şeklidir.Yüzey kaplam işlemlerinde kullanılabilmektedir [7].

2.3.5. Kısa Devreli Metal Taşınımı (Kısa Ark)

Kaynak esnasında ark boyu çok kısadır. Oluşan metal damlacığı kaynak telinden kopmadan kaynak banyosu ile temas kurar, kısa devre oluşur, gerilim düşer, akım yükselir, damla elektroddan kopar ve kısa devre ortadan kalkar [7]. Kısa devreli metal taşınımı Şekil 2.9'de verilmiştir. Kısa devre oluşumu saniyede 90-200 kere gerçekleşir. Diğer taşınım yöntemlerine göre daha düşük akım, gerilim ve tel besleme hızı değerlerinde çalışılır. Bu yüzden ince malzemelerin kaynağında ve tüm pozisyonlarda kaynağa uygundur. Metal yığma kapasitesi düşüktür ve kalın malzemelerin kaynağında hata riski yüksektir. Kaynak esnasında yoğun miktarda çapak ve sıçrantı oluşur.



Şekil 2.9: Kısa devreli metal taşınımı [6]

2.4 Koruma Gazları

Kaynak esnasında koruma gazının birinci rolü kaynak banyosunu atmosferik gazlara özellikle azot ve oksijene karşı korumaktır. Koruma gazı, oluşan arkın kararlılığında ve metal taşınım tipinde de etkilidir. Kaynak esnasında kullanılan gaz bileşimi ana

metal ve kaynak teli ile birlikte kaynak bölgesi mekanik özellikleri ve korozyon direncine etki eder.

Koruma gazı bileşiminin ark bölgesi sıcaklık dağılımı üzerinde ve kaynak dikişi şeklinde önemli etkisi bulunmaktadır. Aynı akım değerlerinde farklı gaz koruması ile farklı gerilimler buna bağlı olarak da farklı dikiş geometrileri elde edilebilmektedir [10].

Temel olarak koruma gazları kaynak esnasında tepkimeye girmeyen asal gazlar ve kaynak esnasında tepkimeye girebilen aktif gazlar olarak ikiye ayrılmaktadır. Bu kapsamda argon, helyum gibi asal gazlar ve oksijen, karbondioksit, hidrojen, azot gibi aktif gazlar veya bunların karışımı gazlar kullanılmaktadır.

Koruma gazı seçiminde önemli olan özellikler aşağıda verilmiştir [11].

- **İyonizasyon Potansiyeli:** Gaz atomundan bir elektron koparabilmek için gerekli olan elektron volt cinsinden enerji miktarıdır. Ark alma kabiliyetini ve kararlılığını belirleyen bir özelliktir. İyonizasyon potansiyeli düşük olan argon gibi koruma gazları iyonizasyon potansiyeli yüksek olan helyum gibi koruma gazlarına göre daha kolay ark alırlar ve kararlı ark oluştururlar.
- **Isı İletimi:** Ark bölgesindeki ve oluşan plazma ile sıvı metal damlaları arasındaki ısı kayıplarına etki eder. Isı iletimi düşük olan argon koruma gazı ile tutuşan ark bölgesi dar ve sıcak iç bölge ve nispeten daha soğuk ve geniş üst kısım olmak üzere iki bölgeden meydana gelir. Bu sebeple argon koruma gazı kullanıldığında nüfuziyet iç kısımlarda derin ve dar üst yüzeyde ise daha geniştir. Isı iletimi yüksek helyum, argon-hidrojen karışımları, argon-karbondioksit karışımları gibi gazlarla tutuşan ark bölgesi daha geniş bir yapıdadır.
- **Parçalanma ve Birleşme:** Yüksek sıcaklıkdaki ark bölgesinde hidrojen, oksijen, karbondioksit gibi çok atomlu moleküler yapıya sahip koruma gazları bileşenlerine ayrılırlar. Bu ayrılma esnasında ortama serbest elektronlar verirler ve akım oluşturular. Parçalanmış atomlar görece olarak daha soğuk ana malzeme yüzeyinde tekrar birleşme reaksiyonuna girerler ve ortama ısı verirler. Argon gibi tek atomlu moleküler yapıya sahip koruma gazlarına oranla çok atomlu yapıya sahip koruma gazlarının oluşturduğu ark

bölgesinde aynı sıcaklıkda ana malzeme üzerinde açığa çıkan enerji daha fazladır.

- **Oksidasyon Potansiyeli:** Argon ve helyum gibi asal gazlar kaynak esnasında hiçbir şekilde tepkimeye girmezler. CO_2 ve O_2 gibi aktif gazlar ise kaynak esnasında kaynak telindeki ve ana malzemedeki elementler ile reaksiyona girerek curuf oluştururlar. Genel olarak ana malzemeden Mn ve Si kayıpları oluşur. Bu kayıplar kaynak bölgesi mekanik özelliklerini ve kaynak kalitesini etkilemektedir. Koruma gazına aktif gaz ilavesi ark kararlılığını ve kaynak banyosunun ıslatma kabiliyetini arttırmaktadır.
- **Yüzey Gerilimi:** Kaynak banyosu ve dış ortam arasında oluşan yüzey gerilimi dikiş geometrisine etki etmektedir. Yüzey enerjisi yüksek olan durumlarda dış bükey, düzensiz ve yanma oluğu riski bulunan dikişler elde edilir. Yüzey gerilimi düşük olan durumlarda düz ve hata riski düşük dikiş yüzeyleri elde edilir. Argon koruma gazı ile yapılan kaynak dikişleri yüksek yüzey geriliminden ötürü dış bükeydir. Argon koruma gazına az miktarda oksijen gibi aktif gaz ilavesi yüzey gerilimini düşürmekte ve kaynak banyosunun ıslatma kapasitesini arttırmakadır.
- **Gaz Safiyeti:** Kaynak yapılacak malzemeye bağlı olarak kullanılan koruma gazının safiyeti kaynak esnasında önem taşımaktadır. Gaz bileşimindeki kontol dışı ilaveler kaynak esnasında gözenek gibi kaynak hatalarına sebebiyet verebilmekte; kaynak metali kimyasal bileşimine ve mekanik özelliklerine etki edebilmektedir.
- **Gaz Yoğunluğu:** Kullanılan koruma gazının yoğunluğu gaz debisini ayarlamada önem taşımaktadır. Havadan daha yoğun argon ve karbondioksit gibi gazlar ile havadan daha az yoğunluklu helyum gibi gazlara göre daha düşük debide çalışılması gerekmektedir.

Gaz metal ark kaynağında sıkça kullanılmakta olan koruma gazları aşağıda sıralanmıştır.

2.4.1 Argon

Gaz tungsten ark kaynağında çok yaygın olarak kullanılan saf argon, gaz metal ark kaynağında daha çok alüminyum, bakır, magnezyum, nikel, titanyum gibi demirdışı

metallerin kaynağında kullanım alanı bulmaktadır. Titanyum gibi bazı elementlerin kaynağında standartlarda belirtilen en üst safiyet miktarı kullanılsa bile gözenek hataları ile karşılaşılabilmektedir. Düşük iyonlaşma potansiyeli ile kolay ark alma özelliğine sahiptir. Kararlı ark oluşur. Nüfusiyet şekli Şekil 2.10.a'da verilmiştir. Çelik esaslı malzemelerde saf argon yerine argon karbondioksit veya argon oksijen bileşimleri tercih edilmektedir.

2.4.2 Karbondioksit

Yaygın olarak karbon çelik malzemelerin kaynağında kullanılmaktadır. Koruma gazı olarak CO_2 kullanıldığı durumlarda metal taşınımı kısa veya uzun ark şeklinde gerçekleşmektedir. İnce taneli metal taşınım modunda çalışma imkanı bulunmamaktadır. Bu yüzden metal yığma kapsitesi düşüktür, sıçrantı ve çapak oluşumu fazladır [12]. Kaynak banyosu ıslatma nüfusiyet şekli Şekil 2.10.b'de verilmiştir. Kaynak kabiliyeti ve nüfuziyet fazla olsa da kaynak bölgesi mekanik özelliklerinde düşüş görülmektedir.

2.4.3 Helyum

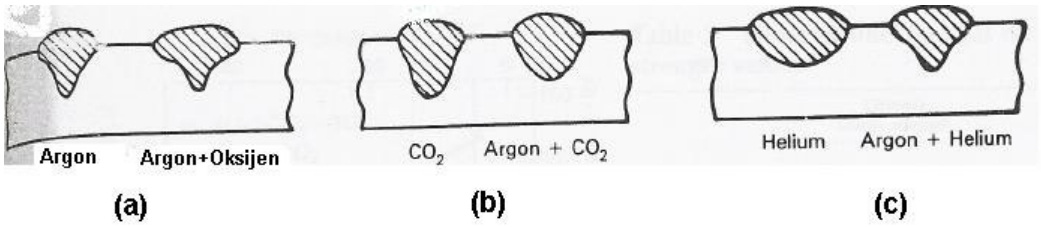
Argon gibi asal bir gaz olan helyum yüksek ısı iletkenliği ile ana malzeme üzerine daha fazla ısı verebilmektedir. Kalın alüminyum, bakır ve magnezyum alaşımlarının kaynağında kullanım alanı bulmaktaıdır. Havadan hafif bir gaz olduğu için yüksek debi ile çalışmak gerekmektedir. Maliyeti yüksek bir asal gazdır ve bu yüzden kullanım alanı sınırlanmaktadır. Nüfusiyet şekli Şekil 2.10.c'de verilmiştir.

2.4.4 Argon-Oksijen Karışımları

Argon koruma gazına az miktarda oksijen ilavesi ince damlalı metal taşınım moduna geçiş akımını düşürmekte, kaynak banyosu akışkanlığını artırmakta ve kaynak dikiş şeklini yayvanlaştırmaktadır. Argon koruma gazına oksijen ilavesinin kaynak nüfuziyet şekline etkisi Şekil 2.10.a'da verilmiştir. Daha çok paslanmaz çeliklerin kaynağında tercih edilmektedir. En sık kullanım şekli argon gazı içerisinde %1, 2, 5 veya %8 oksijen içeren bileşimleridir. %5 oksijen üzerindeki bileşimlerde alaşım elementi kayıpları ve yanma oluğu oluşma riski artmaktadır.

2.4.5 Argon-Karbondioksit Karışımları

Yaygın olarak karbon çelik ve düşük alaşımlı çeliklerin kaynağında kullanım alanı bulmaktadırlar. Paslanmaz çeliklerin kaynağında çok kısıtlı kullanımları bulunmaktadır. Argon gazına CO_2 ilavesi yapıldığında O_2 ilavesine benzer değişimler meydana gelmektedir. %18-20 CO_2 içeriğinin üzerinde ince damlalı metal taşınım moduna geçilememektedir. CO_2 içeriği arttıkça sıçrantı ve çapak miktarında artış, kaynak bölgesi mekanik özelliklerinde ise düşüş görülmektedir. Argon koruma gazına CO_2 ilavesinin kaynak nüfuziyet şekline etkisi Şekil 2.10.b'de verilmiştir.



Şekil 2.10: Koruma gazları ve nüfuziyete etkileri [11]

2.4.6 Kullanılan Diğer Koruma Gazı Karışımları

Endüstriyel uygulamalarda yukarıda verilen koruma gazları dışında

- argon-helyum,
- argon-karbondioksit-oksijen,
- argon-helyum-karbondioksit,
- argon-karbondioksit-hidrojen

gibi farklı bileşimlerde ikili ve üçlü karışım koruma gazları özel alanlarda kullanılabilmektedir. Kaynatılacak malzeme özelliklerine ve kaynak bölgesinden beklenen mekanik özelliklere, kimyasal bileşime ve korozyon direncine göre gaz bileşimi oluşturulmaktadır. Özellikle üçlü karışım gazlarda bileşimin iyi ayarlanması ve gaz üretici firmanın tavsiyeleri göz önüne alınması gerekmektedir.

Gaz metal ark kaynağında kullanılmakta olan koruma gazları ve kullanım alanları Tablo 2.2'de özetlenmiştir.

Tablo 2.2: Koruma gazları ve kullanım alanları [12]

Koruma Gazı	Kimyasal Davranış	Kullanım alanı
Ar	Asal	Demir dışı metaller
He	Asal	Al ve Cu alaşımları. Yüksek ısı ve minimum gözenek gerektiği durumlar.
Ar + He	Asal	Al ve Cu alaşımları. Sade He'ye göre daha kararlı ark gereken durumlar
Ar + 25-30 N2	Redükleyici	Cu, sade N2 ye göre daha kolay ark ve banyo kontrolü sağlar.
Ar + 1-2 O2	Oksitleyici	Paslanmaz ve düşük alaşımlı çelikler.
Ar + 3-5 O2	Oksitleyici	Karbon çelikleri, paslanmaz ve düşük alaşımlı çelikler.
Ar + 20-30 CO2	Oksitleyici	Çelikler.
Ar+5O2+15CO2	Oksitleyici	Çelikler.
CO2	Oksitleyici	Karbon çelikleri ve düşük alaşımlı çelikler.

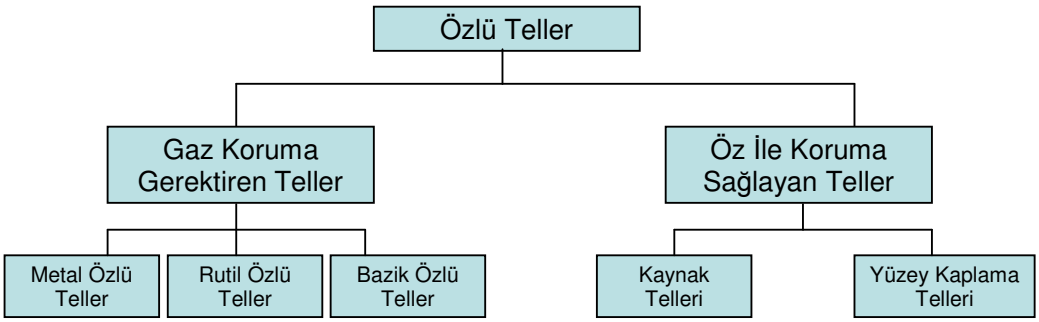
3. ÖZLÜ TELLER

Ark kaynak yöntemlerinde örtülü elektrodlar 1900'lü yılların başından beri yaygın olarak kullanılmaktadır. Masif teller ise GTAK ve GMAK yöntemlerinde1940'lı yıllardan beri kullanım alanı bulmaktadır. Masif teller ayrıca toz altı ark kaynağında da yaygın olarak kullanılmaktadır. 1950'li yılların sonlarında özlü teller ark kaynak yöntemlerinde kullanımına başlanmıştır. 1972 yılında tüm pozisyonlarda kaynak yapılabilen özlü teller, 1973 yılında da metal özlü teller kaynak sarfı olarak geliştirilmiştir. Günümüzde özlü teller,

- özlü telle yapılan ark kaynağında, koruma gazlı ve koruma gazsız,
- metal özlü tel olarak gaz metal ark kaynağında,
- tozaltı ark kaynağında kaynak teli olarak,
- GTAK yönteminde çok yaygın olmasa da özel uygulamalarda,

kullanım alanı bulmaktadır. Özlü tellerin günümüzde endüstriyel olarak kullanım alanları hızla artmaktadır. Küçük çaplı, tüm pozisyonlarda kaynak yapılabilen özlü tellerin de piyasaya çıkması ile kullanım alanları oldukça genişlemiştir. Temel olarak özlü teller gaz koruma gerektiren özlü teller ve öz ile koruma sağlayan özlü teller olarak iki ana gruba ayrılmaktadır [18]. Detaylı sınıflandırma Tablo 3.1'de verilmiştir.

Tablo 3.1: Özlü tellerin sınıflandırılması [18]



Rutil özlü teller yapılarında öz olarak titanyum dioksit içermektedirler. Hızlı katılaşan curuf yapısını sahiptirler. Bazik özlü ve öz ile koruma sağlayan teller ise öz olarak kalsiyum karbonat ve floraspar içermektedirler. Metal özlü teller öz olarak metal tozu ve deoksidan element tozları içerirler.

Özlü tellerin en büyük avantajı sürekli olarak tel besleme imkanının olması ve metal yığma kapasitelerinin masif tellere ve örtülü elektrodlara göre yüksek olmasıdır. Ayrıca nüfuziyet derinlikleri masif tellerden daha yüksektir. Belirgin miktarda curuf oluşan rutil ve bazik özlü tellerin kaynağında curufun soğuma hızını yavaşlatması ve banyo kontolünü kolaylaştırması gibi avantajlarının yanında kaynak banyosunda curuf kalma hatası riski bulunmaktadır. Kaynak curufu kendiliğinden kaynak metalinden ayrılabilmektedir. Kaynak esnasındaki akım yoğunluğu masif tellere göre daha yüksektir. Çünkü akım sadece dış metal kabul (metal özlü tellerde metal tozlar da akım iletiminde rol alırlar) tarafından iletilmektedir. Bu sayede metal yığma kapasiteleri de örtülü elektrodlara göre yüksektir. Örtülü elektrodlarda genel olarak 1-3.5 kg/saat metal yığma kapasitesine ulaşılırken bu değer özlü teller için 2.5-9 kg/saat değerleri arasındadır [15].

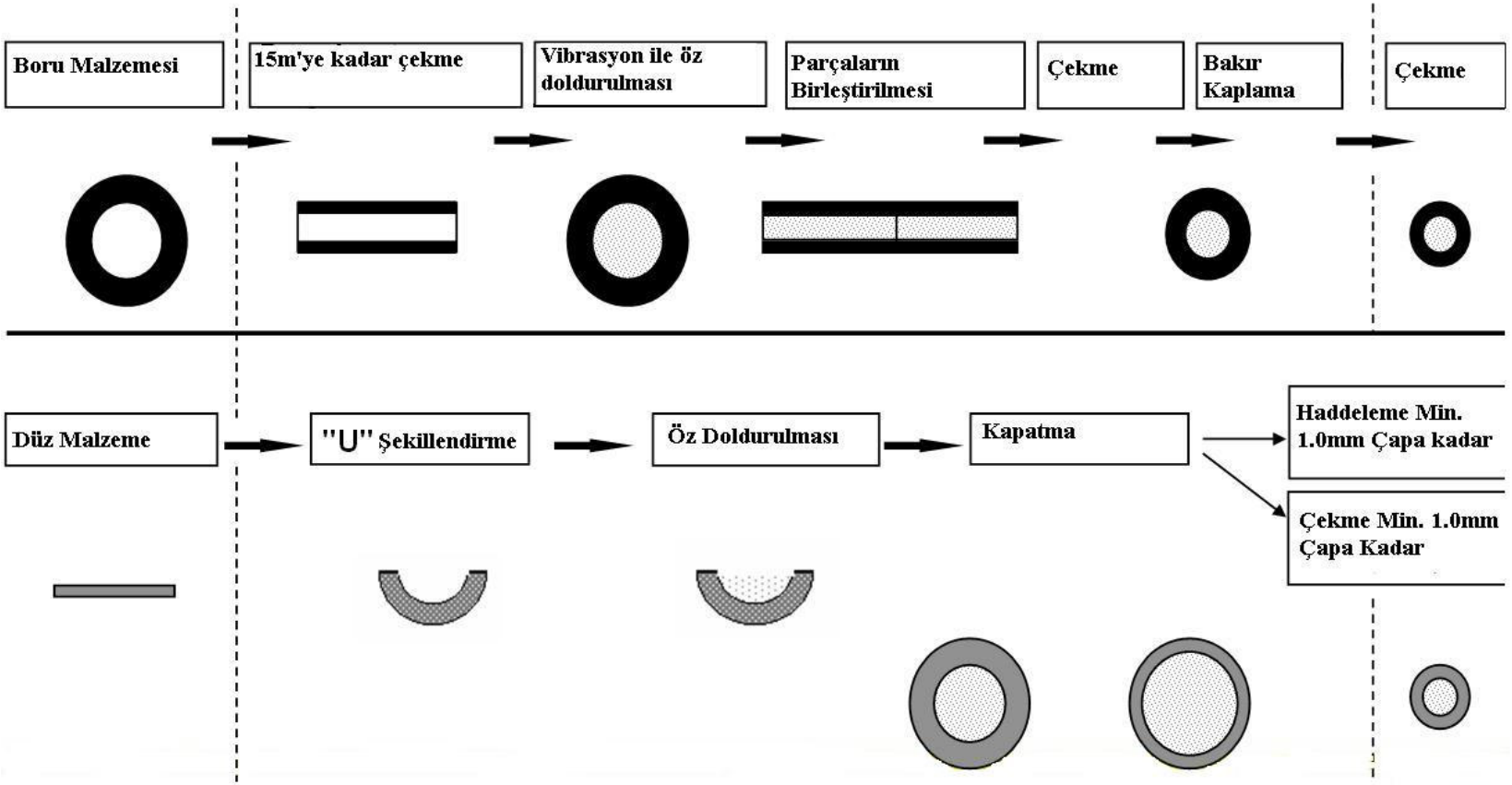
Özlü teller günümüzde,

- Yapısal çelik imalatında,
- Sıvı gaz tankları gibi düşük sıcaklık çeliklerinde
- Yüksek mukavemetli çeliklerde,
- Korozyon direnci gereken uygulamalarda,
- Sürünme direnci yüksek basınçlı kap ve borulamalarda,
- Sert Yüzey kaplama uygulamalarında,
- Kimyasal tesisler ve gıda sanayi için paslanmaz çelik imalatında

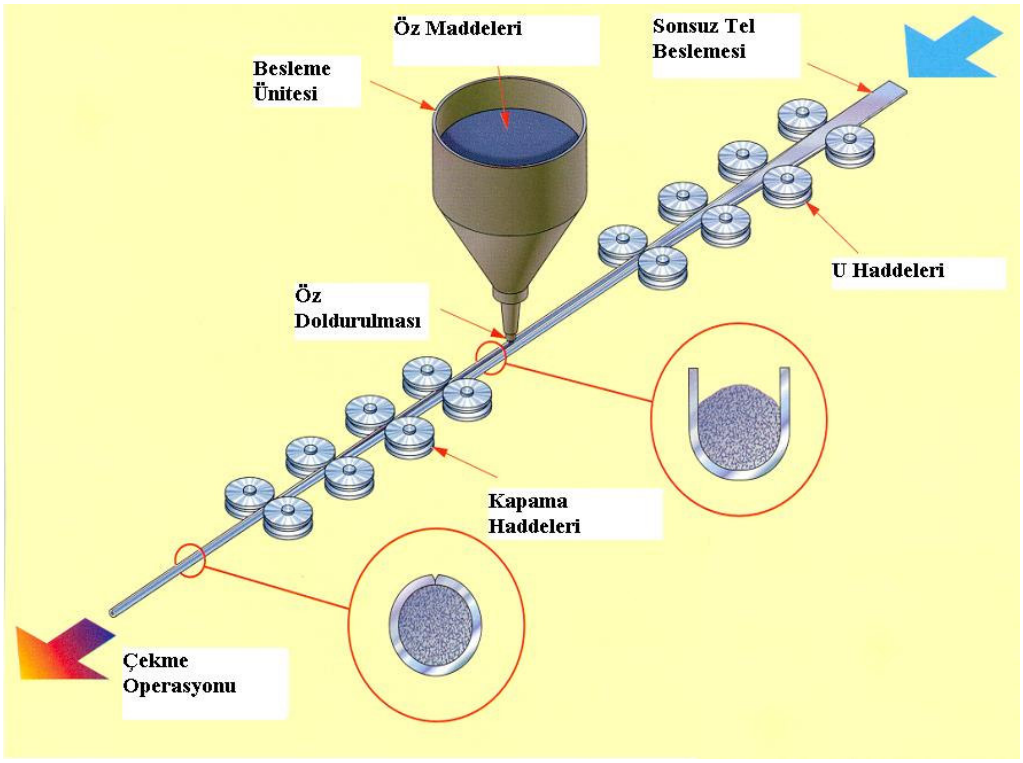
yaygın olarak kullanım alanı bulmaktadırlar.

3.1 Özlü Tellerin Üretim Yöntemleri

Özlü teller dikişli ve dikişsiz olmak üzere iki farklı yöntemde üretilmektedirler. Üretim akış kademeleri Şekil 3.1'de verilmiştir. Dikişli üretim yönteminin detayları ise Şekil 3.2'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1: Özlü tellerin dikişli ve dikişsiz üretim akış şeması

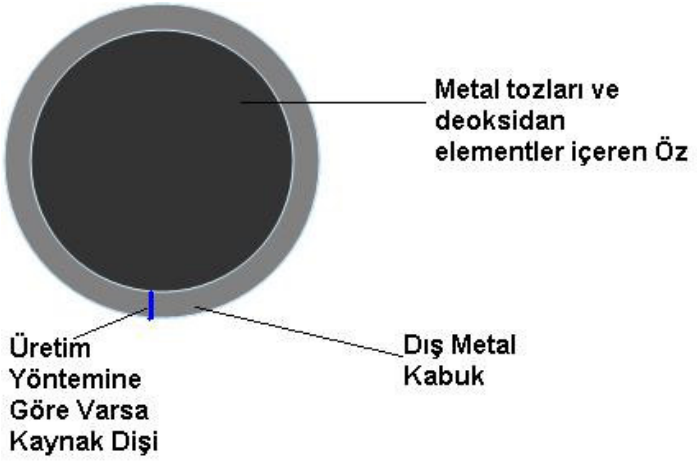


Şekil 3.2: Dikişli özlü tel üretim yöntemi

Her iki üretim yönteminin de kendine özgü avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Dikişsiz üretim yönteminde düşük hidrojen içeriği, ve sertlik gibi avantajları bulunurken, üretim zorluğu ve veriminin düşük olması dezavantajlarıdır. Dikişli yöntemin ise yüksek verim, ürün çeşidindeki esneklik, ve kaynak kabiliyeti gibi avantajlarının yanında düşük sertlik dezavantajı bulunmaktadır. Farklı üreticiler tarafından iki yöntem de sıkça kullanılmaktadır.

3.2 Metal Özlü Teller

Metal özlü teller dış kısmı metal bir kabuktan oluşan iç kısmında metal tozları ve deoksidan elementler gibi çeşitli element tozlarının bulunduğu kaynak telleridir. Metal özlü tel kesiti Şekil 3.3'de verilmiştir. Kaynak sonrası küçük silis kalıntıları dışında curuf oluşmamaktadır. Bu yüzden üst üste pasolar kaynatabilme imkanı bulunmaktadır. Masif tel birikiminin özlü tel üretim teknolojisi ile birleştirilmesi sonucu metal özlü teller ortaya çıkmıştır.



Şekil 3.3: Metal özlü tellerin bileşenleri

Metal özlü teller ilk olarak ASME/AWS tarafından özlü teller kategorisinde "SFA 5.20 Specification for Carbon Steel Electrodes for Flux Cored Arc Welding" standardına göre sınıflandırılmışlardır. İlerleyen yıllarda bu sınıflandırma değiştirilerek "SFA 5.18 Specification for Carbon Steel Electrodes and Rods for Gas Shielded Arc Welding" standardına göre GMAK telleri ile birlikte sınıflandırılmışlardır. Bu teller kullanılarak yapılan kaynaklar da GMAK olarak tariflenmiştir. ASME tarafından yapılan sınıflandırma E70C 6M örneği üzerinde Tablo 3.2'de verilmiştir.

Tablo 3.2: Metal özlü tellerin sınıflandırılması [16]

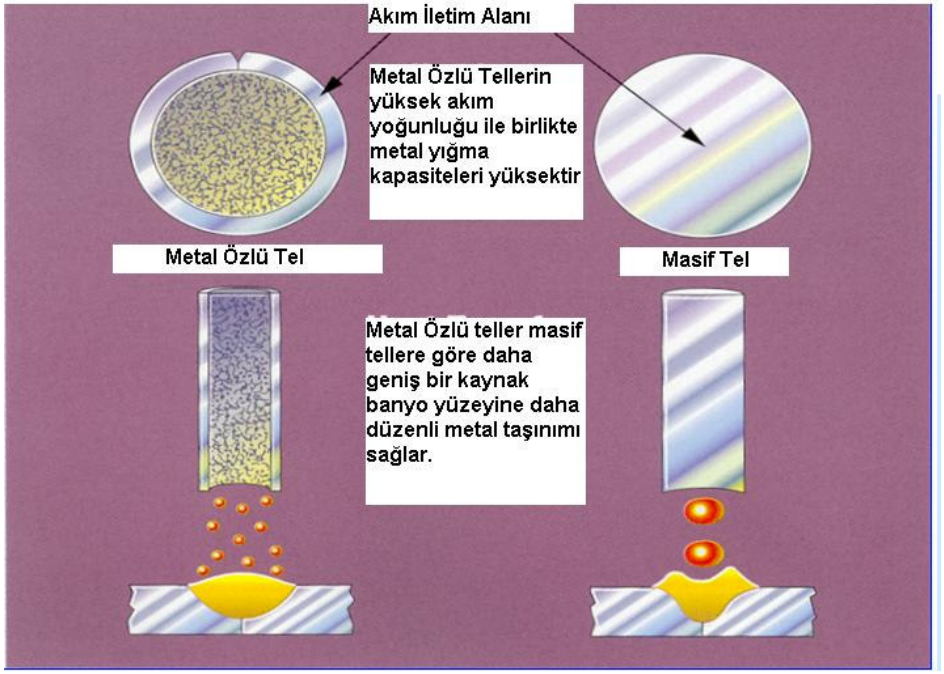
E	70	C	6	M
"Electrode" Kaynak teli olduğunu gösterir. E veya ER değerini alabilir.	Psi cinsinden mukavemeti verir	"**C**omposite" Metal özlü tel olduğunu belirtir. Masif tellerde S'dir. "**S**olid"	Kimyasal bileşim ve / veya mekanik özellikleri belirler. 2,3,4,6,7 veya G değerlerini alabilir.	Kullanılan koruma gazını belirtir. C sadece CO2'yi, M Ar+CO2 karışımlarını tanımlar.

Kaynak esnasında koruma gazı olarak Argon ve CO_2 karışım gazları kullanılabilmektedir. Yaygın olarak %10-25 CO_2 + %75-90 Ar karışımları kullanılmaktadır.

Metla özlü tellerin avantajları aşağıda sıralanmıştır [17],

- **Yüksek metal yığma kapasitesi**: Akım yoğunluğuna bağlı olarak metal yığma kapasiteleri yüksektir. Akım yoğunluğunun masif teller ile karşılaştırılması Şekil 3.4'de verilmiştir. Aynı çapdaki masif tellere göre %20-30 daha yüksek metal yığma kapasitesine sahiptirler

- **Yüksek sarf verimi:** Sarf verimi toplam kaynak sarf miktarının kaynak metali olarak kaynak bölgesine geçen kısmı olarak tanımlanmaktadır. Diğer bir deyişle kaynak esnasında kaybedilen malzeme miktarını belirler. Bu oran masif teller için %90-98 arasında değişmektedir. Özlü teller için curuf kayıplarından ötürü %80-87 civarındadır. Metal özlü tellerde curuf oluşmaması ve az miktarda sıçrantı ve çapakdan ötürü %91-96 değerleri arasındadır.



Şekil 3.4: Metal özlü ve masif tellerin karşılaştırılması

- **Curuf oluşmaması:** Metal özlü teller diğer özlü tellerden curuf oluşturmama özellikleri ile ayrılırlar. Kaynak sonrası yüzeyde sadece silis oksit kümeleri kalır. Bu kalıntıların miktarı kullanılan koruma gazı miktarına bağlı olarak değişmektedir. Pasolar arası temizlik yapmadan üst üste çoklu pasolar kaynak yapabilme imkanı bulunmaktadır. Curuf olmamasının bir sonucu olarak dar ve kalın malzemelerin kaynağı curuf sıkışması riski olmadan

yapılabilmektedir. Kaynak ağzı daraltılarak harcanan kaynak sarfından %60'a yakın tasarruf sağlanabilmektedir.

- **Düşük sıçrantı ve çapak miktarı:** Uygun koruma gazı ve kaynak parametreleri ile çalışıldığında metal özlü teller masif tellere yakın metal taşınım özellikleri gösterirler. Metal öz içerisine katılan ark dengeleyici ilaveler daha kararlı ve yumuşak ark oluşmasını sağlar. Oluşan çapak miktarı koruma gazı bileşimine bağlıdır. Doğru koruma gazı ve kaynak parametresi birleşiminde kaynak esnasında çok az sıçrantı ve çapak oluştumaktadırlar.
- **Düzgün kaynak dikişi ve görüntüsü:** Az sıçrantı oluşmasından ve oluşan arkın kararlılığından ötürü diğer özlü tellere oranla daha düzgün bir kaynak dikişi elde edilir. Şekil 3.4'de metal özlü tel ile kaynak esnasında metal taşınımı ve kaynak dikiş profiline etkisi verilmiştir.
- **Düşük miktarda kaynak dumanı:** Kaynakçı sağlığı ile ilgili olarak, kaynak esnasında çıkan kaynak dumanı diğer özlü tellere göre daha azdır. Çalışan sağlığının büyük önem taşıdığı günümüzde metal özlü tellerin daha az kaynak dumanı çıkarıyor olması önemli bir avantajdır.

