

93762

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GEMİ YAPIMINDA, PASLANMAZ ÇELİK MALZEME
KOMBİNEZONLARININ BİRLEŞTİRİLMESİNDE
KAYNAK YÖNTEMİ, İŞLEM SİRALARI VE
PARAMETRELERİN SEÇİMİ**

Gemi İnşaatı ve Gemi Mak. Müh. Cem GÜRSİMŞİR

**F.B.E. Gemi İnşaatı Mühendisliği Anabilim Dalında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Prof. Nurullah Gültekin

Y. Doç. Dr. CAN KARAHASANODU

Doç. Dr. Selahattin Yumurtacı

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Nurullah GÜLTEKİN

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

İSTANBUL, 2000

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	iv
KISALTMA LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	vi
ÇİZELGE LİSTESİ	vii
ÖNSÖZ	ix
ÖZET	x
ABSTRACT	xi
1. GİRİŞ	1
2. MALZEMELERİN KAYNAK KABİLİYETİ	3
3. GEMİ ÇELİKLERİ	16
4. GEMİ YAPIMINDA PASLANMAZ ÇELİK KULLANIMI	26
4.1. Kimyasal Tankerler İçin Paslanmaz Çelik Plakalar	37
4.1.1 Kalitenin seçimi	38
4.1.2 Ürün standartları	39
4.1.3 Kimyasal kompozisyonları	39
4.1.4 Fiziksel özellikleri	39
4.1.5 Mekanik özellikleri	40
4.1.6 Maksimum plaka ebatları	40
4.1.7 Kalınlık, genişlik, boy ve yüzey toleransları	41
4.1.8 Ondule plakalar	42
4.1.9 Kaynak	42
5. PASLANMAZ ÇELİKLERİN KAYNAĞI	43
5.1 Paslanmaz Çeliklerin MIG Kaynağında Kullanılan Koruyucu Gazlar	44
5.2 Paslanmaz Çeliklerin kaynağında Kullanılan Dolu ve Özlü Tel Elektrodlar ...	46
5.3 Paslanmaz Çeliklerin MIG Kaynağında Ağız Hazırlığı	51
5.4 Paslanmaz Çeliklerin Başlıca Özellikleri ve Türleri	52
5.4.1 Martenzitik paslanmaz çeliklerin kaynağı	54
5.4.2 Ferritik paslanmaz çeliklerin kaynağı	56
5.4.3 Krom-Nikelli ostenitik paslanmaz çeliklerin kaynağı	60
5.4.4 Çökeltme sertleşmeli paslanmaz çeliklerin kaynağı	74
5.4.5 Dupleks ve Super Dupleks paslanmaz çeliklerin kaynağı	74

6.	GEMİ İNŞAASINDA DUPLEKS ve SÜPER DUPLEKS PASLANMAZ ÇELİKLERİN YERİ ve BUNLARA UYGULANAN KAYNAK YÖNTEMLERİ	76
6.1	Dupleks Çeliklere Uygulanan Kaynak Yöntemleri	87
6.1.1	Elektrik ark kaynağı	87
6.1.2	TIG kaynağı	88
6.1.3	MAG kaynağı	88
6.1.4	Tozaltı kaynağı	88
6.2	Dupleks Çeliklerin Kaynağında Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar	89
6.2.1	Dolgu malzemesi	89
6.2.2	Isı girdisi ve pasolar arası sıcaklık	89
6.2.3	Koruyucu gaz	91
7.	ÖNGÖRÜLEN DENEYSEL ÇALIŞMALAR	92
8.	DENEYSEL ÇALIŞMALAR VE RAPORLAR	102
9.	DENEY SONUÇLARI VE İRDELEME	153
10.	GENEL SONUÇLAR	158
	KAYNAKLAR	161
	ÖZGEÇMİŞ	164

SİMGE LİSTESİ

B	Gemi genişliği
c_f	Elementin tel veya elektroddaki yüzdesi
c_p	Elementin esas metaldeki yüzdesi
c_w	Elementin kaynak dikişindeki yüzdesi
D	Derinlik
D	Karışma yüzesi
DWT	Gemi ölü ağırlıklar tonajı
FN	Ferrit numarası
GRT	Gemi gross tonajı
Lbp	Gemi kaimeler arası boyu
Loa	Gemi toplam boyu
PRE	Malzemenin beklenen korozyon direnci
T	Draft
V	Gemi hızı



KISALTMA LİSTESİ

ASME	The American Society of Mechanical Engineers
AWS	American Welding Society
FCAW	Flux-Cored Arc Welding
GMAW	Gas Metal-Arc Welding
GTAW	Gas Tungsten-Arc Welding
IEB	Isıdan Etkilenmiş Bölge
ITAB	Isı Tesiri Altındaki Bölge
LNG	Liquid Natural Gas
LPG	Liquid Petrol Gas
MAG	Metal Active Gases
MIG	Metal Inert Gases
PQR	Procedure Qualification Record
PT	Penetrasyon
QW	Qualifications for Welding
SAW	Submerged-Arc Welding
SMAW	Shielded Metal-Arc Welding
TIG	Tungsten Inert Gases
WPS	Welding Procedure Specification

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1 Kaynak metalinin katılaşma evreleri	11
Şekil 2.2 Tek pasolu bir alın kaynak dikişinde segregasyon bölgesi	12
Şekil 2.3 Çeşitli tür metal ve alaşımlarının kaynağında IEB 'de ortaya çıkabilecek iç yapılar	13
Şekil 2.4 Kaynak kabiliyetinin malzeme, üretim yöntemi ve konstrüksiyona bağımlılığının şematik olarak gösterilmesi (DIN 8528)	14
Şekil 2.5 DIN 8528 'e göre kaynak kabiliyetini etkileyen faktörlerin şematik gösterilişi	15
Şekil 4.1 Gemi baş ve kış bölümlerinde enine posta sistemi öngörülmesine rağmen kargo tankları boyunca uygulanan boyuna posta sisteminin orta kesitten görünüşü	28
Şekil 4.2 Trans Arctic – 7000 DWT	29
Şekil 4.3 Trans Arctic – 7000 DWT – Genel görünüş resmi	30
Şekil 4.4 Gemi kargo tank bölmelerinin gösterildiği profil ve su hattı görünüşleri	31
Şekil 4.5 Gemi tank bölmelerinin gösterildiği orta kesit görünüşleri	32
Şekil 4.6 Gemiminin ayrı ayrı bloklar halinde inşaa edilecek grupları	33
Şekil 5.1 Paslanmaz çelik kaynak metalinde mikroyapının belirlenmesinde kullanılan Shaeffler diyagramı	64
Şekil 5.2 Ostenitik kaynak metalinde ferrit sayısının tanımlanması için kullanılan De Long diyagramı	65
Şekil 5.3 Ostenitik krom-nikelli paslanmaz çeliklerde tane sınırlarında krom karbür çökmesine bağlı olarak krom azalması (Şematik)	66
Şekil 6.1 X2 CrNiMoN 22 5 3 çeliğe ait kaynak bağlantısının Fe-Cr-Ni (%70 demirden oluşan) üçlü diyagramdaki yeri	80
Şekil 6.2 Tozaltı kaynak tekniğiyle kaynaklanmış dupleks paslanmaz çeliğin mikroyapısı	82
Şekil 6.3 Elle ark kaynak tekniği kullanılarak yapılan çok pasolu bir kaynakta yüksek sıcaklıkta kaynak metalinde kırılabilirliğin meydana gelmesi için geçen süre (dak.)	84
Şekil 6.4 $t_{12/8}$ ile çizgisel ısı girdisi arasındaki bağıntı	85
Şekil 6.5 $t_{12/8}$ soğuma sürelerine ve iki farklı azot içeriğine göre kritik delik korozyonu sıcaklıklarının değişimi	86
Şekil 6.6 Kritik delik korozyonu sıcaklığının çeşitli çizgisel enerji girdisine ve iki farklı azot içeriğine bağlı olarak değişimi	86
Şekil 7.1 ASME QW-461 'e göre kaynak pozisyonları	96
Şekil 7.2 Karışmanın bileşime etkisi	97

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2.1 Çeşitli malzemelerin kaynak ve birleştirilme kabiliyetleri	7
Çizelge 3.1 TS 6070'e göre, gemilerde kullanılan çelik sac, band ve levhalar için çelik türleri ve bileşimleri	16
Çizelge 3.2 TS 6070'e göre gemi kazanlarının yapımında kullanılan çelikler ve bileşimleri	17
Çizelge 3.3 TS 6070'e göre, alçak sıcaklığa dayanıklı ferritik çelik sac, band ve levhaların çeşitleri ve bileşimleri	17
Çizelge 3.4 TS 6070'e göre, gemi yapımında kullanılan ostenitik paslanmaz çelik çeşitleri ve bileşimleri	18
Çizelge 3.5 TS 6070'e göre, gemi yapımında kullanılan genel yapı çeliklerinin mekanik özellikleri	20
Çizelge 3.6 TS 6070'e göre gemi yapımında kazan için kullanılan çeliklerin mekanik özellikleri	21
Çizelge 3.7 Gemi kazanlarının yapımında kullanılan çeliklerin, 100000 saatlik çalışma sonucu, çalışma sıcaklıklarına bağlı olarak ortalama kopma gerilmesi (Mpa) değerleri	22
Çizelge 3.8 TS 6937'ye göre, gemi yapımında kullanılan, alçak sıcaklığa dayanıklı ferritik elik çubuk ve profillerin mekanik özellikleri	23
Çizelge 3.9 TS 6070'e göre, gemi yapımında kullanılan, alçak sıcaklığa dayanıklı ferritik çeliklerin mekanik özellikleri	24
Çizelge 3.10 TS 6070'e göre, gemi yapımında kullanılan ostenitik paslanmaz çeliklerin mekanik özellikleri	25
Çizelge 4.1 Mevcut gemilerin inşasında kullanılan paslanmaz çelik çeşitlerinin ve tonajının DWT a göre dağılımı	34
Çizelge 4.2 7000 DWT luk bir kimyasal tankerin Double Bottom Blokları için sarf edilecek paslanmaz çelik ve normal gemi inşaa çeliği miktarı	35
Çizelge 4.3 7000 DWT luk bir kimyasal tankerin Yan Blokları için sarf edilecek paslanmaz çelik ve normal gemi inşaa çeliği miktarı	35
Çizelge 4.4 7000 DWT luk bir kimyasal tankerin Güverte Blokları için sarf edilecek paslanmaz çelik ve normal gemi inşaa çeliği miktarı	36
Çizelge 4.5 Corrugate perde ağırlıkları	36
Çizelge 4.6 7000 DWT luk bir kimyasal tanker için sarf edilecek paslanmaz çelik ve normal gemi inşaa çeliği toplam ağırlığı	37
Çizelge 4.7 Kimyasal tankerlerde kullanılan Avesta paslanmaz çeliklerin kimyasal kompozisyonları	39
Çizelge 4.8 Kimyasal tankerlerde kullanılan Avesta paslanmaz çeliklerin fiziksel özellikleri	39
Çizelge 4.9 Kimyasal tankerlerde kullanılan Avesta paslanmaz çeliklerin mekanik özellikleri	40
Çizelge 4.10 Kimyasal tankerlerde kullanılan Avesta paslanmaz çelik plakaların ebatları	41
Çizelge 4.11 Paslanmaz çelik plakaların uc işleme toleransları	42
Çizelge 5.1 Paslanmaz çeliklerin kaynağında kullanılan ticari karışım gazlar	46
Çizelge 5.2 DIN 8575'e göre sıcaklığa dayanıklı çeliklerin kaynağında kullanılan gazaltı kaynak telleri	47

Çizelge 5.3	AWS A5.22'ye göre paslanmaz ve korozyona dayanıklı çelik tel elektrodların kimyasal bileşimleri	48
Çizelge 5.4	TS 1197'ye paslanmaz tellerin kimyasal bileşimi	49
Çizelge 5.5	DIN 8556'ya göre paslanmaz ve ısıya dirençli çelikler için kaynak telleri	50
Çizelge 5.6	Martenzitik paslanmaz çelikler için öntav, kaynak ısı girdisi ve son tav gereksinimi	54
Çizelge 5.7	Endüstride sık karşılaşılan Martenzitik Paslanmaz Çelik Türleri	55
Çizelge 5.8	Endüstride sık karşılaşılan Ferritik Paslanmaz Çelik Türleri	59
Çizelge 5.9	Ostenitik çeliklerin genleşme katsayıları	61
Çizelge 5.10	Ostenitik çeliklerin elastisite modulleri	62
Çizelge 5.11	Ostenitik Krom-Nikelli Paslanmaz Çeliklerin yaygın kullanılan türleri	63
Çizelge 5.12	Krom karbür çökmesinin karbon içeriği, zaman ve sıcaklığa bağlılığı	67
Çizelge 5.13	Farklı kök koruma gazlarının yoğunlukları	71
Çizelge 5.14	Ostenitik Cr-Ni'li paslanmaz çeliklerin kısa ark MIG kaynağında önerilen kaynak karakteristikleri	72
Çizelge 5.15	Ostenitik Cr-Ni'li paslanmaz çeliklerin kısa ark MIG kaynağı için önerilen kaynak koşulları	72
Çizelge 5.16	Ostenitik Cr-Ni'li paslanmaz çeliklerin sprej ark ile MIG kaynağı için önerilen kaynak koşulları	73
Çizelge 5.17	AWS 'ye göre sınıflandırılmış çökme sertleşmeli çeliklerin kaynağı için önerilen dolu tel elektrodlar	75
Çizelge 6.1	Kimyasal Tankerlerin inşasında kullanılmış paslanmaz çelikler	76
Çizelge 6.2	Yaygın olarak kullanılan dupleks paslanmaz çelik sınıfları	77
Çizelge 6.3	1.4462 malzeme numaralı dupleks çeliklerin kimyasal bileşimi ile mekanik-teknolojik özellikleri	78
Çizelge 6.4	Fafer 4462 duplek paslanmaz çelik plakaların ebatları	78
Çizelge 6.5	Dupleks ve süper dupleks paslanmaz çeliklerin kaynağı için önerilen ısı girdisi ve pasolar arası sıcaklık	79
Çizelge 6.6	Dupleks ve süper dupleks paslanmaz çeliklerin kaynağı için önerilen ek kaynak malzemeleri	81
Çizelge 6.7	1.4462 malzeme numaralı dupleks çeliğin kaynağında kullanılan aynı cins kaynak ilave malzemesinin kimyasal bileşimi ve mekanik-teknolojik özellikleri	81
Çizelge 6.8	Süper dupleks çeliklerin kaynağında kullanılan kaynak ilave metalinin kimyasal bileşimi ve mekanik-teknolojik özellikleri	90
Çizelge 7.1	QW-451 Kalınlık limitleri kalifikasyon prosedürü ve test örnekleri	99
Çizelge 7.2	Malzeme ve elektrod bünyesindeki elementlerin yüzdesi	100
Çizelge 7.3	Her PQR için hesaplanan c_w değerleri	100

ÖNSÖZ

Bu çalışmada, paslanmaz çeliklerin gemi inşaa sektöründe kullanımlarında en ekonomik ve en uygun kaynak yönteminin seçilmesi amaçlanmış ve bu çalışmanın tersanelerde ve paslanmaz çelikle imalat yapan ağır sanayi sektörlerinde yol gösterici bir çalışma olması istenmiştir.

Bu çalışmanın hazırlanmasında bana çok büyük destek ve yol gösterici olan başta Prof. Nurullah GÜLTEKİN olmak üzere, deneylerin yapılmasında bana kaynak laboratuvarının kapılarını açan ve yardımlarını esirgemeyen ÇİMTAŞ Fabrikası Kaynak Müdürü Zeki YAZICI 'ya, kaynak numunelerinin analizlerinin yapılmasında yardımcı olan ASİLÇELİK Araştırma ve Laboratuvar Müdürlüğüne ve de tezin hazırlanması süresince her zaman yanımda olan aileme teşekkürlerimi bir borç bilirim.



Cem GÜRŞİMŞİR
Gemi İnşaatı ve Gemi Mak. Müh.

ÖZET

Kimyasal tankerlerde kullanılması kaçınılmaz olan paslanmaz çelikler, elektriği çok iyi iletmediklerine karşın ısıyı hiç iyi iletmediklerinden dolayı kaynak edilmelerinde birtakım zorluklar doğururlar. İnşaasında paslanmaz çelik malzeme kullanılması söz konusu olan gemilerde, paslanmaz çelik ile gemi inşaa çeliği gibi iki farklı malzemenin birbiriyle kaynağı söz konusu olmaktadır. Bu durumda gemilerde paslanmaz çelik kullanılacak yerlerdeki kaynak noktalarında uygulanacak kaynak yönteminin hem ekonomik olması, hem de sağlıklı sonuç alınması bakımından doğru seçilmesi gerekmektedir.

Gemilerin bloklar halinde inşası sırasında karşılaşılan kaynak noktaları tesbit edilmiş, bu noktalara uygulanması en doğru kaynak yöntemi seçilmiş ve seçilen yöntemin uygulanması suretiyle deneyler yapılmıştır. Deney malzemeleri olarak 6 ve 10 mm et kalınlığında AISI 304 paslanmaz çelik, gemi inşaa çeliği olarak 10 mm et kalınlığında A516 Gr70 ve karbon çeliği boru olarak da 6 mm et kalınlığında A106 GrB seçilmiştir. Deneylerde tozaltı, gazaltı, elektrod ve TIG kaynak yöntemleri uygulanmış ve bu kaynak dikişlerinin mekanik testleri yapılmıştır. Deney sonuçları raporlar halinde verilmiştir. Elde edilen sonuçlar neticesinde geminin belirlenen kaynak noktalarına uygulanacak en ekonomik ve en uygun yöntem saptanmıştır.

Anahtar kelimeler : Gemi inşaa, kimyasal tanker, paslanmaz çelikler, kaynak

ABSTRACT

The unavoidable use stainless steels for chemical tankers transmit the electricity well, but they do not transmit as well the heat; therefore some problems in welding of stainless steels occur. Using stainless steel materials for the building of ships, the welding of each other of two different kinds of material, stainless steel and shipbuilding steel, are here in quest. In that case, the welding method applied to welding points on places where stainless steel is used, must so be chosen that it is economical and that healthy results can be taken.

The welding points met during the building of ship in blocks has been determined, the best weld method practising to these points has been chosen and experiments using this method are done. As experiment materials; with 6 and 10 mm wall thickness AISI 304 stainless steel; for the shipbuilding steel, with 10 mm wall thickness A516 Gr70 and for carbon steel pipe, with 6 mm wall thickness A106 Gr-B are taken. SAW, FCAW, SMAW and TIG welding methods have been applied to the experiments and mechanical tests to the welding stitches are also done. The results of the experiments are shown in form of a report. The most economical and the most suitable method that will be applied to the fixed welding points of a ship taken as a result of the obtained conclusions has been determined.

Key words : Ship building, chemical tanker, stainless steel, welding

1. GİRİŞ

Suda ulaştırmanın ilk çağlarında insanların sallardan faydalandıkları şüphe götürmez bir gerçektir. Sonraları tek parça kütükten oyularak yapılmış ilk tekneler kullanıldı. İlk kaplama tekneler ağaçtan yapılmış kaburgalar üzerine hayvan derilerinin sırımlarla veya ağaç kabuklarının çeşitli liflerle birbirine tutturulması suretiyle bir araya getirildi. Bir süre sonra deri ve ağaç kabuklarının yerini ince ve düzgün biçilmiş ağaç kaplamalar aldı. Nihayet gemi inşaatında çivinin de kullanılabilmesiyle daha biçimli ve daha iri tekneler su üzerinde yer almaya başladı.

Gemi yapımında yüzyıllar boyu yalnız ağaç kullanıldı. İlk sac gemi Aaron Manby 1822'de inşaa edildi. Zırh, gemi yapımında 1876'da Redutable adlı Fransız, 1877'de Iris adlı İngiliz kruvazöründe ve 1879'da Rotomohana adlı Avusturya yolcu gemisi de ilk olarak kullanıldı. İkinci Dünya Savaşında, İngiltere, Empire adı verilen bir seri gemi imalatına koyulurken bu alanda en büyük çabayı A.B.D. harcadı ve çok ileri bir çalışma ve teknik sayesinde önceden seri halinde hazırlanan blokların gene seri halinde birbirlerine elektrik ark kaynağı kullanılarak eklenmesi suretiyle harp ilanından 1-Nisan-1945 tarihine kadar geçen süre içersinde 2000 Grosstonun üzerinde 4395 gemi imal ettiler. Bu şekilde gemi inşasına kaynak teknolojisi girmiş oldu. Bu sayede çelik kullanımı her türlü gemi inşasında ön saflarda yer almıştır.

Deniz taşımacılığında kimyasal maddelerin de yer alması, bu kimyasal maddelere dayanımı iyi olan paslanmaz çeliklerin gemi inşaatında kullanılmaya başlamasını sağlamıştır. Paslanmaz çeliklerin bu sektöre girmesi, bu malzemelerin gemilerin neresinde ve hangi kaynak yöntemiyle birleştirileceği sorusunu gündeme getirmiştir. Nihayetinde paslanmaz çelikler özel malzemeler olup, özel kaynak yöntemleriyle kaynak edilmelidirler.

Paslanmaz çeliğin gemi inşasında kullanılmasıyla karşımıza çıkan en önemli sorun, farklı kimyasal kompozisyonları olan iki malzemenin kaynak edilmesi durumudur. Kimyasal tankerlerde bu gibi durumlarla sıkça karşılaşılır. Tank içerisindeki malzemelerin paslanmaz çelik olup bu tank gövde sacına, normal gemi inşaa çeliği konstrüksiyon elemanlarının kaynaklanması durumu söz konusu olabilmektedir. Bu farklı karakterli iki malzemenin birbirine kaynağı durumuyla gemi borulama sistemlerinde de karşılaşmaktayız. Bazı

hallerde paslanmaz boru ile karbon çelik boruların birbirine kaynağı, paslanmaz boruların farklı kaliteli flanşlara kaynağı gemi inşaatında karşılaşılan durumlardır.

Öyle ki paslanmaz çeliklerin, kendi içerisinde de kimyasal kompozisyonlarından dolayı birbirlerinden ayrılmasını sağlayan türleri mevcuttur. Mesela martenzitik paslanmaz çeliğin sakin havada soğuma halinde bile yapılarında martenzit oluşur ve bu çeliklerin kaynak kabiliyetleri çok düşüktür. Dolayısıyla kaynaktan önce mutlak suretle bir ön tavlama tabi tutulmaları gereklidir. Bu durum gösteriyor ki paslanmaz çeliklerin yalnız kaynak edilebilirliği değil kaynaktan önce ve sonra yapılması gereken işlemlerin de belirlenmesi gereklidir.

Ayrıca paslanmaz çeliklerin kaynağında kullanılan koruyucu gazların ve de kaynak elektrodlarının da sonuca çok büyük etkisi vardır. En iyi kaynak nüfuziyetini sağlayacak koruyucu gazın ve esas metal ile en iyi uyumu gösterecek kaynak telinin seçilmiş olmasını, çok dikkat edilmesi gereken bir konudur.

Dolayısıyla bu tez çalışmasında, paslanmaz çelik kullanımının olduğu gemilerin inşaatında karşılaşılabilecek bu gibi durumlarda uygulanan farklı kaynak yöntemlerinin, malzemelerin kaynak kabiliyetleri doğrultusunda uygulanan işlem sıralarının ve kullanılan kaynak parametrelerinin yapılan kaynağın dikişindeki kaliteye etkilerinin neler olabileceğinin üzerinde durulacaktır. Belirtilen hususlar dikkate alınarak yapılacak deneylerle en iyi sonuca ulaşılmaya çalışılacaktır.

2. MALZEMELERİN KAYNAK KABİLİYETİ

Tarih boyunca insanoğlunun karşılaştığı sorunlardan bir tanesini gereksindiği araç ve gerekçeleri yapabilmek için malzemeleri şekillendirmesi olmuştur; bu uğraş halen de devam etmektedir ve insanoğlu yaşadıkça da devam edecektir. Taş devrinde sorun taşların yontulmasında, bronz ve demir çağının başlarında ise, bu malzemelerin bulunmasında ve şekillendirilmesinde idi. Yüzyıllar boyunca metalsel malzemelerin elde edilmesi ve şekillendirilmesi büyük emek ve masraf gerektirmiştir; örneğin XIII. yüzyılda bir zırhlı şövalyenin donanım ve atına ödenen tutar yaklaşık olarak II. Dünya Savaşı'nda kullanılmış olan bir Centurion tankının maliyetine eşittir.

Metallerin elde edilmesinde ve işlenerek şekillendirilmesinde kazanılan deneyim, beceri ve bilginin artması, bunların uygulama alanlarını da genişletmiştir. Bunlardan yapılan yapılar ve ürünler daima tatminkar bir davranış göstermektedir, ancak beklenmeyen ani kırılmalar birçok can ve mal kaybına yol açmaktadır. Ortaçağ topçularının topu ateşlerken yaptıkları dua, bunun en belirgin örneklerinden birisidir.

Endüstri devriminin başlarında metal kullanma sahalarının genişlemesi bu ani kırılma olayları dolayısı ile ortaya çıkan kazaların da artmasına yol açmıştır. Özellikle bu yıllarda demiryolları kazaları sonucundaki can ve mal kayıpları kayda değer rakamlara erişmiştir.

Bu kazaların birçoğu dizayn hataları sonucunda ortaya çıkmıştır, ancak deneyimler ve gözlemler bu kazalardan bir bölümüne malzemede varolan mikroçatlakların zamanla büyüyerek kırılmaya yol açmasının neden olduğu ortaya çıkmıştır. Malzeme kalitesinin iyileştirilmesi ve özelliklerinin daha uygun ve hassas bir şekilde saptanması, dizayn yöntemlerinin geliştirilmesi ve çatlak varlığı olasılığın azaltılması bu ani kırılmalar sonucu çıkan kazaların kabul edilebilir bir düzeye inmesi sağlanmıştır.

Dizaynda en önemli mühendislik kriteri, daha doğrusu mühendisliğin amacı, ürünlerin gerek üretim ve gerekse de kullanma sırasında sağlam, emniyetli ve ekonomik bir biçimde görevlerini yerine getirme koşuludur.

Bu koşulu yerine getirebilmek için mühendis, işletme zorlamalarını, bunların oluşturduğu gerilmeleri ve parçanın ya da yapının görevini yerine getirmeyecek derecede tahrip olacağı zorlanma ve gerilmeleri belirler. Mühendis bu hesapları gözönünde bulundurarak gemi inşaatı için malzeme seçimini ve parça boyutlandırmasını yapar.

Bir geminin veya herhangi bir gemi elemanının görevini yerine getirmeyecek derecede tahrip olması sonucunda saptanan hasar türleri şunlardır:

- ✓ Genel akma, yapının veya bir elemanın zorlanma sonucunda plastik deformasyona uğraması,
- ✓ Yapının veya bir elemanın elastik veya plastik bir biçimde burkulması veya aşırı elastik şekil değiştirmesi,
- ✓ Kırılma, yapının bir parçasının kısmen veya tamamen bütününden ayrılması

Akma veya plastik şekil değişimi genel olarak malzeme elastiklik sınırını aşan gerilme ile zorlanınca ortaya çıkan bir olaydır. Akma sonucunda, parçanın boyutları değişmiş ve ölçü toleransları aşılmış olduğundan, parça iş göremez hale gelir. Sünek malzemelerden yapılmış makina parçalarında akma genellikle kopma ile sonuçlanmaz, zira malzeme akma sırasında sertleşir ve mukavemeti artar, akmanın devam edebilmesi ve kopmanın meydana gelebilmesi için sürekli olarak yükün artırılması gereklidir. Makina parçaları halinde ise, daha bu seviyeye gelinmeden parça genellikle boyut toleranslarını aşacağından iş göremez hale gelir. [2,23]

Akma sınırının altında sabit gerilme ile sürekli olarak zorlanan parçalarda da zamana bağlı olarak sürünme veya sünme (creep) adı verilen bir plastik şekil değişimi oluşur. Gemi İnşaatında kullanılan metalsel malzemelerde, normal çalışma sıcaklıklarında sürünme sonucu oluşan şekil değişimi önemli bir seviyede değildir, uygulamada ölçülebilecek bir büyüklüğe erişmesi için ürünün ömrünün birkaç katı zamana gerek vardır; ancak yüksek sıcaklıklarda bu olay kendini şiddetle hissettirir. [2,23]

Burkulma kararsız bir denge olayıdır, narin bir puntel veya çubuk biçimindeki elemanın eksenel yüklenmesinde, yükün Euler kritik değerini aşması sonucunda ortaya çıkar.

Kırılma, katı haldeki bir malzemenin etkiyen gerilmeler altında iki veya daha fazla fazla parçaya ayrılması veya daha kaba bir deyimle parçalanmasıdır. Kırılma gevrek ve sünek olmak üzere iki türde gerçekleşir.

Sünek kırılma, parçanın kırılmadan önce veya çatlağın ilerlemesi sırasında göstermiş olduğu deformasyon ve çatlak ilerleme hızının yavaş olması ile karakterize edilir. Özellikle, kırık yüzeyine yakın bölgelerde fazla miktarda şekil değişimi görülür. [2,22,23]

Metallerde gevrek kırılma çatlağın büyük bir hızla büyümesi ile karakterize edilir; burada büyük bir kalıcı şekil değişimi görülmez, sadece kırık yüzeylerinde mikro düzeyde bir şekil değişimine rastlanır. Metalsel malzemelerin gevrek kırılmaya olan eğilimi, azalan sıcaklık, şekil değişimi derecesinin artması, çatlak ve çentik diplerine üç eksenli gerilme halinin oluşması, yaşlanma veya ısı işlem sertleşmesi ile artar. [2,22,23]

Gemilerde, gevrek kırılma ne pahasına olursa olsun önlenmesi gereken bir olaydır, zira hiçbir uyarıda bulunmadan aniden oluşur ve tamiri olanaksız olaylara yol açar.

Sunduğu kolaylık, sürat, ekonomiklik ve malzeme tasarrufu dolayısı ile kaynaklı birleştirmelerin geniş çapta kullanılması, kırılmaya eğilimli yeni yapıların ortaya çıkmasına neden olmuştur. II. Dünya Savaşı sırasında inşa edilmiş olan 2500 adet Liberty tipi şileplerden 145 tanesi ortadan ikiye bölünmüş ve diğer 700 tanesinde de oldukça ciddi hasarlar saptanmıştır. Aynı tür kazalara gene kaynaklı olarak inşa edilmiş birçok köprü, boru hattı ve akaryakıt tanklarında da rastlanmıştır.

Kırılmalar genellikle gemiler boş durumda limanda yatarken güneş ışınlarının güverteyi ısıtmaya başladığı saatlerde meydana gelmiştir. Olayın bir zorlanma veya yük durumu olmadan ortaya çıkmış olması başlangıçta sorunu açıklanamaz hale sokmuştur. Bunun sonucu olarak başta A. B. D. olmak üzere birçok ülkede bu konuda çalışmaya başlanmış ve olayın, var olan ufak çatlaklarda gerilme yığılmaları nedeni sonucu ortaya çıktığı anlaşılmıştır.

Aslında bu yapılar oldukça rijit ve çok az bir plastik şekil değiştirme kabiliyatine sahip olduklarından; gemi limanda yatarken güvertesinin güneşte ısınarak genleşmesi, buna karşın su altında kalan kısmın, su sıcaklığının sabit olmasından ötürü aynı kalmasının oluşturduğu gerilmelerin var olan mikroçatlaklar veya kaynak hatalarından doğan çatlakların gerilmesine neden olduğu ve kaynak dikişi boyunca ısıdan etkilenmiş bölgede, bu çatlakların büyük bir hızla ilerleyerek gemiyi iki parçaya ayırdığı anlaşılmıştır.

Bu araştırmalar sonucunda keskin çentik ve çatlakların ucunda oluşan üç eksenli gerilme halinin düşük sıcaklarda gerilmeye teşvik ettiği görülmüştür. Belirli bir sıcaklığın altında ferritik yapı çeliklerinin gevrek bir biçimde, hissedilebilir bir plastik şekil değişimi meydana gelmeden kırıldıkları görülmüştür. Buna karşın aynı çelikler, tranzisyon (geçiş) sıcaklığı adı verilen bu sıcaklık derecesinin üstünde oldukça sünek bir davranışa sahiptirler. Bu tranzisyon (geçiş) sıcaklığının seviyesi, çeliğin bileşimine bağlı olduğu gibi aynı bileşimdeki çelik için uygulanan ısıtma işlemi göre de değişmektedir; kaynak sırasında malzemenin karşı karşıya kaldığı ısıtma çevrim bu kritik sıcaklığa oldukça yükseltmektedir.

Kaynaklı yapılarda karşılaşılan kırılma olaylarında, kırılmaların, kaynak bölgesinde daima ısıdan etkilenmiş bölgede var olan bir hatadan veya oluşmuş bir çatlaktan başlayarak geliştiği görülmektedir [22,23]. Kaynaklı yapılarda bu tür kırılmalara meydan vermemek için, kaynak sırasında, ısıdan etkilenmiş bölgede oluşan olayların iyi bilinmesi, ortaya çıkan yapının mekanik özelliklerin hassas bir şekilde saptanması ve bunların bir dizayn kriteri olarak gözönüne alınması gereklidir. Bu konuya daha uygun bir çözüm ise, ısıdan etkilenmiş bölgenin özellikleri, bu tür olaylara neden olmayacak türde malzemelerin geliştirilmesi yolunda çaba sarfetmektedir.

Her birleştirme yönteminin, her gemi inşa malzemesi ile bağdaşmadığını belirtmek gerekir. Kaynak kabiliyeti ve birleştirilebilirlik kelimeleri, bir malzemenin kaynak ve birleştirme kabiliyeti anlamına geldiğinde, son derece belirsizlerdir. Yöntemlerden biri verilmiş bir malzeme ile uygulanırsa mükemmel sonuçlar üretebilir, diğeri ise üzücü bir hata. Verilmiş bir yöntemde, sonuç kalitesi yöntem parametrelerindeki, elektrod malzemesi, koruyucu gazlar, kaynak hızı ve soğuma hızı gibi, değişimlerle çok değişebilir.

Çizelge 2.1 farklı farklı birleştirme yöntemlerinin bazı önemli gemi inşaa malzemeleriyle uygunluğunu gösteriyor. Her durumda, yöntem, tavsiye edilir (R), genellikle yapılır (C), bazı zorluklarla yapılır(D), nadir kullanılır (S) ve kullanılmaz (N) diye sınıflandırılmıştır.

Yinede sınıflandırmaların geliştirme olduğuna önem vermek gerekir. Her iki grupta ayrıklar sık sık oluyor; malzeme ailesinde paslanmaz çeliklerin değişik türleri gibi ve yöntem çeşitlerinde, arc kaynağı burada belirli yöntemlerin farklılığını kaplıyor. Bununla birlikte, çizelge yöntem seçmede yardımcı olmak için ana hat gibi kullanılabilir.

Çizelge 2.1 – Çeşitli malzemelerin kaynak ve birleştirilme kabiliyetleri [7]

Malzeme	Ark Kaynağı	Oksiasetilen Kaynağı	Elektron		Kaplama	Lehimleme	Yapıştırma
			Işın Kaynağı	Direnç Kaynağı			
Dökme Demir	C	R	N	S	D	N	C
Karbon ve Düşük Alaşımli Çelik	R	R	C	R	R	D	C
Paslanmaz Çelik	R	C	C	R	R	C	C
Alüminyum ve Magnezyum	C	C	C	C	C	S	R
Bakır ve Bakır Alaşımları	C	C	C	C	R	R	C
Nikel ve Nikel Alaşımları	R	C	C	R	R	C	C
Titanyum	C	N	C	C	D	S	C
Kurşun ve Çinko	C	C	N	D	N	R	R
	Isıtılmış	Sıcak Gaz		İndüksiyon			
Termoplastik	R	R	N	C	N	N	C
Termoset	N	N	N	N	N	N	C
Elastomer	N	N	N	N	N	N	R
Seramik	N	S	C	N	N	N	R
Farklı Metaller	D	D	C	D	D/C	R	R

Bir üretim yöntemi olarak, kaynak uygulanarak inşa edilmiş bir geminin, üretilmiş makina parçasının veya tamir edilmiş hasarlı bir parçanın kulanma emniyeti ve kalitesi sadece kullanılan kaynak metalinin türüne diğer bir deyimle seçimine bağlı değildir. Bir kaynak bağlantısının özelliğine etkileyen faktörlerin en önemlisi kaynak işlemi esnasında uygulanan sıcaklığın dağılım ve değişimi karşısında esas metalin davranışdır.

Pek az istisnası ile hemen hemen bütün kaynak yöntemleri kaynak edilen malzemelerin kaynak bölgesinin yerel olarak ergime veya metalin solidüsüne yakın bir sıcaklığa ısıtılmasını gerektirir. İşte böyle sıcaklığa kadar ısıtılmayı takip eden soğuma, metalde iç yapı değişikliklerine neden olduğu gibi, yüksek sıcaklık kaynak metali, curuf, esas metal ve ortam atmosferi arasında bir takım kimyasal reaksiyonların oluşmasına da neden olur. [5,23]

Bütün ergitme kaynak yöntemleri temel olarak bir döküm işlemini andırır. Kaynak metali, elektrik arkı veya gaz alevinin yüksek sıcaklığı karşısında ergir ve daha önceden hazırlanmış olan kaynak ağzı içine dökülür, bu arada kaynak ağzının kenar yüzeyleri de bir miktar ergir ve dolayısıyla ergimiş metal ve esas metal karışarak kaynak ağzı içinde katılaşır. Bu işlem sırasında, kaynak edilen malzemelerin kaynak dikişine bitişik kısımlarında, metalin ergime sıcaklığından ortam sıcaklığına kadar, değişik sıcaklık derecelerinde ısınmış bölgeler ortaya çıkar. Böylece malzemeye sıcaklık derecesi kaynak işlemince belirlenmiş, bir ısıl çevrim uygulanmış olur.

Isıl çevrimler özellikle çelik malzemeler için çok önemlidir. Bu ısıl çevrimlerin tepe sıcaklıklarına ve soğuma hızlarına göz atarsak, bunlar içinde çeliğin normalizasyon, temperleme, su verme ve yeniden kristalleşme tavlamlarına karşı gelenlerin bulunduğunu görürüz. Bu tür ısıl işlemler sonucunda çeliğin iç yapısının ve buna bağlı olarak mekanik özelliklerinin ne denli değiştiği her mühendis tarafından çok iyi bilinen bir konudur. Bu olaydan ötürü kaynak bölgesinde, çeşitli ısıl işlemler görmüş ve dolayısıyla mekanik özellikleri ve iç yapısı gerek esas metal ve gerekse kaynak metalinden farklı değişik bölgeler ortaya çıkar. Farklı özelliklerdeki bu bölgelerde, tüm yapının zorlanması halinde, gerilme ve şekil değişiminde olduğu gibi korozyona dayanıklılıkta da esas metalden farklı davranışlar görülür. [5]

Sıcaklığın reaksiyon üzerine olan etkisi bilinen bir gerçektir; genel olarak bütün reaksiyonların oluşum ve gelişim hızı ile metallerin birbirleri içinde çözülme kabiliyeti yükselen sıcaklıkta artar [5]. Örneğin, çökeltme sonucu elde edilmiş olan bir takım özellikler yüksek sıcaklıklarda kaybolur.

Şu halde genel olarak kaynak işlemi, gerektirdiği yüksek sıcaklık derecesi dolayısı ile metalin iç yapısına ve bazı hallerde de kimyasal bileşimine etki etmekte ve sonuçta malzemenin özellikleri değişmektedir.

Az alaşımlı, yüksek mukavemetli modern yapı çeliklerinin cazip mekanik özellikleri bütünü ile iç yapılarının etkisi altındadır. İç yapı genel olarak hassas bir biçimde ayarlanmış kimyasal bileşim, dikkatli bir şekilde planlanmış bir ısıtıl işlem çevrimi veya bazı hallerde de bir mekanik işlem ile kontrol altına alınabilir. İşte az alaşımlı, yüksek mukavemetli yapı çelikleri bu faktörlerin optimizasyonu ile elde edilmişlerdir.

Metalsel malzemeler bir kaynak işlemi gördükleri zaman, kaynak dikişine bitişik olan bölge, kaynağa uygulanmış olan sıcaklık derecesinin daha doğrusu ısıtıl çevrimin etkisi altında kalır. Yüksek mukavemetli yapı çeliklerinde bu ısıtıl çevrim, çeliğin eldesi esnasında görmüş olduğu ısıtıl işlemlerden farklı olduğundan, ortaya iç yapısı, buna bağlı olarak da mekanik özellikleri farklı bir bölge ortaya çıkar. [5]

Kaynak yapılan bir parçada, kaynak bölgesini, erime bölgesi ve ısının tesiri altında kalan bölge ITAB olmak üzere iki bölümde inceleyebiliriz.

Bir kaynak dikişinin kesiti, metallografik olarak incelendiğinde erimiş olan bölgeyi sınırlayan erime çizgisi gayet belirgin bir şekilde görülür. Metalin solidüsünden daha yüksek bir sıcaklık derecesine kadar ısınmış olan erime bölgesi kimyasal bileşim olarak esas metal ve ek kaynak metali (elektrod metali) karışımından ibarettir. Karışım oranı, her pasoda farklı olduğundan, her pasonun kimyasal bileşimi de birbirinden farklıdır. Tek pasolu kaynak dikişlerinde, bu bölgede esas metal ve kaynak banyosundaki şiddetli türbülansın otürü iyice karışmıştır ve oldukça homojen bir bileşim gösterir. Buna karşın çok pasolu kaynaklarda, her pasonun esas metalle karışma oranı farklıdır. Örneğin; kalın parçaların çok pasolu kaynak dikişlerinde orta kısımlarda esas metale rastlanmayabilir.

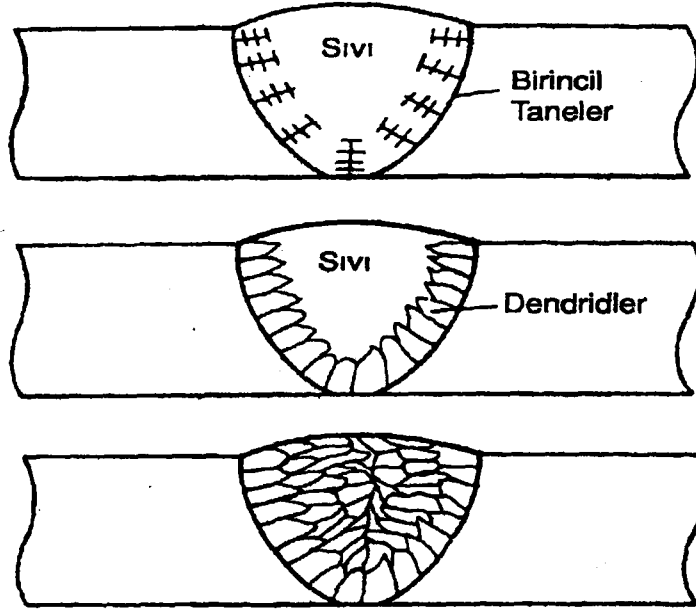
Erime bölgesinde esas metalin kaynak metaline oranı, uygulanan kaynak yöntemi ve paso sayısına bağlı olarak geniş bir aralık içinde değişir. [2,5,22,23]

Erime bölgesinde, esas metal ve kaynak metali oranı tam olarak bilinse dahi hesap yolu ile erime bölgesinin bileşiminin belirlenmesine olanak yoktur, çünkü birçok alaşım elementleri kaynak anında yanma dolayısı ile kayba uğrarlar. Bu kayıpları azaltmak için kaynak bölgesi, kaynak süresince atmosferin etkisinden korunur. İyi bir kaynak bağlantısı kaynak bölgesinin atmosferin etkisinden korunması ile elde edilebilir; zira, oluşan kimyasal ve metalurjik reaksiyonlar ancak bu şekilde kontrol altına alınabilir.