Metal özlü tellerin avantajlarının yanında bir dizi de dezavantajları bulunmaktadır. Bunlardan birincisi yüksek maliyetleridir. Düşük kaynak dumanı ve kaynak kalitesi için geliştirilen teknoloji ve üretim yöntemlerinin sebep olduğu yüksek maliyet düşük miktarda sarf ihtiyacı olan kullanıcılara dezavantaj yaratmaktadır.

Düşük kaynak dumanı oluşumuna karşın metal özlü teller ile kaynak esnasında oluşan ark ışını diğer özlü tellere göre daha parlaktır ve daha güçlü ultraviole ışın yaymaktadır. Bu durum ilave koruyucu ekipman veya önlem alınmasını gerektirmese de kaynakçı memnuniyetini azaltmaktadır. Korunmasız şekilde kaynak bölgesinde bulunmak kolay şekilde gözü kaynak almasına ve/veya cilt yanıklarına sebep olabilmektedir.

Metal özlü tellerin kaynak bölgesi mekanik özellikleri belirlenen uluslararası standartların üzerinde olsa da aynı şartlardaki diğer sarflara göre düşük kalmaktadır. Metal özlü tellerde yapılan araştırmalar kaynak bölgesi mekanik özelliklerinin arttırılması üzerine yoğunlaşmıştır.

4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

4.1 Kullanılan Malzemeler

Deneysel çalışmalarda 24 inch (610 mm) çapında, 17.5 mm et kalınlığında ASTM A106 Grade B standardına göre üretilmiş ve 28 inch (711 mm) çapında, 27 mm et kalınlığında ASTM A671 Grade CC65, Class 22 standardına göre üretilmiş borular kullanılmıştır. Boruların sertifikaları Ek A1 de verilmiştir.

Çalışma kapsamında aynı kalite boruların alın kaynakları birbirlerine iki farklı kaynak yöntemi kullanılarak birleştirilmiştir. Birleştirme işleminde altlık oluşturması amacı ile yapılan kök kaynakları GTAK (Gaz Tungsten Ark Kaynağı) yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Dolgu kaynağı olarak GMAK (Gaz Metal Ark Kaynağı) yöntemi kullanılmıştır.

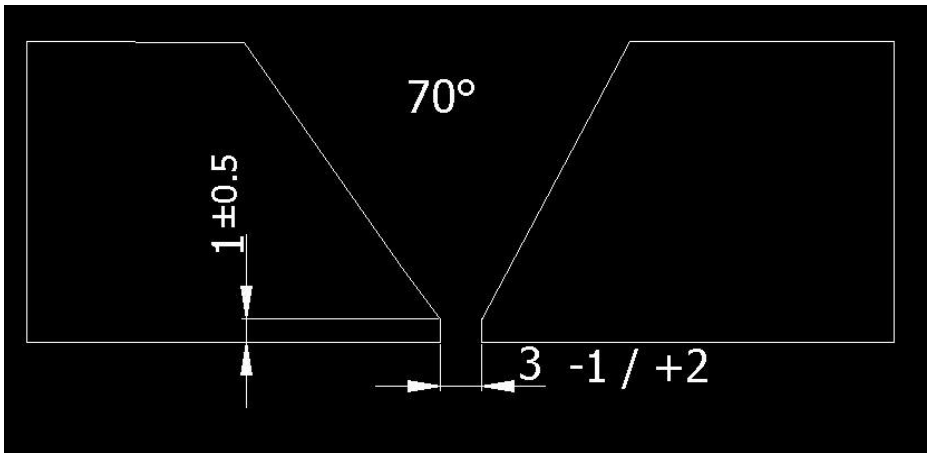
Kök kaynakları için Argon koruma gazı ve 2.4mm çaplı Oerlikon A-1002 TIG (Tungsten Inert Gas) kaynak teli kullanılmıştır. Dolgu kaynakları için 4 farklı koruma gazı (%100 CO_2, %30 CO_2 + %70 Ar karışımı, %20 CO_2 + %80 Ar karışımı ve %10 CO_2 +%90 Ar karışımı) ve 1.2mm çaplı Drahtzug Stein Megafill 710M metal özlü kaynak teli kullanılmıştır. Metal özlü gazaltı teli ASME BPV Code Section II-C SFA 5.18 standardına göre E70C-6M olarak sınıfkandırılmaktadır. Sarf sertifikası Ek A2'de verilmiştir.

Kaynaklar esnasında GTAK yönteminde ESAB Aristo Tig 400 T4 kaynak makinası, GMAK yönteminde ESAB Aristo MIG 450 kaynak makinası, ESAB Aristo Feed MA6 tel sürme ünitesi ve ESAB U8 kumanda paneli kullanılmıştır.

4.2. Kaynak İşlemleri

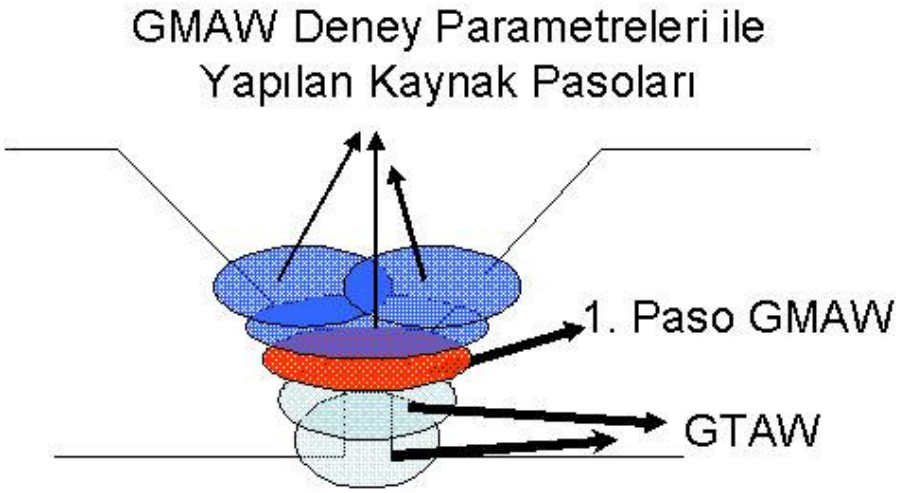
Çalışmada kullanılan 24 inch (610 mm) ve 28 inch (711 mm) çaplı borulardan plazma kesme yöntemi ile V kaynak ağzı formunda 150 mm boyunda dilimler

kesilmiştir. 150 mm boyundaki parçalar mantar punta yöntemi ile birleştirilmiştir. Kaynak ağzı formu Şekil 4.1 de gösterilmiştir.



Şekil 4.1: V kaynak ağzı formu

Puntalama işleminden sonra parçaların kaynaklarına geçilmiştir. Kaynaklar esnasında izlenen sıra Şekil 4.2'de verilmiştir.



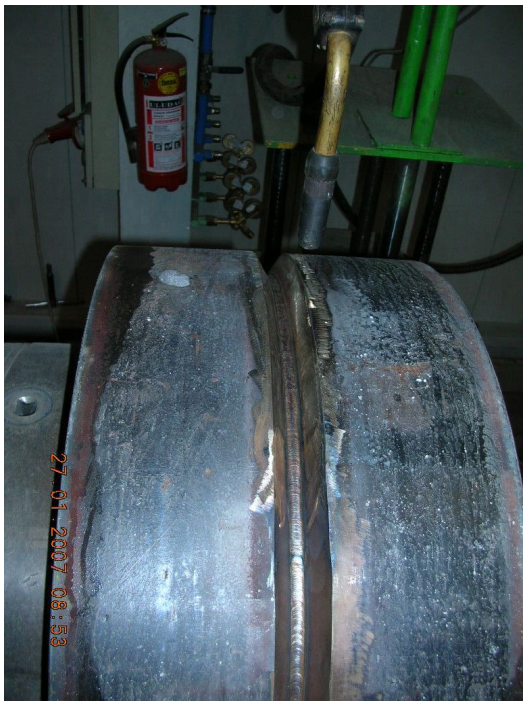
Şekil 4.2: Kaynak paso sırası

Parçaların kök kaynakları aynı kaynakçı tarafından manuel olarak sabit parametreler ile kaynatılmıştır. Kök kaynakları kök ve sıcak paso olmak üzere iki pasodan oluşmaktadır. Kök kaynak parametreleri Tablo 4.1'de verilmiştir.

Tablo 4.1: Kök kaynak parametreleri

	Yöntem	Akım (A)	Voltaj (V)	İlerleme Hızı (cm/dk)	Koruma Gazı	Gaz Debisi (lt/dk)
Kök Paso	GTAK	110	11-13	5-6	Argon	12
Sıcak Paso	GTAK	190	15-16	10-11	Argon	12

Kök kaynaklarının üzerine standart olarak GMAK yöntemi ile bir paso kaynak yapılmıştır. Kök kaynağı yapılmış, ilk gazaltı pasosu kaynatılacak parça Şekil 4.3'de gösterilmiştir. Bu pasonun amacı farklı parametreler denenirken kök kaynağının delinmesini veya zarar görmesini önlemektir. İlk paso kaynağında koruma gazı olarak metal yığma kapasitesini belirlemeye yönelik çalışmalarda %20 CO_2 + %80 Ar karışımı, kaynak bölgesi mekanik özelliklerinin belirlenmesine yönelik çalışmalarda %100 CO_2, %30 CO_2 + %70 Ar karışımı, %20 CO_2 + %80 Ar karışımı ve %10 CO_2 +%90 Ar karışımı koruma gazları kullanılmış olup, kaynak parametreleri Tablo 4.2 de verilmiştir.



Şekil 4.3: Gazaltı ilk pasosu kaynatılacak parça

Tablo 4.2: Gazaltı ilk paso kaynak parametreleri

	Yöntem	Akım (A)	Voltaj (V)	İlerleme Hızı (cm/dk)	Gaz Debisi (lt/dk)
İlk Gazaltı Paso	GMAW	200	25*	25	18

** %100 CO_2 koruma gazı kullanıldığında voltaj 2 birim arttırılarak 27V yapılmıştır.*

Standart pasodan sonra parametrelerin denendiği dolgu pasolara geçilmiştir. Dolgu kaynağı 17.5 mm et kalınlığındaki boru için 3-9 paso, 27 mm et kalınlığındaki boru için 9-11 paso olarak uygulanmıştır. Kaynak ağzı boru et kalınlığına kadar dolgu kaynağı ile doldurulduktan sonra yüzeye standard olarak 4-5 paso kapak kaynakları kaynatılmıştır. Tablo 4.3'de kapak pasoların kaynak parametreleri verilmiştir.

Kaynak sonrası parçalara hasarsız muayene yöntemlerinden sıvı penetrant testi ve radyografik muayene yapılmıştır.

Tablo 4.3: Kapak paso kaynak parametreleri

	Yöntem	Akım (A)	Voltaj (V)	İlerleme Hızı (cm/dk)	Gaz Debisi (lt/dk)
Kapak Pasolar	GMAW	220	26*	35	18

**%100 CO_2 koruma gazı kullanıldığında voltaj 2 birim arttırılmıştır.*

4.3 İncelenen Parametreler

Metal özlü tellerin metal yığma kapasitesini ve kaynak bölgesi mekanik özelliklerini belirlemeye yönelik yapılan çalışmada metal özlü tellerin;

- %20 CO_2 + %80 Ar karışımlı koruma gazı ortamında en yüksek metal yığma kapasitesine ulaşılan, en az sıçrantı ve çapak oluşturan kaynak parametreleri,
- Farklı koruma gazı bileşimlerinde oluşan sıçrantı, çapak miktarları, yüzey görüntüleri ve gereken pasolar arası temizlik miktarı,

- Farklı koruma gazı bileşimlerinde kaynak bölgesinin mekanik özellikleri belirlenmiştir.

Bu çalışmada kaynak işlemleri 20 ayrı parametre ile yapılmıştır. Bunlardan 15 kaynak parametresi 3 adet 24 inch (610 mm) çaplı, 17 mm et kalınlığındaki boruda; 5 kaynak parametresi ise 5 adet 28 inch (711mm) çaplı, 27 mm et kalınlığındaki boruda uygulanmıştır. Yapılan çalışmalar ve bu çalışmalarda belirlenen özellikler Tablo 4.4'de verilmiştir.

Tablo 4.4: Yapılan çalışmalar ve belirlenen özellikler

	Metal Yığma Kapasitesi Belirleme Çalışması	Kaynak Bölgesi Mekanik Özellikleri Belirleme Çalışması
Kullanılan Boru	24 inch (610mm)/17.5 mm	28 inch (711mm)/27mm
Kaynak edilen boru sayısı ve incelen kaynak parametre sayısı	3 boru / 15 kaynak parametresi	5 boru / 5 kaynak parametresi
Kullanılan Koruma Gazı	%20 CO_2 + %80 Ar	Farklı bileşimlerde Argon + CO_2 karışımları
İncelenen Özellikler	Metal Yığma Kapasitesi Kararlı Ark Oluşumu Sıçrantı ve Çapak	Kaynak Bölgesi Mekanik Özellikleri Sıçrantı ve Çapak

4.3.1 Metal Yığma Kapasitesinin Belirlenmesi

Metal yığma kapasitesi belirleme çalışmasında 24 inch (760mm) çapında ve 17.5 mm et kalınlığındaki boruların alın kaynakları Şekil 4.4'de görülen otomasyon kaynak düzeneğinde 1G pozisyonunda kaynatılmıştır. Bu pozisonda torç sabit şekilde dururken boru ayna yardımıyla kendi ekseni etrafında döndürülmektedir. Çalışma öncesi kaynak akımı, voltaj ve ilerleme hızı değişkenler olarak kabul edilmiş; akım 220 – 300 A aralığında, voltaj 25-30 V aralığında ve ilerleme hızı 30-40 cm/dak aralığında değiştirilmiştir. Bu amaçla 24 inch (760 mm) çapındaki boruların çevresi 385 mm uzunluğunda beş eşit dilime ayrılmış ve her bir dilim farklı parametrelerle kaynak edilmiştir. 15 ayrı kaynak parametresi incelendiğinden bu çalışma kapsamında 3 adet boru kullanılmıştır. Kaynaklar esnasında kaynak deney raporları tutulmuştur. Raporlar EK B1'de verilmiştir.



Şekil 4.4: Otomasyon kaynak düzeneği

Metal yığma kapasitesi, çalışması esnasında makina üzerinden okunan ve "Weld Monitor" sistemi ile takip edilen tel hızı değerinden hesaplanmıştır. Hesaplama formülü Denklem 4.1 de verilmiştir.

$$K = \frac{r^2.\pi.s.d.\eta.60}{1000} = kg/saat \qquad \textbf{(4.1)}$$

K = Metal Yığma Kapasitesi

r = Tel Yarıçapı (1.2mm çapında tel ile kaynak yapılmıştır. Yarıçap 0.6mm)

π = Pi Sayısı

s = Tel Hızı (m/dk)

d = Yoğunluk (7.8 gr/cm^3)

η = Yöntem Verimi (Metal özlü teller için 0.95 kabul edilir)

Kaynaklar esnasında aynı zamanda malzemeye etki eden ısı girdisi de hesaplanmıştır. Isı girdisi formülü Denklem 4.2'de verilmiştir.

$$Q = \frac{A.V.60}{h.1000} = kjoule/cm \quad \textbf{(4.2)}$$

Q = Isı Girdisi

A = Akım (Amper)

V = Voltaj (Volt)

h = İlereleme Hızı (cm/dk)

Kaynaklar esnasında kaynak ağzı genişlikleri ve paso kalınlıkları dijital kumpas ile ölçülmüştür. Gaz debisi 18 lt/dk olarak sabit tutulmuş ve kaynaklar öncesi kontrol edilmiştir.

4.3.2 Kaynak Bölgesi Mekanikanik Özelliklerinin Belirlenmesi

Mekanik özelliklerin belirlenmesi için yapılan çalışmada 28 inch (711 mm) çapında ve 27 mm et kalınlığında 5 boru kullanılmıştır. Boru alın kaynakları 1G pozisyonunda sabit akım, voltaj ve ilerleme hızında farklı 4 koruma gazı bileşiminde GMAK yöntemi ile kaynatılmıştır. Kaynak numaraları ve koruma gazı bileşenleri Tablo 4.5'de gösterilmiştir. 3 nolu parça 2 nolu parça ile aynı parametreler ve koruma gazı bileşimi ile kontrol amaçlı kaynatılmıştır.

Tablo 4.5: Kaynak koruma gazları bileşimleri

	Parça 1	Parça 2	Parça 3	Parça 4	Parça 5
Koruma Gazı	%70 Argon + %30 CO2	%80 Argon + %20 CO2	%80 Argon + %20 CO2	%90 Argon + %10 CO2	%100 CO2

Kaynaklar süresince kaynak deney raporları tutulmuştur ve kaynaklar "Weld Monitor" sistemi ile takip edilmiştir. Kaynak deney raporları EK B2'de verilmiştir.

"ASME B31.1 Power Piping" ve "ASME B31.3 Process Piping" borulama standartlarında kalınlığı 25mm üzerindeki kaynaklara 80 °C ön ısıtma önerilmektedir [21-22]. Bu sebeple çalışmada boruların kaynak bölgesine şalamo ile 100 °C ön ısıtma yapılmıştır. Ön ısıtma yapılış yöntemi Şekil 4.5 de gösterilmiştir.



Şekil 4.5: Parçalara ön ısıtma uygulanışı

Kaynak esnasında pasolar arası sıcaklık 250 °C olarak belirlenmiş ve bu sıcaklığın üstünde kaynağa başlanmamıştır. Sıcaklık ölçümleri dijital termometre ile yapılmıştır.

Standart ilk gazaltı pasoları atılan parçalarda belirlenen parametrelerde dolgu pasolara geçilmiştir. Tablo 4.6'de verilmiş koruma gazlarında dolgu ve kapak kaynakları yapılmıştır. Kaynak parametreleri Tablo 4.6'de verilmiştir.

Tablo 4.6: Dolgu kaynak parametreleri

Akım (A)	Voltaj* (V)	İlerleme Hızı (cm/dk)	Gaz Debisi (lt/dk)
300	28	30	18

** %100 CO2 koruma gazı kullanılan 5. Parçada voltaj 2 birim arttırılmıştır.*

Kaynaklar esnasında dijital kumpas ile paso kalınlıkları ve kaynak ağzı formu takip edilmiştir. Debi ölçer ile koruma gazı debisi kaynağa başlamadan önce kontrol edilmiştir. Kaynaklar esnasında farklı koruma gazlarında oluşan çapak ve sıçrantı

miktarı ve kaynak yüzey görüntüsü takip edilmiştir. Pasolar arası temizlik çanak fırça ile yapılmıştır.Kaynağı bitmiş parça Şekil 4.6' da verilmiştir.



Şekil 4.6: Kaynağı bitmiş parça

4.4 Mekanik Testler

Metal özlü tellerin kaynak bölgesi mekanik özelliklerinin belirlenmesi için yapılan çalışmadaki mekanik testler "ASME BPV Code Section IX: Welding and Brazing Qualifications" standardına uygun olarak yapılmıştır [20]. Çekme, Eğme, Darbe ve Sertlik test numuneleri adı geçen standarda belirtilen boyutlarda hazırlanmıştır. Mekanik test numunelerinin boruların çevresi boyunca çıkarıldığı bölgeler ve boyutları Ek C1'de verilmiştir. Parçalarda uygulanan mekanik testler ve numune sayıları Tablo 4.7'de verilmiştir.

Çekme testleri, eğme testleri ve sertlik testleri oda sıcaklığında gerçekleştirilmiştir. Darbe numuneleri -46 °C'de test edilmiştir. Test sıcaklığının -46 °C seçilmesinin sebebi uluslararası borulama projelerinde düşük sıcaklıkta çalışacak karbon çeliği malzemelerin (Low Temperature Carbon Steel / LTCS) yöntem kalifikasyonu için ASME BPV standartlarında genel olarak en düşük bu sıcaklıkta test edilmesidir. Darbe testi numuneleri kaynak bölgesinden ve ısı tesiri altında kalan bölge (ITAB)'den üçer adet çıkarılmıştır.

Tablo 4.7: Mekanik testler ve numune sayıları

	Parça 1	Parça 2	Parça 3	Parça 4	Parça 5
Çekme Testi	1	1	1	1	1
Eğme Testi	1	2	2	1	1
Darbe Testi	6	6	6	6	6
Sertlik Testi	1	1	1	1	1

4.5 Mikro ve Makro Yapı İncelemeleri

Farklı koruma gazı bileşiminde kaynatılmış kaynak bölgelerinden mikro ve makro yapı incelemeleri için numuneler çıkarılmıştır. Standart metalografik hazırlık aşamasından ve %5 nital dağlamasından sonra numunelere orjinal büyüklükte makro inceleme yapılmıştır. Aynı şekilde standart metalografik hazırlık aşamasından ve %5 nital dağlamasından sonra X500 büyütmede ana malzeme, kaynak metali ve ısı tesiri altında kalan bölgelere mikroyapı incelemesi yapılmıştır

5. DENEYSEL ÇALIŞMA SONUÇLARI

5.1 Hasarsız Muayene Sonuçları

Metal yığma kapasitesinin ve kaynak bölgesi mekanik özelliklerinin belirlenmesi için yapılan kaynaklar sonrası uygulanan radyografik test ve sıvı penetrant testi sonucu hiçbir parçada kaynak hatası tespit edilmemiştir.

5.2 Metal Yığma Kapasitesi Belirlenmesi

Kaynak parametrelerine ve kaynak işlemi sırasında ölçülen ark sürelerine bağlı olarak hesaplanan metal yığma kapasitesi (Denklem 4.1) ve ısı girdisi (Denlem 4.2) değerleri Tablo 5.1'de verilmiştir.

İncelenen kaynak parametleri sonunda ısı girdileri 9. ile 16.5 kjoule/cm arasında hesaplanmıştır ve karbon çelikleri için müsaade edilen üst sınırın (karbon çelikleri için 30 kjoule/cm kabul edilir) altında kalmıştır. Isı girdisinin yüksek olması mekanik özellikleri olumsuz yönde etkilemektedir.

Voltaj 25V iken çapak ve sıçrantı miktarı artmaktadır. 27.5V üzerindeki değerlerde yüksek voltaj kaynak ağzına zarar vermektedir.

Metal yığma kapasitesi artan kaynak akımı ve buna bağlı tel hızı ile birlikte artmaktadır.

Çalışma sonucunda en yüksek metal yığma kapasitesi 5.08 kg/saat bulunmuştur. Bu metal yığma kapasitesi 300A kaynak akımında, 25, 27.5 ve 30 volt olmak üzere üç ayrı voltajda elde edilmiştir. Yüksek voltaj (30 volt) kaynak ağzına hasar verdiğinden, düşük voltaj (25 volt) ise kaynak bölgesinde çapak ve sıçrantı miktarını artırdığından optimum voltaj 27,5 volt olarak belirlenmiştir.

Kaynak ilerleme hızı 35-40 cm/dk olarak çalışıldığında banyo hakimiyeti zorlaşmakta ergime hatası ihtimali artmaktadır.Bu nedenle 27,5 voltta çalışılırken ilerleme hızı 30 cm/dk seçilmelidir.

Tablo 5.1: Metal yığma kapasitesi belirleme çalışması sonuçları

Test No	Akım (A)	Voltaj (V)	İlerleme Hızı(cm/dk)	Tel Hızı (m/dk)	Ark Süresi (dk)	Isı Girdisi (kj/cm)	Metal Yığma Kapasitesi (kg/saat)	Tespitler
1	220	25	35	6.35	8.97	9.4	3.17	Düzensiz ark oluşmaktadır, kaynak akımı ve voltaj değerleri hıza göre düşük kalmaktadır.
2	300	25	35	10.1	3.44	12.9	5.08	Voltajın sıçrantı ve çapağı önlemek için arttırılması gerekmektedir.
3	220	30	35	6.3	9.6	11.3	3.17	Kaynak akımına göre voltaj çok yüksek olduğu ve yüksek voltajın kaynak ağzına zarar verdiği tespit edilmiştir.
4	300	30	35	10.1	3.68	15.4	5.08	Yüksek kaynak akımı ve voltaj kaynak ağzına zarar vermektedir.
5	220	27.5	30	6.5	7.66	12.1	3.17	Düzensiz ark oluşmaktadır, kaynak akımı hıza göre düşük kalmaktadır.
6	300	27.5	30	10.1	3.9	16.5	5.08	Parametrelerin uygun olduğu tespit edilmiştir. Kaynak esnasında sıçrantı en az seviyededir. En yüksek ergime kapasitesine ulaşılmıştır.
7	220	27.5	40	6.6	8.44	9.1	3.17	Kaynak akımının düşük, kaynak hızının çok yüksek olduğu tespit edilmiştir.
8	300	27.5	40	10.1	3.86	12.4	5.08	Yüksek kaynak hızından ötürü ergime hatası ihtimali bulunmaktadır. Kaynak hızı düşürülmelidir.

Tablo 5.1: Metal yığma kapasitesi belirleme çalışması sonuçları (Devamı)

Test No	Akım (A)	Voltaj (V)	İlerleme Hızı(cm/dk)	Tel Hızı (m/dk)	Ark Süresi (dk)	Isı Girdisi (kj/cm)	Metal Yığma Kapasitesi (kg/saat)	Tespitler
9	260	25	30	8.2	6.58	13	4.37	Sıçrantı ve çapak miktarının arttığı tespit edilmiştir.
10	260	30	30	8.2	6.46	15.6	4.37	Yüksek voltaj kaynak ağzına zarar vermektedir.
11	260	25	40	8.2	6.16	9.8	4.37	Kaynak akımına göre voltajın düşük kaldığı tespit edilmiştir. Kaynak hızının yüksek olduğu tespit edilmiştir.
12	260	30	40	8.2	4.95	11.7	4.37	Yüksek voltaj kaynak ağzına zarar vermektedir. Kaynak hızının yüksek olduğu tespit edilmiştir.
13	260	27.5	35	8.2	5.85	12.3	4.37	Kaynak parametrelerinin uygun olduğu tespit edilmiştir. Ergime kapasitesi 6 numaralı testten düşüktür.
14	260	27.5	35	8.2	4.55	12.3	4.37	Kontrol amaçlı yapılan kaynaklarda 13 numaralı test ile aynı değerlere ve tespitlere ulaşılmıştır.
15	260	27.5	35	8.2	5.59	12.3	4.37	Kontrol amaçlı yapılan kaynaklarda 13 numaralı test ile aynı değerlere ve tespitlere ulaşılmıştır.

5.3 Farklı Koruma Gazlarında Sıçrantı ve Çapak Miktarının Belirlenmesi

Kaynak bölgesi mekanik özelliklerin belirlenmesi için yapılan çalışmada farklı bileşimdeki koruma gazlarında kaynak esnasında oluşan çapak ve sıçrantı miktarı da kontrol edilmiştir. Tablo 5.2'de koruma gazı bileşimine göre çapak ve sıçrantı miktarındaki değişim görülmektedir

Tablo 5.2'de de görüldüğü üzere CO_2 miktarı arttıkça çapak ve sıçrantı miktarının arttığı tespit edilmiştir. Koruma gazı bileşiminde CO_2 oranı %20'nin üzerine çıktıktan sonra çapak temizliği süresi ve zorluğu artmaktadır. Birinci, ikinci ve üçüncü parçada ard arda birkaç paso kaynak yapma imkanı bulunurken 4. parçada bu sayı pasolar arası temizlikten ötürü düşmektedir. %100 CO_2 koruma gazı ile yapılan 5 numaralı parçada 2 birim daha yüksek voltaj ile çalışılmasına rağmen en yüksek seviyede çapak ve sıçrantı oluştuğu tespit edilmiştir. Bu parçada her pasodan sonra pasolar arası temizlik ve nozul temizliği yapma zorunluğu doğmuştur.

CO_2 yüzdesinin koruma gazında artması sonucu oluşan sıçrantı ve çapak temizliğine bağlı zaman kayıplarının yanında torç yedek sarfiyatında da artış olmaktadır. 1. 2. ve 3. parçaların tümünde tek bir kontak meme ve nozul ile kaynaklar bitirilmiştir. 4. parçada yeni nozul ve kontak meme kullanılmıştır. Yedekler tamamem kullanılmaz hale gelmemiştir fakat kullanım ömürleri düşmüştür. 5. parça kaynatılırken 1 kontak meme ve nozul kullanım ömürlerini doldurmuştur.

CO_2 içeriği koruma gazında arttıkça kaynak banyo kontrolünün zorlaştığı, kaynak esnasında salınım vererek çalışmanın güçleştiği tespit edilmiştir. Kaynak sonrası Tablo 5.2'de de görüldüğü üzere koruma gazı içeriğindeki CO_2 miktarı arttıkça yüzey görüntüsü bozulmuş, kaynak sonrası kalıntı miktarı artmıştır.

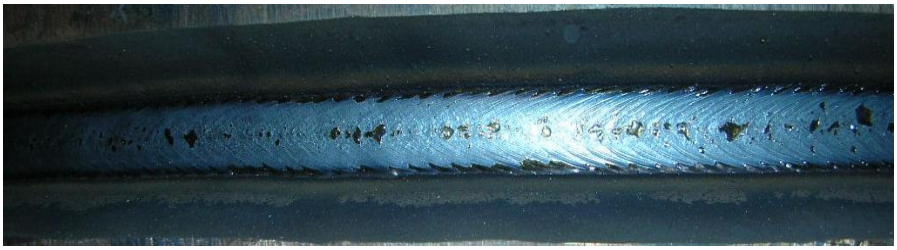
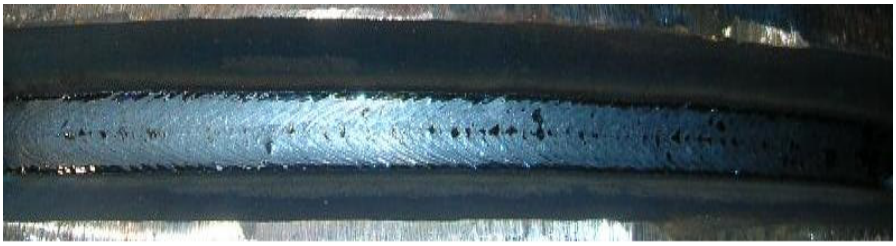
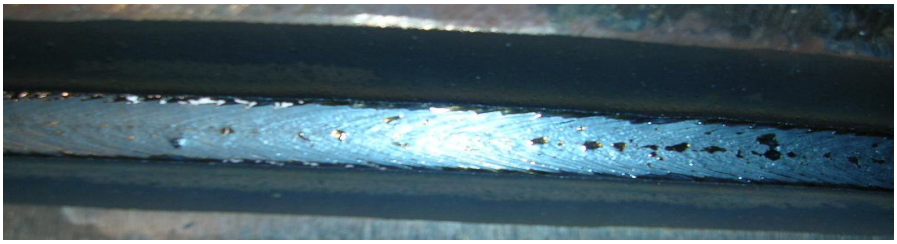
Kaynak esnasındaki ark gözlemleri ve oluşan sıçrantı miktarlarına bağlı olarak %30 CO_2 + %70 Ar koruma gazı içeren 4. parçada ve %100 CO_2 içeren 5. parçada kaynak esnasında metal taşınımının ince damlasal taşınım moduna geçemediği tesptit edilmiştir.

Koruma gazı bileşiminde CO_2 mikatarı arttıkça yüzeyde oluşan silisoksit miktarının da arttığı gözlemlenmiştir. Artan CO_2 miktarı ile birlikte ana malzemede ve kaynak sarfında deoksidan olarak bulunan bulunan Si ile koruma gazı daha fazla reaksiyona girmektedir.

Kontrol amaçlı aynı parametreler ile kaynatılan 2. ve 3. parçalarda yaklaşık miktarda çapak ve sıçrantı tespit edilmiştir.

Sonuç olarak çapak ve sıçrantı miktarını en düşük düzeyde tutan koruma gazının %10 CO_2 + %90 Ar olduğu belirlenmiştir. Argon gazının yüksek maliyeti göz önüne alınacak olursa %20 CO_2 + %80 Ar karışımının da kullanılabileceği belirlenmiştir. Koruma gazındaki CO_2 oranının % 10'dan %20'ye artması ile sıçrantı ve çapak miktarı çok fazla artmamıştır.

Tablo 4.2: Koruma gazı bileşimine göre çapak ve sıçrantı miktarı

Parça	Yüzey Görüntüsü
Parça 1 %10CO_2 %90Ar	
Parça 2 %20CO_2 %80Ar	
Parça 3 %20CO_2 %80Ar	
Parça 4 %30CO_2 %70Ar	
Parça 5 %100 CO_2	

5.4 Farklı Koruma Gazlarında Mekanik Özelliklerin Belirlenmesi

Farklı koruma gazları ile kaynatılmış parçalara uygulanan çekme testi sonuçları Tablo 5.3'de ve test sonrası numune görüntüleri Tablo 5.4'de, darbe testi sonuçları Tablo 5.5'de, sertlik sonuçları Tablo 5.6'da ve eğme testi sonucu numune görüntüleri Tablo 5.7'de görülmekte olup, mekanik test raporları Ek C2'de verilmiştir.

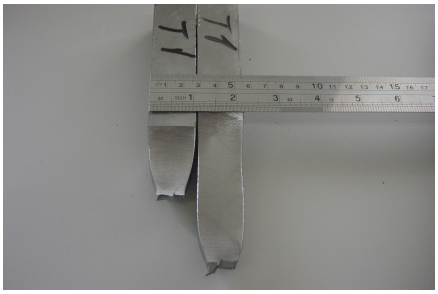
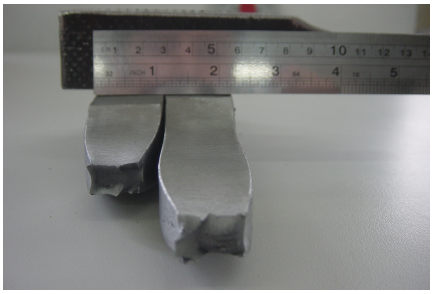
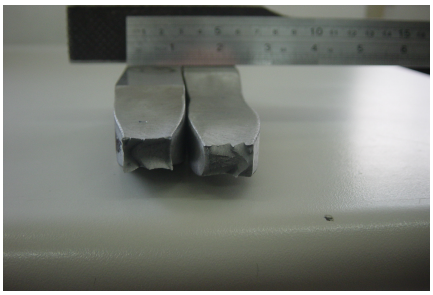
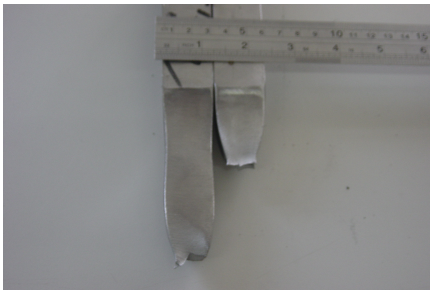
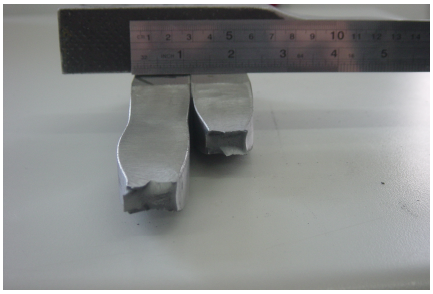
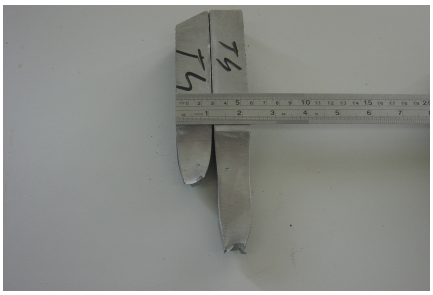
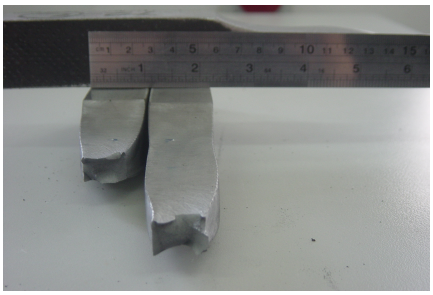
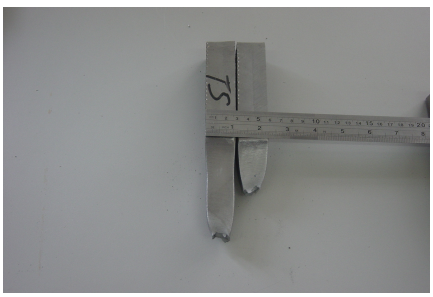
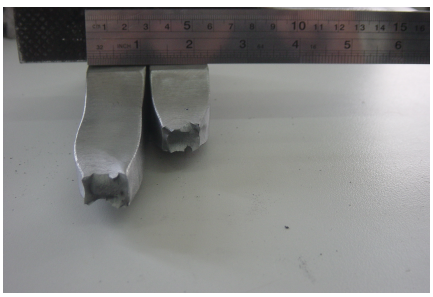
Metal özlü tel ile kaynak edilmiş numunelerin tümünde kopma ana malzemeden gerçekleşmiştir. Bu nedenle akma ve çekme mukavemetleri tüm numunelerde yakın değerlerdedir. Akma mukavemetleri 360 N/mm² ile 378 N/mm² arasında değişmekte, çekme mukavemetleri ise 521 N/mm² ile 530 N/mm² değerleri arasında değişmektedir. Bu değerler ASME BPV Code Section II – C'de kaynak metali akma mukavemeti için isten minimum 400 N/mm² değerinin altındadır fakat kopma ana malzemeden olduğu için bu kriter kullanılan kaynak sarfı için geçerli değildir.Akma mukavemeti değerleri ana malzeme sertifikasında verilen 336 N/mm² değerinden yüksektir. Çekme mukavemeti sonuçları ise kaynak metalinden istenen minimum 480 N/mm² kriterlerinin üzerindedir. Kopma ana malzeme'den olduğu için kaynak metali çekme mukavemeti de bu değer üzerindedir. % uzama değerleri %25 ve % 30 arasında ölçülmüştür.

Tablo 5.3: Çekme testi sonuçları

	Akma Muk. (N/mm²)	Çekme Muk. (N/mm²)	% Uzama	Kopma Bölgesi
1. Parça	378	527	30	Ana Malzeme
2. Parça	360	525	30	Ana Malzeme
3. Parça	360	521	27	Ana Malzeme
4. Parça	372	530	27	Ana Malzeme
5. Parça	368	524	25	Ana Malzeme
ASME BPV Code Section II-C*	Minimum 400	Minimum 480	Minimum 22	

(*) Bu değerler kaynak metali için geçerlidir.

Tablo 5.4: Çekme testi sonucu numune görüntüleri

	Görüntü 1	Görüntü 2
1. Parça		
2. Parça		
3. Parça		
4. Parça		
5. Parça		

Tablo 5.5: -46 °C'de yapılan V-Çentikli Charpy darbe testi sonuçları

	Numune 1		Numune 2		Numune 3		Ortalama	
	Kaynak Metali	ITAB	Kaynak Metali	ITAB	Kaynak Metali	ITAB	Kaynak Metali	ITAB
1. Parça	104 J	288 J	86 J	260 J	86 J	290 J	92 J	279 J
2. Parça	114 J	264 J	94 J	288 J	68 J	288 J	92 J	280 J
3. Parça	100 J	270 J	90 J	282 J	82 J	285 J	91 J	279 J
4. Parça	108 J	288 J	108 J	292 J	84 J	284 J	100 J	288 J
5. Parça	96 J	288 J	66 J	288 J	20 J	288 J	61 J	288 J
ASME BPV Code Section II-C*	20 J		20 J		20 J		27 J	

(*) Bu değerler kaynak metali için geçerlidir

Yapılan darbe testi sonucu elde edilen değerler kaynak metali için 61J ile 100J arasında değişmektedir. Bu değerler ASME BPV Code Section II – C'de belirtilen 27J sınırının üzerindedir. Darbe testi sonucu ITAB bölgesi için elde edilen değerler 279J ile 288J arasında değişmektedir. ITAB bölgesi darbe enerjileri numunelerde koruma gazının bu bölgede tepkimeye veya etkileşime girmemesinden ötürü yakın değerlerde elde edilmiştir. Ayrıca aynı kaynak parametreleri ile kaynak yapıldığı için malzemelere verilen ısı girdileri de aynı miktardadır. Yapılan darbe testi sonucu kaynak metali tokluk özelliğinin kaynak bölgesinde düştüğü sonucuna ulaşılmıştır.

Sadece CO_2 koruma gazı kullanılarak yapılan 5. parçada kaynak metali darbe testi sonucu en düşük değerler elde edilmiştir. Koruma gazı bileşiminde CO_2 oranı arttıkça darbe enerjisinin düştüğü tespit edilmiştir. 5. parça 3. numunesinde elde

edilen 20J değeri ASME BPV Code Section II – C standardındaki en düşük 20J sınırındadır.

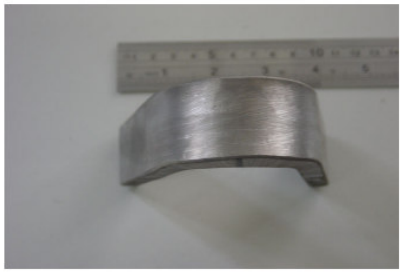
Vickers yöntemi ile 1 kg yük uygulanarak yapılan mikro sertlik testi sonucları ana malzeme için 180 ± 4.3 HV, kaynak metali için 196-216 HV arasında, ITAB için 218-223 HV arasında değişmektedir. Kaynak sonrası kaynak metalinde ana malzemeye göre sertleşme, ısınma ve soğumaya bağlı olarak da ITAB bölgesinde ana malzeme ve kaynak metaline göre sertleşme tespit edilmiştir.

Tablo 5.6: Sertlik ölçüm sonuçları (HV_1)

	Ana Malzeme	Kaynak Metali	ITAB
1. Parça	180 ± 4.3	199 ± 4.3	220 ± 0.94
2. Parça		205 ± 4.90	218 ± 2.36
3. Parça		204 ± 5.01	221 ± 3.06
4. Parça		216 ± 3.04	223 ± 1.89
5. Parça		196 ± 5.93	220 ± 0.94

Eğme testi sonunda hiç bir numunede kırılma açılma veya yırtık tespit edilmemiştir. Bu da göstermektedir ki yapılan kaynak parçalarında yetersiz nüfuziyet veya ergime-birleşme problemleri bulunmamaktadır. Ana malzeme ile kaynak metali nüfuziyeti tam olarak sağlanmıştır.

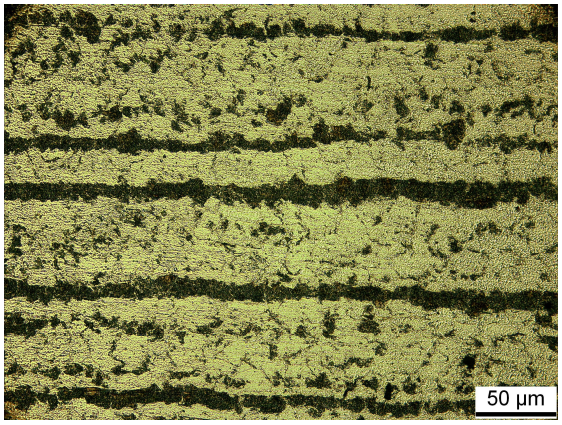
Tablo 5.7: Eğme testi sonucu numune görüntüleri

	Görüntü 1	Görüntü 2
1. Parça		
2. Parça		
3. Parça		
4. Parça		
5. Parça		

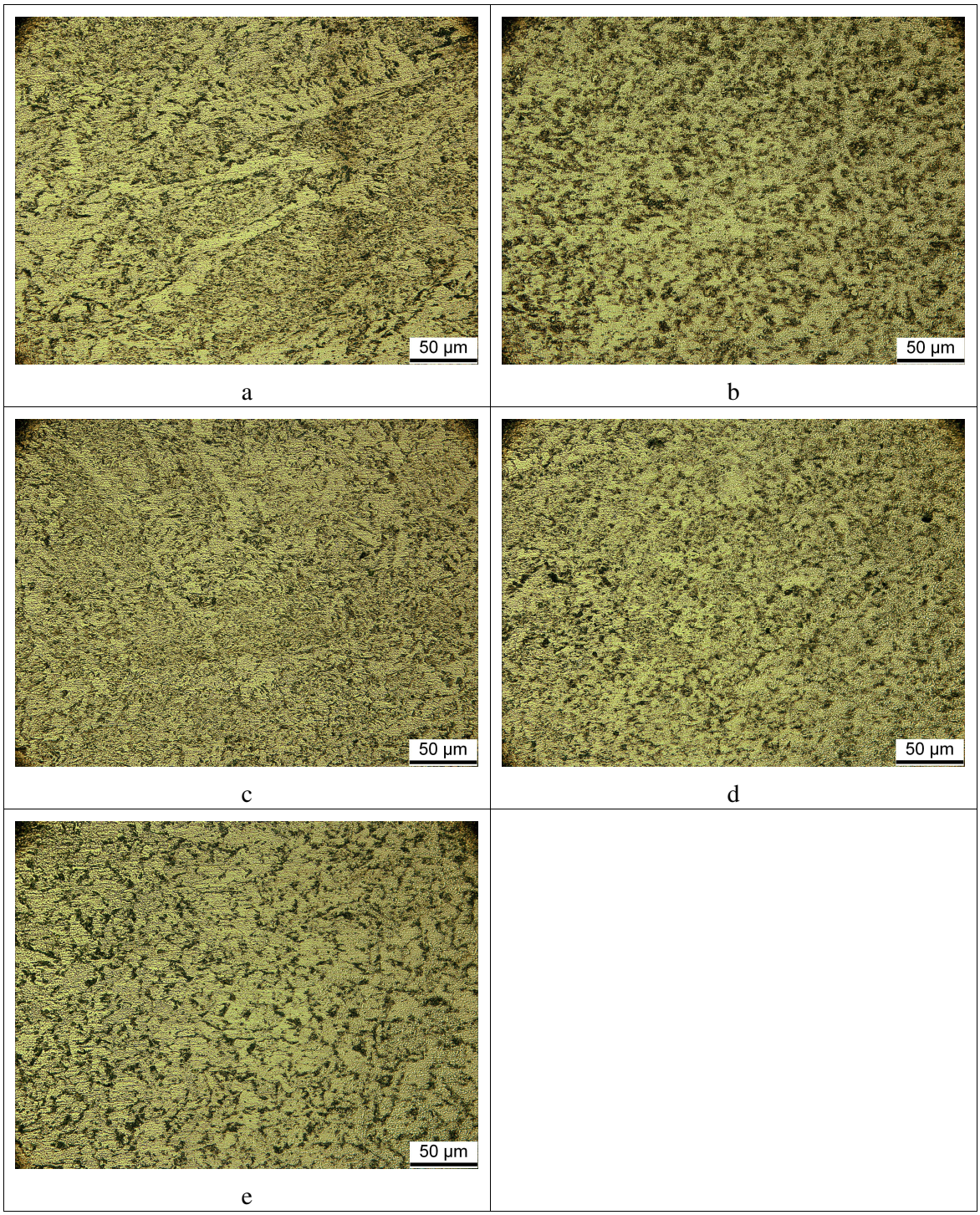
5.5 Miko ve Makro Yapı İncelemeleri

Ana malzeme mikro yapı görüntüsü Şekil 5.1'de verilmiştir. Ana malzeme yapısında üretim yöntemine bağlı olarak sıcak şekil vermenin karakteristiği ferrit ve perlitten oluşan band yapısı görülmektedir. Tüm parçalarda aynı boru kullanıldığı için ana malzeme mikro yapısı değişmemektedir. Kaynak metali mikro yapı görüntüleri Şekil 5.2'de, ITAB mikro yapı görüntüleri Şekil 5.3'de verilmiştir. Kaynak metali iç yapısı karakteristik kaynak metali özellikleri göstermektedir. ITAB'da ısınma ve soğumaya bağlı olarak iç yapı değişimi görülmektedir. Hızlı soğumaya bağlı martensitik yapı kaynak metali veya ITAB'da tespit edilmemiştir.

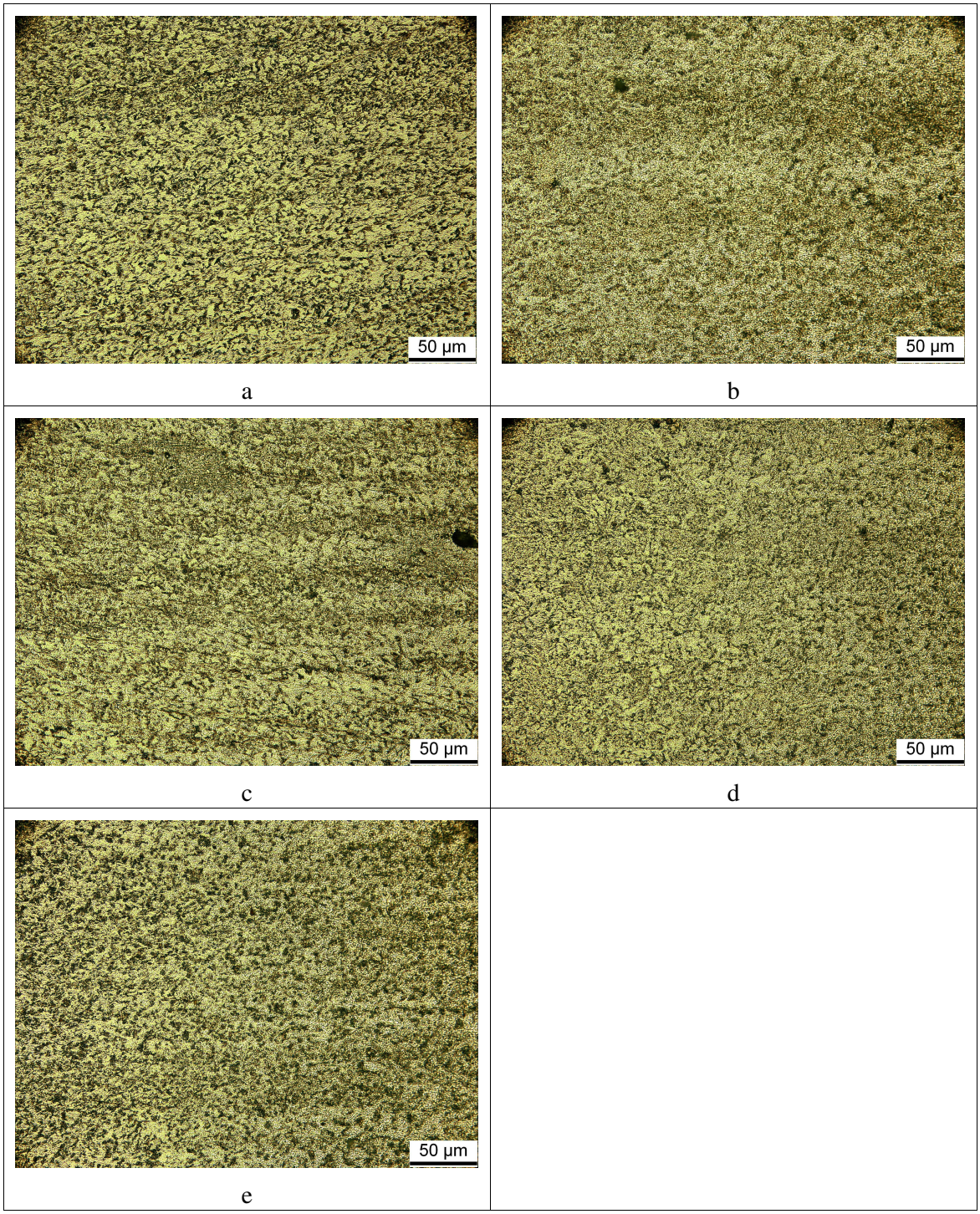
Makro yapı fotoğrafları Şekil 5.4'de verilmiştir. Kaynak bölgelerinde hata veya düzensizlik tespit edilmemiştir. Nüfuziyet azlığı, gözenek veya ergime yetersizliği görülmemektedir. Isı tesiri altında kalan bölgeler tüm parçalarda aynı parametreler ile çalışılması ve malzemeye verilen ısı girdisinin düşük olması nedeniyle dar bir alan olarak görülmektedir. 4. parçada kaynak ağzı formundan ötürü son kapak pasoda diğer parçalara göre fazla kaynak görülmektedir. Paso genişlikleri ve yükseklikleri tüm parçalarda bir birine yakın görülmektedir.



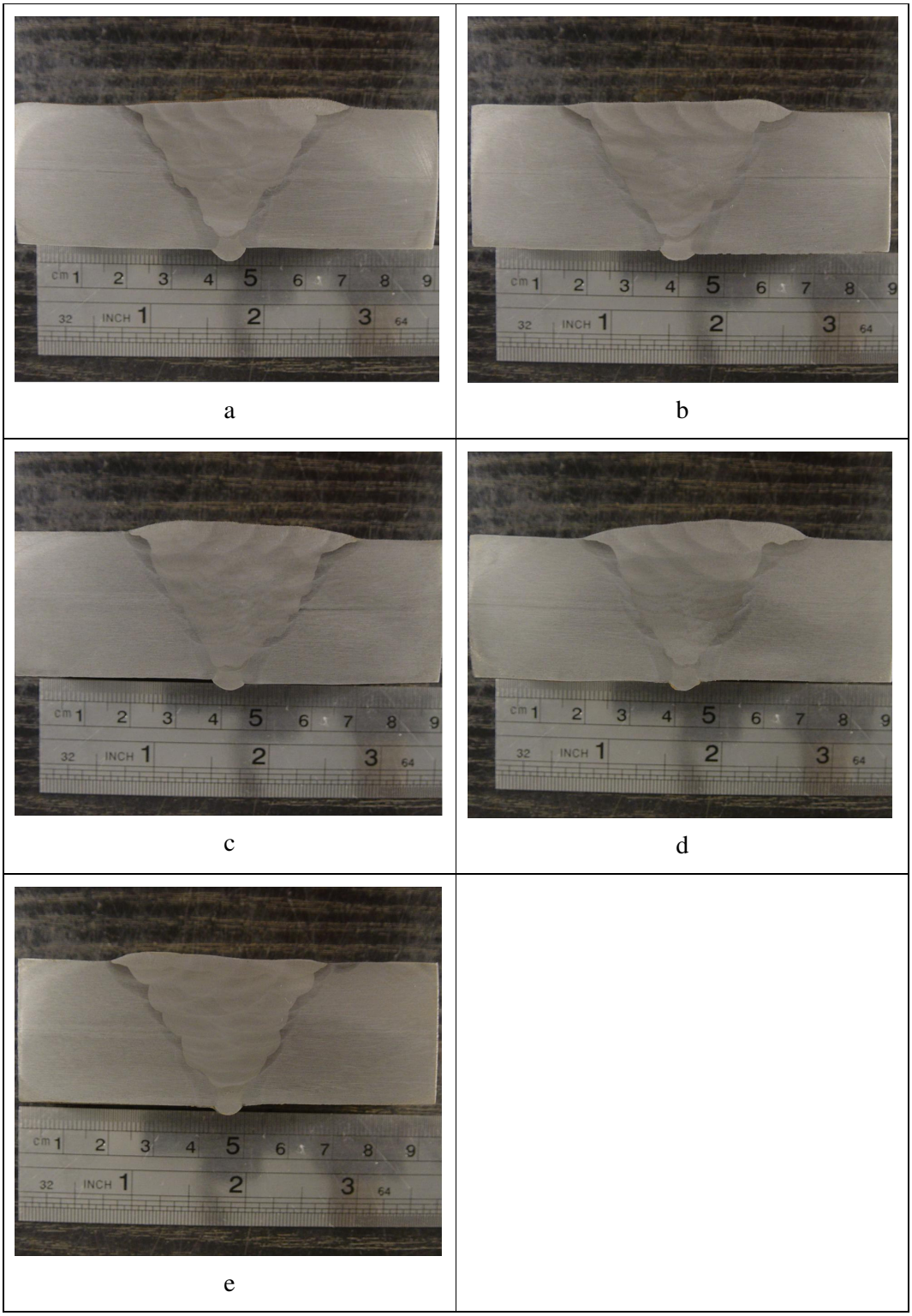
Şekil 5.1: Ana malzeme mikro yapı görüntüsü



Şekil 5.2: Kaynak metaline ait mikro yapı görüntüleri: **(a)** 1. Parça %10 CO_2 + %90 Ar. **(b)** 2. Parça %20 CO_2 + %80 Ar. **(c)** 3. Parça %20 CO_2 + %80 Ar. **(d)** 4. Parça %30 CO_2 + %70 Ar. **(e)** 5. Parça %100 CO_2



Şekil 5.3: ITAB'a ait mikro yapı görüntüleri: **(a)** 1. Parça %10 CO_2 + %90 Ar. **(b)** 2. Parça %20 CO_2 + %80 Ar. **(c)** 3. Parça %20 CO_2 + %80 Ar. **(d)** 4. Parça %30 CO_2 + %70 Ar. **(e)** 5. Parça %100 CO_2



Şekil 5.4: Kaynak bölgesine ait makro yapı görüntüleri: **(a)** 1. Parça %10 CO_2 + %90 Ar. **(b)** 2. Parça %20 CO_2 + %80 Ar. **(c)** 3. Parça %20 CO_2 + %80 Ar. **(d)** 4. Parça %30 CO_2 + %70 Ar. **(e)** 5. Parça %100 CO_2

6. GENEL SONUÇLAR

24 inch (610 mm) çapında, 17.5 mm et kalınlığında ASTM A106 Grade B standardına göre üretilmiş ve 28 inch (711 mm) çapında, 27 mm et kalınlığında ASTM A671 Grade CC65, Class 22 standardına göre üretilmiş borular kullanılarak yapılan çalışmalar sonucunda aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

1. Metal özlü tel ile %80Ar -20 CO2 koruma gazı bileşiminde, torcun sabit tutulup borunun kendi ekseni etrafında döndürülerek (otomasyon 1G pozisyonunda) yapılan kaynaklarda 300A, 27.5V, 30cm/dk ilerleme hızı parametreleri ile en kararlı arka, en düşük sıçrantı ve çapak miktarına ve en yüksek metal yığma kapasitesine (5.08 kg/saat) ulaşılmıştır. Bu değer örtülü elektrodlar ile elde edilen 1.2-1.6 kg/saat kapasitesinin 3-4 katıdır.
2. Koruma gazında bulunan CO_2 miktarı arttıkça sıçrantı ve çapak miktarı da artmaktadır. %10 CO_2 + % 90 Ar ve %20 CO_2 + %80 Ar içeren koruma gazlarında sıçrantı ve çapak problemi bulunmazken koruma gazı bileşiminde CO_2 miktarının %30'a çıkması ile sıçrantı ve çapak miktarı artmış, %100 CO_2 koruma ortamında en üst düzeye ulaşmıştır. %20 CO_2 + %80 Ar ve %10 CO_2 + %90 Ar bileşimindeki koruma gazları ile kaynak esnasında pasolar arası temizlik yapmadan üst üste pasolar kaynak yapma imkanı curuf oluşmaması ve sıçrantı ve çapağın az olması nedeni ile mümkündür.
3. Yapılan mekanik testler sonucu %10 CO2 + %90 Ar koruma gazı, %20 CO2 + %80 Ar koruma gazı, %30 CO2 + %70 Ar koruma gazı ve %100 CO2 koruma gazı ile kaynatılmış parçaların kaynak bölgelerinin oda sıcaklığında yapılan çekme, eğme ve sertlik testi sonuçları ile -46 °C'de yapılan ITAB bölgesi darbe testi sonuçları birbirine çok yakın bulunmuştur. Çekme testi sonucu akma mukavemetleri 360 N/mm² ile 378 N/mm² arasında, çekme mukavemetleri ise 521 N/mm² ile 530 N/mm² arasında değişmekte olup, kaynak edilen boru için SAE 516 Grade 65 için verilen değerleri karşılamktadır. Eğme testi sonucu ise hiçbir numunede açılma veya yırtılma tespit edilmemiştir. Kaynak metali ile ana malzemenin tam nüfuziyeti

sağlanmıştır. Sertlik ölçümleri sonucu ana malzeme sertliğinin 180 ± 4.3 HV, kaynak metali sertliğinin 196-216 HV arasında, ITAB sertliğinin ise 218-223 HV arasında değişmektedir. Kaynak sonrası en sert bölgenin ITAB daha sonra kaynak metali olduğu tespit edilmiştir. Ana malzeme sertliği en düşük bölge olarak belirlenmiştir. ITAB bölgesi darbe testi sonuçları 279J ile 288J arasında değişmekte olup, kaynak metalinde daha yüksek değerlerdedir. Farklı koruma gazlarının kaynak bölgesi mekanik özelliklerini -46 °C'de yapılan kaynak metali darbe testi sonuçları belirlemiştir. %10 CO2 + %90 Ar koruma gazı, %20 CO2 + %80 Ar koruma gazı, %30 CO2 + %70 Ar koruma gazı içeren numunelerin darbe testi sonuçları bileşimlerindeki CO2 yüzdesinin yakınlığından ötürü 91 J ile 100 J arasında birbirlerine çok yakın değerlerdir. %100 CO2 koruma gazı kullanılan numunelerin test sonucu ortalaması ise 61 J'dür. Koruma gazı bileşimindeki CO2'miktarının artması ile kaynak metali darbe enerjilerinde düşme tespit edilmiştir.

4. %100 CO_2 dışındaki 3 koruma gazı (%30 CO_2 + %70 Ar karışımı, %20 CO_2 + %80 Ar karışımı ve %10 CO_2 + %90 Ar karışımı) ile yapılan kaynakların mekanik özellikleri oda sıcaklığındaki çekme ve eğme, -46 °C'de darbe testleri sonucu düşük sıcaklıklardaki servis şartları (-46 °C) için "ASME BPV Code" standartlarında belirlenen koşulları sağlamaktadır. Metal özlü kaynak sarfı belirtilen şartlar sağlandığı takdirde düşük sıcaklıkdaki servis şartlarında kullanılabilir. %100 CO_2 koruma gazı ile kaynatılmış parçaların kaynak metali darbe numunelerinden 3.sünün sonucu ilgili standartlar tarafından en düşük limit olan 20 J değerindedir.

5. Makro inceleme sonucunda numunelerde ergime hatası, nüfuziyet eksikliği, gözenek ve kalıntı tespit edilmemiştir. Paso genişlikleri ve yükseklikleri bir birine yakındır. X500 büyütmede yapılan mikro yapı incelemelerinde kaynak metali karakteristik özellikler göstermektedir. Isı tesiri altında kalan bölgede ısınma ve soğumaya bağlı olarak iç yapıda kaynak metaline göre değişim tespit edilmiştir. Farklı koruma gazı ortamlarında kaynaktılmış kaynak metallerinin ve ısı tesiri altında kalan bölgelerin mikro yapıları ve makro görüntüleri benzerlik göstermektedir.

6. Metal özlü tel ile %100 CO_2 bileşiminde koruma gazı ile zorunlu durumlar haricinde çalışılmamalıdır. Bunu sebebi kaynak metali tokluğunun düşük oluşu, kaynak esnasında banyo kontrolünün zorluğu, kararsız ark oluşumu, hata ihtimalinin yüksekliği ve sıçrantı,çapak oluşumunun çok fazla olmasıdır.
7. Yapılan çalışmalar sonucu sıçrantı, çapak oluşumu ve kaynak bölesi mekanik özellikleri açısında %10 CO_2 +%90 Ar karışımı koruma gazı ile en iyi sonuçlara ulaşılmıştır. %20 CO_2 + %80 Ar karışımı koruma gazı da, hem kaynak bölgesi mekanik özellikleri hem de kaynak esnasında oluşan sıçrantı ve çapak miktarı açısından %10 CO_2 +%90 Ar karışımı koruma gazı ile yakın özellikler sergilediğinden ve maliyet avantajı nedeni ile tercih edilebilir.

KAYNAKLAR

[1] **Anık, S. ve Vural, M.,** 1996. Gazaltı Ark Kaynağı: (TIG-MIG-MAG), GEV, İstanbul.

[2] **Cary, H.B. and Helzer, S.C.,** 2005. Modern Welding Technology, Pearson Education, New Jersey.

[3] **Jeffus, L.**, 1993. Welding: Principles and Applications, Thomson Delmar, New York.

[4] **Kalpakjian, S. and Schmid S.R.,** 2001. Manufacturing Engineering and Technology, Printice Hall, New Jersey.

[5] Miller TIG Handbook

http://www.millerwelds.com/education/TIGhandbook/pdf/TIGBook_Chpt1.pdf

[6] Miller Guidelines for Gas Metal Arc Welding (GMAW), 2007.

http://www.millerwelds.com/pdf/mig_handbook.pdf

[7] **Tülbentçi, K.,** 1998. MIG – MAG Gazaltı Kaynak Yöntemi, Arctech Yayınları, İstanbul.