Oksijenle olan reaksiyonları kontrol için erime bölgesine çeşitli yöntemlerle (örtüye, toza, tele katılarak) dezoksidasyon maddeleriyle alaşım elementleri katılır. Bu bölge ayrıca bir curuf örtüsü veya oluşturulan kontrollü bir atmosferle de korunur.

Sıvı haldeki metal içinde atomlar birbirleri arasında hareket serbestisine sahiptirler. Soğuma sırasında; sıcaklık, metal ve alaşımın katılaşma noktasına kadar düşünce, atomların kristal kafesleri meydana getirmek üzere birleşmeleriyle çekirdek oluşur. Bu sırada metalden ısı çekilir ve soğutmaya devam edilirse, çekirdekler taneleri oluşturmak üzere yeni atomların ve kristal kafeslerin ilavesi ile büyümeye devam eder. Katılaşma anında ortaya çıkan erime ısısı doğal soğuma hızını etkileyerek tanelerin fazla büyümesini önler. Tanelerin büyüebilmesi için ısının sürekli olarak metalden çekilmesi gereklidir. Kaynak halinde ısının büyük bir kısmı erime bölgesinden kondüksiyonla esas metale iletilir. Dolayısı ile soğuma yönünde paralel, oldukça iri silindirik taneler oluşur. Ergime çizgisine dik doğrultuda oluşan bu iri taneler, bir kalıp içinde katılaşan döküm yapısını andırır. [5,22,23]

Kaynak sırasında ısı girdisinin artması, parçanın yüksek sıcaklıkta daha uzun süre tutulması, ön tav uygulanması gibi etkenler, ergime bölgesinde tanelerin birleşmesine neden olur. Kaynak bölgesinde soğuma hızının artması, tane yapısının incelmesini sağlarsa da, gevrek ve kırılgan bir yapı oluşturduğundan uygulamada tercih edilmez. Kaynak metaline katılmış olan dezoksidasyon elementleri ile diğer bazı katıklar ergime bölgesinde tane yapısının incelmesine yardımcı olur.

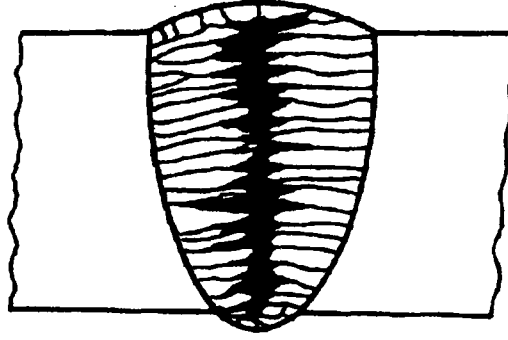


Şekil 2.1 –Kaynak metalinin katılaşma evreleri [5,23]

Özellikle kalın parçaların, tek paso ile yapılmış kaynak dikişlerinde, bu iri silindirik tanelerin birleştiği orta kısımlarda katkı elementleri ve kalıntıların segregasyonuna rastlanır; bu olay, bağlantının zayıflamasına neden olur. [5,23]

Isıdan etkilenmiş bölge (ITAB veya IEB) kaynak metalini ile esas metalin birleştiği ergime çizgisi diye adlandırılan sınırdan başlayarak, kaynak işlemini anında sıcaklığın iç yapıyı, dolayısı ile metalin özelliklerini etkilediği bölge olarak tanımlanır.

IEB 'de ortaya çıkan iç yapısal değişiklikler erişilen sıcaklığın fonksiyonu olarak esas metalin türüne, birleşimine, ısıtılma işlem ve üretim durumuna bağlı olarak çok çeşitlidir. Bu iç yapısal değişiklikler, o bölgede erişilen azami sıcaklık derecesi ve etkiye süresi bilirse esas metalin türü, bileşimi ve üretim durumu göz önünde bulundurularak önceden tahmin edilebilir ve buna bağlı olarak da bölgenin fiziksel ve kimyasal özellikleri saptanabilir. Çeşitli türlerdeki metal ve alaşımlarının kaynağında IEB 'de karşılanabilecek iç yapılar Şekil 2.3'de verilmiştir.



Şekil 2.2 – Tek pasolu bir alın kaynak dikişinde segregasyon bölgesi [5,23]

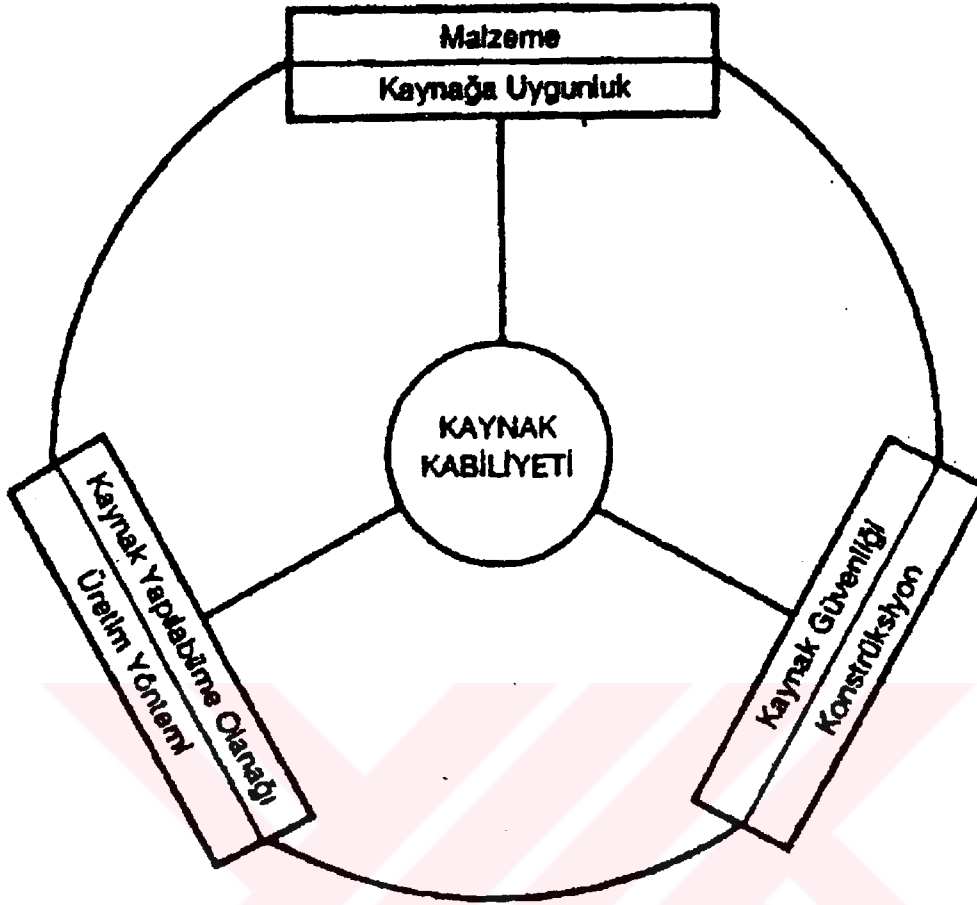
Bir metalsel malzeme, ısıdan etkilenmiş bölgedeki özellikleri fazla miktarda tahribe uğramamış ise kaynağa uygun olarak kabul edilebilir. Bazı hallerde bu bölgenin özelliklerinin korunması bakımından, özel önlem ve yöntemlere gerek duyulabilir; işte bu gibi durumlarda malzemenin kaynak kabiliyeti özelliğinin incelenmesi gereklidir.

Kaynak kabiliyeti veya kaynaklanabilirlik kesin ve kantitatif olarak ifade edilemeyen, karmaşık bir anlamı olan bir özelliktir. Milletlerarası Kaynak Enstitüsünün IX no. 'lu komüsyonu kaynak kabiliyetini şu biçimde tanımlamaktadır:

“Bir metalsel malzeme, verilen bir yöntem ile bir dereceye kadar kaynak edilebilir; uygun bir yöntem uygulanarak metalik bağlantı elde edildiği zaman bağlantı yerel özellikleri ve bunların konstrüksiyona etkisi bakımından, belirlenmiş bulunan özellikleri sağlamalıdır.”

Yukarıdaki açıklamadan da görüldüğü gibi kaynak kabiliyeti yalnız malzemeye ait bir özellik değildir, aynı zamanda kaynak yöntemine ve konstrüksiyona da bağlıdır. Bir malzeme, bir kaynak yönteminde gayet iyi bir kaynak kabiliyeti göstermesine karşın diğer bir yöntemde zayıf bir kaynak kabiliyetine sahip olabileceği daha önce de belirtilmişti. Örneğin, Aluminium ve Paslanmaz Çelikler oksii-asetilen yönteminde zayıf bir kaynak kabiliyeti göstermelerine karşın gazaltı (MIG-TIG) kaynak yöntemlerinde iyi bir kaynak kabiliyetine sahiptirler.

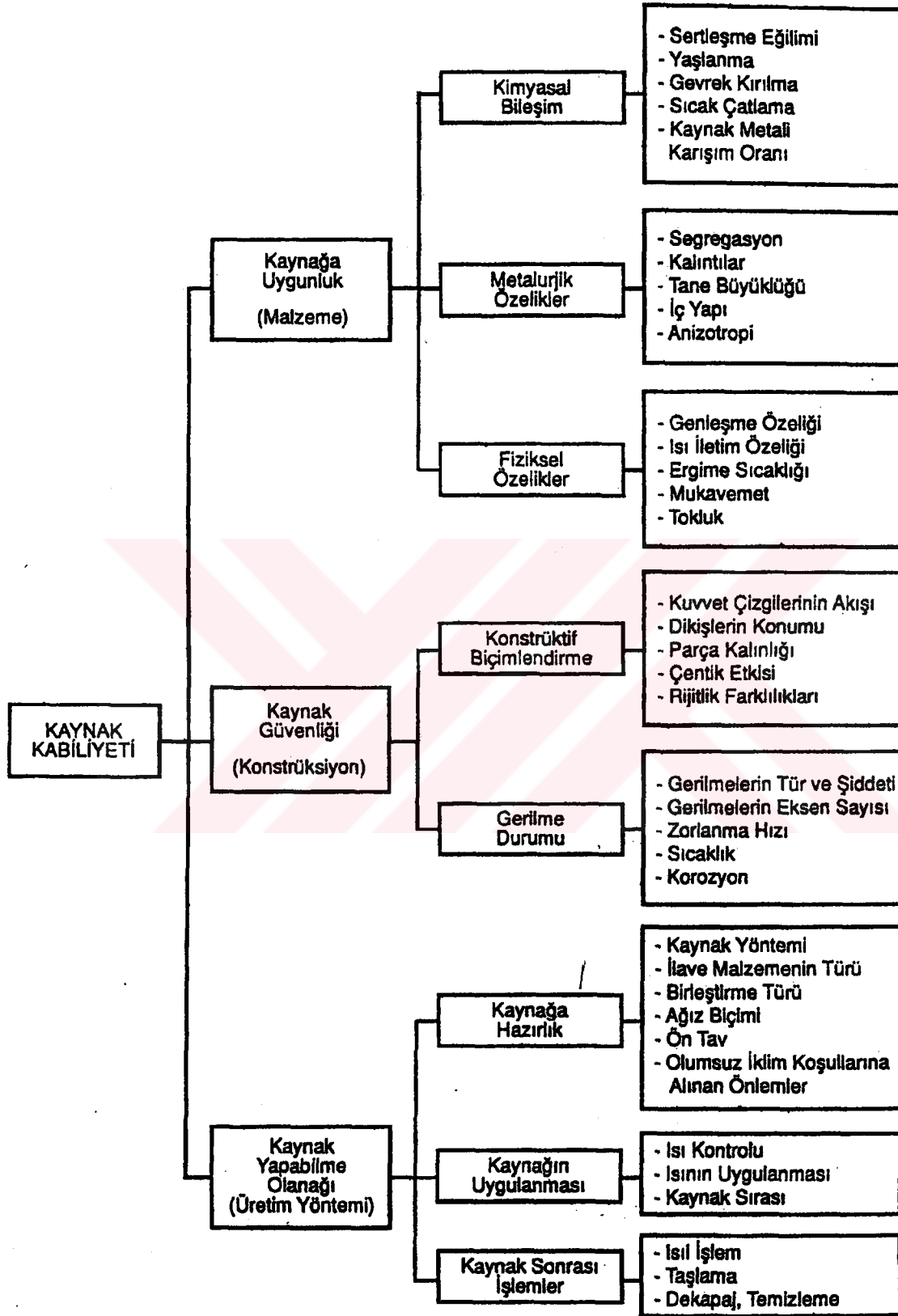
Şekil 2.3 –Çeşitli tür metal ve alaşımlarının kaynağında IEB ‘de ortaya çıkabilecek iç yapılar [5,23]



Şekil 2.4 –Kaynak kabiliyetinin malzeme, üretim yöntemi ve konstrüksiyona bağımlılığının şematik olarak gösterilmesi (DIN 8528) [5,23]

Gemi inşaatında kullanılan bir metalsel malzeme yüksek derecede kaynak kabiliyetine sahiptir denildiği zaman, özel önlemlere başvurmadan, birçok kaynak yöntemi ile doyurucu bir kaynak kalitesinin elde edilebileceği anlamı ortaya çıkmaktadır; iyi bir kaynak kabiliyeti derecesinde kaynak bölgesinin mekanik ve kimyasal özellikleri olabildiği kadar esas metale yaklaşmış olmalıdır. Aynı durum göz önünde bulundurularak, kaynak kabiliyeti açısından, inşaatı düşünülen bir gemide kullanılabilecek metalsel malzemelerin çeşitlerinin bilinmesi gereklidir. Dolayısı ile bu malzemelerde uygulanacak kaynak tekniği ve de yönteminin ortaya çıkması sağlanmış olacaktır.

Öncelikle Türk Standartlarına göre gemi yapımında kullanılan çelikleri, band levha ve de profilleri, bunun yanında gemi kazan tesislerinde kullanılan malzemeleri ve de paslanmaz çelik malzemeleri ayırıp, mekanik ve kimyasal özelliklerini etüd edelim.



Şekil 2.5 –DIN 8528 'e göre kaynak kabiliyetini etkileyen faktörlerin şematik gösterilişi
[5,23]

3. GEMİ ÇELİKLERİ

Gemi bünyesi ince levhaların birleştirilmesinden meydana gelen, çok sayıda stifnerlerle takviye edilmiş bir kabuk sistemidir. Gemi yapımında kullanılan, çelik sac, band ve levhalar TS 6070'de (Ekim 1988) ve çelik çubuklar ve profiller TS 6937'de (Nisan 1989) standardlaştırılmıştır.

TS 6070'e göre çelik sac, genişliği 600 mm veya daha geniş, kalınlıkları 0,80 mm den 200 mm (dahil) 'ye kadar olan sıcak haddelenmiş rulobandlardan boydan kesilerek yapılmış yassı mamullerdir. Çelik levha genişlikleri 600 mm veya daha geniş, kalınlıkları 4,75 mm – 50 mm (dahil)olan, sıcak haddelenerek yapılmış mamullerdir. Çelik band ise, genişlikleri 600 mm veya daha geniş, kalınlığı 0,10 mm–20 mm (dahil) 'ye kadar olan, sıcak haddelenerek yapılmış ve rulo halinde sarılmış yassı mamullerdir.

Çizelge 3.1 -TS 6070'e göre, gemilerde kullanılan çelik sac, band ve levhalar için çelik türleri ve bileşimleri [21]

Sembol	Kalite	Dezoksi- dasyon d.	C	Mn	Bileşim (% Ağırlık)			Nb	V	Cu	Cr	Ni	Mo
					Si	P, S	Al						
					herbirin,max								
GENEL YAPI ÇELİKLERİ													
Normal Çekme Dayanımı													
Fe 40	NA	Serbest+K	0,23	-	<0,50	0,040	-						
Fe 40	NB	Serbest+K	0,21	>0,80	<0,50	0,040	-						
Fe 40	ND	S	0,21	>0,60	0,10-0,50	0,040	-						
Fe 40	NE	S+Al	0,18	>0,70	0,10-0,50	0,040	>0,015						
Yüksek Çekme Dayanımı													
Fe 44	YA 32	S,Sy	0,18	0,90-1,60	0,10-0,50	0,040	>0,015	-	-	0,35	0,20	0,40	0,08
Fe 44	YD 32	S	0,18	0,90-1,60	0,10-0,50	0,040	>0,015	-	-	0,35	0,20	0,40	0,08
Fe 44	YE 32	S	0,18	0,90-1,60	0,10-0,50	0,040	>0,015	-	-	0,35	0,20	0,40	0,08
Fe 45	YA 34S	S,Sy	0,18	0,90-1,60	0,10-0,50	0,040	>0,015	0,015-0,05	0,03-0,10	0,35	0,20	0,40	0,08
Fe 45	YD 34S	S	0,18	0,90-1,60	0,10-0,50	0,040	>0,015	0,015-0,05	0,03-0,10	0,35	0,20	0,40	0,08
Fe 45	YE 34S	S	0,18	0,90-1,60	0,10-0,50	0,040	>0,015	0,015-0,05	0,03-0,10	0,35	0,20	0,40	0,08
Fe 49	YA 36	S,Sy	0,18	0,90-1,60	0,10-0,50	0,040	>0,015	0,015-0,05	0,05-0,10	0,35	0,20	0,40	0,08
Fe 49	YD 36	S	0,18	0,90-1,60	0,10-0,50	0,040	>0,015	0,015-0,05	0,05-0,10	0,35	0,20	0,40	0,08
Fe 49	YE 36	S	0,18	0,90-1,60	0,10-0,50	0,040	>0,015	0,015-0,05	0,05-0,10	0,35	0,20	0,40	0,08

Çizelge 3.2 -TS 6070'e göre gemi kazanlarının yapımında kullanılan çelikler ve bileşimleri [21]

Sembol	Dezoksi- asyon durumu	Bileşim (% Ağırlık)									
		C _{max}	Mn	Si	P, S herbiri,max	Al	Cu	Cr	Ni	Mo	
		KAZAN YAPIMINDA KULLANILAN ÇELİKLER									
		Manganlı Çelikler									
Fe 36 Sb*	S,Sy	0,18	0,40-1,20	<0,50	0,050	-	Manganlı çeliklerin tümü için :				
Fe 41 Sb*	S,Sy	0,21	0,40-1,30	<0,50	0,050	-					
Fe 46 Sb*	S,Sy	0,23	0,80-1,50	<0,50	0,050	-					
Fe 36	S,Sy	0,17	0,40-1,20	<0,35	0,050	-					
Fe 41	S,Sy	0,20	0,50-1,30	<0,35	0,050	-	Cu < 0,30				
Fe 46	S,Sy	0,20	0,80-1,40	<0,40	0,050	-	Cr < 0,25				
Fe 49	S	0,20	0,90-1,60	0,10-0,50	0,050	-	Ni < 0,30				
Fe 46 Ti*	S	0,17	0,40-1,20	<0,35	0,050	-	Mo < 0,10				
Fe 41 Ti*	S	0,20	0,50-1,30	<0,35	0,050	-	Toplam < 0,70				
Fe 46 Ti*	S	0,20	0,80-1,40	<0,40	0,050	-					
Fe 49 Ti*	S	0,20	0,90-0,60	0,10-0,50	0,050	-					
		Alaşımlı Çelikler									
Fe 47	S	0,10-0,18	0,40-0,80	0,15-0,35	0,040	<0,020	<0,30	0,10-0,30	<0,30	0,40-0,60	
Fe 48	S	0,08-0,18	0,40-0,80	0,15-0,50	0,040	<0,020	<0,30	2,00-2,50	<0,30	0,90-1,10	

*) Sb - Sıcak biçimlendirilmiş, Ti - Tane inceltilmiş.

Çizelge 3.3 -TS 6070'e göre, alçak sıcaklığa dayanıklı ferritik çelik sac, band ve levhaların çeşitleri ve bileşimleri [21]

Dezoksi- asyon d.1)		Bileşim (% Ağırlık)					Kalıntı elementler	Tane küçültücü elementler ²⁾
Sembol	C _{max}	Si	Mn	P _{max}	S _{max}			
ALÇAK SICAKLIĞA DAYANIKLI FERRİTİK ÇELİKLER								
Manganlı Çelikler								
AS 0	S ³⁾	0,20	0,10-0,50	0,70-1,60	0,040	0,040	Cr < 0,25	Serbest
AS 20	S+Ti ³⁾	0,20	0,10-0,50	0,90-1,60	0,040	0,040	Cu < 0,35	Al veya Nb veya V gerekli.
AS 40	S+Ti ³⁾	0,18	0,10-0,50	0,90-1,60	0,040	0,040	Mo < 0,08	Al gerekli, Nb veya V serbest
AS 60	S+Ti ³⁾	0,16	0,10-0,50	1,00-1,60 ⁴⁾	0,025	0,020	Ni < 0,30 Toplam < 0,70	Al gerekli, Nb veya V serbest
Nikelli Çelikler								
0,5 Ni	S+Ti	0,16	0,10-0,50	0,30-0,80	0,025	0,025	Cr < 0,25	Al gerekli, Nb veya V serbest
1,5 Ni	S+Ti	0,18	0,10-0,35	1,30-1,70	0,025	0,025	Cu < 0,35	Al gerekli
3,5 Ni	S+Ti	0,15	0,10-0,35	3,20-3,80	0,025	0,025	Mo < 0,08	
5 Ni	S+Ti	0,12	0,10-0,35	4,70-	0,025	0,025	Toplam < 0,60	
9 Ni	S+Ti	0,10	0,10-0,35	8,50-10,0	0,025	0,025		

1) S - Sakin dökülmüş, Ti - Tane inceltilmiş

3) Manganlı AS 0 ve AS 20 çelikleri, yarı sakin dökülebilir. Ancak, gemilerdeki kargo tankları ve sıvılaştırılmış gazların naklinde kullanılan tanklar, sakin çelikten yapılır.

4) C miktarı % 0,14 'ü aşmadığında, Mn miktarı % 1,65 'e yükseltilebilir.