[8] **Villafuerte, J.,** 2005. How to Maximize Contact Tip Life and Process Stability for Gas Metal Arc Welding, *Canadian Welding Association Journal ,* **Winter 2005,** 21-22.

[9] **Smartt, H.B.,** 2005. Transfer of Heat and Mass to the Base Metal in Gas-Metal Arc Welding *ASM Handbook Volume 6: Welding, Brazing and Soldering*, ASM Int, USA. 25-30

[10] **Key, J.F.,** 2000. Arc Physics of Gas Tungsten Arc Welding, *ASM Handbook Volume 6: Welding, Brazing and Soldering*, ASM Int, USA. 30-36

[11] **Lyttle, K.A.,** 2000. Shielding Gases, *ASM Handbook Volume 6: Welding, Brazing and Soldering*, ASM Int, USA. 64-70.

[12] **(ed) Sabo, R.S.,** 1995. Procedure Hand Book of Arc Welding, Lincoln Electric Company, Ohio.

[13] **(ed) Jenney, C.L and Brien A.,** 2001. AWS Welding Hand Book Volume 1: Welding Science and Technology, AWS, USA.10-11

[14] **Holliday, D.B.,** 2000. Gas-Metal Arc Welding, *ASM Handbook Volume 6: Welding, Brazing and Soldering*, ASM Int, USA. 180-185

[15] **Stapon, W.F.,** 2000. Using Flux-cored and Metal-cored Wire, *Canadian Welding Association Journal*, **Winter 2005,** 23-25.

[16] ASME Boiler and Pressure Vessel Code Section II-C: Specification for Welding Rods, Electrodes and Filler Metals. SFA: 5.18 Specification for Carbon Steel Electrodes and Rods for Gas Shielded Arc Welding, 2004. ASME, New York.

[17] **Lyttle, K.A.,** 1996. Metal Cored Wires: Where Do They Fit in Your Future, *AWS Welding Journall*, **October 1996,** 35-38.

[18] **Olson, D.L. and Liu, S.,** 2000. Nature and Behaviour of Fluxes Used for Welding, *ASM Handbook Volume 6: Welding, Brazing and Soldering*, ASM Int, USA. 55-63.

[19] **Kaluç. E.,** 2004. Kaynak Teknolojisi El Kitabı Cilt-1: Ergitme Esaslı Kaynak Yöntemleri, TMMOB MMO Yayınları, Ankara.

[20] ASME Boiler and Pressure Vessel Code Section IX: Welding and Brazing Qualifications, 2004. ASME, New York

[21] ASME B31.1 Power Piping, 2004. ASME, New York

[22] ASME B31.3 Process Piping, 2004. ASME, New York

EKLER

EK A Serfikalar

EK A1 Ana Malzeme Sertifikası / 24 inch (610 mm) çapında, 17.5 mm et kalınlığında ASTM A106 Grade B

INSPECTION CERTIFICATE
CERTIFICATO DI COLLAUDO
(UNI EN 10204 3.1 / ISO 10474 3.1.B)

N./N.	Page/Pagina
06/04964	001/003

Date/Data: 27/02/2006

Dalmine S.p.A. - Dalmine Plant
Piazza Caduti di Luglio 1944, 1
24044 Dalmine (BG) - Italy
Tel. +39 035 560 111
Fax +39 035 560 3937

Customer/Cliente	Customer's order/Rifer. Ordine Cli.	Customer's Refer./Posiz.Cliente	Mill order/Conferma / Posiz.
EASTERN BECHTEL COMPANY LIMITED	2005PO011546	PPPCKB04UE0C	1251602/011

Address/Indirizzo	Town/Località	Country/Stato	Job Number/Ordine di Vendita	Shipping Note/Avviso di spedizione
249A, UDYOG VIHAR, PHASE	122015 HARYANA	IND	E/427464/33	

Product/Prodotto

SEAMLESS HOT FINISHED PIPES FOR HIGH TEMPERATURE SERVICES NOT STANDARD ACCORDING TO ASTM A 106 , NACE MR 01.75, SOUR SERVICE AND CNP 9462 REV.1 STEEL GR. B ASTM A 106 NORMALIZED INTERNALLY BARE, EXTERNALLY VARNISHED WITH QUAKERCOAT 854 CLEAR BEVELLED AS PER ASME B 16.25 FIG. 2A CT4:8554

TUBI S.S. PER TRASPORTO DI FLUIDI AD ALTA TEMPERATURA (FUORI STANDARD) NORMA ASTM A 106 , NACE MR 01.75, SOUR SERVICE E CNP 9462 REV.1 ACCIAIO GR. B ASTM A 106 NORMALIZZATI GREZZI INTERNAMENTE , OLEATI ESTERNAMENTE CON QUAKERCOAT 854 CLEAR SMUSSATI SECONDO ASME B 16.25 FIG. 2A CT4:8554

Dimensions/Dimensioni				Quantity/Quantità				
Lg. From/Lgh. Da	Lg. To/Lgh. A	O.D. mm/D.E. mm	W.T. mm/SP mm	Pieces/Pezzi	Mt/Metri	Kg/Chili	Feet/Feet	Lb/Libre
8000	12000	610,000	17,480	15	158,44	40778	519,82	89899,9

TENSILE TEST/PROVA DI TRAZIONE

Test/Prova	Heat/Colata	°C	T	L/T	Test spec (mm)/Provetta (mm)			Rs MPA			Rm MPA		Elongation(%)/Allungam.(%)				
					Type/ Tipo	Dimensions/ Dimensioni	Sec./Sez. mm²	%	Min.	Max.	Min.	Max.	Cal.	mm	Min.	Obt./Ott.
V3360	958606	+ 20		L	Rec	25,90	16,90	437,7	317,0		470,0		2"	50,0	29,0	40,0	

T = 1:AFTER P.W.H.T./DOPO P.W.H.T.
2:AFTER 'STRAIN AGEING'/DOPO 'STRAIN AGEING'
3:AFTER P.W.H.T.+AFTER 'STRAIN AGEING'/DOPO P.W.H.T.+DOPO 'STRAIN AGEING'

L/T = L:LONGITUDINAL/LONGITUDINALE T:TRANSVERSAL/TRASVERSALE

Rs = YIELD STRENGTH/SNERVAMENTO

Tipo = Rec:RECTANGULAR/RETTANGOLARE Seg:TUBOLAR STRIP/STRISCIA TUBOLARE

Rm = TENSILE STRENGTH/ROTTURA

Cil:ROUND/CILINDRICA Tu :TUBULAR/TUBOLARE

Z = REDUCTION OF AREA/STRIZIONE

TECHNOL. TESTS/PROVE TECNOL.

Test/Prova	Heat/Col.	T	Flatt.Test/Schiac. E	Q	Num.	Test ok/Esito ok
V3360	958606		1	2	1	

T = 1:AFTER P.W.H.T./DOPO P.W.H.T.
2:AFTER 'STRAIN AGEING'/DOPO 'STRAIN AGEING'
3:AFTER P.W.H.T.+AFTER 'STRAIN AGEING'/DOPO P.W.H.T.+DOPO 'STRAIN AGEING'

E = 1:AT ONE END/AD UNA ESTREMITA'
2:AT BOTH ENDS/ALLE 2 ESTREMITA'

Q = 1:EACH PIPE/TUTTI I TUBI
2:'n' PIPE OF THE LOT/'n' TUBI PER LOTTO
3:'%' PIPE OF THE LOT/'%' TUBI PER LOTTO

CHEMICAL COMPOSITION/COMPOSIZIONE CHIMICA

		C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Cu	Ce FI	F1
		x100			x1000		x100					x100	
Heat.	H Max	18	30	110	20	10	30	20	15	8	20	41	01,000
Colata	H Min		10	29									0
958606	H	10	28	95	14	2	11	8	4	4	18	31	0,45

Ce FI = L.F./F.L. (C+Mn/6+(Cr+Mo+V)/5+(Ni+Cu)/15)
F1 = (V +Ni+Cr+Mo+Cu)

This document is reviewed per ASME SEC IIA d.2asa.....05..Add.
reviewed by:E. GURSOY CP/QC

LEAK TEST/PROVA DI TENUTA

Type/Tipo	U.M.	Sec.	Value/Valore
HYDRAULIC/IDRAULICA	BAR	5	83,0

REMARKS/NOTE

HARDNESS HRC 22 MAX., ACCORDING TO NACE MR-01-75.
ALL PIPES HAVE BEEN NORMALIZED AT 920°C FOR 55 MINS.
ALL PIPES HAVE BEEN TESTED BY ULTRASONIC INSPECTION FOR LONGITUDINAL INSIDE/OUTSIDE DEFECTS (NOTCH 5%), ACCORDING TO ASTM E 213,

This certificate is issued by a computerized system and it is valid without signature. On the original certificate the trade-mark green coloured "Tenaris" is stamped. In case the owner of the original certificate would release a copy of it, he must attest its conformity to the original one taking upon himself the responsibility for any unlawful or not allowed use. Any alteration and/or falsification will be subjected to the law.

Questo certificato è emesso da un sistema computerizzato ed è valido senza firma. Il certificato originale riporta il marchio "Tenaris" in colore verde. Il possessore del originale di valore rilasci copia, deve attestarne il suo fonte la conformità assumendosi ogni responsabilità per usi illeciti o semplicemente non consentiti dalla Dalmine. Alterazioni e/o falsificazioni saranno perseguite a termini di legge.

REMARKS/NOTE
WITH SATISFACTORY RESULT.
ENDS NOT COVERED BY AUTOMATIC UT HAVE BEEN TESTED BY MANUAL UT FOR DEFECTS AND (for 127 mm.) FOR LAMINATIONS, WITH SATISFACTORY RESULT.
AFTER INSPECTION OPERATION, THE MATERIAL HAS NOT A RESIDUAL MAGNETISM GREATER THAN 20 GAUSS.
PO 25113-000-POB-PP01-P0001 ITEM No.: 311
DUREZZA HRC 22 MAX. IN ACCORDO ALLA SPEC. NACE MR-01-75.
TUTTI I TUBI SONO STATI NORMALIZZATI A 920°C PER 55 MIN.
TUTTI I TUBI SONO STATI CONTROLLATI CON U.S PER LA RICERCA DI DIFETTI LONGITUDINALI INTERNI/ESTERNI (TARATURA 5%), IN ACCORDO ALLA SPEC.
ASTM E 213, CON ESITO SODDISFACENTE.
LE ESTREMITA' NON CONTROLLATE IN AUTOMATICO SONO STATE CONTROLLATE CON US MANUALI PER RICERCA DIFETTI E (per 127 mm.) PER RICERCA DOPPI
SPESSORI, CON ESITO SODDISFACENTE
DOPO LE OPERAZIONI DI CONTROLLO IL MATERIALE NON PRESENTA UN MAGNETISMO RESIDUO SUPERIORE A 20 GAUSS

STANDARD EDITION/EDIZIONE NORME			
Standard/Norma	Year/Anno	Revision/Revisione	Year/Anno
ASTM A 106	2002		....
NACE MR0175/ISO 15156	2003		....

SEAMLESS HOT FINISHED PIPES
TUBI SENZA SALDATURA FINITI A CALDO

VISUAL AND DIMENSIONAL CONTROL HAS BEEN CARRIED OUT WITH SATISFACTORY RESULT
IL CONTROLLO VISIVO E DIMENSIONALE HA DATO ESITO SODDISFACENTE

STEEL IS FULLY KILLED AND PRODUCED BY ELECTRIC FURNACE TO A FINE GRAIN PRACTICE
L'ACCIAIO E' DI TIPO CALMATO, A GRANO FINE, PRODOTTO AL FORNO ELETTRICO

THE PRODUCT SUPPLIED IS IN COMPLIANCE WITH THE REQUIREMENTS OF THE ORDER.
IL MATERIALE FORNITO E' IN ACCORDO AI REQUISITI DELL'ORDINE.

This certificate is issued by a computerized system and it is valid without signature. On the original certificate the trade-mark green coloured "Tenaris" is stamped. In case the owner of the original certificate would release a copy of it, the must attest its conformity to the original one taking upon himself the responsibility for any unlawful or not allowed use. Any alteration and/or falsification will be subjected to the law.

Questo certificato è emesso da un sistema computerizzato ed è valido senza firma. Il certificato originale riporta il marchio Tenaris in colore verde. Il possessore dell'originale, qualora rilasci copie, deve attestarne a suo nome la conformità assumendosi ogni responsabilità per usi illeciti o semplicemente non consentiti dalla Dalmine. Alterazioni e/o falsificazioni saranno perseguite a termini di legge.

Tenaris

INSPECTION CERTIFICATE
CERTIFICATO DI COLLAUDO

(UNI EN 10204 3.1 / ISO 04743 - B)

N./N. 06/04964 | Page/Pagina 002/003

Date/Data 27/02/2006

Dalmine S.p.A. - Dalmine (Bg) - Italy
Piazza Caduti di Luglio 1944, 1
24044 Dalmine (Bg) - Italy
T. 39 035 560 111 Tel
F. 39 035 560 381 Fax

Customer/Cliente	Customer's order/Rifer. Ordine Cli.	Customer's Refer./Posiz.Cliente	Mill order/Conferma / Posiz.
EASTERN BECHTEL COMPANY LIMITED	2005PO011546	PPPCKB04UE0C	1251602/011

Address/Indirizzo	Town/Località	Country/Stato	Job Number/Ordine di Vendita	Shipping Note/Avviso di spedizione
249A, UDYOG VIHAR, PHASE	122015 HARYANA	IND	E/427464/33	

Product/Prodotto

SEAMLESS HOT FINISHED PIPES FOR HIGH TEMPERATURE SERVICES NOT STANDARD ACCORDING TO ASTM A 106 , NACE MR 01.75, SOUR SERVICE AND CNP 9462 REV.1 STEEL GR. B ASTM A 106 NORMALIZED INTERNALLY BARE, EXTERNALLY VARNISHED WITH QUAKERCOAT 854 CLEAR BEVELLED AS PER ASME B 16,25 FIG. 2A CT4:8554

TUBI S.S. PER TRASPORTO DI FLUIDI AD ALTA TEMPERATURA (FUORI STANDARD) NORMA ASTM A 106 , NACE MR 01.75, SOUR SERVICE E CNP 9462 REV.1 ACCIAIO GR. B ASTM A 106 NORMALIZZATI GREZZI INTERNAMENTE , OLEATI ESTERNAMENTE CON QUAKERCOAT 854 CLEAR SMUSSATI SECONDO ASME B 16.25 FIG. 2A CT4:8554

Dimensions/Dimensioni				Quantity/Quantità				
Lg. From/Lgh. Da	Lg. To/Lgh. A	O.D. mm/D.E. mm	W.T. mm/SP mm	Pieces/Pezzi	Mt/Metri	Kg/Chili	Feet/Feet	Lb/Libra
8000	12000	610,000	17,480	15	158,44	40778	519,82	89899,9

REMARKS/NOTE

WITH SATISFACTORY RESULT.
ENDS NOT COVERED BY AUTOMATIC UT HAVE BEEN TESTED BY MANUAL UT FOR DEFECTS AND (for 127 mm.) FOR LAMINATIONS, WITH SATISFACTORY RESULT.
AFTER INSPECTION OPERATION, THE MATERIAL HAS NOT A RESIDUAL MAGNETISM GREATER THAN 20 GAUSS.
PO 25113-000-POB-PP01-P0001 ITEM No.: 311
DUREZZA HRC 22 MAX. IN ACCORDO ALLA SPEC. NACE MR-01-75.
TUTTI I TUBI SONO STATI NORMALIZZATI A 920°C PER 55 MIN.
TUTTI I TUBI SONO STATI CONTROLLATI CON U.S PER LA RICERCA DI DIFETTI LONGITUDINALI INTERNI/ESTERNI (TARATURA 5%), IN ACCORDO ALLA SPEC. ASTM E 213, CON ESITO SODDISFACENTE.
LE ESTREMITA' NON CONTROLLATE IN AUTOMATICO SONO STATE CONTROLLATE CON US MANUALI PER RICERCA DIFETTI E (per 127 mm.) PER RICERCA DOPPI SPESSORI, CON ESITO SODDISFACENTE
DOPO LE OPERAZIONI DI CONTROLLO IL MATERIALE NON PRESENTA UN MAGNETISMO RESIDUO SUPERIORE A 20 GAUSS

STANDARD EDITION/EDIZIONE NORME

Standard/Norma	Year/Anno	Revision/Revisione	Year/Anno
ASTM A 106	2002		....
NACE MR0175/ISO 15156	2003		....

SEAMLESS HOT FINISHED PIPES
TUBI SENZA SALDATURA FINITI A CALDO

VISUAL AND DIMENSIONAL CONTROL HAS BEEN CARRIED OUT WITH SATISFACTORY RESULT
IL CONTROLLO VISIVO E DIMENSIONALE HA DATO ESITO SODDISFACENTE

STEEL IS FULLY KILLED AND PRODUCED BY ELECTRIC FURNACE TO A FINE GRAIN PRACTICE
L'ACCIAIO E' DI TIPO CALMATO, A GRANO FINE, PRODOTTO AL FORNO ELETTRICO

THE PRODUCT SUPPLIED IS IN COMPLIANCE WITH THE REQUIREMENTS OF THE ORDER.
IL MATERIALE FORNITO E' IN ACCORDO AI REQUISITI DELL'ORDINE.

This certificate is issued by a computerized system and it is valid without signature. On the original certificate the trade-mark green coloured Tenaris is stamped. In case the owner of the original certificate would release a copy of it, the undersigned declines any liability for any unlawful or not allowed use. Any alteration and/or falsification will be subjected to the law.

Questo certificato è emesso da un sistema computerizzato ed è valido senza firma. Il certificato originale riporta il marchio Tenaris in colore verde. Possessore del originale qualora rilasci copia, deve attestarne la sua conformità assumendosi ogni responsabilità per usi illeciti o semplicemente non consentiti dalla Dalmine. Alterazioni o falsificazioni saranno perseguite a termini di legge.

Tenaris

INSPECTION CERTIFICATE
CERTIFICATO DI COLLAUDO
(UNI EN 10204 3.1 / ISO 10474 3.1 B)

N./N.	Page/Pagina
06/04964	003/003
Date/Data	27/02/2006

Dalmine S.p.A. - Dalmine Plant
Piazza Caduti 6 luglio 1944, 1
24044 Dalmine (Bg) - Italy
+39 035 560 111 tel
+39 035 560 3827 fax

Customer/Cliente	Customer's order/Rifer. Ordine Cli.	Customer's Refer./Posiz.Cliente	Mill order/Conferma / Posiz.
EASTERN BECHTEL COMPANY LIMITED	2005PO011546	PPPCKB04UE0C	1251602/011

Address/Indirizzo	Town/Località	Country/Stato	Job Number/Ordine di Vendita	Shipping Note/Avviso di spedizione
249A, UDYOG VIHAR, PHASE	122015 HARYANA	IND	E/427464/33	

Product/Prodotto

SEAMLESS HOT FINISHED PIPES FOR HIGH TEMPERATURE SERVICES NOT STANDARD ACCORDING TO ASTM A 106 , NACE MR 01.75, SOUR SERVICE AND CNP 9462 REV.1 STEEL GR. B ASTM A 106 NORMALIZED INTERNALLY BARE, EXTERNALLY VARNISHED WITH QUAKERCOAT 854 CLEAR BEVELLED AS PER ASME B 16.25 FIG. 2A CT4:8554

TUBI S.S. PER TRASPORTO DI FLUIDI AD ALTA TEMPERATURA (FUORI STANDARD) NORMA ASTM A 106 , NACE MR 01.75, SOUR SERVICE E CNP 9462 REV.1 ACCIAIO GR. B ASTM A 106 NORMALIZZATI GREZZI INTERNAMENTE , OLEATI ESTERNAMENTE CON QUAKERCOAT 854 CLEAR SMUSSATI SECONDO ASME B 16.25 FIG. 2A CT4:8554

Dimensions/Dimensioni				Quantity/Quantità				
Lg. From/Lgh. Da	Lg. To/Lgh. A	O.D. mm/D.E. mm	W.T. mm/SP mm	Pieces/Pezzi	Mt/Metri	Kg/Chili	Feet/Feet	Lb/Libre
8000	12000	610,000	17,480	15	158,44	40778	519,82	89899,9

Quality System Certified
n.110950/001

SIGNATURE / FIRME

Bechtel 28/02/2006

QUALITY CERTIFICATION DPT UFFICIO CERTIFICAZIONE QUALITA'	QUALITY SERVICE MANAGER RESPONSABILE SERVIZIO QUALITA'
Paolo BIASSONI	Raul POSATIERIS

This certificate is issued by a computerized system and it is valid without signature. On the original certificate the trade-mark green coloured "Tenaris" is stamped. In case the owner of the original certificate would release a copy of it, he must attest its conformity to the original one taking upon himself the responsibility for any unlawful or not allowed use. Any alteration and/or falsification will be subjected to the law.

Questo certificato è emesso da un sistema computerizzato ed è valido senza firma. Il certificato originale riporta il marchio "Tenaris" in colore verde. Il possessore dell'originale qualora rilasci copie deve attestarne la sua conformità con l'originale assumendosi con responsabilità personale ogni uso illecito o semplicemente non consentito dalla Delmine. Alterazioni e falsificazioni saranno perseguite a termini di legge.

Tenaris

HARDNESS CERTIFICATE
CERTIFICATO DI DUREZZA

N./N. 06/04964 | Page/Pagina 001/001

Date/Data 27/02/2006

Dalmine S.p.A. - Dalmine Plant
Piazza Caduti 6 luglio 1944
24044 Dalmine (BG) - Italy
T. +39 035 560 111
F. +39 035 560 3421 Fax

Customer/Cliente	Customer's order/Rifer. Ordine Cli.	Customer's Refer./Posiz.Cliente	Mill order/Conferma / Posiz.
EASTERN BECHTEL COMPANY LIMITED	2005PO011546	PPPCKB04UE0C	1251602/011

Address/Indirizzo	Town/Località	Country/Stato	Job Number/Ordine di Vendita	Shipping Note/Avviso di spedizione
249A, UDYOG VIHAR, PHASE	122015 HARYANA	IND	E/427464/33	

Product/Prodotto

SEAMLESS HOT FINISHED PIPES FOR HIGH TEMPERATURE SERVICES NOT STANDARD ACCORDING TO ASTM A 106 , NACE MR 01.75, SOUR SERVICE AND CNP 9462 REV.1 STEEL GR. B ASTM A 106 NORMALIZED INTERNALLY BARE, EXTERNALLY VARNISHED WITH QUAKERCOAT 854 CLEAR BEVELLED AS PER ASME B 16.25 FIG. 2A CT4:8554

TUBI S.S. PER TRASPORTO DI FLUIDI AD ALTA TEMPERATURA (FUORI STANDARD) NORMA ASTM A 106 , NACE MR 01.75, SOUR SERVICE E CNP 9462 REV.1 ACCIAIO GR. B ASTM A 106 NORMALIZZATI GREZZI INTERNAMENTE , OLEATI ESTERNAMENTE CON QUAKERCOAT 854 CLEAR SMUSSATI SECONDO ASME B 16.25 FIG. 2A CT4:8554

Dimensions/Dimensioni				Quantity/Quantità				
Lg. From/Lgh. Da	Lg. To/Lgh. A	O.D. mm/D.E. mm	W.T. mm/SP mm	Pieces/Pezzi	Mt/Metri	Kg/Chili	Feet/Feet	Lb/Libre
8000	12000	610,000	17,480	15	158,44	40778	519,82	89899,9

HARDNESS TEST/PROVA DI DUREZZA

Note/Nota

Test/Prova	Heat/Colata	Type/Tipo	T	Min.		Max 248,0		
				Dist./Dist.	Z	1	Average/Media	Diff./Scost.
V3360	958606	HV10		-1,0	E	160,0	160,0	
					C			160,0
				+1,0	I	153,0	153,0	

T = 1:AFTER P.W.H.T./DOPO P.W.H.T.
2:AFTER 'STRAIN AGEING'/DOPO 'STRAIN AGEING'
3:AFTER P.W.H.T.+AFTER 'STRAIN AGEING'/DOPO P.W.H.T.+DOPO 'STRAIN AGEING'

Z = I:INSIDE/INTERNO
C:MIDWALL/CENTRO
E:OUTSIDE/ESTERNO

Quality System Certified
n.110950/001

SIGNATURE/FIRME

Bechtel 28/02/2006

QUALITY CERTIFICATION DPT UFFICIO CERTIFICAZIONE QUALITA'	QUALITY SERVICE MANAGER RESPONSABILE SERVIZIO QUALITA'
Paolo BIASSONI	Raul POSATIERIS

This certificate is issued by a computerized system and it is valid without signature. On the original certificate the trade-mark green coloured "Tenaris" is stamped. In case the owner of the original certificate would release a copy of it, he must attest its conformity to the original, undertaking upon himself the responsibility for any unlawful or not allowed use. Any alteration and/or falsification will be subject to the law.

Questo certificato è emesso da un sistema computerizzato ed è valido senza firma. Il certificato originale riporta il marchio Tenaris in colore verde. Il possessore del originale qualora rilasci copia deve attestarne a suo nome la conformità assumendosi ogni responsabilità per usi illeciti o semplicemente non consentiti dalla Dalmine. Alterazioni e/o falsificazioni saranno perseguite a termini di legge.

EK A1 Ana Malzeme / 28 inch (711 mm) çapında, 27 mm et kalınlığında ASTM A671 Grade CC65, Class 22

3251/BER3.xls

0132

Mark of Manufacturer Sigle du producteur	ERNDTEBRÜCKER EISENWERK ABNAHMEPRÜFZEUGNIS EN 10204 3.1B INSPECTION CERTIFICATE EN 10204 3.1B CERTIFICAT DE RECEPTION EN 10204 3.1B	Werks-Nr./Works No./Réf. usine 39 329 Zert-Nr. / Cert-No. 329uber3.xls / APZ / 11

Besteller / Purchaser / Commelant: **Tube Developments Ltd.**

Bestellnr. / Order No / No de Com.: **15753 / TD19136**

Project/Project/Projet: **SAKHALIN II PROJECT**

Erzeugnisform: **Geschweißte Stahlrohre**
Description of Products: **Welded Steel Pipes**
Description du Produit: **Tubes d'acier**

Anforderungen: **ASTM A 671 Grade CC65, Class 22**
Requirements: **plus S2,**
Exigences: **MESC SPE 74/005**
MESC SPE 74/125

Werkstoff
Quality **MESC SPE 74/005,MESC SPE 74/125**
Nuance: **ASTM A 516 Grade 65 plus S5**

TAG NO. 743016...

Position Item Poste	Teil Part Item	TAG No.	Anzahl No	Durchm. Diameter Diametre	Dicke Thickn. Epais.	Länge Length Longueur	Schmelze Heat Coulée	Blechnr. Plate No Tole No	Blechzeugnisnummer Plate Cert. Number Nombre de Tole Cert.
1st	Supp.								
76.01	1	995.9	1	711,2	27	12000	14286	377631	8610322783
76.01	2	995.9	1	711,2	27	12000	14286	377631	8610322783

Röntgenprüfung: **LW 100 % acc.to RT 21003**
X-ray Test: **& ASME VIII,Div.1,UW51**
Test Radiograph.:

Wärmebehandlg:
Heat Treatment: **see Report**
Traitement Therm.:

Wasserdruckprobe
Hydrostatic Test: **see Report**
Epreuve Hydrostat.:

Hardness test
Piepe-ends **HV 10 Requirements max. 248**
Base mat.,HAZ,Weld **Result:satisfactory**

This document is reviewed as per ASME SEC. IIA Ed. 2004 No Add.
Reviewed by: L. GRZYBOWSKI

REVIEWED & VERIFIED
EICOS INSP. H. D. HERTZER
ON BEHALF OF PARSONSERC
27.10.2004

Es wird bestätigt, daß die Lieferung der (den) oben genannten Lieferbedingung(en) entspricht.
We certify, that above mentioned items have been delivered in accordance with terms of order.
Nous attestons que les produits livrés sont conformes aux stipulations de la command.

EEW-WORKS QUALITY CONTROL

57339 Erndtebrück, den 27.10.04 QC / Wieczorek

Werkssachverständiger / Works-Inspector
Expert de l'Usine

05/505
1 OF 1

ERNDTEBRÜCKER EISENWERK
Maßkontroll- und Sichtprüfungsbericht
Dimensional and Visual Control Report

Werks-Nr./ Works No. 39 329

Zert-Nr. / Cert-No. 329uber3.xls/MkP/11

Projekt / Project	Fertigungsvorschrift / Requirements:	Kunde / Client:	Kundenbestellnummer / Client's Order No.:
SAKHALIN II PROJECT	ASTM A 671 Grade CC65, Class 22 plus S2, MESC SPE 74/005 MESC SPE 74/125	Tube Developments Ltd.	15753 / TD19136

Formtoleranzen (s. a. unten) / Size Tolerances (s. a. below):

Bemerkungen / Remarks

Sichtprüfung / Visual Examination: keine Beanstandung without objections

Rohr-Nr.		Durchm. / Diameter (mm)				Umfang / Circ. (mm)			Wandd. / Wallth. (mm)			Länge / Length (mm)		Ovalität / Ovality (mm)				Geradh.		Rundh.		Kv.	Rechtw.		Endenbearb		Schweißer	
Pipe No		außen / outer				U_1	U_M	U_2						innen/inside 1 + 2				Straigh.		Roundn.		Mm.	Perpend.		Endpr.		Welder	
Toleranz Tolerance		max. + / - 0,5%							max. - 0,25 mm					max. 1%				3,2mm /3m										
Pos/Item	No	Nominal		D1	D2	(end)	(mid.)	(end)	Nom	S1	S2	Nom	L	min.	max.	min.	max.	0°	90°	S1	S2		S1	S2	S1	S2	In.	out
1st	Supp.																											
76.01	1		711,2	711,9	712,2	2236	2237	2237	27,0	27,8	27,8	12000	12036		3		3	<3	<3	ok	ok	ok	ok	ok	30°	30°	61	34
76.01	2		711,2	711,7	711,8	2236	2237	2236	27,0	27,9	27,8	12000	12010		4		2	<3	<3	ok	ok	ok	ok	ok	30°	30°	93	20

REVIEWED
EICOS INSP. M. -D. HERTZER
ON BEHALF OF PARSONS E&C
27.10.2004

Die o.g. Produkte entsprechen den Auftragsbedingungen.
Products named above fulfill the requirements of this order.

QC, 27.10.04

EEW-WORKS QUALITY CONTROL

0133

ERNDTEBRÜCKER EISENWERK
PRÜFBERICHT zur RADIOGRAPHIE
RADIOGRAPHIC TEST REPORT

Werks-Nr. / Works No.: 39 329

Zert-Nr. / Cert-No.: 329uber3.xls / RT / 11

Kunde / Client	Product	Projekt / Project
Tube Developments Ltd.	Geschweißte Stahlrohre Welded Steel Pipes Tubes d'acier	SAKHALIN II PROJECT
Nr. d. Kunden / Client's No.: 15753 / TD19136		

Prüfbedingungen / Test Conditions

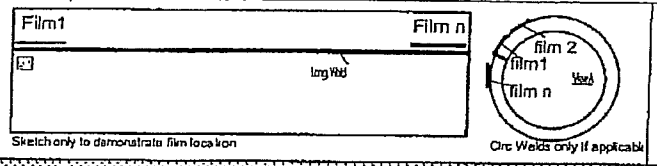
Prüfanforderungen / Test Requirements	Durchm. / Diam.: see Wandd. / Wallth.: 3.1B Cert. Länge / Length: Breite / Width: ---	Werkstoff / Material: A 516 Gr.65 Prüfoberfläche / Test surface: clean as welded
RT 21003 ASME VIII,Div.1,UW51		
Prüfumfang / Exland of Test: LW 100 %	Schweißverf. / Weld. Techn.: SAW	vor/before nach/after WB / Heat Treatm.

Ausrüstung + Justierung / Equipment + Adjustment

Prüfgerät / Test Equipment	Röhrenstrom / Tube Current	Röhrenspannung / Tube Voltage	Brennfleck / Focus
320 kV Tube, Fa. Selffert	10 mA	270-315 kV	4x4 mm

Filmtype	Filmherst. / Film Brand	Verstärkerfolien / Intensifying Screen (mm)	Penetrameter / IQI
D7	Agfa Gevaert	Pb vorn/front 0.02 hinten/back 0,02	ASTM "B"

Belichtungszeit / Exposure Time	Film-Focus-Abstand / Source-Film Distance
1,6-2,6 min	800 mm



PRÜFERGEBNISSE / RESULTS

Rohr-Nr / Pipe-No		Naht / Weld	Film No	BZ / IQI-Sens. (s.a.o.; s.a.ab.)	Anzeigen/Findings (in Film No.) Art s. unten / Type see below	Prüfer / Tester	Prüf-Test Dat.	Beurteilung Evaluation: Erstprüf. / First Test	Beurteilung Evaluation: nach/after Rep.	Rep.-Report No.
1st	Supp.									
76.01	1	lw	F1-27	B5	---	Wessel	18.10.	a		
76.01	2	lw	F1-27	B5	---	Wessel	18.10.	a		

Anzeigenart / Indication Type

Aa	PORES POREN	Bb	SLAG LINE SCHLACKENZEILE	D	INCOMPLETE PENETRATION UNGENÜGENDE DURCHSCHW.
Ab	WORM HOLE SCHLAUCHPORE	F	UNTERCUT EINBRANDKERBE	Eb	TRANSVERSE CRACK QUERRISS
Ba	SLAG INCLUSION SCHLACKENEINSCHLUSS	C	LACK OF FUSION BINDEFEHLER	Ea	LONGITUDINAL CRACK LÄNGSRISS

Bewertung / Evaluation

a erfüllt / acceptable

na nicht erfüllt / not acceptable

Bemerkungen / Comments

Die o.g. Schweißnähte entsprechen den Auftragsbedingungen.
The welds named above fulfill the requirements of this order.

	Erstellt von / Completed by	Geprüft / genehmigt von / Approved by	
Name	Sawicki	Mauritzat	REVIEWED
Firma / Company	TND Testing RTD	EEW	
Datum / Date	27.10.04		27.10.2004
Unterschrift / Signature			

EEW-WORKS QUALITY CONTROL

3 of 1

Erndtebrücker Eisenwerk GmbH & Co.

BESCHEINIGUNG ÜBER WASSERDRUCKPF
HYDROSTATIC TEST REPORT
PV D' EPREUVE HYDRAULIQUE

KUNDE CLIENT CLIENT	Tube Developments Ltd.	BESTELL-NR. P.O. NO.: COMMANDE	15753 /
PRÜFORT LOCATION OF TEST LIEU D' EPREUVE	Erndtebrück	KOM EEW ORDER EEW ORDRE EEW	39.
WERKSTOFF MATERIAL MATERIAU	ASTM A 516 Gr. 65 plus S5	PRÜFVORSCHRIFT SPECIFICATION SPECIFICATION	ASTM
PRÜFGEGENSTAND OBJECT OF TEST SUBJECT D' EPREUVE	Pipes		

Pos. Item Item	Stück Quantity Quantite	Abmessung / Dimensions / Dimensions Ä.D./O.D. Dia. ext.	 Wdd. / w.t. Epaisseur	 Länge/Length Longueur	Prüfdruck Test Pressure Pression
76.01	2	711,2	27	12000	109 bar

	Erstellt Completed Complete,Par	Gep Apprc Apprc
Firma/Company/Ste	EEW Eisenwerk	REVIEWED & VERIFI
Unterschrift/Signature	Erndtebrücker Eisenwerk GmbH & Co.	EICOS INSP.H.D.F
Name/Print Name/Nom	Schmidt	ON BEHALF OF PE
Datum/Date/Date	22.10.04	22.10.20C

0135

Erndtebrücker Eisenwerk GmbH & Co.	Zert.Nr./Cert. No. 39329-7-1

BESCHEINIGUNG ÜBER WASSERDRUCKPROBE
HYDROSTATIC TEST REPORT
PV D' EPREUVE HYDRAULIQUE

KUNDE CLIENT CLIENT	Tube Developments Ltd.	BESTELL-NR. P.O. NO.: COMMANDE	15753 / TD19136
PRÜFORT LOCATION OF TEST LIEU D' EPREUVE	Erndtebrück	KOM EEW ORDER EEW ORDRE EEW	39.329
WERKSTOFF MATERIAL MATERIAU	ASTM A 516 Gr. 65 plus S5	PRÜFVORSCHRIFT SPECIFICATION SPECIFICATION	ASTM A 530
PRÜFGEGENSTAND OBJECT OF TEST SUBJECT D' EPREUVE	Pipes		

Pos. Item Item	Stück Quantity Quantite	Abmessung / Dimensions / Dimensions Ä.D./O.D. Dia. ext.	 Wdd. / w.t. Epaisseur	 Länge/Length Longueur	Prüfdruck Test Pressure Pression	Haltezeit Holding time Maintien
76.01	2	711,2	27	12000	109 bar	>/=5 sec.

	Erstellt Completed Complete,Par	Geprüft Approved Approuve
Firma/Company/Ste	EEW Eisenwerk	REVIEWED & VERIFIED
Unterschrift/Signature	Erndtebrücker Eisenwerk GmbH & Co	EICOS INSP.H.D.HERTZER
Name/Print Name/Nom	Schmidt	ON BEHALF OF PARSON E&C
Datum/Date/Date	22.10.04	28.10.2004

4 of 4

0126

WÄRMEBEHANDLUNGSBERICHT
HEAT TREATMENT REPORT
TRAITEMENT THERMIQUE

BERICHT / CERT.NO / P.V.: 39329-6-8

BLATT / SHEET / PAGE: 1 VON / OF / DE 1

KOM. NO. / ORDER NO. / COMMANDE: 39.329	SPEZIFIKATION / SPECIFICATION: ASTM A 671, ASME VIII/1	WERKSTOFF / MATERIAL / MATERIAU: ASTM A 516 -65

POS. / ITEM see below	ROHR / PIPE / TUBE	BLECH / PLATE / TÔLE
	X	

ABMESSUNGEN / DIMENSIONS: WDD / WT / EPAISS. 27/28,78 mm — DIA. 711/762 mm

AUSRÜSTUNG / EQUIPMENT / EQUIPEMENT	OFEN / CLOSED FURNACE / FOUR FERME	ÖRTLICHE WIDERSTANDSGLÜHUNG / LOCAL RESISTANCE HEATING / TRAITEMENT LOCAL
	X	

ART DER WÄRMEBEHANDLUNG / TYPE OF TREATMENT / TYPE DE TRAITEMENT THERMIQUE

- [ ] NORMALISIEREN / NORMALIZING / NORMALIZER
- [ ] ANLASSEN / ANNEALING / REVENU
- [X] SPANNUNGSARM GLÜHEN / STRESS RELIEF / DETENSIONNEMENT
- [ ] WARMNACHRUNDEN / WARM REROLLING / CALIBRAGE A CHAUD
- [ ] SONSTIGES / OTHER / AUTRE

UNBESCHRÄNKTE AUFHEIZUNG BIS / UNRESTRICTED RATE OF RISE TO / MONTEE ILLIMITEE JUSQU'A	EINGESCHRÄNKTE AUFHEIZRATE / RESTRICTED RATE OF RISE / MONTEE LIMITEE
427 °C	196 °C PRO STUNDE / PER HOUR / PAR HEURE

GLÜHTEMPERATUR / SOAK TEMPERATURE / TEMP. DE MAINTIEN	HALTEZEIT / SOAK TIME / DUREE DE MAINTIEN
605 + / - 10 °C	MINUTEN / MINUTES / MINUTES: 68

EINGESCHRÄNKTE ABKÜHLRATE / RESTRICTED COOLING / DESCENTE LIMITEE	ABK. AN RUHENDER LUFT / COOLING IN STILL AIR / REFROID. A L'AIR CALME	OFENAUSGANGSTEMPERATUR / FURNACE EXIT TEMPERATURE / TEMP. DE SORTIE DU FOUR
245 °C PRO STUNDE / PER HOUR / PAR HEURE	X	AB / FROM / A PARTIR DE: °C — 427 °C

BEMERKUNGEN / COMMENTS / REMARQUES

ITEM 77.01 Pipe No.:1-3
ITEM 77.02 Pipe No.:1-5
ITEM 76.01 Pipe No.: 1,2
incl.PT-No.:14829 , 14824

DIAGRAMM BEIGEFÜGT / CHART ATTACHED / GRAPHIQUE INCLUS — JA / YES / OUI: [ ] — NEIN / NO / NON: [X]

	ERSTELLT DURCH / COMPLETED BY / ETABLI PAR	GENEHMIGT/GEPRÜFT / APPROVED BY / VERIFIE PAR	GENEHMIGT/GEPRÜFT / APPROVED BY / VERIFIE PAR	
FIRMA / COMPANY / FIRME	EEW Emsteckbrücker Edelstahlwerke GmbH & Co. KG Veil	REVIEWED		
UNTERSCHRIFT / SIGNATURE / VISA				
NAME / PRINT NAME / NOM				
DATUM / DATE / DATE	20.10.2004	20.10.2004		

5 of 5

CEOC
CONFÉDÉRATION EUROPÉENNE D'ORGANISMES DE CONTRÔLE

Technischer Überwachungs-Verein Saarland e.V.

0165 TÜV SAARLAND

Abnahmeprüfzeugnis (EN 10204 – 3.1.C)
Inspection Certificate
Certificat de Réception
Certificato Collaudo Materiali

Prüf-Nr.-Inspection No.-
Certificat No/no. di collaudo 6022/04/0691
Teil-Part-Partie-Parte: - 3
Blatt-Nr.-Sheet No.-Page No.-Pag-No: . 1

Besteller – Customer – Acheteur – Committente:

Erndtebrücker Eisenwerk GmbH & Co KG
Postfach 100, 57335 Erndtebrück

Bestell-Nr.-Order No.-No de la commande-no. dell'ordine:

39.329/01

vom – dated- date – in data:

Hersteller – Manufacturer – Fabricant – Produttore:

Dillinger Hütte /Werk Dünkirchen
GTS Industries, F-59379 Dunkerque - Cedex

Werks-Nr. – Works No – No usine – Commessa No.:

281588

Prüfgegenstand – Article – Produit-Prodotto: Blech, warmgewalzt/Plates, hot rolled

Prüfgrundlagen/Anforderungen - Technical requirements/Demand – Spécification techniques/Exigences - Norma di controllo/Requisiti:
Vorschrift des Bestellers/Customer's requirements: Shell SPE 74/005 und SPE 74/125+agreed mod.

Werkstoff-Material-Matière-Materiale:	entsprechend-according to-suivant-secondo:	Ausgabe-Edition-Edizione:
A 516 Gr. 65	ASTM A 516	2001

Lieferzustand-State of delivery-Etat de livraison-Stato di fornitura: N/normalized

Erschmelzungsart-Melting process-Procédé d'élaboration-Procedimento di elaborazione: Y*
*vacuum degassed

Kennzeichnung – Marking – Marquage – Punzonature:
Werkstoff - Material
Matière – Materiale:
A 516 65 MT LTV SOUR
Erschm.Art/melting process
Schmelze-Nr./heat no.
Probe Nr./test no.

Herstellerzeichen – Brand of the manufacturer: TFK
Marque du fabricant – Marchio del produttore

Stempel des Sachverständigen-Inspector's stamp
Poinçon de l'expert-Punzone dell'ispettore:

Umfang der Lieferung – Extent of material delivery – Liste descriptive – Descrizione della fornitura:

Pos.-Nr. Item N°. Poste-N°. N°. pos.	Stückzahl Number of Qte Numero pezzi	Gegenstand-Article-Désignation du produit-Tipo di prodotto	Schmelze -Nr. Heat N°. N°. Coulée N°. Colata	Probe Nr. Test N°. N°. d'éprouvette N°. di prova
005		Blech/Plate 46,02 x 1764 x 12550 mm		
	2		14285	377447
	2		14285	377445
	2		14285	377455
	2		14285	377453
	2		14286	377449
	2		14286	377451
	2		14286	377457
006	2	Blech/Plate 27,00 x 2149 x 12020 mm	14286	377631
008		Blech/Plate 28,78 x 2303 x 10020 mm		
	2		14286	381542
	1		14286	378615

Zusätzliche Angaben – Additional remarks – Autres remarques – Osservazione:

Toleranzen/Tolerances: lt. Auftrag/acc. to order

Die gestellten Anforderungen sind lt. Anlagen erfüllt – The requirements are fulfilled as per annex.-
Les conditions imposées sont satisfaites suivant annexes.-
I risultati sono conformi al requisiti richiesti come da allegati delle prove

(Der Sachverständige-Inspector-
L'expert – L'ispettore)
Dipl.-Ing. Krämer

Sulzbach, den 12. Oktober 2004
(Ort-Location-Lieu-Localita, Datum-Date-Data)

Anlagen-Annexes-Allegati:
1.) Ergebnis der Prüfungen - Test results – Résultats des essais – Risultati
Weitere Anlagen in 1) Other annexis in 1) – Autres annexes en 1) – Altri allegati in 1)

6 of 6

03: E8IN>=19 % 450=<UTS=<585 MPA YS>=240 MPA
04: KV L -46,0 C >=50 J (AVE) KV>=40 J (IND)
05: KV T -46,0 C >=40 J (AVE) KV>=30 J (IND)
HIC TEST : SATISFACTORY RESULT SEE APPENDIX - HARDNESS 220HV10 WARRANTY
MICROSTRUCTURE ACCORDING TO ASTM E1258 SEE APPENDIX

(5) CDC:Conforme au cahier des cha... cording specifications (1)
BL:Brut de laminage / As rolled
LN:Laminage normalisant / Normali...ng forming
A:Revenu / Tempered
TE:Trempé à l'eau / Water quenching
LTC:Laminage à température contr...lée / Thermo-controled forming
TM:Laminage thermo-mecanique / Thermo-mechanical forming
N:Normalise / Normalised
D:Detentionne / Stress relieved
G:Adouci par recuit / Soft annealed
B03

Sigle du producteur / Trade mark: TFK A04

INDUSTRIES
Tolerie Forte T.F.K
Boite postale 6-317
59379 Dunkerque cedex 1
Télex : Usiupdk 132281 F
Tél : 03 28 29 30 00 A01

Client et/ou destinataire / Purchaser and/or consignee: SCHMOLZ + BICKENBACH KG D-40037 DUESSELDORF ALLEMAGNE A06

N° commande Courtier/client Broker Purchaser's order N°: 39.329/01-27051051 A07

N° Commande Usine / Work order N°: 281588 A08

Nuances et spécifications techniques / Quality and specifications: A516-65 ASTM;01 S5 + DICREST DH-E51-B02 + SPEC. GEM.SPEC.SHELL SPE 74/005 UHD 74/125
PLAQUES / PLATES B01 B02

Etat de livraison / Delivery condition (1): N910°C/1'45/MM B04
Traitement de référence / Test condition (1): D510°C B05

Organisme et/ou service de contr le Inspection: T U V SAARLAND A05

Identification du produit / Product identification		Poste / Item	Nombre de pièces / Quantity of pieces	Dimensions			Masse unitaire Théorique / Theorical piece weight	Emplacement / Location (2)	Traction / Tensile test												Emplacement / Location (2)	Résilience / Notch toughness							
Repère pièce / Plate number	Coulée Brame / Heat-Slab			Epaisseur / Thickness	Largeur / Width	Longueur / Length			S (3)	Pos. Z(4)	Type / Form	Réf. (5)	Temp. °C	A8" E8IN	RM / UTS	RP0,2 / YS						Réf. (5)	Type / Form	S (3)	Temp. °C	Pos. Z(4)	Valeurs individuelles / Individual values			Moyenne / Average
B08	B07	B09	B10	B11	B12	B13	B14	C01	C02	C02	C10		C03	C11	C12	C13	<-C14-C29			C60-C69->	C01		C40	C02	C08	C62	<--- C42 --->			C43
377631 CLI: 39329	142860401	06	2	27,00	2149	12020	5475	1	T	P	TPRIS	03		33	478	336					1	04	KV	L	-46,0	QQQ	275	249	203	242
																					1	05	KV	T	-46,0	QQQ	241	257	226	241
381542 CLI: 39329	142860403	08	2	28,75	2303	10020	6213	1	T	P	TPRIS	03		32	476	330					1	04	KV	L	-46,0	QQQ	237	269	300	269
																					1	05	KV	T	-46,0	QQQ	229	251	252	247
378615 CLI: 39329	142860404	08	1	28,75	2303	10020	6213	1	T	P	TPRIS	03		37	468	315					1	04	KV	L	-46,0	QQQ	209	248	215	224
377449	142860101							1	T		MICRO	07									1	05	KV	T	-46,0	QQQ	284	292	235	270
Cumul pour la coulée			6				26,5																							
Cumul général			6				26,5																							

ANNEX: 2.4

test no : 802 / 03 / 0691

TÜV SAARLAND e.V

AP C=<0,18 0,79=<MN=<1,30 P=<0,010 S=<0,0010 0,13=<SI=<0,45 AL>=0,020 NI=<0,43 CR=<0,34 CU=<0,43 MO=<0,13 NB=<0,03 V=<0,04 TI=<0,04
CEQ11=C+MN/6+(CR+MO+V)/5+(NI+CU)/15=<0,43 CAL08=NI+CR+CU+MO=<0,90 CAL04=CR+MO=<0,32
AC C=<0,18 0,85=<MN=<1,20 P=<0,010 S=<0,0010 0,15=<SI=<0,40 AL>=0,020 NI=<0,40 CR=<0,30 CU=<0,40 MO=<0,12 NB=<0,02 V=<0,03 TI=<0,03
CEQ11=C+MN/6+(CR+MO+V)/5+(NI+CU)/15=<0,43 CAL08=NI+CR+CU+MO=<0,90 CAL04=CR+MO=<0,32

Meth. steel making (6)	Repère pièce / Plate number	N° de coulée / Heat number	* Analyse sur produit / Check analysis																							
			C%	Mn%	P%	S%	Si%	Al%	N i%	Cr%	Cu%	Mo%	Nb%	V %	T i%	B %	Ca%	CEQ11	CAL08	CAL04	C89	C90	C91	C92	C96	C97
C70/93 CC 0/1	B08	B07	C71	C72	C73	C74	C75	C76	C77	C78	C79	C80	C81	C82	C83	C84	C85	C86	C87	C88						
		14286	0,12	1,18	0,010	0,0004	0,36	0,033	0,37	0,03	0,24	0,01	0,00	0,00	0,00	0,0001	0,0012	0,36	0,64	0,04						
	378615	14286	0,12	1,14	0,009	0,0006	0,36	0,034	0,38	0,03	0,22	0,01	0,00	0,00	0,00		0,0010	0,35	0,64	0,04						

U S INSPECTION B5 5936:93 CLASS B4E2 : SATISFACTORY RESULTS

Commande réalisée conformément à notre manuel ASSURANCE QUALITE
Order manufactured in accordance with our QUALITY ASSURANCE manuel

(2) Emplacement / Location: 1 T te/Top; 2 Pied/Bottom; 3 1/2 Longueur / 1/2 length C01
(5) Orientation / Direction: L: Long/Longitudinal; T: Travers/Traverse; Z: Travers court/ Through thick. C02; X: Divers
(4) Position: C: Coeur/Core sample; F: Peau/Rolled surface; Q: 1/8 Epais./Thickness; S: 1/4 Epais./Thickness; F: 1/6 Epais/Thickness C62
(6) Meth.steel making: T: Thomas M: Martin E: Electrique/Electric CC: Coulée continue/ Continuous casting O/T: Oxygène pur/ Basic oxygene C70/93

Nous certifions que la fourniture citée a été fabriquée conformément aux spécifications techniques du contrat et que, toutes opérations de contrôle et essais effectués, elle répond pour tous ses aspects aux spécifications particulières ainsi qu'aux normes en vigueur s'y rapportant.
We certify hereby that the above mentioned products are consistent with the order prescriptions

Contrôle de marquage, d'aspect et de dimensions : satisfaisants. [redacted]
Marking, inspection and measurement : without objection. [redacted] D01 C30

Date: 29/09/94
Agent/Name Z01

L'agent de réception: HOUSSIN
Name of Inspector

INSPECTION REPORT 3.2 TO EN10... 3010*14

01: E2IN>=23 X 450=<UTS=<585 MPA YS>=240 MPA
04: KV L -46,0 C >=60 J (AVE) KV>=40 J (IND)
05: KV T -46,0 C >=40 J (AVE) KV>=30 J (IND)
MICROSTRUCTURE ACCORDING TO ASTM E125B SEE APPENDIX
HIC TEST : SATISFACTORY RESULT SEE APPENDIX - HARDNESS 220HV10 WARRANTY

A02 | A09/A03

(5) CDC:Conforme au cahier des ch. / According specifications (1)
BL:Brut de laminage / As rolled
LN:Laminage normalisant / Normalising forming
A:Revenu / Tempered
TE:Trempé à l'eau / Water quenching
LTC:Laminage à température contrôlée / Thermo-controled forming
TM:Laminage thermo-mecanique / Thermo-mechanical forming
N:Normalise / Normalized
D:Detentionne / Stress relieved
G:Adouci par recuit / Soft annealed
B09

Sigle du producteur / Trade mark: TFK (A04)

INDUSTRIES
Tolerie Forte T.F.K
Boite postale 6-317
59379 Dunkerque cedex 1
Télex : Usiupdk 132281 F
Tél : 03 28 29 30 00 A01

Client et/ou destinataire / Purchaser and/or consignee:
SCHMOLZ + BICKENBACH KG
D-40037 DUESSELDORF ALLEMAGNE
A06

N° commande Courtier/client / Broker Purchaser's order N°: 39.329/01-2705 1061 A07

N° Commande Usine / Work order N°: 281688 A08

Nuances et spécifications techniques / Quality and specifications:
A516-65 ASTM;01 S5 + DICREST DH-E51-B02 + SPEC. GEM.SPEC.SHELL SPE 74/005 UND 74/125
PLAQUES/PLATES
B01 B02

Etat de livraison / Delivery condition (1): N910°C/1'45/MM B04
Traitement de référence / Test condition (1): D610°C B05

Organisme et/ou service de contrôle / Inspection: T U V SAARLAND A05

Identification du produit / Product identification		Poste / Item	Nombre de pièces / Quantité de pièces	Dimensions			Masse unitaire théorique / Theorical piece weight	Empla. Location (2)	Traction / Tensile test										Empla. Location (2)	Résilience / Notch toughness							
Repère pièce / Plate number	Coulée Brame / Heat-Slab		Quantité / pièces	Epaisseur / Thickness	Largeur / Width	Longueur / Length			S (3)	Pos. Z(4)	Type / Form	Réf. (5)	Temp. °C	A2" E2IN	BM UTS	RP0,2 YS				Réf. (5)	Type / Form	S (3)	Temp. °C	Pos. Z(4)	Valeurs individuelles / Individual values			Moyenne / Average
B08	B07	B09	B10	B11	B12	B13	B14	C01	C02	C62	C10		C09	C11	C12	C19	<-C14-C29		C60-C69->	C01	C40	C02	C08	C62	<-- C42 -->			C43
377449	142860101	05	2	46,02	1764	12550	7998	1	T	Q	TCYL	01		40	456	314				1	04 KV	L	-46,0	QQQ	171	210	215	199
CLI: 39329								1	T		MICRO	07								1	06 KV	T	-46,0	QQQ	210	248	154	204
377451	142860102	06	2	46,02	1764	12560	7998	1	T	Q	TCYL	01		40	457	310				1	04 KV	L	-46,0	QQQ	247	160	251	219
CLI: 39329																				1	06 KV	T	-46,0	QQQ	228	228	204	220
377457	142860301	06	2	46,02	1764	12560	7998	1	T	Q	TCYL	01		37	463	308				1	04 KV	L	-46,0	QQQ	198	186	229	204
CLI: 39329																				1	06 KV	T	-46,0	QQQ	160	145	120	142
Cumul pour la coulée			6				47,9																					
Cumul général			6				47,9																					
CUMUL POUR L'AVIS			11				74,5																					

AP C=<0,18 0,79=<MN=<1,30 P=<0,010 S=<0,0010 0,13=<SI=<0,45 AL>=0,020 NI=<0,43 CR=<0,34 CU=<0,43 MO=<0,13 NB=<0,03 V=<0,04 TI=<0,04
CEQ11=C+MN/6+(CR+MO+V)/5+(NI+CU)/15=<0,43 CAL08=NI+CR+CU+MO=<0,90 CAL04=CR+MO=<0,32
AC C=<0,18 0,85=<MN=<1,20 P=<0,010 S=<0,0010 0,15=<SI=<0,40 AL>=0,020 NI=<0,40 CR=<0,30 CU=<0,40 MO=<0,12 NB=<0,02 V=<0,03 TI=<0,03
CEQ11=C+MN/6+(CR+MO+V)/5+(NI+CU)/15=<0,43 CAL08=NI+CR+CU+MO=<0,90 CAL04=CR+MO=<0,32

Meth. steel making (8)	Repère pièce / Plate number	N° de coulée / Heat number	*	Analyse sur produit / Check analysis C%	Mn%	P%	S%	Si%	Al%	N i%	Cr%	Cu%	Mo%	Nb%	V %	T i%	B %	Ca%	CEQ11	CAL 08	CAL 04					
C70/95 CC O/Y	B08	B07		C71	C72	C73	C74	C75	C76	C77	C78	C79	C80	C81	C82	C83	C84	C85	C86	C87	C88	C89	C90	C91	C92	C96	C97
		14285		0,12	1,18	0,010	0,0004	0,36	0,033	0,37	0,03	0,24	0,01	0,00	0,00	0,00	0,0001	0,0012	0,36	0,64	0,04						
	377449	14286	1	0,12	1,16	0,009	0,0006	0,35	0,034	0,37	0,03	0,22	0,01	0,00	0,00	0,00		0,0009	0,36	0,63	0,04						

U S INSPECTION BS 5996:93 CLASS B4E2 ; SATISFACTORY RESULTS

Commande réalisée conformément à notre manuel ASSURANCE QUALITE
Order manufactured in accordance with our QUALITY ASSURANCE manuel

(2) Emplacement / Location: 1 Tête/Top; 2 Pied/Bottom; 3 1/2 Longueur/Length; X:Divers — C01
(5) Orientation / Direction: L: Long/Longitudinal; T: Travers/Traverse; Z: Travers court/Through thick — C02
(4) Position: C: Coeur/Core sample; P: Peau/Rolled surface; D: 1/8 Epais./Thickness; Q: 1/4 Epais./Thickness; F: 1/6 Epais./Thickness — C62
(6) Meth. steel making: T: Thomas M: Martin E: Electrique/Electric CC: Coulée continue/Continuous casting O/Y: Oxygène pur/Basic oxygen — C70/95

Nous certifions que la fourniture citée a été fabriquée conformément aux spécifications techniques du contrat et que, toutes opérations de pourtir le et essais effectués, elle répond sous tous ses aspects aux spécifications particulières ainsi qu'aux normes en vigueur s'y rapportant.
We certify hereby that the above mentioned products are consistent with the order prescriptions
Contr le de marquage, d'aspect et de dimensions : satisfaisants. [illegible]
Marking, inspection and measurement ; without objection. [illegible] D01 C50 Z01

Date: 23/09/04
Agent/Name
L'agent de réception
KOUSSIN
Name of Inspector

DILLINGER HÜTTE

Erläuterungen siehe Rückseite/Explications voir au verso/See reverse for explanations (www.dillinger.de/certificate)

A02 **ASSESSMENT OF THE DEGREE OF BANDING OR ORIENTATION OF THE MICROSTRUCTURE ACCORDING TO ASTM E 1268**

Appendix	A08/A03 Manufacturer's Order-/Certificate No.	Sheet
.....	0281588	1/2

A05 Established Inspecting Body	B02 Steel Grade	B08 Heat No.	B07 Rolled Plate / Test No.	B11 Thickness	C01	C02/C01
DH		14286	377449	46.0	K	

--------- C66-C69 SUPPLEMENTARY TESTS ON TEST SAMPLES ----------

	$\bar{X}$	s	95%CI	%RA
$N_{L\perp}$	30,65	1,29	0,91	2,96
$P_{L\perp}$	60,26	2,56	1,80	2,99
$N_{L\parallel}$	17,27	3,99	2,81	16,29
$P_{L\parallel}$	33,67	7,89	5,56	16,51
AI	1,77 (N)		1,79 (P)	
Ω_{12}	0,33 (N)		0,33 (P)	
$SB_{\perp}$	0,033 mm			
M	200 : 1			
n	10			
L_t	2,930 mm			
t	2,228			

DEFINITIONS

M	Magnification of the evaluated images
n	Number of measurement fields
L_t	True test line length
t	Student t multiplier for 95% CI
$N_{L\perp}$, $N_{L\parallel}$, $P_{L\perp}$, $P_{L\parallel}$	Number of feature interceptions (N) or feature boundary intersections (P) with test lines oriented perpendicular (⊥) respectively parallel (∥) to the deformation direction referring to the true test line length L_t
AI	Anisotropy index
Ω_{12}	Degree of orientation of partially oriented linear structure elements on the two-dimensional plane-of-polish
$SB_{\perp}$	Mean center-to-center spacing of the bands
$\bar{X}$	Mean value
s	Estimate of standard deviation
95%CI	95% confidence interval
%RA	Relative accuracy

DESCRIPTION OF BANDING AND ORIENTATION OF THE MICROSTRUCTURE
TWO-CONSTITUENT MICROSTRUCTURE OF PREDOMINANTLY ORIENTED, ELONGATED AND BANDED PEARLITE IN A LIGHTLY BANDED, EQUIAXED FERRITE MATRIX.

ASSESSMENT OF THE DEGREE OF BANDING AND ORIENTATION INFORMATIVE.

4.2

Prüfbescheinigung 0022 / 04 / 0601

TÜV SAARLAND e.V.

Metallography		
Tester:	Arlt	
Date:	24.08.04	

CERTIFIED
Technische Überwachungsverein Saarland e.V.
Deutsche Normenstiftung
Inspector

AG der Dillinger Hüttenwerke A01
Postfach 1580, D-66748 Dillingen/Saar

0176

ANNEXE 1

GTS INDUSTRIES

GROUPE DILLINGER HÜTTE

HIC

Direction : GTS Industries

Emetteur : CREPEAU

Service : Qualité Essais

Tél: 2415

GTS Order : 281588

Project : Schmolz

Customer Order : 39.329/01-27051051

Thickness : 46,0 mm

Criteria :

CLR =< 5% ; CTR =< 1,5% ; CSR =< 0,5 % (average of 9 sections)

Maximum individual crack length: 5 mm

Test as per SHELL MESC SPEC SPE 74/005, OKT.1997

Solution NACE TM 0284-03 sol. A

Heat Number / Slab Number : 014286/0101

Plate Number : 377449

ANNEX: 3.4

to test no.: 6022 / 0 4 / 0 6 9 1

TÜV SAARLAND e.V.

Location : Top End - Left Edge

	CLR (%)	CTR (%)	CSR (%)
Average of 9 sections	0	0	0

CHECKED

	Name	Date	Signature
Prepared by	Crépeau	01/09/04	
Approved by	Breux	01/09/04	

GTS INDUSTRIES
GROUPE DILLINGER HÜTTE

ANNEXE 1

HIC

Direction : GTS Industries

Emetteur : MOREL

Service : Qualité Essais

Tél: 2415

GTS Order : 281588
Project : Schmolz

Customer Order : 39.329/01-27051051
Thickness : 27,00

Criteria :
CLR =< 5% ; CTR =< 1,5% ; CSR =< 0,5 % (average of 9 sections)
Maximum individual crack length: 5 mm
Test as per SHELL MESC SPEC SPE 74/005, OKT.1997
Solution NACE TM 0284-03 sol. A

Heat Number / Slab Number : 014286/0401
Plate Number : 377631

ANNEX: 3.3

to test no.: 6022 / 0 4 / 0 6 9 1

TÜV SAARLAND e.V.