2) Tane küçültücü elementlerin miktarları

Aşıta çözülebilir Al < % 0,015

veya Toplam Al < % 0,020

Nb % 0,015 - 0,05

V % 0,03 - 0,10

TS 6070’de verilen çelikler, çekme dayanımlarına göre belirtilen “normal çekme dayanımlı” ve “yüksek çekme dayanımlı” genel yapı çelikleri, kimyasal bileşimlerine göre belirtilen “manganlı” ve “az alaşımlı” kazan yapımında kullanılan çelikler, “manganlı” ve “nikelli” alçak sıcaklığa dayanıklı ferritik çelikler ve ostenitik paslanmaz çelikler olarak gruplara ayrılırlar. Çizelge 3.1, 3.2, 3.3 ve 3.4’de, türlere bağlı olarak çelik çeşitleri ve bileşimleri verilmiştir. Çok sayıda çelik türü ve özel durum söz konusu olduğundan, ilgili standardtan ana hatlarıyla yararlanılarak bu çizelgeler hazırlanmıştır. Bu nedenle, daha detaylı bilgi ve tam değerler için standarda bakılmalıdır.

Çizelgelerde de görüldüğü gibi, alaşımsız, düşük alaşımlı ya da yüksek alaşımlı tüm çeliklerde karbon miktarı oldukça düşüktür. Böylece, gemi yapımında kullanılan sac, band ve levhalarda özellikle soğukta şekil değişebilirlik ve kaynak kabiliyetinin çok iyi olması sağlanmıştır. Alaşımlı çeliklerde de, alaşım elementi olarak özellikle ferritik yapıda kaynak kabiliyetini kötüleştirmeyen mangan ve nikel gibi elementler tercih edilmektedir. Krom, molibden gibi karbür yapıcı ve kuvvetli dayanım artırıcı elementler, yalnızca karbür teşekkülü için yeterli karbonu olmayan ostenitik paslanmaz çeliklerde ve yapıda katı çözelti içerisinde bulunacak şekilde katılmaktadır.

Çizelge 3.4 -TS 6070’e göre, gemi yapımında kullanılan ostenitik paslanmaz çelik çeşitleri ve bileşimleri [21]

Sembol	Bileşim (% Ağırlık)						Mo	Ni	Diğer
	C _{max}	Si _{max}	Mn _{max}	P _{max}	S _{max}	Cr			
X 2 Cr 18 Ni 9	0,03	1,0	2,0	0,045	0,030	17,0-19,0	-	9,0-12,0	-
X 2 Cr 18 Ni 12 Mo	0,03	1,0	2,0	0,045	0,030	16,0-18,5	2,5-3,0	11,5-14,5	-
X 5 Cr 19 Ni 11	0,08	1,0	2,0	0,045	0,030	17,0-19,0	-	9,0-12,0	5x%C<Ti<0,80
X 5 Cr 18 Ni 9	0,08	1,0	2,0	0,045	0,030	17,0-19,0	-	9,0-12,0	10x%C<Nb<1,0

Gemi yapımında kullanılan çelikler, Siemens-Martin fırınlarında, oksijen konvertör lerinde ya da elektro ark yöntemleriyle ergitilirler. Bileşimleri gösteren çizelgelerde de görüldüğü gibi, birkaç çelik dışında genellikle sakın ya da en azından yarı sakın olarak dökülürler. Dezoksidan ve tane inceltici olarak, başta alüminyum olmak üzere, niob ve vanadyumdan yararlanılır. [21]

Türlerine bağlı olarak temin edilmeleri, belirli boyutlara sıcak haddelenmiş halde, haddeleme sonrası normal tavlanmış halde ya da kontrollu haddelenmiş durumdadır. Termomekanik işlemin uygulandığı, kontrollu haddeleme işleminde mikro düzeydeki alaşım elementleriyle şekil değişebilirlik ve kaynak kabiliyeti azalmaksızın, daha yüksek dayanım değerlerine ulaşılmaktadır. [21]

Gemi yapımında kullanılan sac, levha ve bandların yüzeyleri, haddeleme metodunun gerektirdiği düzgünlükle pürüzsüz olmalı, yüzeylerinde tufal, gözenek, çizik, çukur ve katmer gibi kusurlar bulunmamalıdır.

Gemi yapımında kullanılan genel yapı çeliklerinin mekanik özellikleri, malzeme kalınlığına bağlı olarak Çizelge 3.5’de verilmiştir. Çizelgeden de görüleceği gibi, akma sınırı ve çekme dayanımı değerleri yaklaşık aynı olmasına karşın, çentik darbe geçiş sıcaklıkları sıcaklığa oldukça bağlıdır. Düşük sıcaklıkların olmadığı yerlerde NA ve NB kaliteleri kullanılabilirken, -10°C sıcaklıklarda ND ve -40°C sıcaklıklarda NE kalitesi kullanılması zorunludur. Bu son iki kalite, özel sakınleştirmeli ve ince taneli çeliklerdir. Daha düşük sıcaklar söz konusu olduğunda, alçak sıcaklığa dayanıklı ferritik çelikler ya da ostenitik paslanmaz çelikler kullanılmalıdır (Çizelge 3.9 ve 3.10). [21]

Gemi kazanlarında kullanılan çeliklerin mekanik özellikleri de Çizelge 3.6’da sac kalınlıklarına bağlı olarak verilmiştir. Gemilerdeki diğer kullanım yerlerinin aksine, bu çeliklerde yüksek sıcaklıklarda yüksek akma sınırı ve çekme dayanımı değerleri aranır. Kazanlar için, 350°C sıcaklığa kadar alaşımsız çelikler, 450°C ’ye kadar mangan alaşımlı çelikler kullanılabilir. Çizelge 3.6’da, bu malzemelerin yüksek sıcaklıkta akma sınırı değerleri de verilmiştir. Kısa süreli testlerin dışında, yüksek sıcaklıkta uzun süre yüklenme durumunda zaman süreli dayanım değerleri de, sıcakta kullanılacak malzemeler için önemlidir. Çizelge 3.7’de, yüksek sıcaklıklarda 100000 saatlik çalışma sonucu kabul edilebilecek ortalama kopma gerilmeleri verilmiştir.

Çizelge 3.5 -TS 6070'e göre, gemi yapımında kullanılan genel yapı çeliklerinin mekanik özellikleri [21]

Sembol	Kalite	Akma sınırı min MPa	Çekme dayanımı MPa	Kopma uzaması (%) (min) $L_0 = 5,65 \sqrt{S_0}$ Deney parçası genişliği 25 mm $L_0 = 200$ mm Deney parçası kalınlıkları (mm)								Vurma (Charpy V) (Uzunlamasına) Deney Ortalama sıcaklığı enerji (min) °C J	
												°C	J
				mm	>5	>10	>15	>20	>25	>30	>35		
				≤5	≤10	≤15	≤20	≤25	≤30	≤35	≤50		
Fe 40	NA	235	400-490	14	16	17	18	19	20	21	22	-	-
Fe 40	NB	235	400-490	14	16	17	18	19	20	21	22	0	27
Fe 40	ND	235	400-490	14	16	17	18	19	20	21	22	-10	27
Fe 40	NE	235	400-490	14	16	17	18	19	20	21	22	-40	27
Fe 44	YA 32	315	440-590	15	16	17	18	19	20	20	21	0	31
Fe 44	YD 32	315	440-590	15	16	17	18	19	20	20	21	-20	31
Fe 44	YE 32	315	440-590	15	16	17	18	19	20	20	21	-40	31
Fe 45	YA 34S	340	450-610	15	16	17	18	19	20	20	21	0	34
Fe 45	YD 34S	340	450-610	15	16	17	18	19	20	20	21	-20	34
Fe 45	YE 34S	340	450-610	15	16	17	18	19	20	20	21	-40	34
Fe 49	YA 36	355	490-620	14	15	16	17	18	19	19	20	0	34
Fe 49	YD 36	355	490-620	14	15	16	17	18	19	19	20	-20	34
Fe 49	YE 36	355	490-620	14	15	16	17	18	19	19	20	-40	34

Gemilerde kullanılan çelik çubuk ve profil malzemelerin belirtildiği TS 6937'de, çelik sac, band ve levhaların belirtildiği TS 6070'de verilen malzemeler aynı çeşit ve özellik olarak alınmıştır, yalnızca alçak sıcaklığa dayanıklı ferritik çeliklerin sıvılaştırılmış gaz tankerlerinde kullanılan türlerinde vurma (Charpy-V) deneyinde farklılık vardır. Bu nedenle, diğer malzemeler burada ayrıca belirtilmemiş, yalnızca TS 6937'e göre alçak sıcaklığa dayanıklı ferritik çubuk ve profil malzemeleri Çizelge 3.8'de verilmiştir.

Gemi yapımında kullanılan, alçak sıcaklığa dayanıklı ferritik çeliklerin mekanik özellikleri Çizelge 3.9'da, ve ostenitik paslanmaz çeliklerin mekanik özellikleri Çizelge 3.10'da verilmiştir.

Çalışmamızda da esas olarak gemi yapımında kullanılan paslanmaz çelikler ve bunlara uygulanan kaynak teknikleri üzerinde durulacaktır.

Cizelge 3.6 -TS 6070'e göre gemi yapımında kazan için kullanılan çeliklerin mekanik özellikleri [21]

		Akma Sınırı (MPa) (min)													Çekme dayanımı	Kopma uzaması (min) $L_0 = 5,65 \sqrt{S_0}$
Sembol	Kalınlık mm	20°C	50°C	100°C	150°C	200°C	250°C	300°C	350°C	400°C	450°C	500°C	550°C	600°C		
Fe 36 Sb	<40	190	154	153	152	145	128	108	102	-	-	-	-	-	360-480	24
Fe 41 Sb	<40	215	186	183	181	174	155	134	127	-	-	-	-	-	410-530	22
Fe 46 Sb	<40	240	218	213	210	203	182	161	153	-	-	-	-	-	460-580	21
Fe 36	>3216	205	183	175	172	168	150	124	117	115	113	-	-	-	360-480	26
	>16240	195	173	171	169	162	144	124	117	115	113	-	-	-	360-480	26
	>40263	185	166	162	158	152	141	124	117	115	113	-	-	-	360-480	25
Fe 41	>3216	235	220	211	208	201	180	150	142	138	136	-	-	-	410-530	24
	>16240	225	204	201	198	191	171	150	142	136	136	-	-	-	410-530	24
	>40263	215	196	192	188	181	168	150	142	138	136	-	-	-	410-530	23
Fe 46	>3216	285	260	248	243	235	210	176	168	162	158	-	-	-	460-580	22
	>16240	255	235	230	227	220	198	176	168	162	158	-	-	-	460-580	22
	>40263	245	235	230	227	220	198	176	168	162	158	-	-	-	460-580	21
Fe 49	>3216	305	280	270	264	255	228	192	183	177	172	-	-	-	490-610	21
	>16240	275	255	248	245	237	214	192	183	177	172	-	-	-	490-610	21
	>40263	265	245	240	236	227	210	192	183	177	172	-	-	-	490-610	20
		Akma Sınırı (MPa) (min)													Çekme dayanımı	Kopma uzaması (min) $L_0 = 5,65 \sqrt{S_0}$
Sembol	Kalınlık mm	20°C	50°C	100°C	150°C	200°C	250°C	300°C	350°C	400°C	450°C	500°C	550°C	600°C		
Fe 36 Ti	>3216	235	214	204	185	165	145	127	116	110	106	-	-	-	360-480	26
	>16240	215	200	196	183	164	145	127	116	110	106	-	-	-	360-480	26
	>40263	195	183	179	172	159	145	127	116	110	106	-	-	-	360-480	25
Fe 41 Ti	>3216	265	248	235	216	194	171	152	141	134	130	-	-	-	410-530	24
	>16240	245	235	228	213	192	171	152	141	134	130	-	-	-	410-530	24
	>40263	235	222	215	204	188	171	152	141	134	130	-	-	-	410-530	23
Fe 46 Ti	>3216	295	276	262	247	223	198	177	167	158	153	-	-	-	460-580	22
	>16240	285	271	260	242	220	198	177	167	158	153	-	-	-	460-580	22
	>40263	275	262	251	236	217	198	177	167	158	153	-	-	-	460-580	21
Fe 49 Ti	>3216	315	297	284	265	240	213	192	182	173	168	-	-	-	490-610	21
	>16240	315	293	279	260	237	213	192	182	173	168	-	-	-	490-610	21
	>40263	305	286	272	256	234	213	192	182	173	168	-	-	-	490-610	21
Fe 47	>3216	305	284	270	259	248	232	216	203	199	194	188	181	174	470-620	20
	>16240	305	284	270	259	248	232	216	203	199	194	188	181	174	470-620	20
	>40263	305	284	270	259	248	232	216	203	199	194	188	181	174	470-620	19
Fe 48	>3216	275	255	249	241	233	225	219	212	207	194	180	160	137	480-630	18
	>16240	275	255	249	241	233	225	219	212	207	194	180	160	137	480-630	18
	>40263	275	255	249	241	233	225	219	212	207	194	180	160	137	480-630	18

Çizelge 3.7 - Gemi kazanlarının yapımında kullanılan çeliklerin, 100000 saatlik çalışma sonucu, çalışma sıcaklıklarına bağlı olarak ortalama kopma gerilmesi (Mpa) değerleri [21]

Çalışma sıcaklığı °C	Çelik Türleri			
	Fe 36, Fe 41, Fe 36 Ti, Fe 41 Ti	Fe 46, Fe 49, Fe 46 Ti, Fe 49 Ti	Fe 47	Fe 48
380	171	227	-	-
390	155	203	-	-
400	141	179	-	-
410	127	157	-	-
420	114	136	-	-
430	102	117	-	-
440	90	100	-	-
450	78	85	-	221
460	67	73	-	204
470	57	63	-	186
480	-	-	210	170
490	-	-	177	153
500	-	-	146	137
510	-	-	121	122
520	-	-	99	107
530	-	-	81	93
540	-	-	67	79
550	-	-	54	69
560	-	-	43	59
570	-	-	35	51
580	-	-	-	44

Çizelge 3.8 -TS 6937'ye göre, gemi yapımında kullanılan, alçak sıcaklığa dayanıklı ferritik elik çubuk ve profillerin mekanik özellikleri [21]

Sembol ²⁾	Akma sınırı (min) MPa	Çekme dayanımı MPa	Kopma uzaması (min) $L_0 = 5,65\sqrt{S_0}$ %	Vurma (Charpy V) deneyi		
				Deney sıcaklığı °C	Sıvılaştırılmış gaz tankeri J	Diğer gemiler J
AS 0	190 220 270	360-480 410-530 490-610	26 24 21	0		Haddeleme yönünde deney parçaları çekme dayanımı :
AS 20	215 245 315	360-480 410-530 490-610	26 24 21	-20	Haddeleme yönünde deney parçaları	< 450 MPa olduğunda
AS 40	215 245 315	360-480 410-530 490-610	26 24 21	-40	Ortalama enerji 41 J	Ortalama enerji 27 J
AS 60	245 285 355	360-480 410-530 490-610	24 24 22	-60		≥ 450 MPa olduğunda
0,5 Ni	245 285 355	360-480 410-530 490-610	24 24 22	-60		Ortalama enerji 41 J
1,5 Ni	275	490-640	22	-80		
3,5 Ni	285	450-610	21	-95		
5 Ni	390	540-740	21	-110		
9 Ni	490	640-790	18	-196		

1) Tabloda verilen değerler kalınlığı 30 mm 'ye kadar olan mamuller için geçerlidir.

2) Çeliklerin sembolle ifade edilmesinde, AS 0 36 (360 MPa çekme dayanımlı) örneğinde olduğu gibi, çekme dayanımıyla birlikte belirtilmelidirler.

Çizelge 3.9 - TS 6070'e göre, gemi yapımında kullanılan, alçak sıcaklığa dayanıklı ferritik çeliklerin mekanik özellikleri [21]

Sembol ²⁾	Akma sınırı (min)	Çekme dayanımı	Kopma uzaması (min) $L_0 = 5,65 \sqrt{S_0}$	Vurma (Charpy V) deneyi		
	MPa	MPa	%	Deney sıcaklığı °C	Sınıflandırılmış gaz tankeri J	Diğer gemiler J
AS 0	190 220 270	360-480 410-530 490-610	26 24 21	0		Haddeleme yönünde deney parçaları çekme dayanımı :
AS 20	215 245 315	360-480 410-530 490-610	26 24 21	-20	Haddeleme yönüne dik deney parçaları	< 450 MPa olduğunda
AS 40	215 245 315	360-480 410-530 490-610	26 24 21	-40	Ortalama enerji 27 J	Ortalama enerji 27 J
AS 60	245 285 355	360-480 410-530 490-610	24 24 22	-60		≥ 450 MPa olduğunda
0,5 Ni	245 285 355	360-480 410-530 490-610	24 24 22	-60		Ortalama enerji 41 J
1,5 Ni	275	490-640	22	-80		
3,5 Ni	285	450-610	21	-95		
5 Ni	390	540-740	21	-110		
9 Ni	490	640-790	18	-196		

1) Çizelgede verilen değerler kalınlığı 30mm'ye kadar olan mamuller için geçerlidir.

2) Çeliklerin sembolle ifade edilmesinde, AS 0 36 (360 MPa çekme dayanımlı) örneğinde olduğu gibi, çekme dayanımıyla birlikte belirtilmelidirler.

Çizelge 3.10 - TS 6070'e göre, gemi yapımında kullanılan ostenitik paslanmaz çeliklerin mekanik özellikleri [21]

Sembol	Kalınlık mm	% 0,2 Orantısız uzama gerilmesi (min) MPa	% 0,1 Orantısız uzama gerilmesi (min) MPa	Çekme dayanımı MPa	Kopma uzaması (min) $L_0 = 5,65 \sqrt{S_0}$ %
X 2 Cr 18 Ni 9	≤50	175	205	440-640	45
X 2 Cr 18 Ni 12 Mo	≤65	185	215	440-640	40
X 5 Cr 19 Ni 11	≤65	195	235	490-690	35
X 5 Cr 18 Ni 9	≤65	205	245	490-690	35

4. GEMİ YAPIMINDA PASLANMAZ ÇELİK KULLANIMI

Daha önce de belirtildiği üzere tez çalışmamızda gemilerde kullanılan paslanmaz çeliklerin kaynağı üzerinde durulacaktır. İlk bakışta gemi gibi çok büyük bir çelik yapının paslanmaz çelikten imali kesinlikle çok pahalı ve de maliyet dolayısıyla uygulanabilirliği imkansız bir yöntemmiş gibi görülebilir. Ancak gemi yapımında bazı hallerde paslanmaz çelik kullanımı kaçınılmaz durumdadır. Özellikle kimyasal tankerlerde, LPG ve LNG gemilerinde ve de gıda malzemesi yada hammaddesi taşıyan bazı tip dökme yük gemilerinde paslanmaz çelik kullanımı kaçınılmazdır. Elbette ki bu gemilerin metalsel malzemelerinin tamamı paslanmaz çelik değildir. Paslanmaz çelik kullanımı gerekli görülen durumlar dışındaki tüm yerlerde metalsel malzeme olarak normal gemi inşaa çeliği kullanılmaktadır.

Tersanelerce, karbon-çelikden imal edilmiş bir geminin maliyeti oldukça iyi bilinmektedir. Tersanelerin, paslanmaz çeliklere direkt kontakten kaçınılması açısından, plazma kesim ekipmanı, vakumlu kaldırma ekipmanı ve tersanede bazı küçük hol ilaveleri yapılması gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Ayrıca gemi suya indirilmeden önce, paslanmaz çelikten imal edilmiş bu tankların özel bir kuruluş tarafından kontrolünün yapılması gereklidir. Bütün bunlar gösteriyor ki tersane için üretim maliyeti karbon çeliğe oranla oldukça artmaktadır. Kargo tanklarının paslanmaz çelikten imal edilmiş olması üretim maliyetini %50 ila %100 oranlarında arttırmaktadır.

Şimdi paslanmaz çelik kullanılarak inşaa edilmiş herhangi bir kimyasal tankerin inşaaında kullanılan malzemeleri etüd edelim. Baş ve kış seksiyonları sıradan enine posta sistemine göre, kargo tanklarının bulunduğu, geminin paralel gövde seksiyonları ise boyuna posta sistemine göre inşaa edilmiş bir kimyasal tankeri inceleyelim. Geminin kargo tanklarına düzgün bir yüzey sağlanabilmesi açısından güverte girderleri ana güverte üzerinde yerleştirilmektedir. Bu girderler; gemi kış güvertesinden başlayıp, baş kasaraya kadar uzanan sızdırmaz gövde üzerinde olup üzerinde bütün boru ve kablo donanımlarını bulundurmaktadır. Ayrıca gövde üzerinde bir yürüme yolu ve kargo pompaları mevcut bulunmaktadır. Kargo tankları üzerine tekabül eden güverte bloklarının malzemesi paslanmaz çelik olacaktır. Ayrıca kargo malzemesiyle ilgili bütün borulama sistemleri de olduğu gibi paslanmaz çelik olmalıdır. Bu bölmeler dışında kalan güverte blokları ve yürüme yolu, yardımcı makinalar gibi diğer aksesuarlarda gemi inşaa çeliği kullanılır.

Kimyasal tankerlerin yan duvarları genellikle çift cidarlı olarak inşaa edilmektedir. Gemi inşaaında bu yöntem, olası bir kimyasal madde sızıntısını önlemek maksadıyla uygulanmaktadır. Ayrıca bütün balast tanklarına ve de boş tanklara çok daha güvenli bir durum yaratılabilmesi açısından gaz dedektörleri yerleştirilmektedir. Günümüzde kimyasal madde sızıntısını önlemek için alınan önlemler bir lüks olmaktan çıkmış, bilakis bir zorunluluk halini kazanmıştır. Nitekim bu çift cidarlı gemi inşaaı durumu, bazı ülkelerin, güvenli görmedikleri gemileri limanlarına sokmamaya başlanmasıyla da oldukça önemini artırmıştır. Bu tip gemilerin dış kaplama sacları normal gemi inşaa çeliğinden imal edilmiş olup, kargo tanklarını oluşturan iç kaplama sacı malzemesi paslanmaz çelik olacaktır.