Location : Top End - Left Edge

	CLR (%)	CTR (%)	CSR (%)
Average of 9 sections	1,940	0,56	0,05

CHECKED
Technischer Überwachungs-Verein
Saarland e.V.
Dillinger Hütte Werkstoffprüfung

	Name	Date	Signature
Prepared by	Morel	13/09/04	
Approved by	Breux	13/09/04	

1 of 1

EK A2 Sarf Sertifikası

Drahtzug Stein, wire & welding GmbH & Co KG
Talstraße 2, D-67317 Drahtzug - Altleiningen

Abnahmeprüfzeugnis 3.1.B nach EN 10204

LS.- Nr.:
Order No.:
Commande No.:

Auftrags-nr.:
Commission No.:
Référence:

Kunde: Cimtas Boru Iml. ve Tic. Ltd. Sti
Customer: Bursa Serbest Bölgesi, Liman Yolu
Client: TR - 16600 Gemlik, Bursa

DRAHTZUG STEIN
wire & welding

Zusatzwerkstofftyp/Consumable: Fülldrahtelektrode / Flux cored wire
Sorte/type: MEGAFIL® 710 M
Abmessung / Diameters Ø: 1,2 mm

Normbezeichnung/Specification
EN 758: T 46 4 M M 1 H4
AWS/ASME Sec. II/CSFA 5.18: E 70 C-6M
DB-Kennblattnummer: Ü 42.027.05
AWS/ASME Sec. II/CSFA 5.20: - (E 71 T-1 / E 71 T-5)

Stromstärke/Current:	250 A
Spannung/Voltage:	28 V
Schweißgeschw./Welding speed:	35 cm/min
Schutzgas/Shielding gas	M21 Ar-CO2-mix
Schutzgasmenge:	15 l/min
Stick out	15 mm
Position:	PA / 1G
Zwischenlagentemp.	150 °C

Position	Bemerkung Remark	Charge Lot-Nr. Batch	Analyse - Analysis C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu	Al	N_2	Ti	B
1		066124	0,062	0,62	1,68	0,009	0,010								

Position	Wärmebeh. Heat-treatment	Charge Lot-Nr. Batch	Zugversuch - tensile test - traction Rm (N/mm²)	Rp0,2 (N/mm²)	A (%)	Kerbschlagbiegeversuch - Impact test J RT	J 0°C	J -20°C	J -46°C	J -60°C
1	unbehandelt as welded		615	553	27			171	139	
								156	160	
								152	160	
								160	153	

Position	Wärmebeh. Heat-treatment	Charge Lot-Nr. Batch	Zugversuch - Tensile Test - Traction Rm (N/mm²)	Rp0,2 (N/mm²)	A (%)	Kerbschlagbiegeversuch - Impact Test J RT	J 0°C	J -20°C	J -46°C	J -60°C
	580°C/2h		553	460	29				107	
									108	
									138	
									118	

Bemerkungen:
Remark: H2 = 2,8 ml/100SG

Drahtzug. Stein GmbH & Co KG
Datum: 27.06.2006

Qualitätswesen
Holzner

EK B Kaynak Deney Raporları

EK B1 / Metal Yığma Kapasitesi Belirleme Çalışması

CIMTAS
PIPE FAB AND TRADING LTD CO

KAYNAK DENEY RAPORU

PQR NO: (1)
WPS NO:
TARİH: 08/05/2006

REF.STANDART: ASME SEC. IX

	1	2
Kaynak Yöntemi		
	Darbeli Evet ☐ Hayır ☐	Darbeli Evet ☐ Hayır ☐
Koruyucu Gaz	%80Ar %20CO2	
Kök Gazı		
Pozisyon	1G	
Yöntem tipi	Elle ☐ Yarı -Otomatik ☒ Makina ☐ Otomatik ☐	
Birleşim tipi		
Nufuziyet	Tam ☒ Kısmi ☐ Köşe ☐	
Altlık	Malzeme: Kalınlık:	
Arkadan Temizlik	Evet ☐ Metod: / Hayır ☐ Derinlik:	
Nozul Çapları		
Toz Sınıfı		
Tungsten Elektrod		
Temizleme Yöntemi	TAŞ, FIRÇA	

Kaynakçı 1: M. AYVA (WI46)
2:

Minumum Ön Tav (°C) :
Pasolar arası sıcaklık min. (°C) :
Pasolar arası sıcaklık max. (°C) :

PWHT

Evet / Hayır
Bekleme Sıcaklığı (°C):
Bekleme Süresi (dk):
Yükseliş Hızı(°C/hr):
Soğuma Hızı(°C/hr):

Ana Malzeme

	Spesifikasyon & Sınıfı	Heat No:	Çap/Kalınlık	Ölçüler
1	SA 106 GRB	958606		
2				

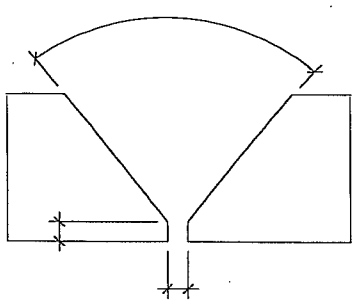
Sarf Malzemesi

	Spesifikasyon & Sınıfı	Heat No	Ölçüler	Ticari İsmi	Sarfiyat (kg&adet)
1	E71T-1	1486	1.2	Megafil 710M	
2					
3					
4					
5					

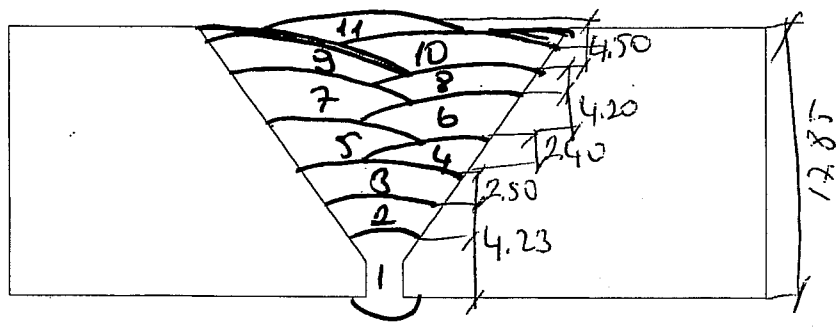
Kaynak Makinası

	Kaynak Makinası	No	Kalibrasyon Tarihi
1	ESAB MIG 500TW		
2			
3			

Açıklama:



KAYNAK ÖNCESİ ÖLÇÜLER



KAYNAK DETAYI

CIMTAS
PIPE FAB AND TRADING LTD CO

KAYNAK DENEY RAPORU

PQR NO: (2)
WPS NO:
TARİH: 08/05/2006

Kaynak Yöntemi				REF.STANDART: ASME SEC. IX
		Darbeli Evet ☐ Hayır ☐		Darbeli Evet ☐ Hayır ☐
Koruyucu Gaz		%80Ar %20CO2		
Kök Gazı	1		2	
Pozisyon	1G			Kaynakçı 1: M. AYVİT (WI46)
Yöntem tipi	Elle ☐ Yarı -Otomatik ☒ Makina ☐ Otomatik ☐			2:
Birleşim tipi				Minumum Ön Tav (°C) :
Nufuziyet	Tam ☒ Kısmi ☐ Köşe ☐			Pasolar arası sıcaklık min. (°C) :
Altlık	Malzeme:	Kalınlık:		Pasolar arası sıcaklık max. (°C) :
Arkadan Temizlik	Evet ☐ Hayır ☐	Metod: Derinlik:		PWHT
Nozul Çapları				Evet / Hayır
Toz Sınıfı				Bekleme Sıcaklığı (°C):
Tungsten Elektrod				Bekleme Süresi (dk):
Temizleme Yöntemi	TAŞ, FIRÇA			Yükseliş Hızı(°C/hr):
				Soğuma Hızı(°C/hr):

Ana Malzeme

	Spesifikasyon & Sınıfı	Heat No:	Çap/Kalınlık	Ölçüler
1	SA 106 GrB	958606		
2				

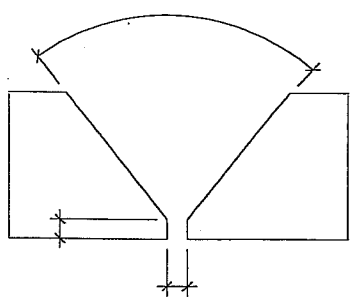
Sarf Malzemesi

	Spesifikasyon & Sınıfı	Heat No	Ölçüler	Ticari İsmi	Sarfiyat (kg&adet)
1	E71T-1	14286	1.2	MEGAFIL 710M	
2					
3					
4					
5					

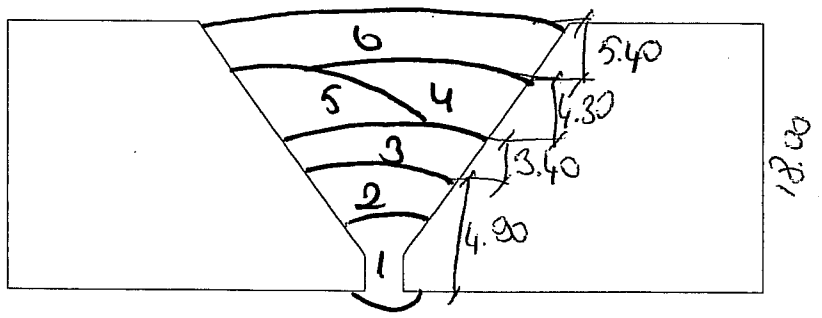
Kaynak Makinası

	Kaynak Makinası	No	Kalibrasyon Tarihi
1	ESAB MIG 500T W		
2			
3			

Açıklama:



KAYNAK ÖNCESİ ÖLÇÜLER



KAYNAK DETAYI

CIMTAS
PIPE FAB AND TRADING LTD CO

KAYNAK DENEY RAPORU

PQR NO: (3)
WPS NO:
TARİH: 08/05/2006

REF.STANDART: ASME SEC. IX

	1	2
Kaynak Yöntemi		
Darbeli	Evet ☐ Hayır ☐	Darbeli Evet ☐ Hayır ☐
Koruyucu Gaz	%80 Ar %20 CO_2	
Kök Gazı		
Pozisyon	1G	
Yöntem tipi	Elle ☐ Yarı -Otomatik ☒ Makina ☐ Otomatik ☐	
Birleşim tipi		
Nufuziyet	Tam ☒ Kısmi ☐ Köşe ☐	
Altlık	Malzeme: Kalınlık:	
Arkadan Temizlik	Evet ☐ Metod: Hayır ☐ Derinlik:	
Nozul Çapları		
Toz Sınıfı		
Tungsten Elektrod		
Temizleme Yöntemi	TAŞ, FIRÇA	

Kaynakçı 1: M. AYVA (W/46)
2:

Minumum Ön Tav (°C) :
Pasolar arası sıcaklık min. (°C) :
Pasolar arası sıcaklık max. (°C) :

PWHT

Evet / Hayır
Bekleme Sıcaklığı (°C):
Bekleme Süresi (dk):
Yükseliş Hızı(°C/hr):
Soğuma Hızı(°C/hr):

Ana Malzeme

	Spesifikasyon & Sınıfı	Heat No:	Çap/Kalınlık	Ölçüler
1	SA 106 GrB	958606		
2				

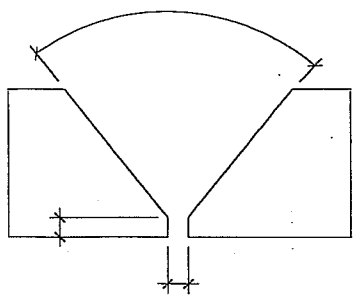
Sarf Malzemesi

	Spesifikasyon & Sınıfı	Heat No	Ölçüler	Ticari İsmi	Sarfiyat (kg&adet)
1	E71T-1	14286	1.2	Megafil 710M	
2					
3					
4					
5					

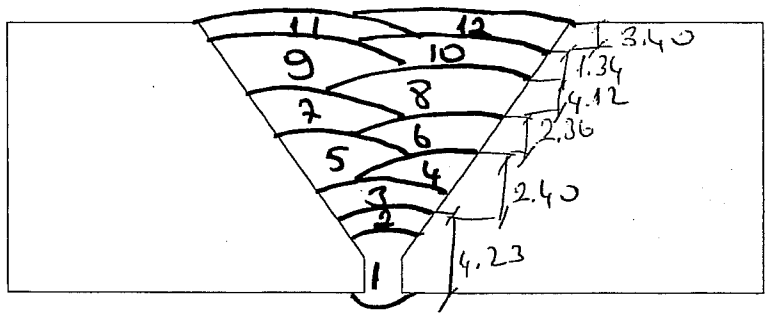
Kaynak Makinası

	Kaynak Makinası	No	Kalibrasyon Tarihi
1	ESAB MIG 500TW		
2			
3			

Açıklama:



KAYNAK ÖNCESİ ÖLÇÜLER



KAYNAK DETAYI

CIMTAS
PIPE FAB AND TRADING LTD CO

KAYNAK DENEY RAPORU

PQR NO: (4)
WPS NO:
TARİH: 08/05/2006

Kaynak Yöntemi	1		2	REF.STANDART: ASME SEC. IX	
		Darbeli Evet ☐ Hayır ☐		Darbeli Evet ☐ Hayır ☐	
Koruyucu Gaz					
Kök Gazı					
Pozisyon	1G			Kaynakçı 1: M.AYVA (W46)	
Yöntem tipi	Elle ☐ Yarı -Otomatik ☒ Makina ☐ Otomatik ☐			2:	
Birleşim tipi				Minumum Ön Tav (°C) :	
Nufuziyet	Tam ☒ Kısmi ☐ Köşe ☐			Pasolar arası sıcaklık min. (°C) :	
Altlık	Malzeme:	Kalınlık:		Pasolar arası sıcaklık max. (°C) :	
Arkadan Temizlik	Evet ☐ Hayır ☐	Metod: Derinlik:		PWHT	
Nozul Çapları				Evet / Hayır	
Toz Sınıfı				Bekleme Sıcaklığı (°C):	
Tungsten Elektrod				Bekleme Süresi (dk):	
Temizleme Yöntemi	TAŞ, FIRÇA			Yükseliş Hızı(°C/hr):	
				Soğuma Hızı(°C/hr):	

Ana Malzeme

	Spesifikasyon & Sınıfı	Heat No:	Çap/Kalınlık	Ölçüler
1	SA 106 GrB	958606		
2				

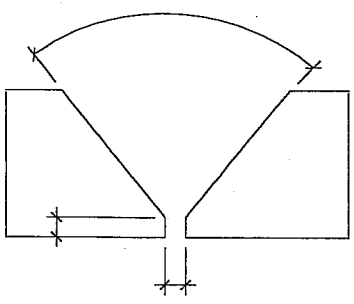
Sarf Malzemesi

	Spesifikasyon & Sınıfı	Heat No	Ölçüler	Ticari İsmi	Sarfiyat (kg&adet)
1	E71T-1	14286	1,2	Megafil 710M	
2					
3					
4					
5					

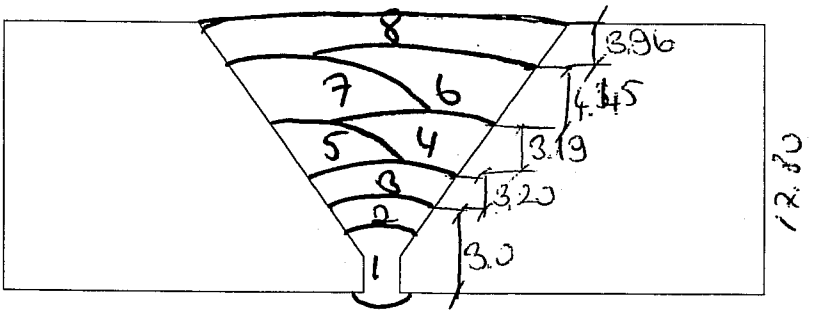
Kaynak Makinası

	Kaynak Makinası	No	Kalibrasyon Tarihi
1	ESAB MIG 500TW		
2			
3			

Açıklama:



KAYNAK ÖNCESİ ÖLÇÜLER



KAYNAK DETAYI

CIMTAS
PIPE FAB AND TRADING LTD CO

KAYNAK DENEY RAPORU

PQR NO: 5
WPS NO:
TARİH: 08/05/2006

Kaynak Yöntemi		Darbeli Evet ☐ Hayır ☐	REF.STANDART: ASME SEC. IX
Koruyucu Gaz	1	%80 Ar %20 CO_2	Darbeli Evet ☐ Hayır ☐
Kök Gazı			2
Pozisyon	1G		Kaynakçı 1:
Yöntem tipi	Elle ☐ Yarı -Otomatik ☒ Makina ☐ Otomatik ☐		2: M. AYVA (W46)
Birleşim tipi			Minumum Ön Tav (°C) :
Nufuziyet	Tam ☒ Kısmi ☐ Köşe ☐		Pasolar arası sıcaklık min. (°C) :
Altlık	Malzeme: Kalınlık:		Pasolar arası sıcaklık max. (°C) :
Arkadan Temizlik	Evet ☐ Hayır ☐ Metod: Derinlik:		PWHT
Nozul Çapları			Evet / Hayır
Toz Sınıfı			Bekleme Sıcaklığı (°C):
Tungsten Elektrod			Bekleme Süresi (dk):
Temizleme Yöntemi	TAŞ, PIRÇA		Yükseliş Hızı(°C/hr):
			Soğuma Hızı(°C/hr):

Ana Malzeme

	Spesifikasyon & Sınıfı	Heat No:	Çap/Kalınlık	Ölçüler
1	SA 106 GrB	958606		
2				

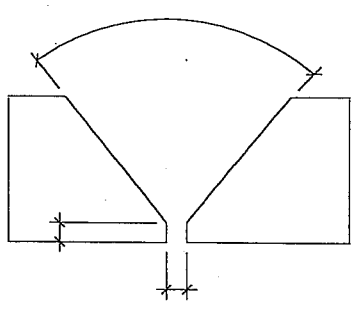
Sarf Malzemesi

	Spesifikasyon & Sınıfı	Heat No	Ölçüler	Ticari İsmi	Sarfiyat (kg&adet)
1	E71T-1	14286	1,2	Megafil 710 M	
2					
3					
4					
5					

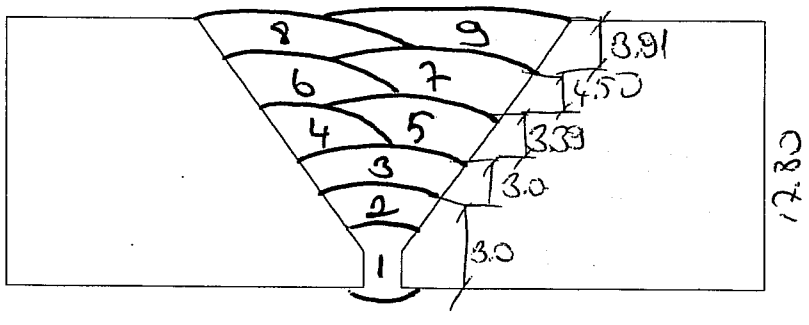
Kaynak Makinası

	Kaynak Makinası	No	Kalibrasyon Tarihi
1	ESAB MIG 500TW		
2			
3			

Açıklama:



KAYNAK ÖNCESİ ÖLÇÜLER



KAYNAK DETAYI

CIMTAS
PIPE FAB AND TRADING LTD CO

KAYNAK DENEY RAPORU

PQR NO: ~~PA008~~ 6
WPS NO: ~~AE[illegible]~~
TARİH: ~~25.04.2006~~ 08/05/2006

Kaynak Yöntemi			REF.STANDART: ASME SEC. IX
	Darbeli Evet ☐ Hayır ☐		Darbeli Evet ☐ Hayır ☐
Koruyucu Gaz	1: 0680Ar 0620Co2	2:	
Kök Gazı	1: —	2:	
Pozisyon	1G		Kaynakçı 1: MURAT AYVA (W46)
Yöntem tipi	Elle ☐ Yarı -Otomatik ☒ Makina ☐ Otomatik ☐		2:
Birleşim tipi	BW		Minumum Ön Tav (°C) :
Nufuziyet	Tam ☒ Kısmi ☐ Köşe ☐		Pasolar arası sıcaklık min. (°C) :
Altlık	Malzeme: — Kalınlık:		Pasolar arası sıcaklık max. (°C) :
Arkadan Temizlik	Evet ☐ Metod: Hayır ☒ Derinlik:		PWHT
Nozul Çapları			Evet / Hayır
Toz Sınıfı			Bekleme Sıcaklığı (°C):
Tungsten Elektrod			Bekleme Süresi (dk):
Temizleme Yöntemi	Fırça, TAŞ		Yükseliş Hızı(°C/hr):
			Soğuma Hızı(°C/hr):

Ana Malzeme

	Spesifikasyon & Sınıfı	Heat No:	Çap/Kalınlık	Ölçüler
1	SA 106 Gr B	958606		
2				

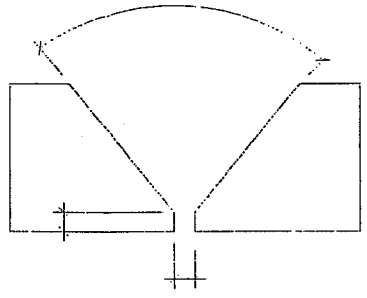
Sarf Malzemesi

	Spesifikasyon & Sınıfı	Heat No	Ölçüler	Ticari İsmi	Sarfiyat (kg&adet)
1	E71T-1	14286	1.2	Megafil 710M	
2					
3					
4					
5					

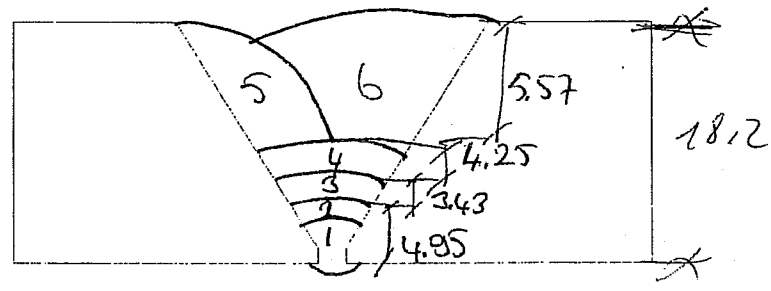
Kaynak Makinası

	Kaynak Makinası	No	Kalibrasyon Tarihi
1	ESAB MIG 500 TW		
2			
3			

Açıklama: Kaynak iyi. sigranti yok dolgu verimi yüksek ~~[illegible]~~
3 paso dolgu ile kaynak bitti



KAYNAK ÖNCESİ ÖLÇÜLER



KAYNAK DETAYI

CIMTAS
PIPE FAB AND TRADING LTD CO

KAYNAK DENEY RAPORU

PQR NO: ~~PA009~~
WPS NO: ~~AES004~~ (7)
TARİH: ~~25.04.2006~~ 08/05/2006

Kaynak Yöntemi		Darbeli Evet ☐ Hayır ☐	REF.STANDART: ASME SEC. IX Darbeli Evet ☐ Hayır ☐
Koruyucu Gaz	1	%80Ar %20CO2	2
Kök Gazı	1	—	2
Pozisyon	1G		Kaynakçı 1: M. AYVA (W46)
Yöntem tipi	Elle ☐ Yarı -Otomatik ☒ Makina ☐ Otomatik ☐		2:
Birleşim tipi	BW		Minumum Ön Tav (°C) :
Nufuziyet	Tam ☒ Kısmi ☐ Köşe ☐		Pasolar arası sıcaklık min. (°C) :
Altlık	Malzeme: Kalınlık:		Pasolar arası sıcaklık max. (°C) :
Arkadan Temizlik	Evet ☐ Metod: Hayır ☒ Derinlik:		PWHT
Nozul Çapları			Evet / Hayır
Toz Sınıfı			Bekleme Sıcaklığı (°C):
Tungsten Elektrod			Bekleme Süresi (dk):
Temizleme Yöntemi	Fırça, TAŞ		Yükseliş Hızı(°C/hr):
			Soğuma Hızı(°C/hr):

Ana Malzeme

	Spesifikasyon & Sınıfı	Heat No:	Çap/Kalınlık	Ölçüler
1	SA 106 GrB	958606		
2				

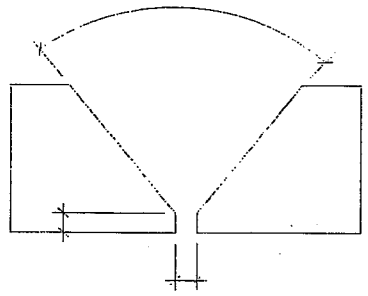
Sarf Malzemesi

	Spesifikasyon & Sınıfı	Heat No	Ölçüler	Ticari İsmi	Sarfiyat (kg&adet)
1	ER70S-6	14286	1.2	Megafil 710M	
2					
3					
4					
5					

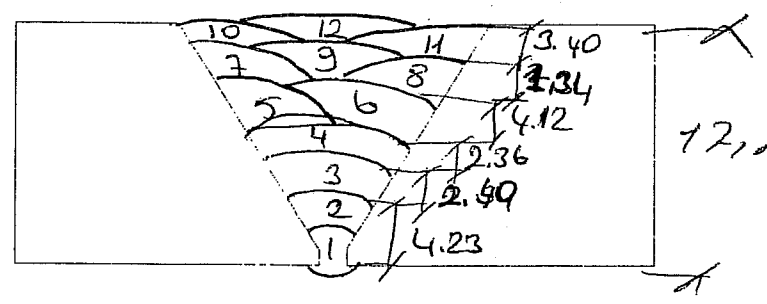
Kaynak Makinası

	Kaynak Makinası	No	Kalibrasyon Tarihi
1	ESAB MIG 500TW		
2			
3			

Açıklama: Hızlı, amper düşük.



KAYNAK ÖNCESİ ÖLÇÜLER



KAYNAK DETAYI

CIMTAS
PIPE FAB AND TRADING LTD CO

KAYNAK DENEY RAPORU

PQR NO: PA009
WPS NO: AES004 (8)
TARİH: 25.04.2006 08/05/2006

Kaynak Yöntemi		Darbeli Evet ☐ Hayır ☐	REF.STANDART: ASME SEC. IX Darbeli Evet ☐ Hayır ☐
Koruyucu Gaz	1	%80 Ar %20 CO_2	
Kök Gazı	2	—	
Pozisyon		1G	Kaynakçı 1: M. AYVA (W46)
Yöntem tipi		Elle ☐ Yarı -Otomatik ☒ Makina ☐ Otomatik ☐	2:
Birleşim tipi		BW	Minumum Ön Tav (°C) :
Nufuziyet		Tam ☒ Kısmi ☐ Köşe ☐	Pasolar arası sıcaklık min. (°C) :
Altlık		Malzeme: Kalınlık:	Pasolar arası sıcaklık max. (°C) :
Arkadan Temizlik		Evet ☐ Metod: Hayır ☒ Derinlik:	
Nozul Çapları			PWHT
Toz Sınıfı			Evet / Hayır
Tungsten Elektrod			Bekleme Sıcaklığı (°C):
Temizleme Yöntemi		FIRÇA	Bekleme Süresi (dk):
			Yükseliş Hızı(°C/hr):
			Soğuma Hızı(°C/hr):

Ana Malzeme

	Spesifikasyon & Sınıfı	Heat No:	Çap/Kalınlık	Ölçüler
1	SA 106 GrB	952606		
2				

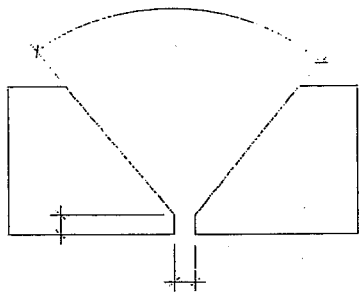
Sarf Malzemesi

	Spesifikasyon & Sınıfı	Heat No	Ölçüler	Ticari İsmi	Sarfiyat (kg&adet)
1	E71T-1	14286	1.2	Megafil 710M	
2					
3					
4					
5					

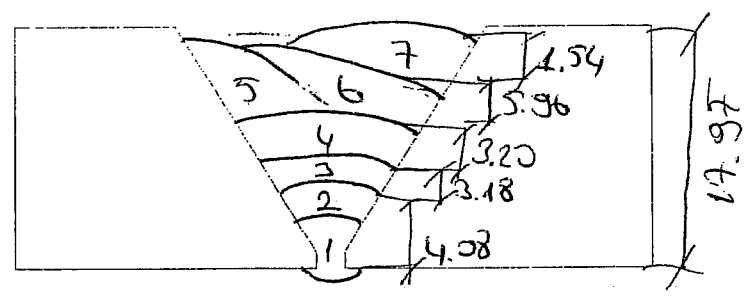
Kaynak Makinası

	Kaynak Makinası	No	Kalibrasyon Tarihi
1	ESAB Mig 500TW		
2			
3			

Açıklama: [illegible] 1G



KAYNAK ÖNCESİ ÖLÇÜLER



KAYNAK DETAYI

CIMTAS
PIPE FAB AND TRADING LTD CO

KAYNAK DENEY RAPORU

PQR NO: ~~PA009~~ (9)
WPS NO: ~~AES004~~
TARİH: ~~25.04.2006~~ 08/05/2006

REF.STANDART: ASME SEC. IX

Kaynak Yöntemi		Darbeli Evet ☐ Hayır ☐	Darbeli Evet ☐ Hayır ☐
Koruyucu Gaz		%80Ar %20 CO_2	
Kök Gazı	1	—	2
Pozisyon	1G		Kaynakçı 1: M. AYVA (W46)
Yöntem tipi	Elle ☐ Yarı-Otomatik ☒ Makina ☐ Otomatik ☐		2:
Birleşim tipi	BW		Minumum Ön Tav (°C) :
Nufuziyet	Tam ☒ Kısmi ☐ Köşe ☐		Pasolar arası sıcaklık min. (°C) :
Altlık	Malzeme:	Kalınlık:	Pasolar arası sıcaklık max. (°C) :
Arkadan Temizlik	Evet ☐ Hayır ☒	Metod: Derinlik:	
Nozul Çapları			PWHT
Toz Sınıfı			Evet / Hayır
Tungsten Elektrod			Bekleme Sıcaklığı (°C):
Temizleme Yöntemi	FIRÇA, TAŞ		Bekleme Süresi (dk):
			Yükseliş Hızı(°C/hr):
			Soğuma Hızı(°C/hr):

Ana Malzeme

	Spesifikasyon & Sınıfı	Heat No:	Çap/Kalınlık	Ölçüler
1	SA 106 Gr B	958606		
2				

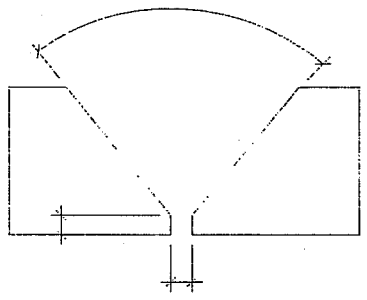
Sarf Malzemesi

	Spesifikasyon & Sınıfı	Heat No	Ölçüler	Ticari İsmi	Sarfiyat (kg&adet)
1	E71T-1	14286	1.2	Megafil 710M	
2					
3					
4					
5					

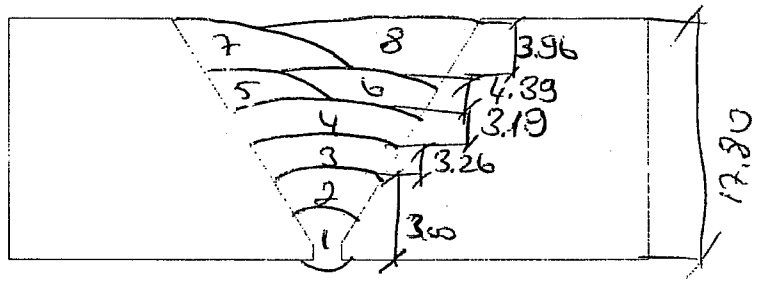
Kaynak Makinası

	Kaynak Makinası	No	Kalibrasyon Tarihi
1	ESAB MIG 500 TW		
2			
3			

Açıklama: Voltaj düşük.



KAYNAK ÖNCESİ ÖLÇÜLER



KAYNAK DETAYI

CIMTAS
PIPE FAB AND TRADING LTD CO

KAYNAK DENEY RAPORU

PQR NO: ~~PA009~~ (10)
WPS NO: ~~AES004~~
TARİH: ~~25.04.2006~~ 08/05/2006

Kaynak Yöntemi		Darbeli Evet ☐ Hayır ☐	REF.STANDART: ASME SEC. IX Darbeli Evet ☐ Hayır ☐
Koruyucu Gaz		%80Ar %20CO2	
Kök Gazı	1	2	
Pozisyon	1G		Kaynakçı 1: M.AYVA (X/46)
Yöntem tipi	Elle ☐ Yarı -Otomatik ☒ Makina ☐ Otomatik ☐		2:
Birleşim tipi			Minumum Ön Tav (°C) :
Nufuziyet	Tam ☒ Kısmi ☐ Köşe ☐		Pasolar arası sıcaklık min. (°C) :
Altlık	Malzeme: Kalınlık:		Pasolar arası sıcaklık max. (°C) :
Arkadan Temizlik	Evet ☐ Metod: Hayir ☒ Derinlik:		
Nozul Çapları			PWHT
Toz Sınıfı			Evet / Hayır
Tungsten Elektrod			Bekleme Sıcaklığı (°C):
Temizleme Yöntemi	FIRÇA		Bekleme Süresi (dk):
			Yükseliş Hızı(°C/hr):
			Soğuma Hızı(°C/hr):

Ana Malzeme

	Spesifikasyon & Sınıfı	Heat No:	Çap/Kalınlık	Ölçüler
1	SA 106 GrB	958 606		
2				

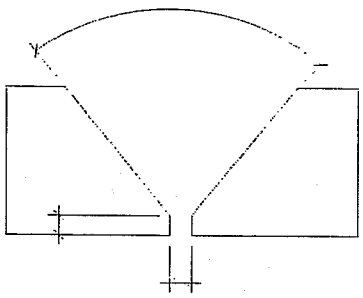
Sarf Malzemesi

	Spesifikasyon & Sınıfı	Heat No	Ölçüler	Ticari İsmi	Sarfiyat (kg&adet)
1	E71T-1	14286	1.2	Megafil 710M	
2					
3					
4					
5					

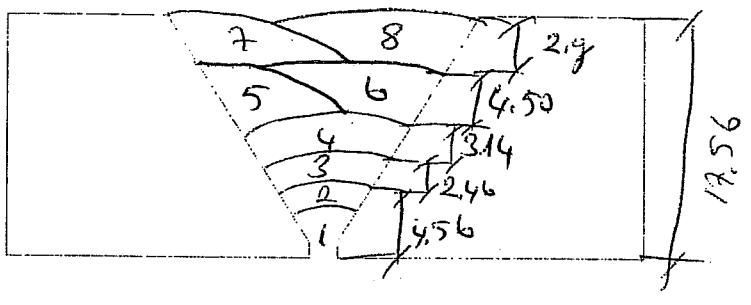
Kaynak Makinası

	Kaynak Makinası	No	Kalibrasyon Tarihi
1	ESAB MIG 300 TW		
2			
3			

Açıklama: Bindirmeden Ar hızı verilirse güzel. Genel olarak Parametre iyi.