Bünyesinde gemi kapasitesine göre değişen ebatlarda ve adetlerde bulunan kargo tanklarının çeperleri paslanmaz çelikten imal edilmekte olup konstrüksüyon elemanları da, tank içinde düzgün yüzey sağlayabilmek açısından tank dışına verilmektedir. Tank bölmelerini oluşturan perdeler genellikle, daha yüksek mukavemet sağladığı için corrugate (ondüle) kullanılır. Bu corrugate perdelerde de paslanmaz çelik kullanılmaktadır. Tank dipleri düz ve paslanmaz çelik olmaktadır. Kısacası kimyasal kargo malzemesiyle temasta bulunan bütün blok yüzeyleri paslanmaz çelik olma durumundadır. Böylelikle paslanmaz çeliklerin en önemli özelliklerinden olan korozyona dayanım özelliğinden yararlanılmış olmaktadır.

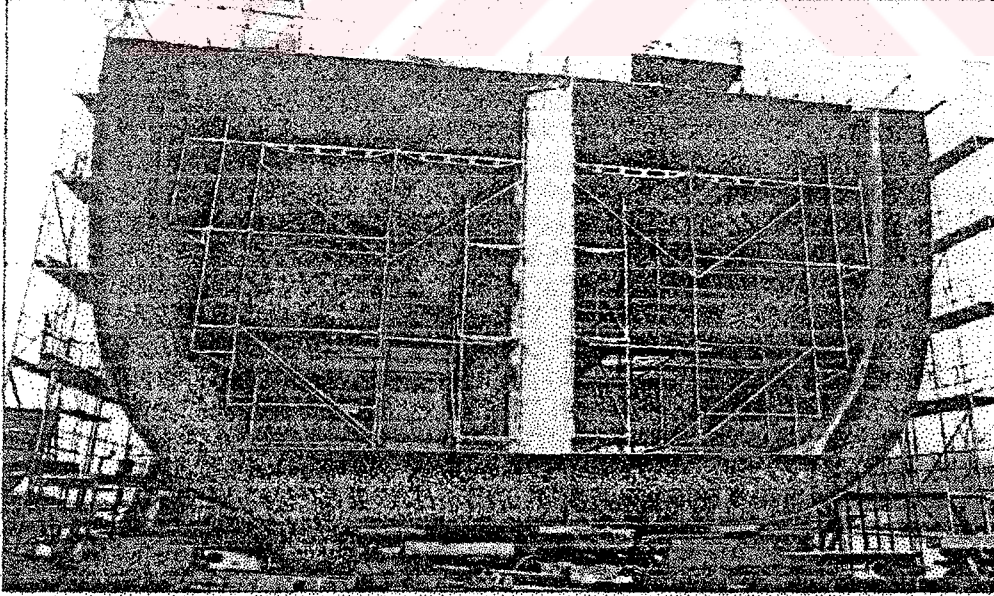
Şimdi kimyasal bir tanker inşaa etmeyi düşündüğümüzü varsayarak kullanılacak paslanmaz ve karbon çelik miktarları hakkında fikir sahibi olmaya çalışalım. Türkiye'deki tersanelerin çok büyük bir kısmı küçük tersaneler statüsünde olup kapasite olarak belli bir çizgi seviyesinde bulunan tersanelerdir. Türkiye'de inşaa edilen gemileri incelediğimizde çoğunlukla 4500÷9000 DWT arasında gemi inşaa edildiğini görmekteyiz. Bu durumu göz önünde bulundurarak Norveçli bir armatörün Alman tersanelerine yaptırttığı, Seatrans Grubuna ait, Trans Arctic isimli 7000 DWT 'luk bir kimyasal tankeri örnek gemi alarak, böyle bir geminin inşaaında kullanılabilecek paslanmaz çelik ve karbon çelik malzeme sarfiyatlarını saptamaya çalışalım.

Geminin yalnızca tanklarının bulunduğu seksiyonların inşaa edildiği düşünülerek malzeme tonajı çıkarılmıştır.

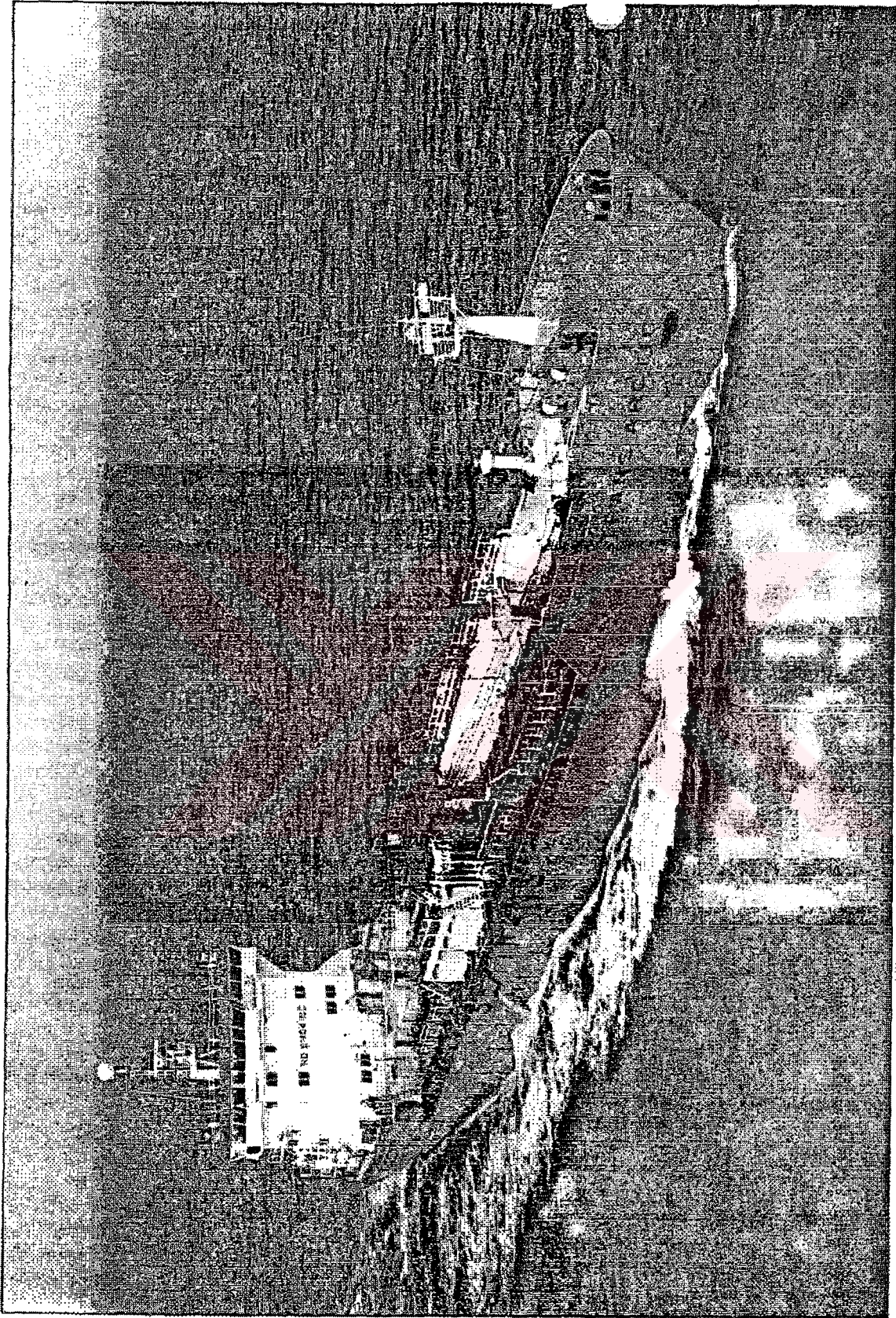
Gemiyle ilgili temel bilgiler aşağıdadır:

L_{oa}	=	116,8m
L_{bp}	=	108,4m
B	=	17,5m
D	=	9,6m
T	=	7,7m
DWT	=	7000
GRT	=	4757
V	=	15 knot

Bünyesinde çeşitli ebatlarda 11 adet kargo tankı bulunduran Trans Arctic'in tank çeperleri paslanmaz çelikten imal edilmiş olup, konstrüksiyon elemanları tank dışına verilmiştir. Bölmeler arası perdeler tamamıyla corrugate (ondüle) dir. Bu corrugate perdelerin, düz plakalardan basılmak suretiyle imal edildiği düşünülmektedir. Gemi çift cidarlı bir gemi olup çift cidar aralığı 1,2m dir ve tankın bulunduğu kısmın malzemesi paslanmaz çeliktir. Gemi tank seksiyonları ve dışındaki blokların kesit görünüşleri şekillerde gösterilmektedir.



Şekil 4.1 - Gemi baş ve kıç bölümlerinde enine posta sistemi öngörülmesine rağmen kargo tankları boyunca uygulanan boyuna posta sisteminin orta kesitten görünüşü [25]

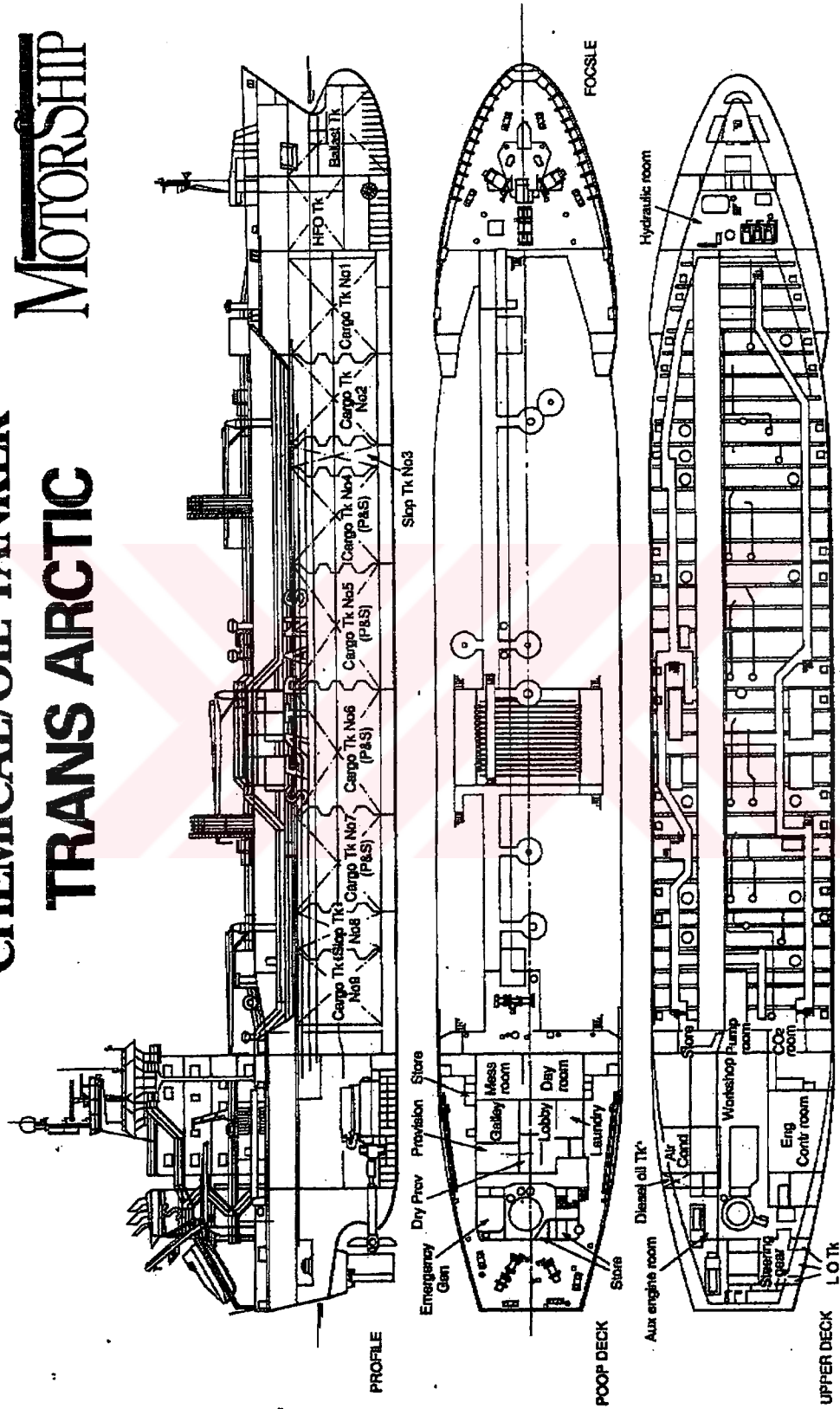


Şekil 4.2 - Trans Arctic – 7000 DWT [25]

GENERAL ARRANGEMENT DRAWINGS OF THE 7000 DWT CHEMICAL/OIL TANKER

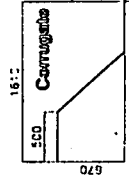
TRANS ARCTIC

MOTORSHIP

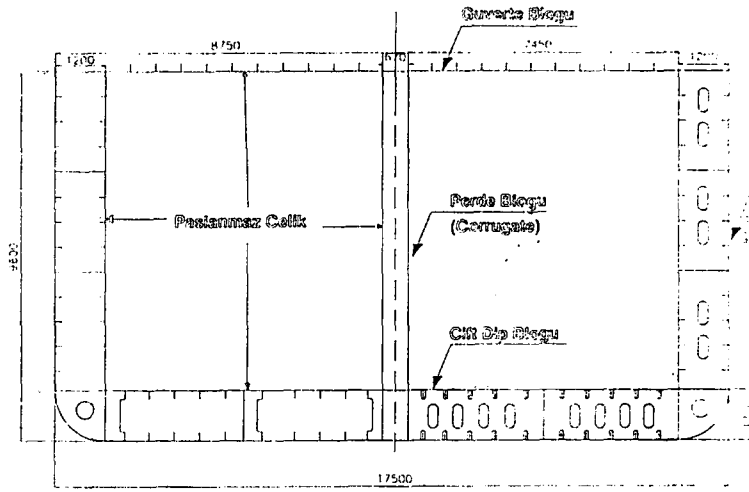


Şekil 4.3 - Trans Arctic - 7000 DWT -- Genel görünüş resmi [25]

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

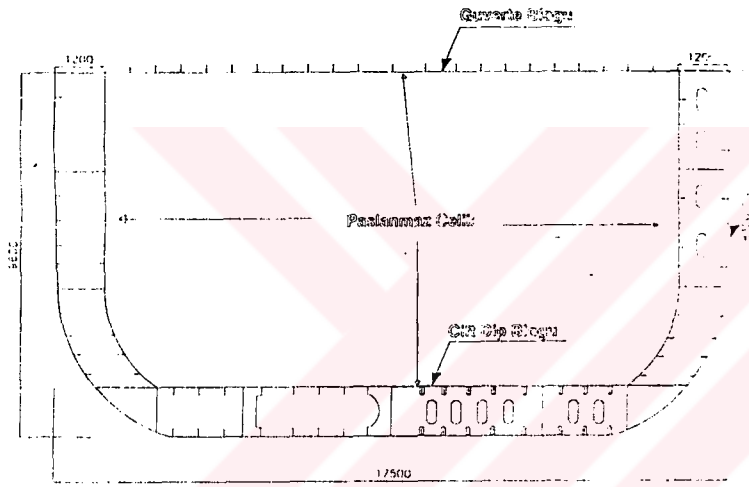
Min Boy = 8000 mm

Şekil 4.4 - Gemi kargo tank bölmelerinin gösterildiği profil ve su hattı görünüşleri



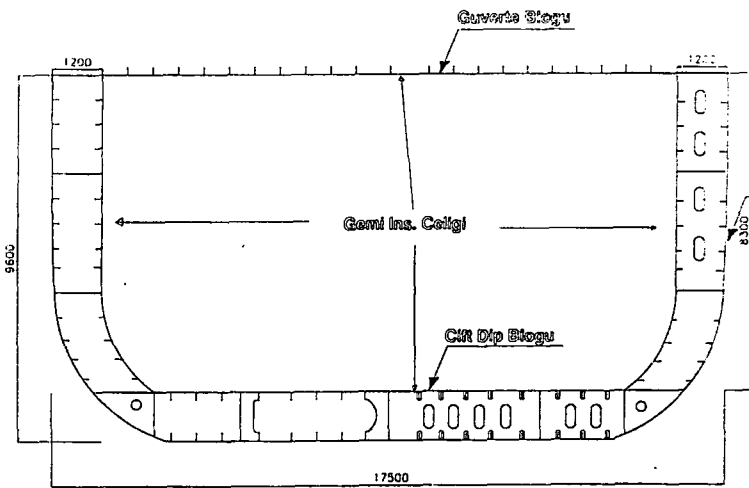
Boy = 8 metre

TANK NO 4,5,6,7 benzer



Boy = 8 metre

TANK NO 1,2,3,8,9 benzer

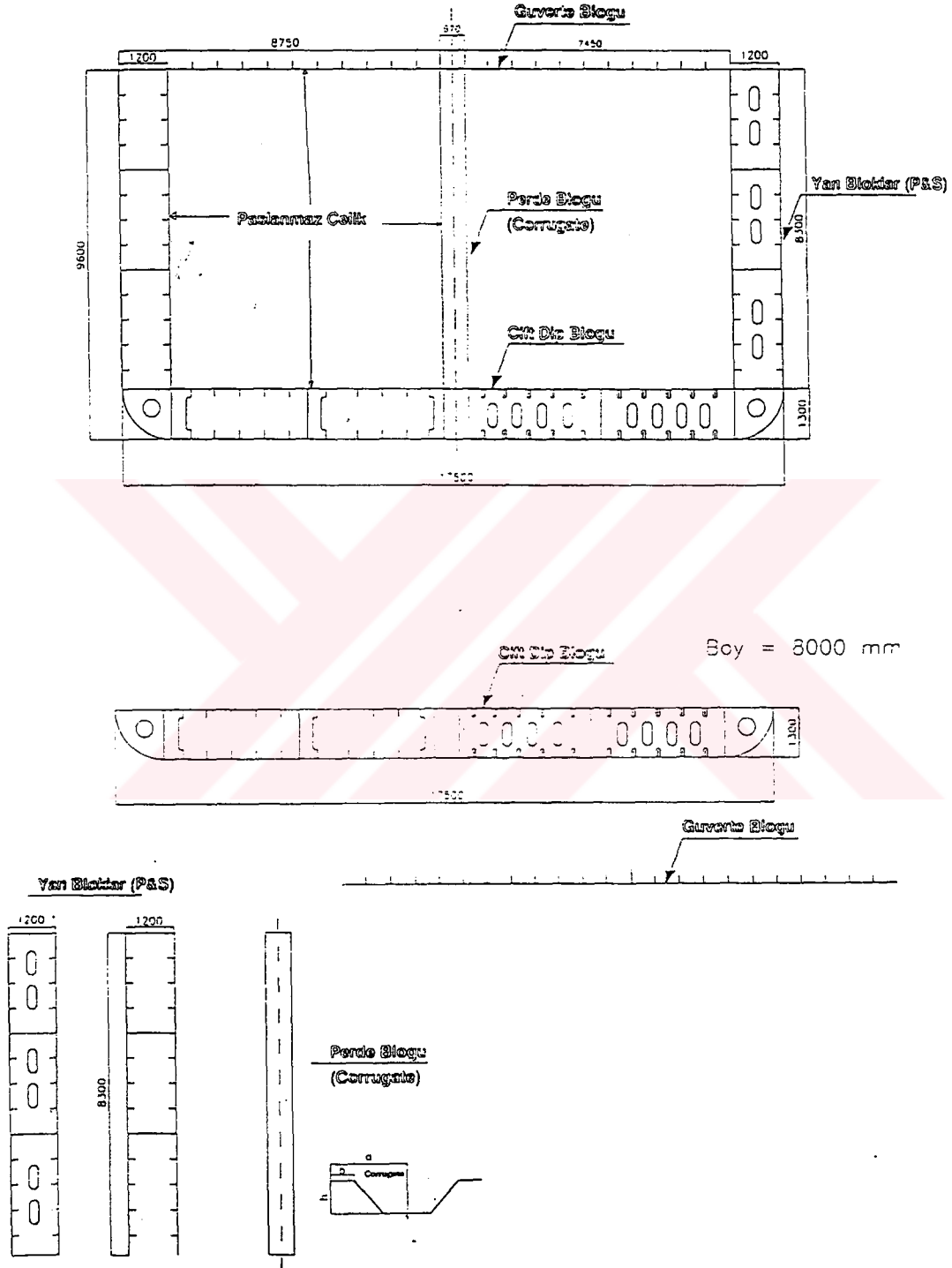


Boy = 8 metre

Kargo bölümü haricindeki yapı

Şekil 4.5 - Gemi tank bölmelerinin gösterildiği orta kesit görünüşleri

İnşa Grupları



Şekil 4.6 - Gemininin ayrı ayrı bloklar halinde inşa edilecek grupları

Şekil 4.2 ve 4.3 de örnek olarak kullandığımız mevcut gemi ve genel görünüş resmi görülmektedir. Şekil 4.4 de ise inşaatı düşünülen ve malzeme sarfiyatı çıkaracağımız bölümlerin gösterildiği kargo tank bölmeleri genel görünüş resmi görülmektedir. Şekil 4.5 te kargo tanklarının bulunduğu seksiyonların kesit görünüşleri mevcuttur. Bu geminin inşaatı halindeki kesiti Şekil 4.1 deki resimde gösterilmektedir.

Tersanede gemilerin inşaatı bloklar halinde olmakta ve inşaatı tamamlanan bloklar kızak üstüne transport edilerek buralarda yerlerine kaynakla bağlanmaktadır. Bu ayrı ayrı inşaatı yapılan bloklar bir seksiyon için; çift dip (double bottom) blokları, yan bloklar (side blocks), güverte blokları (deck blocks) ve perde blokları (corrugated bulkheads) dır. Bütün bu blokların oluşturduğu inşaa grupları Şekil 4.6 'da gösterilmektedir.

Bütün bu bloklarda hangi seksiyondaki blokların hangi taraflarının hangi malzemelerden inşaa edileceği açıkça belirtilmiştir. Şekillerde de görüldüğü gibi kimyasal madde taşıyacak olan tankların bulunduğu seksiyonlarda tankların bulunduğu yüzey paslanmaz çelik olmasına karşın dış kaplama sacları ve bunlara bağlı konstrüksiyon elemanları normal gemi inşaa çeliğidir.

Şimdi 7000 DWT luk bir tankerde sarf edilecek olan paslanmaz ve normal gemi inşaa çeliği tonajlarını saptamaya çalışalım. Öncelikle kıyaslama açısından mevcut birtakım kimyasal tankerlerin inşaatı sırasında sarf edilen paslanmaz çeliklerin tonajından yararlanalım.

Çizelge 4.1 – Mevcut gemilerin inşaatında kullanılan paslanmaz çelik çeşitlerinin ve tonajının DWT a göre dağılımı

DWT	Paslanmaz Çelik Tonajı	DWT	Paslanmaz Çelik Tonajı
9000	700 (Avesta 2205)	4000	240 (316 LN)
6000	400 (Duplex)	5000	270 (316 LN)
6500	400 (Duplex)	6000	250 (316 LN)
9000	600 (Duplex)	7000	400 (316 LN)
19000	1400 (Duplex)	8500	750 (316 LN)

Elimizdeki mevcut örnekleri incelediğimizde 7000 DWT luk bir kimyasal tankerin kargo tanklarının bulunduğu bölümün inşaatı için paslanmaz çelik sarfiyatının 400 ÷ 500 t arasında olduğu görülmektedir. Şimdi de ayrı ayrı olmak suretiyle bütün blokları bir bir inceleyerek sarf edilecek olan paslanmaz çelik ve normal gemi inşaa çeliği miktarını saptamaya çalışalım.

Çizelge 4.2 – 7000 DWT luk bir kimyasal tankerin Double Bottom Blokları için sarf edilecek paslanmaz çelik ve normal gemi inşaa çeliği miktarı

Double Bottom Blokları		1300x8000x17500	
Seksiyon	Paslanmaz	Normal	TOPLAM
9	8,7	29,5	38
8	9,66	32,8	42
7	9,66	32,8	42
6	9,66	32,8	42
5	9,66	32,8	42
4	9,66	32,8	42
3	9,66	32,8	42
2	9,1	27,8	37
1	7,7	22,4	30
TOPLAM	83,46	276,5	360

Çizelge 4.3 – 7000 DWT luk bir kimyasal tankerin Yan Blokları için sarf edilecek paslanmaz çelik ve normal gemi inşaa çeliği miktarı

Yan Bloklar		1200x8000x8300	
Seksiyon	Perde (SS)	Dış Kapl.+Stif.	TOPLAM
9	19,43	24,08	44
8	10,48	26,76	37
7	10,48	26,76	37
6	10,48	26,76	37
5	10,48	26,76	37
4	10,48	26,76	37
3	10,48	26,76	37
2	9,4	24,08	33
1	16,7	21,7	38
TOPLAM	108,41	230,42	339

Çizelge 4.4 – 7000 DWT luk bir kimyasal tankerin Güverte Blokları için sarf edilecek paslanmaz çelik ve normal gemi inşaa çeliği miktarı

Güverte Bloklar			8000x15100
Seksiyon	Plaka (SS)	Profil	TOPLAM
9	11,3	3,8	15
8	12,6	4,1	17
7	12,6	4,4	17
6	12,6	4,4	17
5	12,6	4,4	17
4	12,6	4,4	17
3	12,6	4,1	17
2	11,3	3,4	15
1	10,1	3,4	14
TOPLAM	108,3	36,4	145

Çizelge 4.5 – Corrugate perde ağırlıkları

Corrugate Perdeler			
Corr. No:	Ağırlık	Corr. No:	Ağırlık
12	10,2	6	9,1
11	11,3	5	11,3
10	7,2	4	7,2
9	11,3	3	11,3
8	9,1	2	10,2
7	11,3	1	9,3
TOPLAM			119

Çizelge 4.2 , 4.3 ve 4.4 te yalnızca kargo tanklarının bulunduğu bölümün seksiyonlarının inşaaı düşünülen 7000 DWT luk bir kimyasal tankerin yapımında kullanılması düşünülen paslanmaz çelik ve gemi inşaa çeliği malzemelerin ağırlıklarının bloklara göre dağılımı bulunmaktadır. Çizelgelerden de anlaşılacağı gibi paslanmaz çelikten yapılmış tank yüzeyinin üzerinde bulunan konstrüksiyon elemanlarının malzemesi normal gemi inşaa çeliği düşünülmüştür. 8'i enine, 4'ü boyuna toplam 12 adet olan corrugate perdelerin ağırlıkları ise Çizelge 4.5 te verilmiştir. Kargo tankları dışında bu perdelerin kullanımı olmadığı için bütün corrugate perdelerde inşaa malzemesi olarak paslanmaz çelik düşünülmüştür.

Bütün saptanan bu datalardan çıkarılan sonuç Çizelge 4.6 da verilmiştir. 7000 DWT luk bir tankerrin belirtilen 9 seksiyonu için sarf edilecek olan toplam malzeme tonajı 1106 ton'dur. Bunun 482 tonu paslanmaz çelik olacaktır. Çizelge 4.1 e göre yaptığımız tahmini de bu değer doğrulamaktadır. Seksiyonların imalatı sırasında kerfe harcanacak ve hurdaya çıkacak malzemeler için çıkan ağırlıklara %15 ilave yapılmıştır. Bu çizelgeler, yapılan hesaplamalara ve de daha önce inşaa edilmiş olan gemilerden edinilen tecrübelerle dayanılarak hazırlanmıştır.

Çizelge 4.6 – 7000 DWT luk bir kimyasal tanker için sarf edilecek paslanmaz çelik ve normal gemi inşaa çeliği toplam ağırlığı

TOPLAM AĞIRLIK (ton)		
Blok Ağırlığı	Corr. Ağırlığı	TOPLAM
843,27	118,85	962
Paslanmaz Çelik	Gemi İnşaa Çeliği	TOPLAM
418,83	543,29	962
Küçük parçalar için ağırlık arttırımı %15		
481,65	624,78	1106
GENEL TOPLAM		1106t

Kargo tanklarında genellikle paslanmaz çelik olarak Avesta Duplex 2205 kullanılmaktadır. Bütün öndegelen tersaneler, bu paslanmaz çeliğin yüksek kaliteli, nitrojen katkılı ferrit-östenitik çelik olduğu kanaatinde birleşmişlerdir. Bu yüksek kaliteyi, muhteviyatında yüksek oranda krom ve molibden bulundurmasının korozyon ve pittinge karşı malzemeyi dayanıklı kılmasının sağladığı belirtilmiştir. Malzemenin duplex yapısı ona oldukça fazla mekanik güç ve korozyon dayanımı sağlamaktadır.

4.1. Kimyasal Tankerler İçin Paslanmaz Çelik Plakalar

Kimyasal maddelerin deniz taşımacılığı, çok önemli bir özellik olan güvenlik ve ekonomikliğinden dolayı büyük bir ticarete dönüşmüştür. Bu aynı zamanda özel paslanmaz çelik kalitelerinin geniş çapta kullanıldığı bir alan olmuştur. Korozyon dayanımı, yapısı ve

tankın temizlenmesinde sunduğu kolaylık, paslanmaz çeliğin kimyasal madde taşımacılığında en mükemmel malzeme seçeneği olmasını sağlamıştır. Önde gelen tersanelerin kullandığı paslanmaz çelik olan, Avrupa'nın önde gelen paslanmaz çelik üreticilerinden Avesta Sheffield kimyasal taşımacılığı endüstrisine ürünleri ve de bilgileriyle destek sağlamıştır.

Önde gelen paslanmaz çelik üreticileri, armatörlerin, tersanelerin, dizayn bürolarının ve de klas kuruluşlarının da büyük desteğiyle kimyasal madde taşımacılığında bilgi ve tecrübelerini maksimum alanda geliştirmişler ve amaca uygun ürün üretiminde bugünleri aşarak geleceğe meydan okumuşlardır. Bu elbette ki sadece yeni ve gelişmiş paslanmaz çelik kalitelerini içermemekle beraber, aynı zamanda kimyasal madde taşımacılığı endüstrisindeki ihtiyaç duyulan malzeme türlerinin tesbitinde de büyük bir bilgi kazanılmıştır.

4.1.1. Kalitenin seçimi

Kimyasal tankerlerin kargo tank bölümünde kullanılan plakalar paslanmaz çeliktendir. Farklı çeşitlerde kargo taşınabilmesi için aşağıdaki ihtiyaçlar kapsamında bir kalite seçilmelidir.

- Kargo malzemesine karşı korozyon dayanımı
- Tank temizliği için kullanılan deniz suyuna karşı korozyon dayanımı

Portakal suyu gibi maddeler taşıyan tankerlerde yüksek alaşımlı çelik kullanılması gerekli görülmüştür. Avesta Sheffield firması uzun yıllardır edindikleri tecrübelerine dayanarak bu tip tankerlerde minimum kalite olarak Avesta Sheffield SKR-4 kullanılmasını tavsiye etmektedirler. Buradaki en önemli nokta Avesta SKR-4 ile uluslararası paslanmaz kalitesi olarak kullanılan A316LN arasındaki farktır. İçeriğinde molibden partikülleri bulundurmasından dolayı malzemenin korozyon direncine çok büyük etki sağlamaktadır. ASTM A240, 316LN tipi paslanmaz çeliğin içeriğinde %2 ila %3 arasında molibden bulundurduğunu belirtmiştir. Aynı şekilde Avesta SKR-4 içeriğinde minimum %2,75 molibden bulundurmaktadır. [30]

4.1.2. Ürün standartları

Kimyasal tankerler için klas kuruluşlarının konstrüksiyon malzemelerine dair kendi istekleri mevcuttur. Normal olarak Avesta Sheffield Kalite Departmanı tarafından; armatörün, tersanenin ve klas kuruluşlarının isteklerinin yerine getirebilmek maksadıyla her paslanmaz plaka için teknik şartname hazırlanmaktadır. Örneğin ASTM A240 ürün standardı.

4.1.3. Kimyasal kompozisyonları

Çizelge 4.7 – Kimyasal tankerlerde kullanılan Avesta paslanmaz çeliklerin kimyasal kompozisyonları [30]

		SKR-4	SNR-4	2205
Tip (Standart)	AISI/UNS	316LN	317LN	S31803
	W.-Nr.	1.44291	–	1.4462
Kompozisyon (%)	C max.	0.030	0.030	0.030
	Si	0.5	0.5	0.5
	Mn	1.5	1.5	1.5
	P max.	0.040	0.040	0.040
	S max.	0.030	0.030	0.030
	Cr	17.5	18.5	22.0
	Ni	11.0	13.5	5.5
	Mo	2.9	3.6	3.0
	N	0.14	0.14	0.16

4.1.4. Fiziksel özellikleri

Çizelge 4.8 – Kimyasal tankerlerde kullanılan Avesta paslanmaz çeliklerin fiziksel özellikleri [30]

		SKR-4/SNR-4	2205
20°C ta yoğunluk	g/cm ³	8	8
20-100°C taki termal genleşme	°C ⁻¹	16.5 x 10 ⁻⁶	13 x 10 ⁻⁶
20°C ta termal kondüktivite	W/m ² °C	13.5	20.0
Elastisite Modülü	N/mm ²	20 x 10 ⁴	20 x 10 ⁴

4.1.5. Mekanik özellikleri

Paslanmaz çelikler yüksek dayanım, tok yapı ve oldukça iyi sünek yapıya sahiptir. Östenitik paslanmazlarda kırılma yapı bir dereceye kadar düşüktür. Bu yapıya nitrojen ilavesiyle, çelikte kırılma yapı oluşumu farkedilir şekilde gözlenebilmektedir. Nitrojen ilavesiyle daha kırılma olarak elde ettiğimiz çelik dupleks paslanmaz çeliktir. Gemi inşaatında sıkça kullanılan dupleks paslanmaz çeliklerden Avesta Sheffield 2205, genelde kullanılan östenitik paslanmaz çeliklere oranla çok daha yüksek yapıya sahiptir. Bu paslanmaz çeliğin mekanik özellikleri kimyasal tankerler için garanti edilmiştir. Dupleks yapı paslanmaz çeliğin doğasında bulunan bir sakıncalı özellik ise malzemenin -40°C nin altında tavsiye edilmemesidir. [30]

Çizelge 4.9 – Kimyasal tankerlerde kullanılan Avesta paslanmaz çeliklerin mekanik özellikleri [30]

		Temperature, $^{\circ}\text{C}$		
		20	50	100
$R_{p0.2}$, min. N/mm ²	SKR-4/SNR-4	290	260	225
	2205	460	400	360
$R_{p1.0}$, min. N/mm ²	SKR-4/SNR-4	320	290	255
	2205	540	470	420
R_m , min. N/mm ²	SKR-4/SNR-4	590	550	525
	2205	680	660	620
A_5 , min. %	SKR-4/SNR-4	40		
	2205	25		
HB, max	SKR-4/SNR-4	220		
	2205	290		

4.1.6. Maksimum plaka ebatları

Kimyasal tankerlerin özel kalitede malzemelerinin tersanelere maksimum teslim ebatları Çizelge 4.10 da verilmiştir. Verilen her kalınlık için ayrı olmak suretiyle maksimum plaka genişliklerinin çizelgede verilmiş olmasına rağmen, 8, 9 ve 12'lik plakalarda da görüldüğü gibi, genişliğin daha küçük istenmesi durumunda plaka boylarında uzatma yapılabilmektedir.

Eğer çizelgede bulunmayan ebatlarda plakalara ihtiyaç duyulursa, Avesta Sheffield ile temas kurulmasını öneririm. Bu gibi durumlarda makul ebatlar talep edildiğinde ve yeterli belirtmeler yapıldığında istek karşılanabilmektedir.

Çizelge 4.10 – Kimyasal tankerlerde kullanılan Avesta paslanmaz çelik plakaların ebatları
[30]

Thickness (mm)	SKR-4		SNR-4		2205	
	Width (m)	Length (m)	Width (m)	Length (m)	Width (m)	Length (m)
7	2.5	10	2.0	10	2.0	10
8	2.6	10	2.0	10	2.0	10
	2.8	9	2.4	9	2.4	8
9	2.7	10	2.5	10	2.0	10
	2.9	9	2.7	9	2.6	8
10	2.8	10	2.7	10	2.5	8
11	3.2	10	3.0	10	2.7	10
12	2.4	12	2.7	12	2.7	10
	3.2	10	3.0	10	2.8	10
13-15	3.0	12	3.0	12	2.9	10
16-19	3.1	12	2.9	12	2.9	10
20-25	3.1	12	2.6	12	2.9	10
25-30	3.1	12	2.6	10	2.6	10

4.1.7. Kalınlık, genişlik, boy ve yüzey toleransları

Kimyasal tankerlerde kullanılan paslanmaz plakalar ASTM A480, DIN 1643, BS 1501, AFNOR A NF-110 ve SS21 11 12 standartlarına göre üretilmektedir. Anlaşmaya göre bazı özel toleranslar kullanılabilir.

ASTM A240 boyut toleransları plaka boy ve genişlikleri için -6.35mm 'ye müsadde etmektedir. Eğer tersanede bu plakalara uc işlemesi yapılacaksa, plaka sertifikasyonu mümkün eksi toleransı karşılayabilmelidir. Klas kuruluşları genellikle yukarıda belirtilen standartların normal $+/-$ kalınlık toleranslarını kabul etmektedir.

Çoğu zamanlarda sipariş edilen paslanmaz plakalar istek dahilinde uç işlemleri yapılmış olarak tedarik edilir. Bu tersanelerin işlerini kolaylaştırmak ve zamandan tasarruf etmek açısından çokça uygulanan bir yöntemdir. Uc işlemleri için Çizelge 4.11'deki toleranslar kullanılır.

Çizelge 4.11 – Paslanmaz çelik plakaların uc işleme toleransları [30]

Boy (m)	Boy toleransı	Genişlik toleransı
-7.9	+/-2 mm	+/-1.5 mm
8.0-	+/-3 mm	+/-1.5 mm

4.1.8. Ondule plakalar

Enine ve gemi centerline boyunca giden ondüle perdelerde de yine paslanmaz çeliğin kullanıldığı üzerinde durulmuştur. Bu ondule saclarda büküm radyusları genellikle 70mm uygulanmaktadır. Bir ondule plaka genellikle iki yada dört bükümden oluşacak ebatlarda satılır. Ancak yeterli ekipmanı bulunan tersanelerde bu ondule saclar paslanmaz düz plakalardan da bükülmek suretiyle üretilebilmektedir.

4.1.9. Kaynak

Avesta Sheffield'ın kimyasal tankerler için ürettikleri paslanmaz çeliklerin düşük karbon oranlı oluşundan ve iyi dengelenmiş kimyasal kompozisyonlarından dolayı kaynak kabiliyetleri oldukça iyidir. Östenitik çelikler, ayrılmış dolgu metali ile kaynak edilirken kaynak metaline az miktarda ferit katabilmesi açısından dengelenmiştir. Bütün malzemeler iyi bir sıcak şekil değiştirme ve kaynak edilebilme özelliğine sahiptir. Kimyasal tankerlerin malzemeleri otomatik kaynak yönteminin de içerildiği çokça kullanılan kaynak metodlarıyla kaynak edilebilirliğe sahiptir. [30]

5. PASLANMAZ ÇELİKLERİN KAYNAĞI

Gelişmekte olan ülkemiz endüstrisinin paslanmaz çeliklere olan gereksinimi her geçen gün artmaktadır. Özellikle, petro, kimya, gıda endüstrisinde kullanılan depolama tankları, basınçlı kaplar, kazanlar, ısı değiştirgeçler, paslanmaz boruların üretiminde çok çeşitli türlerde paslanmaz çelik kullanılmaktadır. Bu konstrüksiyonların oluşturulmasında da alışılmış veya modern kaynak yöntemleri kullanılır.

Paslanmaz çeliklerin kaynağında birçok alışılmış kaynak yöntemini uygulamak mümkündür. Ancak Gemi İnşasında kullanılan malzeme biçim ve kalınlıkları dikkate alındığında en uygun yöntem olarak MIG yöntemi öne çıkmaktadır ($S > 4\text{mm}$). Zira, kaynaklı birleştirmelerde maliyetleri azaltmak, yapım süresini kısaltmak ve kaynakçı faktörünün dikış kalitesine olan ekisini azaltmak için yarı otomatik ve tam otomatik olarak uygulanan gazaltı kaynak yöntemlerinin başında MIG kaynak yöntemi gelmektedir.

Paslanmaz çeliklerin hemen hemen bütün türleri MIG yöntemi ile kolaylıkla kaynatılabilirler. 303, 416, 416Se, 430 ve 430Se gibi yüksek miktarda kükürt ve selenyum içeren paslanmaz çelikler ile yüksek oranda karbon içeren 404 türü çeliğin kaynatılması oldukça zordur. Paslanmaz çelikleri diğer çeliklerden ayıran en önemli özellik krom içeriklerinin çok yüksek (%12) olmasıdır. Çeliğin yüzeyini kaplayan refrakter ve tönas kromoksit tabakası çeliği krozyondan ve paslanmaktan korur. Ostenitik, ferritik ve martenzitik olarak üç ana krupta toplanan paslanmaz çeliklerin kaynağında ortaya çıkan metalürjik olaylar, çeliğin bileşimi ve soğuma hızı ile ilgili olduğundan, kaynak yönteminin türü bu konuda büyük bir etkide bulunmaz.

Paslanmaz çeliklerin MIG kaynağında, diğer çeliklere nazaran malzemenin ısı iletkenliğinin düşük, ısı ıl genleşmenin fazla ve ergime sıcaklığının daha düşük olması nedeni ile alaşımsız çeliklerden daha düşük akım şiddeti ile çalışır [11,23]. Paslanmaz çeliklerin kaynağında çeşitli ark türleri de kullanılabilir, özellikle son yıllarda distorsiyon ve çarpılmayı azalttığından darbeli akım yöntemi çok geniş çapta uygulanmaktadır.

5.1. Paslanmaz Çeliklerin MIG Kaynağında Kullanılan Koruyucu Gazlar

Paslanmaz çeliklerin MIG kaynağında kullanılan koruyucu gazlar; asal gazlar veya bunların karışımları biçiminde olmaktadır. İki veya üç hatta bileşenli karışım gazlar arkı dengelemekte ve nüfuziyeti etkilemektedir.