KAYNAK ÖNCESİ ÖLÇÜLER



KAYNAK DETAYI

CIMTAS
PIPE FAB AND TRADING LTD CO

KAYNAK DENEY RAPORU

WPS NO: _____ WP NO: _____
PQR NO (11) PQ NO: _____
TARİH: 10/05/2006 PROJE:

Kaynak Yöntemi		Darbeli Evet ☐ Hayır ☐	REF.STANDART: Darbeli Evet ☐ Hayır ☐
Koruyucu Gaz	1	%80Ar-%20CO2	2
Kök Gazı			
Pozisyon	1G		Kaynakçı 1: M.AYVA (X/46)
Yöntem tipi	Elle ☐ Yarı-Otomatik ☒ Makina ☐ Otomatik ☐		2:
Birleşim tipi			Minumum Ön Tav:
Nufuziyet	Tam ☒ Kısmi ☐ Köşe ☐		Pasolar arası sıcaklık min.:
Altlık	Malzeme:	Kalınlık:	Pasolar arası sıcaklık max.:
Arkadan Temizlik	Evet ☐ Hayır ☒	Metod: Derinlik:	

PWHT	
Evet / Hayır	
Bekleme Sıcaklığı (°C):	
Bekleme Süresi (Saat):	
Yükseliş Hızı:	
Soğuma Hızı:	

Nozul Çapları				
Toz Sınıfı				
Tungsten Elektrod				
Temizleme Yöntemi	ARÇA, TAŞ[redacted]			

Ana Malzeme

	Spesifikasyon & Sınıfı	Heat No:	Çap/Kalınlık	Ölçüler
1	SA106 GrB	958606		
2				

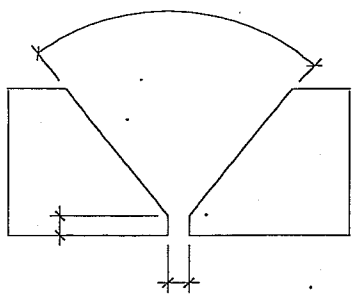
Sarf Malzemesi

	Spesifikasyon & Sınıfı	Heat No	Ölçüler	Ticari İsmi	Sarfiyat (kg&adet)
1	E71T-1	14286	1.2	Megafil 710M	
2					
3					
4					
5					

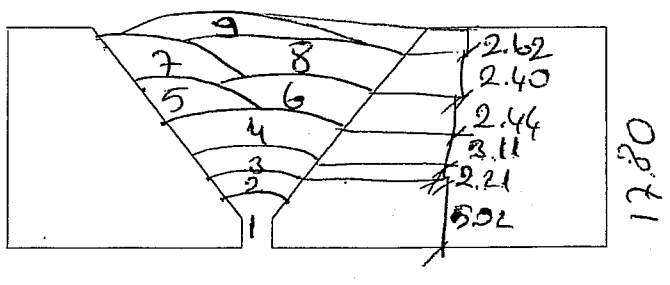
Kaynak Makinası

	Kaynak Makinası	No	Kalibrasyon Tarihi
1	Aristomig 400 MAG		
2			
3			

Açıklama: İlk pasoda hız fazla, Volta j düşük ([redacted] Sigorta çok fazla



KAYNAK ÖNCESİ ÖLÇÜLER



KAYNAK DETAYI

CIMTAS
PIPE FAB AND TRADING LTD CO

KAYNAK DENEY RAPORU

WPS NO: _____ WP NO: _____
PQR NO: 12 PQ NO: _____
TARİH: 10/05/2006 PROJE: _____

Kaynak Yöntemi		REF.STANDART:	
	Darbeli Evet ☐ Hayır ☐	Darbeli Evet ☐ Hayır ☐	
Koruyucu Gaz	%80Ar-%20CO2		
Kök Gazı	1	2	
Pozisyon		Kaynakçı 1: M. AYVA (W146)	
Yöntem tipi	Elle ☐ Yarı-Otomatik ☒ Makina ☐ Otomatik ☐	2:	
Birleşim tipi		Minumum Ön Tav:	
Nufuziyet	Tam ☒ Kısmi ☐ Köşe ☐	Pasolar arası sıcaklık min.:	
Altlık	Malzeme: Kalınlık:	Pasolar arası sıcaklık max.:	
Arkadan Temizlik	Evet ☐ Metod:		
	Hayır ☒ Derinlik:	PWHT	
Nozul Çapları		Evet / Hayır	
Toz Sınıfı		Bekleme Sıcaklığı (°C):	
Tungsten Elektrod		Bekleme Süresi (Saat):	
Temizleme Yöntemi	PASA, TAŞ	Yükseliş Hızı:	
		Soğuma Hızı:	

Ana Malzeme

	Spesifikasyon & Sınıfı	Heat No:	Çap/Kalınlık	Ölçüler
1	SA 106 GrB	958606		
2				

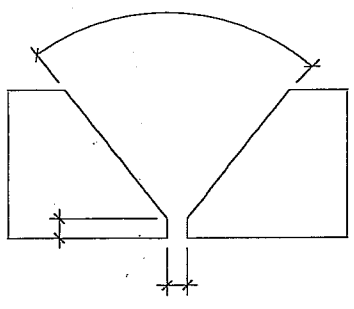
Sarf Malzemesi

	Spesifikasyon & Sınıfı	Heat No	Ölçüler	Ticari İsmi	Sarfiyat (kg&adet)
1	E71T-1	14286	1.2	Megafil 710M	
2					
3					
4					
5					

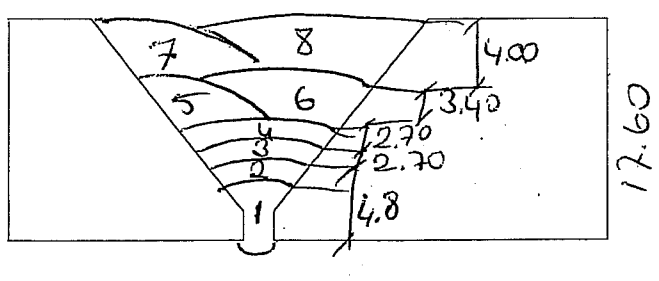
Kaynak Makinası

	Kaynak Makinası	No	Kalibrasyon Tarihi
1	Esab mig 500 TW		
2			
3			

Açıklama: Hız çok yüksek



KAYNAK ÖNCESİ ÖLÇÜLER



KAYNAK DETAYI

CIMTAS
PIPE FAB AND TRADING LTD CO.

KAYNAK DENEY RAPORU

WPS NO: | WP NO:
PQR NO: 13 | PQ NO:
TARİH: 10/05/2006 | PROJE:

Kaynak Yöntemi		Darbeli Evet ☐ Hayır ☐	REF.STANDART: Darbeli Evet ☐ Hayır ☐
Koruyucu Gaz	1	%80Ar %20Co2	2
Kök Gazı			
Pozisyon			Kaynakçı 1: M.AYVA (W46)
Yöntem tipi	Elle ☐ Yarı-Otomatik ☒ Makina ☐ Otomatik ☐		2:
Birleşim tipi			Minumum Ön Tav:
Nufuziyet	Tam ☒ Kısmi ☐ Köşe ☐		Pasolar arası sıcaklık min.:
Altlık	Malzeme:	Kalınlık:	Pasolar arası sıcaklık max.:
Arkadan Temizlik	Evet ☐ Hayır ☒	Metod: Derinlik:	
Nozul Çapları			PWHT
Toz Sınıfı	—		Evet / Hayır
Tungsten Elektrod	—		Bekleme Sıcaklığı (°C):
Temizleme Yöntemi	FIRÇA, TAŞ		Bekleme Süresi (Saat):
			Yükseliş Hızı:
			Soğuma Hızı:

Ana Malzeme

	Spesifikasyon & Sınıfı	Heat No:	Çap/Kalınlık	Ölçüler
1	SA 106 GrB	958606		
2				

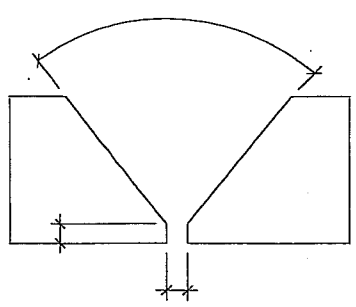
Sarf Malzemesi

	Spesifikasyon & Sınıfı	Heat No	Ölçüler	Ticari İsmi	Sarfiyat (kg&adet)
1	E71-T-1	1486	1.2	Megafil 710M	
2					
3					
4					
5					

Kaynak Makinası

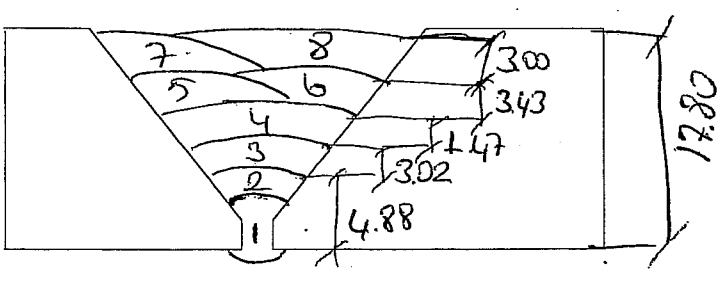
	Kaynak Makinası	No	Kalibrasyon Tarihi
1	Esab Mig 500 TW		
2			
3			

Açıklama:



KAYNAK ÖNCESİ ÖLÇÜLER

Kapapa 2mm vardı.



KAYNAK DETAYI

CIMTAS
PIPE FAB AND TRADING LTD CO

KAYNAK DENEY RAPORU

WPS NO: | WP NO:
PQR NO: 14 | PQ NO:
TARİH: 10/05/2006 | PROJE:

Kaynak Yöntemi		Darbeli Evet ☐ Hayır ☐	REF.STANDART: Darbeli Evet ☐ Hayır ☐
Koruyucu Gaz	1	%80 Ar %20 CO2	2
Kök Gazı			
Pozisyon			Kaynakçı 1: M. AYVA (W146)
Yöntem tipi	Elle ☐ Yarı -Otomatik ☒ Makina ☐ Otomatik ☐		2:
Birleşim tipi			Minumum Ön Tav:
Nufuziyet	Tam ☒ Kısmi ☐ Köşe ☐		Pasolar arası sıcaklık min.:
Altlık	Malzeme:	Kalınlık:	Pasolar arası sıcaklık max.:
Arkadan Temizlik	Evet ☐ Hayır ☒	Metod: Derinlik:	
Nozul Çapları			PWHT
Toz Sınıfı			Evet / Hayır
Tungsten Elektrod			Bekleme Sıcaklığı (°C):
Temizleme Yöntemi	FIRÇA, TAŞ		Bekleme Süresi (Saat):
			Yükseliş Hızı:
			Soğuma Hızı:

Ana Malzeme

	Spesifikasyon & Sınıfı	Heat No:	Çap/Kalınlık	Ölçüler
1	SA 106 GrB	958 606		
2				

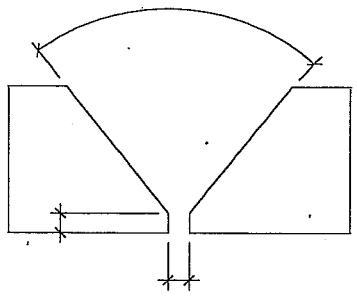
Sarf Malzemesi

	Spesifikasyon & Sınıfı	Heat No	Ölçüler	Ticari İsmi	Sarfiyat (kg&adet)
1	E71T-1	14286	1.2	Megafil 710M	
2					
3					
4					
5					

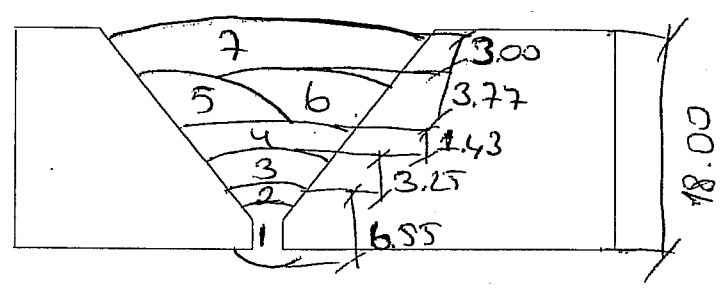
Kaynak Makinası

	Kaynak Makinası	No	Kalibrasyon Tarihi
1	ESAB MIG 500 TW		
2			
3			

Açıklama: Kaynak Ağzı Dar olduğu için paso sayısı az.



KAYNAK ÖNCESİ ÖLÇÜLER



KAYNAK DETAYI

CIMTAS
PIPE FAB AND TRADING LTD CO

KAYNAK DENEY RAPORU

WPS NO: | WP NO:
PQR NO: 15 | PQ NO:
TARİH: 10/05/2006 | PROJE:
REF.STANDART:

Kaynak Yöntemi		Darbeli Evet ☐ Hayır ☐	Darbeli Evet ☐ Hayır ☐
Koruyucu Gaz			
Kök Gazı	1 %80Ar %20 Co2	2	M.A.G.A (141)
Pozisyon			Kaynakçı 1:
Yöntem tipi	Elle ☐ Yarı -Otomatik ☑ Makina ☐ Otomatik ☐		2:
Birleşim tipi			Minumum Ön Tav:
Nufuziyet	Tam ☒ Kısmi ☐ Köşe ☐		Pasolar arası sıcaklık min.:
Altlık	Malzeme: Kalınlık:		Pasolar arası sıcaklık max.:
Arkadan Temizlik	Evet ☐ Metod: Hayır ☑ Derinlik:		
Nozul Çapları		PWHT	
Toz Sınıfı		Evet / Hayır	
Tungsten Elektrod		Bekleme Sıcaklığı (°C):	
Temizleme Yöntemi	FIRÇA. TAŞ	Bekleme Süresi (Saat):	
		Yükseliş Hızı:	
		Soğuma Hızı:	

Ana Malzeme

	Spesifikasyon & Sınıfı	Heat No:	Çap/Kalınlık	Ölçüler
1	SA 106 GrB	858606		
2				

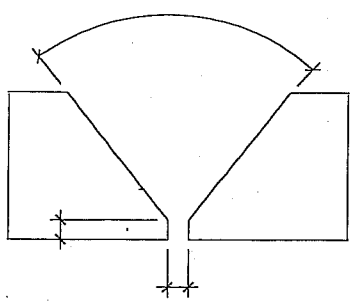
Sarf Malzemesi

	Spesifikasyon & Sınıfı	Heat No	Ölçüler	Ticari İsmi	Sarfiyat (kg&adet)
1	E71T-1	14286	1,2	megafil 710M	
2					
3					
4					
5					

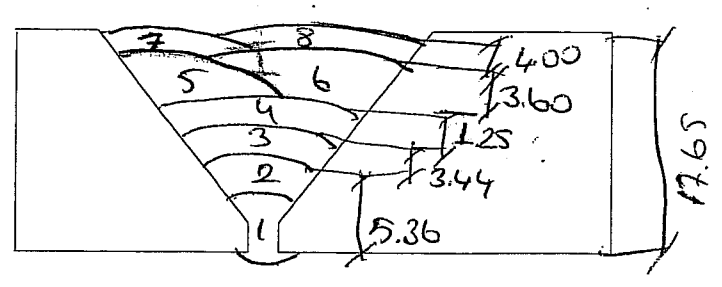
Kaynak Makinası

	Kaynak Makinası	No	Kalibrasyon Tarihi
1	ESAB MIG 500 TW		
2			
3			

Açıklama:



KAYNAK ÖNCESİ ÖLÇÜLER



KAYNAK DETAYI

EK B2 / Kaynak Bölgesi Mekanik Özellikleri Belirleme Çalışması

CIMTAS
PIPE FAB AND TRADING LTD CO

KAYNAK DENEY RAPORU

PQR NO:
WPS NO: **TEST 01**
TARİH: 10.01.2007

Kaynak Yöntemi	GMAW ön GTAW		REF.STANDART: ASME SEC. IX
	Darbeli Evet ☐ Hayır ☒		Darbeli Evet ☐ Hayır ☒
Koruyucu Gaz	1: Argon %99,99	2:	Mix %70 Ar %30 CO_2
Kök Gazı			
Pozisyon	GTAW: 5G GMAW: 1G	Kaynakçı 1:	Mehmet ASLAN W16 – GTAW
Yöntem tipi	Elle ☒ Yarı -Otomatik ☐ Makina ☒ Otomatik ☐	2:	Murat ATAY W46 – GMAW
Birleşim tipi	BW- ACIK	Minumum Ön Tav (°C) :	100
Nufuziyet	Tam ☒ Kısmi ☐ Köşe ☐	Pasolar arası sıcaklık min. (°C) :	100
Altlık	Malzeme: GMAW için GTAW Kalınlık: 5 mm	Pasolar arası sıcaklık max. (°C) :	250
Arkadan Temizlik	Evet ☐ Metod:		
	Hayır ☒ Derinlik:		
Nozul Çapları	GTAW: 6-8 mm GMAW: 18 mm	PWHT	
Toz Sınıfı		Evet / ~~Hayır~~	
Tungsten Elektrod	ø2.4 mm / %2 Th	Bekleme Sıcaklığı (°C):	630
Temizleme Yöntemi	Taş – Fırça	Bekleme Süresi (dk):	75
		Yükseliş Hızı(°C/hr):	110
		Soğuma Hızı(°C/hr):	130

Ana Malzeme

	Spesifikasyon & Sınıfı	Heat No:	Çap/Kalınlık	Ölçüler
1	A671 Gr CC65	14286	28"	711 x 150 x 27 mm
2	A671 Gr CC65	14286	28"	711 x 150 x 27 mm

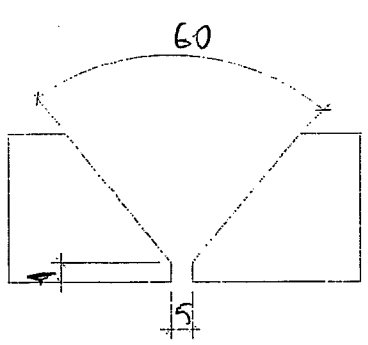
Sarf Malzemesi

	Spesifikasyon & Sınıfı	Heat No	Ölçüler	Ticari İsmi	Sarfiyat (kg&adet)
1	ER70S-G	0272/2006	2.4	Oerlikon A 1002	
2	E70T-6M	066124	1.2	DRAHTZUGSTEMI Megafil 7104	
3					
4					
5					

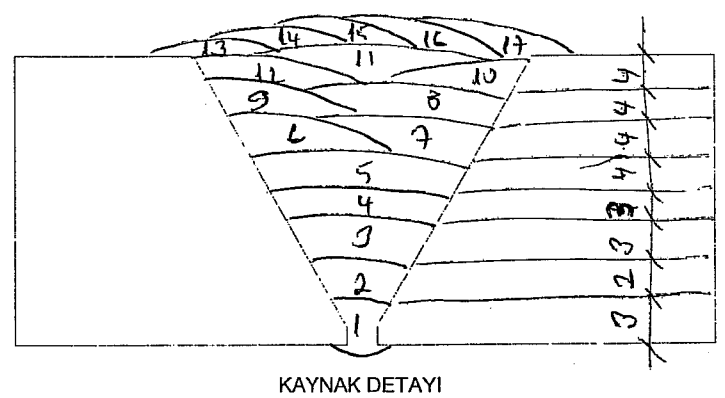
Kaynak Makinası

	Kaynak Makinası	No	Kalibrasyon Tarihi
1	ESAB Aristo Tig 400 T4	020058	03/08/2006
2	ESAB Aristo Mig 450	030389	03/08/2006
3			

Açıklama:



KAYNAK ÖNCESİ ÖLÇÜLER



KAYNAK DETAYI

CIMTAS
PIPE FAB AND TRADING LTD CO

KAYNAK DENEY RAPORU

SIFIR KAZA

PQR NO:	0
WPS NO:	TEST 01
TARİH:	10.01.2007

POZ.	KAYNAK SARF	ÇAP (mm)	PASO NO	AKIM/ KUTUP	AMPER (A)	VOLTAJ (V)	TORÇ GAZ DEBİSİ (lt/dk)	KÖK KORUMA DEBİSİ (lt/dk)	KÖK KORUMA % O_2 MİKTARI	ARK SÜRESİ (dk)	UZUNLUK (mm)	KAYNAK HIZI (cm/dk)	PASOLAR ARASI SICAKLIK (°C)	ISI GİRDİSİ (kj/mm)	PASO GENİŞLİĞİ (mm)	TEL HIZI (m/dk)	SALINIM HIZI	SALINIM GENİŞLİĞİ
SG	ER70S-6	2.4	1	DCEN	110	13.5	14			38.62	2081.87	5.39	100	1.65		—		
〃	〃	〃	2	〃	190	16.5	〃			18.05	2114.38	11.61	110	1.67		—		
1G	E70C-6M	1.2	3	DC EP	200	25.0	18			9.28	2113.27	22.77	100	1.32		5.5		
〃	〃	〃	4	〃	300	28.0	〃			7.78	2131.06	27.40	120	1.84		11.0		
〃	〃	〃	5	〃	〃	〃	〃			7.80	2157.18	27.66	100	1.87		11.0		
〃	〃	〃	6	〃	〃	〃	〃			7.33	2182.30	29.77	150	1.69		11.0		
〃	〃	〃	7	〃	〃	〃	〃			7.43	2184.30	29.37	150	1.71		11.0		
〃	〃	〃	8	〃	〃	〃	〃			7.40	2207.47	29.83	185	1.69		11.0		
〃	〃	〃	9	〃	〃	〃	〃			7.43	2207.41	29.71	160	1.70		11.0		
〃	〃	〃	10	〃	〃	〃	〃			7.89	2207.47	28.19	190	1.79		11.0		
〃	〃	〃	11	〃	〃	〃	〃			7.75	2207.42	28.48	190	1.77		11.0		
〃	〃	〃	12	〃	〃	〃	〃			7.78	2207.41	28.37	190	1.78		5.6		
〃	〃	〃	13	〃	220	26.0	〃			6.12	2207.47	36.07	150	0.95		5.6		
〃	〃	〃	14	〃	〃	〃	〃			6.16	2207.41	35.83	150	0.96		5.6		
〃	〃	〃	15	〃	〃	〃	〃			6.16	2207.41	35.83	150	0.96		5.6		
〃	〃	〃	16	〃	〃	〃	〃			6.21	2207.41	35.49	150	0.97		5.6		
〃	〃	〃	17	〃	〃	〃	〃			6.27	2207.42	35.21	150	0.97				
			18															
			19															
			20															
			21															
			22															
			23															
			24															
			25															
			26															
			27															
			28															
			29															
			30															
			31															
			32															
			33															

KAYNAK DENEYİNİ YAPAN	KONTROL

$$\text{Isı Girdisi} = \frac{A \times V \times 60}{K.H. \times 1000} \qquad \text{Kaynak Hızı} = \frac{cm}{dk}$$

CIMTAS
PIPE FAB AND TRADING LTD CO

KAYNAK DENEY RAPORU

PQR NO:
WPS NO: TEST 02
TARİH: 11.01.2007

Kaynak Yöntemi	GMAW ve GTAW	REF.STANDART: ASME SEC. IX	
	Darbeli Evet ☐ Hayır ☒	Darbeli Evet ☐ Hayır ☒	
Koruyucu Gaz	Argon %99.99	Mix %80 Ar %20 CO_2	
Kök Gazı			
Pozisyon	GTAW: 5G GMAW: 1G	Kaynakçı 1: Mehmet ARSLAN VI6 (GTAW)	
Yöntem tipi	Elle ☒ Yarı-Otomatik ☐ Makina ☒ Otomatik ☐	2: Murat AYNA VI46 (GMAW)	
Birleşim tipi	BW-ALIN	Minumum Ön Tav (°C):	100
Nufuziyet	Tam ☒ Kısmi ☐ Köşe ☐	Pasolar arası sıcaklık min. (°C):	100
Altlık	Malzeme: GMAW için GTAW Kalınlık: 5mm	Pasolar arası sıcaklık max. (°C):	250
Arkadan Temizlik	Evet ☐ Metod:		
	Hayır ☒ Derinlik:	PWHT	
Nozul Çapları	GTAW: Ø6 - 8mm GMAW: 18mm	Evet / Hayır	
Toz Sınıfı	—	Bekleme Sıcaklığı (°C):	630
Tungsten Elektrod	Ø2.4 mm / %2 Th	Bekleme Süresi (dk):	75dk
Temizleme Yöntemi	Taş - Fırça	Yükseliş Hızı(°C/hr):	110
		Soğuma Hızı(°C/hr):	130

Ana Malzeme

	Spesifikasyon & Sınıfı	Heat No:	Çap/Kalınlık	Ölçüler
1	A671 Gr CC65	14286	28"	711x150x27 mm
2	A671 Gr CC65	14286	28"	711x150x27 mm

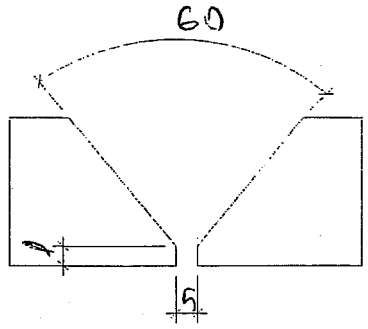
Sarf Malzemesi

	Spesifikasyon & Sınıfı	Heat No	Ölçüler	Ticari İsmi	Sarfiyat (kg&adet)
1	EL70S-6	0277/2006	2.4	Oerlikon A1002	
2	E70C-6M	066124	1.2	DRAHTZUG STEIN Negatif	10 kg
3					
4					
5					

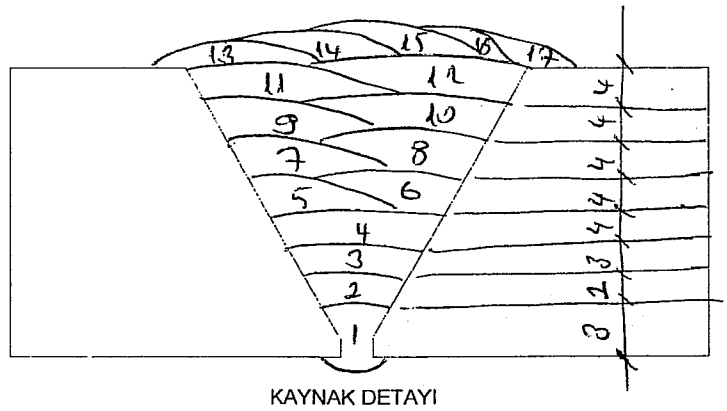
Kaynak Makinası

	Kaynak Makinası	No	Kalibrasyon Tarihi
1	ESAB Aristo Mig 400 T4	020058	03/08/2006
2	ESAB Aristo Mig 450	030389	03/08/2006
3			

Açıklama:



KAYNAK ÖNCESİ ÖLÇÜLER



KAYNAK DETAYI

CIMTAS
PIPE FAB AND TRADING LTD CO

KAYNAK DENEY RAPORU

SIFIR KAZA

PQR NO:

WPS NO: TEST 02

TARİH: 11.01.2007

POZ.	KAYNAK SARF	ÇAP (mm)	PASO NO	AKIM/ KUTUP	AMPER (A)	VOLTAJ (V)	TORÇ GAZ DEBİSİ (lt/dk)	KÖK KORUMA DEBİSİ (lt/dk)	KÖK KORUMA % O_2 MİKTARI	ARK SÜRESİ (dk)	UZUNLUK (mm)	KAYNAK HIZI (cm/dk)	PASOLAR ARASI SICAKLIK (°C)	ISI GİRDİSİ (kj/mm)	PASO GENİŞLİĞİ (mm)	TEL HIZI (m/dk)	SALINIM HIZI	SALINIM GENİŞLİĞİ
5G	ER70S-6	2.4	1	DCEN	107	12.5	14			36.50	2031,81	5.70	100	1.41		—		
〃	〃	〃	2	〃	190	16.5	〃			18.08	2194,38	11.58	100	1.67		—		
1G	E71C-GM	1.2	3	DCEP	200	25.0	13			9.00	2113,77	23.48	100	1.28		5.4		
〃	〃	〃	4	〃	300	28.0	〃			8.45	2138,34	25.31	100	1.99		11.0		
〃	〃	〃	5	〃	〃	〃	〃			7.66	2163,46	28,24	130	1,78		11.0		
〃	〃	〃	6	〃	〃	〃	〃			7.83	〃	27.63	170	1.32		11.0		
〃	〃	〃	7	〃	〃	〃	〃			9.50	2188,58	23,04	120	2,19		11.0		
〃	〃	〃	8	〃	〃	〃	〃			7.55	〃	28,99	145	1,74		11.0		
〃	〃	〃	9	〃	〃	〃	〃			8.53	2113,70	25,95	130	1,94		11.0		
〃	〃	〃	10	〃	〃	〃	〃			7.83	〃	28,06	170	1,80		11.0		
〃	〃	〃	11	〃	〃	〃	〃			7.83	〃	28,77	178	1,78		11.0		
〃	〃	〃	12	〃	〃	〃	〃			7.90	2232,54	28,76	177	1,78		10.5		
〃	〃	〃	13	〃	220	26.5	〃			6.00	〃	37,21	185	0.94		6.0		
〃	〃	〃	14	〃	〃	〃	〃			6.00	〃	〃	188	〃		6.0		
〃	〃	〃	15	〃	〃	〃	〃			6.00	〃	〃	185	〃		6.0		
〃	〃	〃	16	〃	〃	〃	〃			6.00	〃	〃	180	〃		6.0		
〃	〃	〃	17	〃	〃	〃	〃			6.08	〃	36.72	180	0.95		6.0		
			18															
			19															
			20															
			21															
			22															
			23															
			24															
			25															
			26															
			27															
			28															
			29															
			30															
			31															
			32															
			33															

KAYNAK DENEYİNİ YAPAN	KONTROL

Isı Girdisi = $\frac{AxVx60}{K.H.x1000}$

Kaynak Hızı = $\frac{cm}{dk}$

CIMTAS
PIPE FAB AND TRADING LTD CO

KAYNAK DENEY RAPORU

PQR NO:
WPS NO: **TEST 03**
TARİH: 15.01.2007

Kaynak Yöntemi	GMAW / GTAW		REF.STANDART: ASME SEC. IX
	Darbeli Evet ☐ Hayır ☒		Darbeli Evet ☐ Hayır ☒
Koruyucu Gaz	Argon %99.99		Mix %80 Ar %20 CO_2
Kök Gazı			
Pozisyon	GTAW: 5G GMAW: 1G		Kaynakçı 1: Mehmet ARSLAN W6 (GTAW,
Yöntem tipi	Elle ☒ Yarı -Otomatik ☐ Makina ☒ Otomatik ☐		2: Murat AYVA W46 (GMAW
Birleşim tipi	BW-At-W		Minumum Ön Tav (°C) : 100
Nufuziyet	Tam ☒ Kısmi ☐ Köşe ☐		Pasolar arası sıcaklık min. (°C) : 100
Altlık	Malzeme: GMAW için GTAW Kalınlık: 5mm		Pasolar arası sıcaklık max. (°C) : 250
Arkadan Temizlik	Evet ☐ Metod:		
	Hayır ☒ Derinlik:		**PWHT**
Nozul Çapları	GTAW: Ø 6 - 8mm GMAW: Ø18mm		Evet / ~~Hayır~~
Toz Sınıfı	—		Bekleme Sıcaklığı (°C): 630
Tungsten Elektrod	Ø2.4mm / %2 Th		Bekleme Süresi (dk): 75dk
Temizleme Yöntemi	Taş - Fırça		Yükseliş Hızı(°C/hr): 110
			Soğuma Hızı(°C/hr): 130