Paslanmaz çeliklerin MIG kaynağında genel olarak % 1-2 civarında O_2 ve CO_2 gibi oksitleyici bileşen içeren Ar kullanılır. Argon'a O_2 veya CO_2 'nin katılması arkın dengelenmesini sağlar. Bu oluşumda O_2 'nin ark ortamında + iyon şekline gelmesinin etkisi vardır. Bu konuda O_2 , CO_2 'ye nazaran 2 yada 3 kat daha etkilidir. Bu sınırlarda O_2 katımının nüfuziyet derinliğine etkisi olduğu da görülmektedir. Saf ark veya He ile bunların karışımının kullanılması sonucu ortaya kararsız bir ark çıkar, zira elektron emisyonu oksit içeren bölgelerde başlar ve emisyon başlayınca da oksit filmi kırılır. Böylece ark, üzerinde oksit bulunan başka bir bölgeye sıçrar ve bunun sonucunda da arkın gezinmesi olayı ile karşılaşılır, bu bakımdan koruyucu asal gaza az miktar O_2 veya CO_2 katılması sonucu iş parçasından arkın bulunduğu yere çok yakın yerlerde oksit tabakası oluşur. Bu ek olarak, O_2 ve CO_2 ergimiş metal damlacıklarının yüzey gerilimini düşürür ve bu da spreylilik ile çalışılması halinde arkın dengelenmesini gerçekleştirir. Saf ar hali ile karşılaştırıldığında esas metalin ıslatma özeliği de gelişir. Ergimiş metal (kaynak metali) ile esas metal arasındaki yüzey gerilim açısı önemsiz hale gelir. [23]

Koruyucu asal gaza O_2 ve CO_2 'in katılmasını sınırlandırması nedeni ise kaynak yüzeyinin oksitlenmiş olması ve kaynak metalinin artan geçerken oksitlenme sonucu alaşım elementi kaybıdır. Arkın bu oksitleyici karakteri, gaza katılan O_2 ve CO_2 'nin oranı ile ilgilidir. Oksitleme kaybı bakımından O_2 , CO_2 'ye nazaran on kat daha etkindir. O_2 'nin koruyucu gaz olarak kullanılmasının bir diğer etkisi dikişin karbon kapmasıdır. Koruyucu gaz içindeki oksitleyici bileşenlerin oranının artması Mn, Cr ve Si kayıplarının da artmasına neden olur. Oksidasyon kayıpları, koruyucu gazdaki O_2 miktarı %30'un altında olduğu hallerde Mn ve Cr için %0,3; Si Nb %0,1 kadardır. Araştırmalar sonucunda, oksidasyon kayıplarının, De Long'a göre hesaplanan Krom eşdeğerini ($Cr_{eq} = \%Cr + Mo + \%1,5xSi + 0,5x\%Nb$) 0,3 veya 0,5 birim azalttığı görülmüştür. Dolayısı ile esas metal ile kaynak metalinin uyumunu sağlayabilmek için kaynak telinin, oksitlenme kayıplarını karşılayacak bileşim de olması gerekmektedir. [23]

Koruyucu gazda CO_2 'in bulunması, kaynak metalinin karbon kapmasına neden olduğu gibi oksitlenmesine neden olabilir. Kaynak metalinin bileşimi Fe-C-O sisteminin dengesine bağlıdır. Sonuçta karbon miktarı O_2 'nin aktivitesi, ark gerilimi ve metal damlacığının kaynak banyosuna geçerken taşıdığı ısı tarafından etkilenmektedir. Örneğin, telin karbon içeriği % 0,023 ve Ar + % 2,5 CO_2 'den oluşan karışım koruyucu gaz halinde karbon kapma miktarı % 0,018 olmaktadır ki; bu da kaynak metalindeki toplam karbonun % 0,41 olmasına yani çok küçük karbon sınırını aşmasına neden olmaktadır. Bir çok az karbonlu kaynak metali (karbon miktarı % 0,03'den az) gözönüne alındığında koruyucu gazda CO_2 bulunmamaktadır. Diğer bir deyimle, bu gazlar ancak, çok az karbonlu kaynak teli ve kaynak metalinin karbon içeriğinde % 0,05'den küçük olmasının kabul edildiği hallerde kullanılmalıdır. Karbon kapmanın diğer bir tehlikesi de karbonun kuvvetli ostenit dengeleyici olmasından ötürü kaynak metalindeki ferrit içeriğinin azalmasına neden olmasıdır. Bu da kaynak metalinin sıcak çatlamaya olan direncini azaltır. Ark atmosferine çok düşük ve çok yüksek koruyucu gaz debilerinde girebilen azot da aynı etkiyi yapar. Zira azot da çok kuvvetli ostenit dengeleyici olduğunda kaynak metalinin ferrit içeriği azalır. [23]

Argona nazaran daha yüksek bir ısı etkinliğe ve daha düşük bir yoğunluğa sahip olan He oldukça ilginç bir gazdır. Belirli bir kaynak akımı ve ark boyu için daha yüksek bir gerilimi elde edilir. Bu neden ile, aynı kaynak hızında ısı girdisi daha yüksektir. Doğal olarak sabit bir enerji girdisi halinde He kullanılması ile ısı girdisi arttırılabilir.

Ar ile karşılaştırıldığında He kullanılması ark enerjisinin daha çok kenarlara doğru yayılmasına neden olur. Bu, hem nüfuziyeti hemde kaynak kesitini arttırır. Yüksek kaynak banyosu sıcaklığından ötürü de kaynak banyosunu alışkanlığı ve ıslatma özeliği gelişir.

Ar + He karışımları saf Ar ve He arasında bir ara çözüm olarak düşünülebilir, Ar'a He eklenmesi nüfuziyeti arttırır. Ar'un ark içinde metal taşınımının kararlılığına da bir etkisi vardır. % 0,35'in üzerindeki He içeriği plazma akışını ters yönde etkiler. Bu bakımdan yüksek miktarlarda (yaklaşık % 85) He içeren gazlar kısa ark boyu ile kaynakta, düşük He içeren gazlar ise (%40) sprey ve darbeli arkta kullanılır [23]. Son yıllarda iki, üç ve dört bileşenli karışım gazlar endüstride kullanılmaya başlanmıştır. Bunları bileşenleri Çizelge 5.1'de verilmiştir.

Çizelge 5.1 - Paslanmaz çeliklerin kaynağında kullanılan ticari karışım gazlar [23]

% Ar	% He	% CO ₂	% O ₂	%H ₂
20	77,8	1,9	0,3	-
17,5	80,0	2,0	0,5	-
98	-	2	-	-
95	-	5	-	-
64,5	30	4,5	-	-
69	30	-	1	-

İnce saçların kaynatılmasında, zor pozisyonlarda ve geniş kök aralarında köprü kurmada kısa ark daha iyi sonuçlar vermektedir. ABD’de bu ark türü ile yapılan kaynakta % 90 He % 7.5 Ar % 2.5 CO₂ karışım gazı kullanılmaktadır. [23]

Saf argon veya % 1-2 O₂ içeren argon karışım gazları sprej ark ile kaynak yapmak için uygundur. Bu ark türü tek veya çok pasolu kaynakların yatay oluk pozisyonu için çok uygundur, özellikle argon ve oksijen karışım kullanılması halinde banyonun ısılanması ve arkın stabilitesi daha iyi sağlanmaktadır. [23]

5.2. Paslanmaz Çeliklerin kaynağında Kullanılan Dolu ve Özlü Tel Elektrodlar

Paslanmaz çeliklerin MIG kaynağında tel elektrod seçerken arktaki metal taşınımı türü dolayısı ile koruyucu gaz seçimi ile alaşım elementlerinin kayıplarının dikkate alınması gerekmektedir. Tel seçimi genel olarak kaynak metali bileşiminin esas metal ile göstermesine göre yapılır. Tüm bu faktörlerin yanısıra, kaynak metalini içeriği delte ferrit miktarı da önceden saptanmalıdır.

Paslanmaz çeliklerin MIG kaynağında % 1 ila 2 O₂ içeren karışım gazlar sprej ark için kullanılırlar. A.B.D.’de ise % 90 He, % 7.5 Ar + % 2.5 CO₂ karışım koruyucu gazı kısa ark halinde kullanılır. Bu her iki gaz ile de paslanmaz çelikleri kaynatmak olasılığı vardır.

Paslanmaz çelik tel elektrodlar TS 1197, DIN 8556 ve AWS A5.22'de standartlaştırılmışlardır. Paslanmaz çelikler için geliştirilmiş dolu tellerin yanı sıra son yıllarda kullanımı artan özlü tel elektrodlar da üretilmektedir. Paslanmaz özlü teller AWS A5.22 spesifikasyonuna göre "korozyona dirençli kromlu ve krom-nikelli özlü çelik kaynak elektrodları" olarak standartlaştırılmışlardır. Bu tür elektrodlar ülkemizde de TS 8047'ye göre tanımlanmışlardır. (Çizelge 5.2, 5.3, 5.4 ve 5.5)

Paslanmaz çeliklerin gazaltı kaynağında elektrod seçiminde aşağıdaki faktörlerin göz önünde bulundurulması gereklidir :

Kaynak elektrodu seçimi genel olarak kaynak metali bileşiminin esas metal ile uyum göstermesi esasına göre seçilir. Doğal olarak burada arktaki metal taşınım türü ve dolayısıyla koruyucu gaz türü seçimi ile alaşım elementlerinin kayıpları dikkate alınmak zorundadır. Burada elektrod seçiminde dezoksidantların miktarı bir kriter olarak kullanılmaz ve kaynak metalinin içeriği δ ferrit miktarı önceden saptanmalıdır.

Çizelge 5.2 - DIN 8575'e göre sıcaklığa dayanıklı çeliklerin kaynağında kullanılan gazaltı kaynak telleri [23]

Simge	Malzeme No.	Kimyasal Bileşim %								
		C	Si	Mn	P max	S	Cr	Mo	V	Kalan
SG Mo	1.5424	0,08 ila 0,12	0,50 ila 0,80	0,90 ila 1,30	0,020	0,020	-	0,40 ila 0,60	-	-
SG Mo V	1.5407	0,08 ila 0,15	0,40 ila 0,70	0,70 ila 1,10	0,020	0,020	0,30 ila 0,60	0,50 ila 1,00	0,20 ila 0,40	-
SG CrMo 1	1.7339	0,08 ila 0,14	0,50 ila 0,80	0,80 ila 1,20	0,020	0,020	1,00 ila 1,30	0,40 ila 0,80	-	-
SG CrMo 2	1.7384	0,03 ila 0,10	0,50 ila 0,80	0,80 ila 1,20	0,020	0,020	2,3 ila 3,0	0,90 ila 1,20	-	-
SG CrMo 5	1.7373	0,30 ila 0,10	0,30 ila 0,60	0,30 ila 0,70	0,020	0,020	5,5 ila 8,5	0,90 ila 0,80	-	-
SG CrMo 9	1.7388	0,03 ila 0,10	0,40 ila 0,80	0,40 ila 0,80	0,020	0,020	8,5 ila 10,0	0,80 ila 1,20	-	-
SG CrMo W V 12	1.4937	0,17 ila 0,24	0,20 ila 0,60	0,40 ila 1,00	0,025	0,020	10,5 ila 12,0	0,80 ila 1,20	0,20 ila 0,40	Ni $\leq$ 0,80 W 0,40 ila 0,60

Çizelge 5.3 - AWS A5.22'ye göre paslanmaz ve korozyona dayanıklı çelik tel elektrotların kimyasal bileşimleri [23]

SİMGİ	C	Cr	Ni	Mo	Mn	Nb+Ta	Si	P	S	Cu	Fe
ER308	.08	19.5-22.0	9.0-11.0	50	1.0-2.5	-	30-65	.03	.03	.50	KALANI
ER308L*	.03	19.5-22.0	9.0-11.0	50	1.0-2.5	-	30-65	.03	.03	.50	
ER308Mo*	.08	18.0-21.0	9.0-12.0	2.0-3.0	1.0-2.5	-	30-65	.03	.03	.50	
ER309	.12	23.0-25.0	12.0-14.0	50	1.0-2.5	-	30-65	.03	.03	.50	
ER309L*	.03	23.0-25.0	12.0-14.0	50	1.0-2.5	-	30-65	.03	.03	.50	
ER310	.08-15	25.0-28.0	20.0-22.5	50	1.0-2.5	-	30-65	.03	.03	.50	
ER312	.15	28.0-32.0	8.0-10.0	50	1.0-2.5	-	30-65	.03	.03	.50	
ER16-8-2*	.10	14.5-16.5	7.5-9.5	1.0-2.0	1.0-2.5	-	30-65	.03	.03	.50	
E16R316	.08	18.0-20.0	11.0-14.0	2.0-3.0	1.0-2.5	-	30-65	.03	.03	.50	
ER316L*	.03	18.0-20.0	11.0-14.0	2.0-3.0	1.0-2.5	-	30-65	.03	.03	.50	
ER317	.08	18.5-20.5	13.0-15.0	3.0-4.0	1.0-2.5	-	30-65	.03	.03	.50	
ER317L*	.03	18.5-20.5	13.0-15.0	3.0-4.0	1.0-2.5	-	30-65	.03	.03	.50	
ER318	.08	18.0-20.0	11.0-14.0	2.0-3.0	1.0-2.5	8xC min 1.0	30-65	.03	.03	.50	
ER320	.07	19.0-21.0	32.0-36.0	2.0-3.0	2.5	8xC min 1.0	.60	.04	.03	3.0-4.0	
ER321	.08	18.5-20.5	9.0-10.5	5	1.0-2.5	-	30-65	.03	.03	.50	
ER330	.18-25	15.0-17.0	34.0-37.0	5	1.0-2.5	-	30-65	.03	.03	.50	
ER347	.08	19.0-21.5	9.0-11.0	5	1.0-2.5	10xC min 1.0	30-65	.03	.03	.50	
ER348	.08	19.0-21.5	9.0-11.0	5	1.0-2.5	10xC min 1.0	30-65	.03	.03	.50	
ER349	.07-13	19.0-21.5	8.0-9.5	35-65	1.0-2.5	1.0-1.4	30-65	.03	.03	.50	
ER410	.12	11.5-13.5	.60	6	.60	-	.50	.03	.03	.50	
ER410NiMo*	.06	11.0-12.5	4.0-5.0	4-7	.60	-	.50	.03	.03	.50	
ER420	.25-40	12.0-14.0	.60	.50	.60	-	.50	.03	.03	.50	
ER430	.10	15.5-17.0	.60	.50	.60	-	.50	.03	.03	.50	
ER26-1*	.10	15.5-17.0	--	.50	.60	-	.50	.02	.02	.20	
ER502	.10	4.5-6.0	60	.45-65	.60	-	.50	.03	.03	.50	
ER505	.10	8.0-10.5	50	.8-1.2	.60	-	.50	.04	.03	.50	
ER630	.05	16.0-16.8	3.5-6.0	.75	25-75	.15-30	.75	.04	.03	3.25-4.0	

* L düşük karbon içeriğini belirtir.

* Mo molibden katkı olduğunu belirtir.

* 16-8-2 işaretli telin bileşiminde yaklaşık % 16 krom, % 8 nikel, % 2 molibden bulunduğunu belirtir.

* Ni nikel katkı olduğunu belirtir.

* 26-1 işaretli telin bileşiminde yaklaşık % 26 krom, % 1 molibden bulunduğunu belirtir.

Çizelge 5.4 - TS 1197'ye paslanmaz tellerin kimyasal bileşimi [23]

Simge	Kimyasal Bileşim (% kütle)									
	C	Si ¹⁾	Mn	P ²⁾	S ³⁾	Cr	Mo	Ni	Diğer Elementler	
X 8 Cr 14	0,10	1,0	≤ 1,5	0,030	0,025	12,0 - 15,0	-	-	-	-
X 8 CrNi 13 1	0,10	1,0	≤ 1,5	0,030	0,025	11,5 - 14,5	≤ 1,0	0,5 - 2,0	-	-
X 3 CrNi 13 4	0,04	1,0	≤ 1,5	0,030	0,025	12,0 - 15,0	≤ 1,0	3,0 - 5,0	-	-
X 8 CrTi 18	0,10	1,0	≤ 1,5	0,030	0,025	16,0 - 19,0	-	-	-	Ti 0,3 - 0,7
X 20 CrMo 17 1	0,25	1,0	≤ 1,5	0,030	0,025	15,5 - 18,5	0,5 - 1,5	≤ 1,0	-	-
X 5 CrNi 19 9	0,06	1,5	≤ 2,0	0,030	0,025	18,5 - 21,0	-	9,0 - 11,0	-	-
X 2 CrNi 19 9	0,025	1,5	≤ 2,0	0,030	0,025	18,5 - 21,0	-	9,0 - 11,0	-	-
X 5 CrNiNb 19 9	0,07	1,5	≤ 2,0	0,030	0,025	18,5 - 21,0	-	8,5 - 10,5	-	Nb ⁴⁾
X 5 CrNiMo 19 11	0,06	1,5	≤ 2,0	0,030	0,025	18,5 - 21,0	2,5 - 3,0	10,0 - 13,0	-	-
X 2 CrNiMo 19 12	0,025	1,5	≤ 2,0	0,030	0,025	18,0 - 20,0	2,5 - 3,0	10,0 - 13,0	-	-
X 5 CrNiMoNb 19 12	0,07	1,5	≤ 2,0	0,030	0,025	18,5 - 21,0	2,5 - 3,0	10,0 - 13,0	-	Nb ⁴⁾
X 2 CrNiMo 18 15 ³⁾	0,025	1,5	2,5 - 5,0	0,030	0,025	17,0 - 19,0	2,5 - 3,0	13,0 - 16,0	-	-
X 2 CrNiMo 18 16 ³⁾	0,025	1,5	2,5 - 5,0	0,035	0,025	17,0 - 20,0	4,0 - 5,0	16,0 - 19,0	N	-
X 2 CrNiMoCu 20 25 ³⁾	0,025	1,5	2,0 - 5,0	0,030	0,025	19,0 - 22,0	4,0 - 6,0	24,0 - 27,0	Cu 1,0 - 2,0	-
X 2 CrNiMnMoN 20 16 ³⁾	0,025	1,5	5,0 - 9,0	0,035	0,025	19,0 - 22,0	2,5 - 3,5	15,0 - 18,0	N	-
X 15 CrNiMn 18 8 ³⁾	0,20	1,5	5,0 - 8,0	0,035	0,025	17,0 - 20,0	-	7,0 - 10,0	-	-
X 12 CrNiMo 19 10	0,15	1,5	≤ 2,5	0,030	0,025	18,0 - 21,0	2,0 - 4,0	8,0 - 12,0	-	-
X 2 CrNi 24 12	0,025	1,5	≤ 2,5	0,030	0,025	22,0 - 25,0	-	11,0 - 15,0	-	-
X 2 CrNiNb 24 12	0,025	1,5	≤ 2,5	0,030	0,025	22,0 - 25,0	-	11,0 - 15,0	-	Nb ⁴⁾
X 8 CrNiMo 23 13	0,12	1,5	≤ 2,5	0,030	0,025	22,0 - 25,0	2,0 - 3,0	11,0 - 15,0	-	-
X 10 CrNi 30 9	0,15	1,5	≤ 2,5	0,035	0,025	27,0 - 31,0	-	8,0 - 12,0	-	-
X 8 Cr 30	0,10	2,0	≤ 2,0	0,035	0,025	28,5 - 31,5	-	≤ 2,0	-	-
X 12 CrNi 25 4	0,15	2,0	≤ 2,0	0,030	0,025	24,5 - 27,5	-	4,0 - 6,0	-	-
X 12 CrNi 22 12	0,15	2,0	≤ 2,0	0,030	0,025	20,5 - 23,5	-	10,0 - 13,0	-	-
X 12 CrNi 25 20 ³⁾	0,15	2,0	2,0 - 5,0	0,030	0,025	24,0 - 27,0	-	19,0 - 22,0	-	-
X 20 NiCr 36 18 ³⁾	0,30	2,0	≤ 2,0	0,030	0,025	17,0 - 20,0	-	33,0 - 38,0	-	-

1) Si miktar en az %0,5 olmalıdır.

2) P ve S miktarı toplamı %0,050'yi aşmamalıdır. Bu X2CrNiMo1815, X2CrNiMnMoN2016, X10CrNi309, X8Cr30 malzemeler için uygulanmaz.

3) Kaynak metalı tamamıyla ostentiktir.

4) Nb miktarı C miktarının en az on iki katı olmalı, fakat %1,1'den fazla olmamalıdır. %20'ye kadar Nb tantalyumla değiştirilebilir.

1) Si miktarı en az %0,5 olmalıdır.

2) P ve S miktarı toplamı %0,050'yi aşmamalıdır. Bu X2CrNiMo1815, X2CrNiMnMoN2016, X10CrNi309, X8Cr30 malzemeler için uygulanmaz.

3) Kaynak metalı tamamıyla ostenitiktir.

4) Nb miktarı C miktarının en az on iki katı olmalı, fakat %1,1'den fazla olmamalıdır. %20'ye kadar Nb tantalyumla değiştirilebilir.

Çizelge 5.5 - DIN 8556'ya göre paslanmaz ve ısıya dirençli çelikler için kaynak telleri [23]

Simge		Malzeme No.	Kimyasal Bileşim 1)					Diğerleri 2)
			C ≤	Cr	Mo	Ni		
X 8 Cr 14	1.4009	0,10	13,5	15,5	-	-	-	
X 3 CrNi 13 4	1.4351	0,04	12,5	15,0	-	3,0	5,0	
X 8 CrTi 18	1.4502	0,10	16,5	18,5	≤ 1,0	-	Ti 0,4-0,7	
X 5 CrNi 19 9	1.4302	0,06	18,0	20,0	-	8,5	10,5	
X 2 CrNi 19 9	1.4316	0,025	18,0	21,0	-	9,0	11,0	
X 5 CrNiNb 19 9	1.4551	0,07	18,0	20,0	-	8,0	10,0 Nb ³⁾	
X 5 CrNiMo 19 11	1.4403	0,06	18,0	20,0	2,5	10,0	12,0	
X 2 CrNiMo 19 12	1.4430	0,025	17,0	19,0	2,5	10,0	13,0	
X 5 CrNiMoNb 19 12	1.4576	0,07	18,0	20,0	2,5	10,0	13,0 Nb ³⁾	
X 2 CrNiMo 18 15	1.4433	0,025	17,0	19,0	2,5	13,0	16,0	
X 5 CrNiMo 18 13	1.4447	0,06	17,0	19,0	4,0	12,5	15,5	
X 6 NiCrMoCuNb 20 18	1.4507	0,07	17,5	20,0	2,0	20,0	22,0 Cu 1,8-2,2 Nb ³⁾	
X 5 CrNiMoNb 25 25	1.4587	0,07	25,0	27,0	2,0	24,0	26,0 Nb ³⁾	
X 2 CrNi 24 12	1.4332	0,025	23,0	25,0	-	11,0	13,0	
X 2 CrNiNb 24 12	1.4556	0,025	23,0	25,0	-	11,0	13,0 Nb ³⁾ 0,6-7,5	
X 15 CrNiMn 18 8	1.4370	0,20	17,0	20,0	-	7,5	9,5 Mn 5,5-7,5	
X 8 Cr 30	1.4773	0,10	29,0	31,0	-	≤2,0	-	
X 12 CrNi 25 4	1.4820	0,15	25,0	27,0	-	4,0	6,0	
X 12 CrNi 22 12	1.4829	0,15	21,0	23,0	-	10,0	13,0	
X 12 CrNi 25 20	1.4842	0,15	24,0	27,0	-	19,0	22,0	
X 12 NiCr 36 18	1.4863	0,20	17,0	19,0	-	36,0	40,0	

1) Özel hallerde sapmalar ve gayri safiyetler anlaşmaya bağlıdır.
2) Gazaltı için Si > 0,5 %, Tozaltı için Si < 0,5 %
3) Nb içeriği en az C'un 12 katı olmalıdır; Nb %'sinin 20 katı Ta konabilir.

5.3. Paslanmaz Çeliklerin MIG Kaynağında Ağız Hazırlığı

Genel olarak bu kaynak yönteminin kullanılması halinde kaynak ağzını biçimlendirmede kaynaklı parçanın biçimi, paslanmaz çeliğin türü ile ilgili metalurjik konular ve bu konularla ilgili gerekli standartlar dikkate alınır. Kaynak ağzı hazırlamada en önemli nokta gereken mukavemette en iyi kalitede kaynak dikişinin gerçekleştirilebilmesini en ekonomik yoldan yapabilmektir.