Ana Malzeme

	Spesifikasyon & Sınıfı	Heat No:	Çap/Kalınlık	Ölçüler
1	A671 Gr CC65	14286	28"	711 x 150 x 27mm
2	A671 Gr CC65	14286	28"	711 x 150 x 27mm

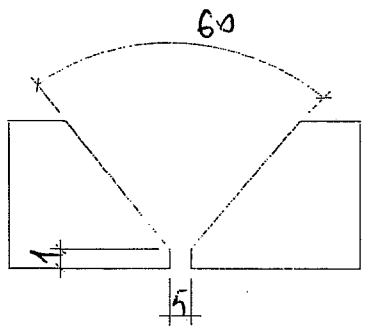
Sarf Malzemesi

	Spesifikasyon & Sınıfı	Heat No	Ölçüler	Ticari İsmi	Sarfiyat (kg&adet)
1	ER90S-6	0272/2006	2,4	Oerlikon A1002	
2	E70C-6M	066124	1,2	ARAMIZLIG STEIN Ulgafil 70M	
3					
4					
5					

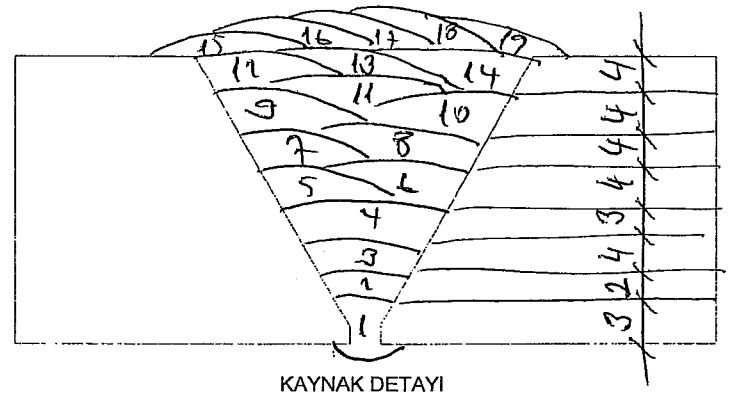
Kaynak Makinası

	Kaynak Makinası	No	Kalibrasyon Tarihi
1	ESAB Aristo Mig 400 T4	020058	03/08/2006
2	ESAB Aristo Mig 450	030389	03/08/2006
3			

Açıklama:



KAYNAK ÖNCESİ ÖLÇÜLER



KAYNAK DETAYI

CIMTAS
PIPE FAB AND TRADING LTD CO

KAYNAK DENEY RAPORU

SIFIR KAZA

PQR NO: 0

WPS NO: TEST 03

TARİH: 15.01.2007

POZ.	KAYNAK SARF	ÇAP (mm)	PASO NO	AKIM/ KUTUP	AMPER (A)	VOLTAJ (V)	TORÇ GAZ DEBİSİ (lt/dk)	KÖK KORUMA DEBİSİ (lt/dk)	KÖK KORUMA % O_2 MİKTARI	ARK SÜRESİ (dk)	UZUNLUK (mm)	KAYNAK HIZI (cm/dk)	PASOLAR ARASI SICAKLIK (°C)	ISI GİRDİSİ (kj/mm)	PASO GENİŞLİĞİ (mm)	TEL HIZI (m/dk)	SALINIM HIZI	SALINIM GENİŞLİĞİ
5G	ER70S-6	2.4	1	DCEN	100	11.0	14			37.25	2081.82	5.59	100	1.18		—		
〃	〃	〃	2	〃	190	15.0	〃			19.50	1094.38	10.74	100	1.59		—		
1G	E70C-6M	1.2	3	DCEP	200	23.0	18			8.75	2119.50	24.22	100	1.24		5.9		
〃		〃	4	〃	300	27.5	〃			7.40	2138.34	28.90	90	1.71		11.5		
〃		〃	5	〃	〃	〃	〃			5.85	2163.46	36.98	85	1.34		11.5		
〃		〃	6	〃	〃	〃	〃			6.66	〃	32.48	85	1.52		11.5		
〃		〃	7	〃	〃	〃	〃			7.83	2188.58	27.95	140	1.77		11.5		
〃		〃	8	〃	〃	〃	〃			7.80	〃	28.06	140	1.76		11.5		
〃		〃	9	〃	〃	〃	〃			7.98	2213.70	27.74	140	1.78		11.5		
〃		〃	10	〃	〃	〃	〃			7.08	〃	31.27	170	1.58		10.5		
〃		〃	11	〃	〃	〃	〃			6.66	〃	33.24	180	1.49		11.5		
〃		〃	12	〃	〃	〃	〃			7.83	2232.54	28.51	180	1.74		10.5		
〃		〃	13	〃	〃	〃	〃			7.45	〃	29.97	170	1.65		10.5		
〃		〃	14	〃	〃	〃	〃			7.42	〃	30.09	180	1.65		10.5		
〃		〃	15	〃	220	27.0	〃			6.00	〃	37.21	190	0.96		6.0		
〃		〃	16	〃	〃	〃	〃			6.00	〃	〃	170	0.96		6.0		
〃		〃	17	〃	〃	〃	〃			6.00	〃	〃	180	0.96		6.0		
〃		〃	18	〃	〃	〃	〃			6.00	〃	〃	190	0.96		6.0		
〃	〃	〃	19	〃	〃	〃	〃			6.00	〃	〃	200	0.96		6.0		
			20															
			21															
			22															
			23															
			24															
			25															
			26															
			27															
			28															
			29															
			30															
			31															
			32															
			33															

Cem KOKNAL
Welding Eng./Met.&Mat.Eng. B.Sc.

KAYNAK DENEYİNİ YAPAN	KONTROL

Isı Girdisi = $\frac{AxVx60}{K.H.x1000}$

Kaynak Hızı = $\frac{cm}{dk}$

CIMTAS
PIPE FAB AND TRADING LTD CO

KAYNAK DENEY RAPORU

PQR NO:
WPS NO: **TEST 04**
TARİH: 17.01.2007

Kaynak Yöntemi	GMAW ve GTAW	REF.STANDART: ASME SEC. IX
	Darbeli Evet ☐ Hayır ☒	Darbeli Evet ☐ Hayır ☒
Koruyucu Gaz	1: Argon %99.99	2: Mix %90 Ar %10 CO_2
Kök Gazı		
Pozisyon	GTAW: 5G GMAW: 1G	Kaynakçı 1: Mehmet AZSLAN W6 (GTAW
Yöntem tipi	Elle ☒ Yarı-Otomatik ☐ Makina ☒ Otomatik ☐	2: Murat ATVA W46 (GMAW
Birleşim tipi	BW - ALIN	Minumum Ön Tav (°C): 100
Nufuziyet	Tam ☒ Kısmi ☐ Köşe ☐	Pasolar arası sıcaklık min. (°C): 100
Altlık	Malzeme: GMAW için GTAW Kalınlık: 5mm	Pasolar arası sıcaklık max. (°C): 250
Arkadan Temizlik	Evet ☐ Metod:	
	Hayır ☒ Derinlik:	
Nozul Çapları	GTAW: 6-8mm GMAW: 18mm	PWHT
Toz Sınıfı	—	Evet / ~~Hayır~~
Tungsten Elektrod	Ø2.4 mm / %2 Th	Bekleme Sıcaklığı (°C): 630
Temizleme Yöntemi	Taş - Fırça	Bekleme Süresi (dk): 75
		Yükseliş Hızı(°C/hr): 110
		Soğuma Hızı(°C/hr): 130

Ana Malzeme

	Spesifikasyon & Sınıfı	Heat No:	Çap/Kalınlık	Ölçüler
1	A671 GrCC65	14286	28"	711x150x27 mm
2	A671 GrCC65	14286	28"	711x150 x27 mm

Sarf Malzemesi

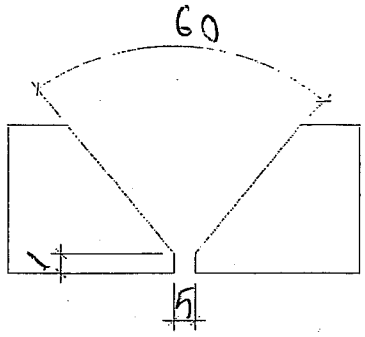
	Spesifikasyon & Sınıfı	Heat No	Ölçüler	Ticari İsmi	Sarfiyat (kg&adet)
1	ER70S-6	0771/2006	2.4	Oerlikon A1002	
2	E70C-6M	066124	1.2	DRAHTZUG STEIN Megafil 710M	
3					
4					
5					

Kaynak Makinası

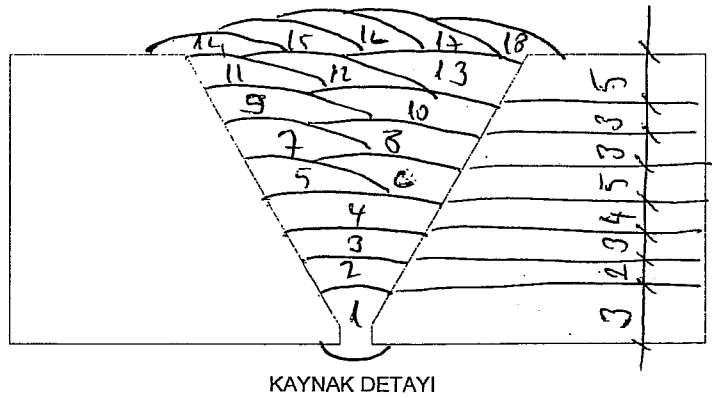
	Kaynak Makinası	No	Kalibrasyon Tarihi
1	ESAB Aristo Mig 400 T4	020058	03/08/2006
2	ESAB Aristo Mig 450	030389	03/08/2006
3			

Açıklama:

Cihat KÖKNAL
Kalite Kontrol Müh. Şef V.



KAYNAK ÖNCESİ ÖLÇÜLER



KAYNAK DETAYI

CIMTAS
PIPE FAB AND TRADING LTD CO

KAYNAK DENEY RAPORU

SIFIRKAZA

PQR NO: 0

WPS NO: TEST 04

TARİH: 17.01.2007

POZ.	KAYNAK SARF	ÇAP (mm)	PASO NO	AKIM/ KUTUP	AMPER (A)	VOLTAJ (V)	TORÇ GAZ DEBİSİ (lt/dk)	KÖK KORUMA DEBİSİ (lt/dk)	KÖK KORUMA % O_2 MİKTARI	ARK SÜRESİ (dk)	UZUNLUK (mm)	KAYNAK HIZI (cm/dk)	PASOLAR ARASI SICAKLIK (°C)	ISI GİRDİSİ (kj/mm)	PASO GENİŞLİĞİ (mm)	TEL HIZI (m/dk)	SALINIM HIZI	SALINIM GENİŞLİĞİ
5G	E270S-G	2,4	1	DC EN	110	13,5	14	—	—	43.10	2091,87	4,83	100	1,84		—		
〃	〃	〃	2	〃	190	16,5	〃			20.05	2094,38	10,45	110	1,80		—		
1G	E70C-6M	1,2	3	DC EP	200	25,0	18			9,76	2113,22	21,65	100	1,89		5,4		
〃	〃	〃	4	〃	300	28,0	〃			7,75	2138,34	27,59	100	1,83		10,5		
〃	〃	〃	5	〃	〃	〃	〃			7,00	2169,74	31,00	160	1,63		10,7		
〃	〃	〃	6	〃	〃	〃	〃			7,66	〃	28,33	100	1,78		10,7		
〃	〃	〃	7	〃	〃	〃	〃			7,82	2188,58	27,99	110	1,80		10,0		
〃	〃	〃	8	〃	〃	〃	〃			7,78	〃	28,13	150	1,79		10,0		
〃	〃	〃	9	〃	〃	〃	〃			7,72	2207,47	28,59	190	1,76		10,0		
〃	〃	〃	10	〃	〃	〃	〃			7,73	〃	28,56	170	1,76		10,0		
〃	〃	〃	11	〃	〃	〃	〃			7,57	2213,70	29,24	180	1,72		10,0		
〃	〃	〃	12	〃	〃	〃	〃			7,75	2232,54	28,81	155	1,75		10,0		
〃	〃	〃	13	〃	〃	〃	〃			7,61	〃	29,30	150	1,72		10,0		
〃	〃	〃	14	〃	220	26,0	〃			6,23	〃	35,84	150	0,96		5,6		
〃	〃	〃	15	〃	〃	〃	〃			6,28	〃	35,55	155	0,97		5,6		
〃	〃	〃	16	〃	〃	〃	〃			6,27	〃	35,61	170	0,96		5,6		
〃	〃	〃	17	〃	〃	〃	〃			6,27	〃	35,61	160	0,96		5,6		
〃	〃	〃	18	〃	〃	〃	〃			6,30	〃	35,44	190	0,97		5,6		
			19															
			20															
			21															
			22															
			23															
			24															
			25															
			26															
			27															
			28															
			29															
			30															
			31															
			32															
			33															

Ömer Kökal
Yük.Müh.Fiz./Mal.&Mal. En. B. Sn.

KAYNAK DENEYİNİ YAPAN	KONTROL

Isı Girdisi = $\frac{AxVx60}{K.H.x1000}$

Kaynak Hızı = $\frac{cm}{dk}$

CIMTAS
PIPE FAB AND TRADING LTD CO

KAYNAK DENEY RAPORU

PQR NO:
WPS NO: TEST 05
TARİH: 25.01.2007

Kaynak Yöntemi	GMAW/ on GTAW/	REF.STANDART: ASME SEC. IX	
	Darbeli Evet ☐ Hayır ☒	Darbeli Evet ☐ Hayır ☒	
Koruyucu Gaz	Argon %99.99	CO_2 : %100 CO_2	
Kök Gazı	1	2	
Pozisyon	GTAW:5G GMAW: 1G	Kaynakçı 1: Mehmet ARSLAN W6 (GTAW)	
Yöntem tipi	Elle ☒ Yarı-Otomatik ☐ Makina ☒ Otomatik ☐	2:	
Birleşim tipi	BW-ALN	Minumum Ön Tav (°C) : 100	
Nufuziyet	Tam ☒ Kısmi ☐ Köşe ☐	Pasolar arası sıcaklık min. (°C) : 100	
Altlık	Malzeme: GMAW için GTAW Kalınlık: 5mm	Pasolar arası sıcaklık max. (°C) : 250	
Arkadan Temizlik	Evet ☐ Metod:		
	Hayır ☒ Derinlik:	PWHT	
Nozul Çapları	GTAW: 6-8 mm GMAW: 18mm	Evet / ~~Hayır~~	
Toz Sınıfı	—	Bekleme Sıcaklığı (°C): 630	
Tungsten Elektrod	Ø2.4 mm / %2TH	Bekleme Süresi (dk): 75	
Temizleme Yöntemi	Taş-Fırça	Yükseliş Hızı(°C/hr): 110	
		Soğuma Hızı(°C/hr): 130	

Ana Malzeme

	Spesifikasyon & Sınıfı	Heat No:	Çap/Kalınlık	Ölçüler
1	A671 Gr CC65	14286	28"	711x150x27mm
2	A671 Gr CC65	14286	28"	711x150x27mm

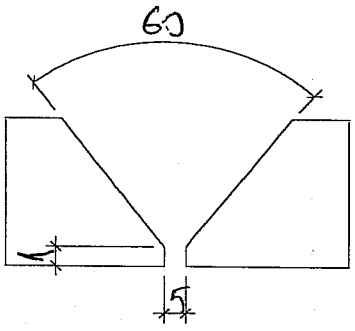
Sarf Malzemesi

	Spesifikasyon & Sınıfı	Heat No	Ölçüler	Ticari İsmi	Sarfiyat (kg&adet)
1	E2209-6	0272/2006	2.4	Oerlikon A1002	
2	E70C-6M	066124	1.2	DRAHTZUG STEIN Megafil 1.2mm	
3					
4					
5					

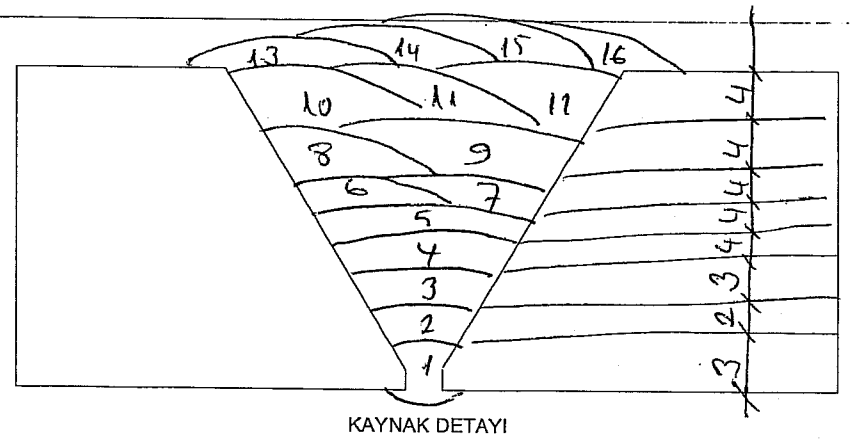
Kaynak Makinası

	Kaynak Makinası	No	Kalibrasyon Tarihi
1	ESAB Aristo Mig 400 T4	020058	08/08/2006
2	ESAB Aristo Mig 450	030389	03/08/2006
3			

Açıklama:



KAYNAK ÖNCESİ ÖLÇÜLER



KAYNAK DETAYI

CIMTAS
PIPE FAB AND TRADING LTD CO

KAYNAK DENEY RAPORU

SIFIR KAZA

PQR NO:

WPS NO: TEST 05

TARİH: 25.01.2007

POZ.	KAYNAK SARF	ÇAP (mm)	PASO NO	AKIM/ KUTUP	AMPER (A)	VOLTAJ (V)	TORÇ GAZ DEBİSİ (lt/dk)	KÖK KORUMA DEBİSİ (lt/dk)	KÖK KORUMA % O_2 MİKTARI	ARK SÜRESİ (dk)	UZUNLUK (mm)	KAYNAK HIZI (cm/dk)	PASOLAR ARASI SICAKLIK (°C)	ISI GİRDİSİ (kj/mm)	PASO GENİŞLİĞİ (mm)	TEL HIZI (m/dk)	SALINIM HIZI	SALINIM GENİŞLİĞİ
5G	E270-6	2,4	1	DCEN	110	11	14			36.00	2081,82	5.78	100	1,26		—		
"	"	"	2	"	190	14,5	"			19.70	2994,38	10,63	100	1,55		—		
1G	E70C-6M	1,2	3	DCEP	200	27,0	18			9,85	2113,22	21,45	100	1,51		5,6		
"	"	"	4	"	320	30,0	"			8,28	2138,34	25,83	140	2,23		11,0		
"	"	"	5	"	"	"	"			8,00	2163,46	27,04	135	2,13		11,0		
"	"	"	6	"	"	"	"			7,83	2188,58	27,95	160	2,06		11,0		
"	"	"	7	"	"	"	"			7,66	"	28,57	150	2,02		11,0		
"	"	"	8	"	"	"	"			9,15	2213,70	23,93	155	2,41		11,0		
"	"	"	9	"	"	"	"			7,75	"	28,56	155	2,02		11,0		
"	"	"	10	"	"	"	"			7,16	2232,54	31,18	140	1,85		11,0		
"	"	"	11	"	"	"	"			7,16	"	"	140	1,85		11,0		
"	"	"	12	"	"	"	"			7,25	"	31,11	120	1,84		11,0		
"	"	"	13	"	230	29,0	"			5,33	"	38,29	120	1,05		6,6		
"	"	"	14	"	"	"	"			6,17	"	36,18	120	1,11		6,6		
"	"	"	15	"	"	"	"			6,28	"	36,13	130	1,11		6,6		
"	"	"	16	"	"	"	"			5,78	"	38,63	120	1,04		6,6		
			17															
			18															
			19															
			20															
			21															
			22															
			23															
			24															
			25															
			26															
			27															
			28															
			29															
			30															
			31															
			32															
			33															

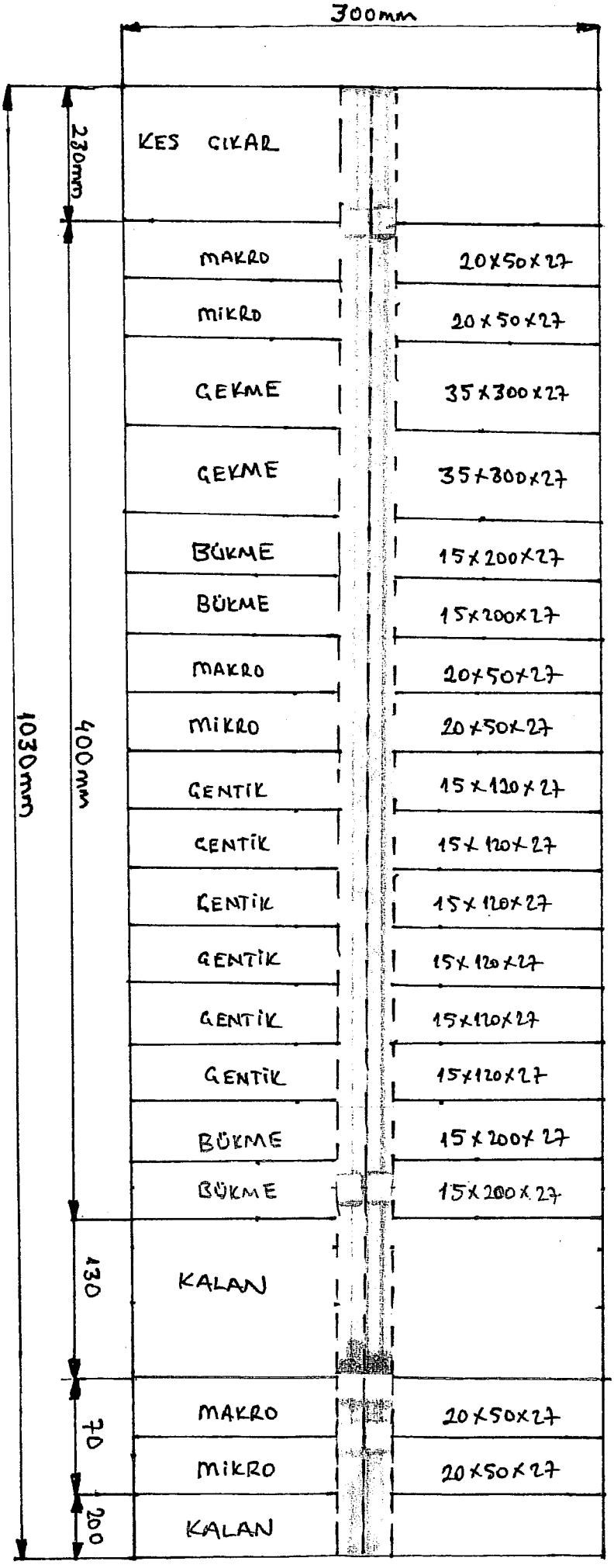
KAYNAK DENEYİNİ YAPAN	KONTROL

Isı Girdisi = $\frac{AxVx60}{K.H.x1000}$

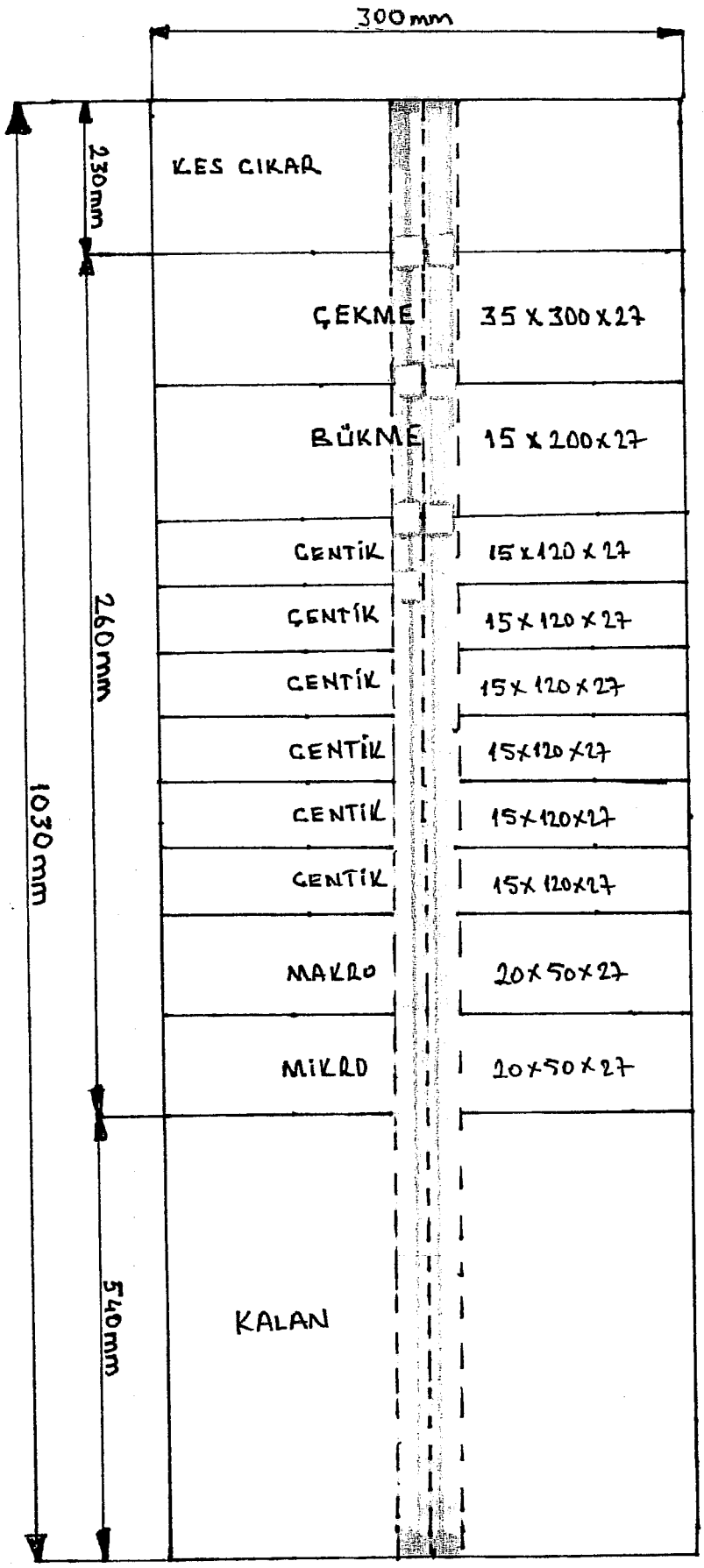
Kaynak Hızı = $\frac{cm}{dk}$

EK C Mekanik Test Sonuçları

EK C1 / Numune Çıkarılan Bölgeler


300mm
1030mm
230mm
400mm
130
70
200
KES CIKAR
MAKRO
20x50x27
MIKRO
20x50x27
CEKME
35x300x27
CEKME
35x300x27
BÜKME
15x200x27
BÜKME
15x200x27
MAKRO
20x50x27
MIKRO
20x50x27
CENTIK
15x120x27
CENTIK
15x120x27
CENTIK
15x120x27
CENTIK
15x120x27
CENTIK
15x120x27
CENTIK
15x120x27
BÜKME
15x200x27
BÜKME
15x200x27
KALAN
MAKRO
20x50x27
MIKRO
20x50x27
KALAN

TEST-2
TEST-3



TEST-1 TEST-4
TEST-5

EKC2

ÇIMTAS
ENGINEER FABRICATOR CONTRACTOR

MECHANICAL TESTS REPORT

MEKANİK TEST RAPORU

Report no: 4484
Job no : CIMTAS PIPE
Parent metal : A 671 Gr CC65 Cl 22
Identification: TEST-1&2&3&4&5
Consumable:

Standard: ASME IX — **TENSILE TEST / ÇEKME TESTİ** — Ortam sıcaklığı: Room temp. 22°C

Coupon no Numune no	Dimensions / Boyutlar			Yield strength Akma mukavemeti		Tensile strength Çekme mukavemeti		Elongation / Uzama		Remarks Açıklamalar
	a (mm)	b (mm)	A (mm2)	N	N/mm2	N	N/mm2	D I	%	
TEST-1 (1)	26,97	18,99	512,16	193483,92	377,78	270057	527,29	-----	30	Fracture in Base Material
TEST-2 (1)	27,20	18,90	514,08	184780,92	359,44	269758	524,74	-----	30	Fracture in Base Material
TEST-3 (1)	27,28	18,93	516,41	185923,24	360,03	268900	520,71	-----	27	Fracture in Base Material
TEST-4 (1)	26,43	18,92	500,06	186215,7	372,39	264899	529,74	-----	27	Fracture in Base Material
TEST-5 (1)	26,99	18,90	510,11	187909,59	368,37	267125	523,66	-----	25	Fracture in Base Material

Standard: ASME IX — **CHARPY NOTCH IMPACT TEST / ÇENTİK DARBE TESTİ** — Ortam sıcaklığı : Room temp. 22°C

Coupon no Numune no	Denomination Çentik yeri	Notch type Çentik tipi	size Ebat	Temp. Sıcaklık (° C)	Impact Energy / Enerji (JOULE)				Remarks / Açıklamalar	
					I	II	III	Av./Orta.	Imperfec.Type Kırılma Tipi	Lateral Expansion Yan genişleme
TEST-1 (1)	WELD	CVNTYPEA	10X10	-46	104	86	86	92		
TEST-1 (2)	HAZ	CVNTYPEA	10X10	-46	288	260	290	279		
TEST-2 (1)	WELD	CVNTYPEA	10X10	-46	114	94	68	92		
TEST-2 (2)	HAZ	CVNTYPEA	10X10	-46	264	288	288	280		
TEST-3 (1)	WELD	CVNTYPEA	10X10	-46	100	90	82	91		
TEST-3 (2)	HAZ	CVNTYPEA	10X10	-46	270	282	285	279		
TEST-4 (1)	WELD	CVNTYPEA	10X10	-46	108	108	84	100		
TEST-4 (2)	HAZ	CVNTYPEA	10X10	-46	288	292	284	288		
TEST-5 (1)	WELD	CVNTYPEA	10X10	-46	96	66	20	61		
TEST-5 (2)	HAZ	CVNTYPEA	10X10	-46	288	288	288	288		

Standard: ASME IX — **BENDING TEST / BÜKME TESTI** — Ortam sıcaklığı Room temp. 22°C

Coupon no Numune no	Dimension/Boyut a(mm)	Dimension/Boyut b(mm)	Plunger rad. Malafa çapı	Angle Açı	Result Sonuç	Remarks / Açıklamalar
TEST-1 (1)	10,00	27,40	40	180	No Defect	Side Bend
TEST-2 (1)	10,00	27,60	40	180	No Defect	Side Bend
TEST-2 (2)	10,00	27,60	40	180	No Defect	Side Bend
TEST-3 (1)	10,00	27,60	40	180	No Defect	Side Bend
TEST-3 (2)	10,00	27,60	40	180	No Defect	Side Bend
TEST-4 (1)	10,00	27,64	40	180	No Defect	Side Bend
TEST-5 (1)	10,00	27,80	40	180	No Defect	Side Bend

The above results are for the test specimens. Without the written permission of the authorized laboratory personnel it can not be copied or published.

Yukarıdaki test sonuçları test edilen numunelere aittir. Laboratuvar yetkilisinin yazılı onayı alınmadan hiçbir şekilde çoğaltılamaz ve yayınlanamaz

Certified by:

Prepared by / Hazırlayan : Lab.Technician/Lab.Teknikeri	Checked by / Kontrol Eden: Welding Eng./Kaynak Müh.	Accepted by / Onaylayan : Welding Manager/Kaynak Müdürü
Date / Tarih : 30.04.2007	Date / Tarih : 30.04.2007	Date / Tarih : 30.04.2007
Signature/Imza :	Signature / İmza :	Signature / İmza :

ÖZGEÇMİŞ

Ömer KÖKNAL, 1981 yılında Muğlada doğmuştur. Muğla Anadolu Lisesi orta kısmından 1996 yılında mezun olmuştur. Lise öğrenimini Bursa A.O.S. Fen Lisesinde tamamlamıştır. 1999 – 2004 yılları arasında İstanbul Teknik Üniversitesi, Kimya – Metalurji Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği bölümünde lisans eğitimi almıştır. Yüksek lisana eğitimine 2004 yılında başlamıştır.

Ağustos 2004 tarihinden beri Çimtaş Boru İmalatları ve Tic. Ltd. Şti'inde Kaynak Mühendisi olarak görev yapmaktadır.