Paslanmaz çeliklerin yüzeylerinde alev içinde ergimeyen refrakter bir oksit filmi var olduğundan, karbonlu çelikler halinde olduğu gibi bu çelikleri oksijen ile kesmek mümkün değildir. Dolayısı ile çeliği kesmek için mekanik kesme yöntemleri veya plazma, oksit toz gibi ısı kesme yöntemleri uygulanabilir. Isıl kesmeler kaynak ağızlarında yapısal değişim oluşturacaklarından, kesilen kenarların özenle taşlanması gereklidir. Burada kullanılacak taşın başka metaller üzerinde özellikle galvanizli saclarda kullanılmamış olmasına çok dikkat edilmelidir.

İnce saclar, genellikle 5 mm'ye kadar olanlar tercihen mekanik kesme ile hazırlanmalıdır; daha kalın saclar için termik kesme yöntemleri kullanılabilir.

Kaynaklı bağlantıda, kaynaklanan kesitin tümünün veya bir kısmının kaynak edilmesi, ağız biçimini, kök aralığını ve kök alnı yüksekliğini etkiler. Kesitin sadece bir kısmının kaynak edilmesinin gerekli olduğu durumlarda, kök açıklığına gerek yoktur ve yüksek bir kök alnı bırakılabilir. MIG kaynağında diğer açık ark kaynak yöntemlerine nazaran daha ince çaplı elektrod kullanıldığından ark daha yoğundur ve aynı akım şiddeti için nüfuziyet daha derindir. Bu bakımdan daha yüksek bir kök alnı veya daha dar bir kök aralığı kullanılabilir. Bu kullanım doğal olarak kısa ark türü için geçerli değildir.

Tel çapının diğer yöntemlere göre daha küçük olması kaynak ağız açılarının daha dar tutulmasına olanak sağlar. [11,23]

Kaynak ağız biçimini etkileyen faktörlerden bir tanesi de kaynak pozisyonudur. Örneğin oluk pozisyonunda ağız açısının dar tutulabilmesine karşın dik pozisyonda daha geniş ağız

açısına gerek vardır. Dik ve tavan pozisyonlarında akım şiddetinin alt sınırları kullanıldığından kök aralığı daha fazla ve kök alın yüksekliği de daha az olmak zorundadır. Ayrıca korniş kaynaklarında asimetrik V ağzı banyonun akmasına engel olduğundan simetrik V ağzına tercih edilir. Burada malzeme kalınlığı ve yapılacak paso sayıları da gözden uzak tutulmamalıdır. [11,23]

Paslanmaz çeliklerin düşük ısı iletme katsayıları ve yüksek genleşme katsayıları da ağız hazırlamada kaynaklanacak malzemenin kalınlığına göre ağız biçimini ve paso sayısını etkiler. Örneğin V-alın kaynak ağzı açılmış kök yüksekliği bırakılmış 5 mm'lik AISI 304 paslanmaz çeliği 1.6 mm çaplı bir tel ile bir pasoda rahatlıkla kaynak edilebilmektedir.

Tek taraftan yapılan kaynak dikişlerinde kökten akmayı önlemek ve nüfuziyeti kontrol etmek için altlık ve kök koruma gazı kullanılır. [11]

5.4. Paslanmaz Çeliklerin Başlıca Özellikleri ve Türleri

Paslanmaz çeliklerin en önemli özelliği paslanmamaları yani oksidasyona ve korozyona karşı dirençleridir. Bu özellik çeliğin içeriğine %12'den fazla miktarda krom katılmasıyla elde edilir. Artan krom miktarına bağlı olarak da yüksek sıcaklarda oksidasyon dirençleri artmaktadır. Çeliğin içeriğinde yalnız yüksek miktarlarda nikel bulunması da paslanmayı önlerse de, krom ile birlikte bulunması özellikle asidik ortamlarda yüksek bir korozyon direnci sağlar. Nikelin yanı sıra molibden katkısıda, çeşitli korozyon türlerine karşı çeliği korur. Ancak %6.5'dan fazla molibden içeren paslanmaz çelikler ekonomik olarak üretilmezler. [5]

Krom, çeliğin yüksek sıcaklarda mekanik özelliklerini korumasını sağlar dolayısı ile kromlu paslanmaz çelikler, yüksek sıcaklarda sürünmeye karşı mukavemetli (creep resisting) çelikler olarak kullanılmaktadır. [5]

Kaynak işleminde sol ve sağ kaynak yöntemleri uygulanabilir. Sol kaynak yöntemi banyo ve arkın daha rahat bir şekilde görülebilmesini sağlar, yalnız bu yöntem ancak yaygın

biçimde dikişler gerekli olduğu zaman uygulanır. Sağ kaynak daha derin ziyetli dikiş eldesine yardımcı olur ve acemi kaynakçılar bu yöntem ile daha başarılı sonuçlar alırlar.

Günümüzde 170'den fazla türü bulunan paslanmaz çelikler, değişik amaçlar için endüstride oldukça yaygın uygulama alanı bulmuşlardır. Bugün endüstride kullanılan paslanmaz çelik türleri beş grup altında toplanmaktadır.

- Martenzitik kromlu paslanmaz çelikler,
- Ferritik kromlu paslanmaz çelikler,
- Ostenitik krom-nikelli paslanmaz çelikler,
- Çökelme sertleşmeli paslanmaz çelikler,
- Çift fazlı (duplex) paslanmaz çelikler,

Farklı türleri paslanmaz çeliklerin fiziksel özellikleri de birbirinden farklıdır ve bu olayda kaynak işlemlerinde önemli rol oynamaktadır.

Kromlu paslanmaz çeliklerin ısı iletme katsayıları, alışımsız çeliklerin yarısı kadardır. Ostenitik krom-nikelli paslanmaz çeliklerinki ise, alışımsız çeliklerinkinin üçte biri kadardır. Bu durum kaynak bölgesinde ısının uzun süre kalacağını gösterir ki bu durum da bazı problemlerin ortaya çıkmasına neden olur. [5]

Kromlu paslanmaz çelikler genellikle alışımsız çelikler ile aynı ısıl genleşme katsayısına sahiptirler. Ostenetik krom-nikelli çeliklerde ise bu değer karbonlu ve az alışımlı çeliklerden % 50 daha fazladır. Bu durum yalnız kaynakçıya değil, konstrüktörü (tasarımcıyı) de yakından ilgilendirir.

Karbonlu ve alışımlı çelikler, düşük elektrik iletme direncine sahiptirler. Paslanmaz çeliklerde ise bu değer 4-7 kat daha fazladır. Bu nedenle, paslanmaz çelik elektrodlar daha çabuk kızardıklarından, daha kısa olarak üretilirler ve normal elektrodlara göre %25 daha düşük akım şiddetiyle yüklenirler.

5.4.1. Martenzitik paslanmaz çeliklerin kaynağı

TS 2535 Kromlu martenzitik paslanmaz çelikleri, bileşiminde % 11.5 – 18 Cr bulunan ve ısıtılma işlemi ile sertleştirilebilen martenzitik yapıya paslanmaz çeliktir diye tanımlar; bu tür çeliklerin kritik soğuma hızları çok yavaş olduğundan soğuk havada soğuma halinde bile yapılarında martenzit oluşur. [11,23]

Martenzitik kromlu paslanmaz çeliklerin kaynağında başlıca etkili element karbondur. Karbon miktarı, ITAB'nin sertliği üzerinde etkilidir ve bu bir dereceye kadar kaynak yöntemi ile kontrol edilebilir. ITAB'nin sertliği artarsa soğuk çatlamaya hassasiyet artar ve tokluk azalır. Bu bakımdan, az karbonlu martenzitik paslanmaz çelikler, birtakım önlemler alınarak kaynak edilebilirler, yüksek karbon içerenler ise olabildiğince kaynak edilmemelidirler. [5]

Çizelge 5.6 - Martenzitik paslanmaz çelikler için öntav, kaynak ısı girdisi ve son tav gereksinimi [5]

Karbon %	Öntav * Sıcaklığı (°C)	Kaynak Isı Girdisi	Son Tav Gereksinimi
0,10 dan az	15 (minimum)	Normal	Isıl işlem yapılabilir.
0,10-0,20	200-260	Normal	Yavaş soğuma Isıl işlem yapılabilir.
0,20-0,50	260-320	Normal	Isıl işlem arzu edilir.
0,50 den fazla	260-320	Yüksek	Isıl işlem arzu edilir.
* ASME Kazan ve Basıncı Kaplar Talimatnamesi, karbon bileşimine bakmaksızın minimum öntav sıcaklığını 200 °C önerilmektedir.			

AISI (UNS)*	EURO NORM DIN (TSE)	Kimyasal Bileşim (%)									
		C	Mn	P	S	Si	Cr	Ni	Mo	Diğer	
403(S40300)	X6Cr13	≤0.15	1.00	0.040	0.030	0.50	11.50/13.00				
410(S41000)	X10Cr13	≤0.15	1.00	0.040	0.030	1.00	11.50/13.50				
414(S41400)	X22CrNi17	≤0.15	1.00	0.040	0.030	1.00	11.50/13.50	1.25/2.50			
416(S41600)	X12CrS13	≤0.15	1.25	0.060	0.15(min)	1.00	12.00/14.00		0.60*		
416Se(S41623)	-	≤0.15	1.25	0.060	0.060	1.00	12.00/14.00			0.15Se(min)	
420(S42000)	X20Cr13	0.15(min)	1.00	0.040	0.030	1.00	12.00/14.00				
420F(S42020)	-	0.15(min)	1.25	0.060	0.15(min)	1.00	12.00/14.00		0.60*		
422(S42200)	-	0.20/0.25	1.00	0.025	0.025	0.75	11.00/13.00	0.50/1.00	0.75/1.25	0.15/0.30V 0.75/1.25W	
431(S43100)	X20CrNi17	0.20	1.00	0.040	0.030	1.00	15.00/17.00	1.25/2.50			
440A(S44002)	-	0.60/0.75	1.00	0.040	0.030	1.00	16.00/18.00		0.75		
440B(S44003)	-	0.75/0.95	1.00	0.040	0.030	1.00	16.00/18.00		0.75		
440C(S44004)	X105CrMo17	0.95/1.20	1.00	0.040	0.030	1.00	16.00/18.00		0.75		

* ASTM-SAE Unified Numbering System

Bu çeliklerde ısıdan etkilenmiş bölgede ani soğumanın etkilerini yok etmek çok zor olduğundan kaynak kabiliyetleri çok zayıftır ve metalurjik yapılarından ötürü gerek elektrik gerekse de gazaltı kaynak yöntemleriyle birleştirilmelerinde ciddi sorunlar ortaya çıkar. Bu tür paslanmaz çeliklerin çok gereksinme duyulmadıkça kaynak edilmelerinden kaçınılır ve MIG kaynağı uygulanması da çok nadirdir. Bu yüzden genellikle döküm yoluyla şekillendirilmeleri tercih edilir. Ancak kromlu ferritik ve krom-nikelli ostenitik paslanmaz çelikler çok tercih edilen ve çeşitli kaynak yöntemleriyle daha az problemlili kaynak edilen çeliklerdir. [23]

Az karbonlu martenzitik paslanmaz çeliklerde, martenzit daha az serttir ve dolayısı ile çatlamaya eğilimleri daha zayıftır. Normal olarak bu çelikler kaynaktan önce bir ön tavlama tabi tutulurlar, burada uygulanan ön tav yüksek karbon eşdeğerli çelikler halinde olduğu gibi ITAB'de bir sertlik azalması oluşturmaz, sadece oluşan ısı gerilmeleri azalttığından çatlama olasılığını azaltır. Bu tür çelikler için uygulanan öntav sıcaklığı 200-400 C arasındadır. Kaynak bölgesinde daha tok bir yapı elde etmek ve kullanım esnasında parçalarda ortaya çıkabilecek çatlama olasılığını ortadan kaldırmak amacı ile parçalar olası durumlarda, hemen kaynaktan sonra, parça soğumadan bir gerilme azaltma tavlamasına tabi tutulmalıdır. En iyi süneklik ve tokluk parçanın 800-820°C'de dört saat süre ile tavlanaarak ve çok yavaş bir biçimde, olabilirse fırında soğutulması sonucunda elde edilir. Karbon içeriğine bağlı olarak önerilen öntav sıcaklığı, kaynak ısı girdisi durumu ve kaynak sonrası tavlama gereksinimi Çizelge 5.6'da özetlenmiştir.

5.4.2. Ferritik paslanmaz çeliklerin kaynağı

Kromlu ferritik paslanmaz çelikler % 16 – 30 Cr ve % 0.05 – 0.25 C içerirler ve bu biçilerinden ötürü iç yapılarında ostenit oluşumu yok denilebilecek kadar azdır ve soğuma esnasında ostenit-ferrit dönüşümü yoktur, dolayısı ile de su verme yolu ile sertleştirilemezler. Soğuma sırasında martenzit oluşumu tehlikesi var olmadığından, kaynak kabiliyetleri martenzit türe nazaran daha iyidir. Bu tür paslanmaz çelikler ark kaynağı, gazaltı kaynak yöntemleri, tozaltı kaynağı, elektrik direnç kaynağı yöntemlerinin yanı sıra moden kaynak yöntemleri ile de rahatlıkla kaynak edilebilmektedirler. Kaynakta ortaya problemler önceden bilindiğinde, üretim aşamasında kazandırılan özellikler sayesinde ve kaynak öncesiyle sonrasında önlemler ile ortadan kaldırılabilir.

Ferritik kromlu paslanmaz çelikler pahalı ve stratejik bir element olan nikel içermediklerinde ostenitik krom nikelli paslanmaz çeliklerden daha ekonomiktir ve şu üstünlüklere sahiptir:

- Klorürlü çözeltilerde gerilmeli korozyon çatlamasına daha dirençlidirler.
- Daha yüksek akma mukavemetine sahiptirler.
- Daha az şiddette soğuk şekil değiştirme sertleşmesi gösterirler.
- Manyetikleşme özelliğine sahiptirler. [23]

Ferritik kromlu paslanmaz çeliklerin kaynağında karşılaşılan önemli sorunlardan bir tanesi, bu malzemenin 1150°C'nin üzerindeki bir sıcaklığa kadar ısınması ve dolayısı ile bu bölgede aşırı bir tane irileşmesi meydana gelmesidir. Bu tür çeliklerde ostenit-ferrit dönüşmesi oluşmadığından ısıtılma işlemi yardımı ile taneleri küçültmenin olanağı yoktur. Normal halde ferritik kromlu paslanmaz çelikler, çok ince taneli sünek bir yapıya sahiptirler. İri taneli bir yapı haline geçince gevrekleşirler ve çentik darbe mukavemeti düşer, geçiş sıcaklığı yükselir. Tane irileşmesine mani olmak için bazı ferritik kromlu paslanmaz çeliklerin bileşimine bir miktar azot ilave edilir.(Örneğin; AISI normuna göre 444 çeliği 0,035 maksimum ve 446 çeliği 0.25 maksimum) bu tür çelikler kaynağa daha uygun bir durum gösterirler. Elektroda ilave edilen bir miktar azot'ta kaynak metalinin katılaşması sonucunda ince taneli olmasına yardımcı olur. [5,11,23]

Ferritik paslanmaz çelikler muhakkak bir miktar karbon içerirler. Karbon, ferrit içinde çok az çözünebildiği için, yapıda incecik dağılmış karbürler halinde bulunur. kaynak sırasında yüksek sıcaklıktan ötürü bu karbürlerin bir kısmı, etraftaki ferritle reaksiyona girer ve küçük yerel ostenid bölgeleri oluşturur ve ortaya çıkan ostenit, irileşen ferrit tanelerinin çevresinde bir ağ şeklinde yer alır. Bu çelikleri kaynağında öyle kaynak yöntemi uygulanmalıdır ki ısıdan etkilenmiş bölge 1150 °C'yi aşan sıcaklıklarda mümkün mertebe kısa süre kalsın, bu ise ancak kaynağın çok kısa pasolarla yapılması ve hemen soğutulması ile mümkündür. İri taneli yapı teorik olarak sıcak dövme ile (örneğin sıcak olarak çekileme) düzeltilebilir. Özellikle bu çekileme işlemi parça soğukken kesinlikle yapılmamalıdır. Kaynak metalinde tane büyümesinin neden olduğu gevreklik, ostenitik elektrod kullanılarak giderilebilir. % 0.1'den fazla C içeren esas metal halinde ise, % 25 Cr % 20 Ni içeren elektrodlar tavsiye edilir. [23]

Bu tür çeliklerde ortaya çıkabilecek bir diğer olayda sigma fazının oluşumudur. Ferrit ve ostenite nazaran çok kırılgan ve gevrek olan sigma fazı krom ve demirin metaller arası bileşimidir. Röntgen difraksiyonu ile yapılan araştırmalara göre, sigma fazı bileşiminde yaklaşık % 52 Cr ve % 48 Fe içermektedir. Sigma fazı antimagnetik olup sertliği 700-800 Vickers civarındadır. Sigma fazı temper gevrekliğinde sorun yaratır. Temper gevrekliği olarak tanımlanan olay, ferritik çeliklerin 450°C-525°C civarında ısıtılıp, bir müddet bekletilmesi sonucu ortaya çıkan sertleşme ve gevrekleşme olayıdır. Temper gevrekliği tanelerarası korozyonda da olumsuz etki yapmakta ve malzeme nitrik aside direncini kaybetmektedir.

Ferritik kromlu paslanmaz çeliklerin kaynağında yapılacak bir ön tavlama, martenzitlik paslanmaz çeliklerin kaynağından farklı metarlurjik etkilere sahiptir. Bu tür çeliklerin kaynaklı bağlantıları yavaş soğutulduğu zaman tane irileşmesi ve tokluk azalması gösterirler. Bazı ferritik paslanmaz çelikler de tane sınırlarında martenzit oluşumuna eğilimlidirler. Bu çeliklere uygulanan ön tavlama ITAB'de çatlama tehlikesini ortadan kaldırır ve kaynaktan doğan gerilmeleri sınırlar. Ön tavlama sıcaklığı, bileşime, arzu edilen mekanik özelliklere, kalınlığa ve artık gerilmelere bağlı olarak saptanır. Ön tav sıcaklığı normalde 150-250°C arasında uygulanır ve pasolar arası sıcaklıklar da ön tav sıcaklığının biraz üzerinde tutulabilir.

Kaynaktan sonra 750-850 °C'lik bir tavlamayı takiben hızlı bir soğutma, bu çeliklerde ITAB'nin sünekliğinin ve taneler arası korozyona direncinin artmasına yardımcı olur. [5]

Kromlu ferritik paslanmaz çeliklerin MIG kaynağı normal koşullarda doğru akımda elektrod (tel) pozitif kutba bağlanarak gerçekleşir. Bu tür paslanmaz çeliklerin kaynağında spreyl ark kullanılması halinde Argon + % 1 Oksijen karışımı koruyucu gaz ve kısa ark için ise Helyum + Argon + % 2 Karbondioksit koruyucu gaz karışımı tavsiye edilir. Uygulamada en iyi koruyucu gaz, arkta metal taşınımının biçimi kadar kaynak edilecek esas malzemeyede bağlanır.

Kısa ark ile çalışma, düşük ark gerilimi ve düşük kaynak akımı ile küçük çaplı elektrod (tel) kullanılmasını gerektirir. İnce kesitlerin kaynağı için çok uygundur. Ferritik kromlu paslanmaz çeliklerin kaynağında kısa ark uygulanmasının bir avantajı da ısıdan etkilenen bölgeye (IEB) düşük ısı girdisi verilmesi dolayısı ile tane irileşmesinin önlenmesidir. Ancak, düşük ısı girdisi yetersiz ergimeye neden olabilir ve sonuç olarak da kısa arkın kullanımı kritik olmayan uygulamalarda sınırlıdır. Bu ark türü ferritik kromlu paslanmaz çelik için ostenitik ilave metal (tel) kullanıldığı zaman da avantajlıdır, zira düşük ısı girdisi ile % 10 veya daha düşük ergime oranları elde edilir.

Sprey ark uygulamasında, ferritik kromlu paslanmaz çeliklerin ve farklı paslanmaz çeliklerin birleşiminde her zaman uygun ostenitik ilave metal (tel) mevcut olmayabilir, zira spray ark genellikle büyükçaplı teller ve kısa ark halinden çok daha yüksek gerilim ve kaynak akımı gerektirir. Bu yöntem kısa arkla çalışmaya nazaran nufusiyet azlığı ve yetersiz ergimeye karşı daha emin sonuçlar verir; ancak yöntem normalde de dikey ve yatay pozisyonlar için uygundur.

Darbeli ark uygulamasında daha büyük çaplı teller, bütün kaynak pozisyonlarında kullanılabilir ve kaynak banyosu daha iyi kullanılabilir. Bu uygulamada doldurma oranının spray ark halinde nazaran daha düşük olmasına karşın, daha az toplam ısı girdisi sayesinde bu tür paslanmaz çeliklerin kaynağında ortaya çıkan tane irileşmesi minimuma indirilmiş olur. [23]

5.4.3. Krom-Nikelli ostenitik paslanmaz çeliklerin kaynağı

Bu tür paslanmaz çelikler bileşimlerinde % 12-25 Krom % 8-25 Nikel içerir. Nikel kuvvetli bir ostenit yapıcı olduğundan, bu çeliklerde katılaşma esnasında ortaya çıkan ostenit oda sıcaklığının altındaki sıcaklık derecelerinde dahi dönüşmeden kalır. Soğuma esnasında ostenit ferrit dönüşümü olmadığından dolayısı ile su verme yoluyla sertleştirilemezler. Bu tür paslanmaz çelikler içinde en fazla tanınanı 18/8 diye isimlendirilen bileşiminde %18 Krom ve %8 Nikel içeren türdür. Antimagnetik olan bu tür paslanmaz çeliklere, genelde korozyon mukavemetini arttırmak amacıyla bir miktarda Molibden katılır. [6,23]

18 Cr / 8 Ni'li ostenitik çeliklerin ve bunların türevlerinin erime sıcaklıkları içerdikleri karbon miktarına göre 1400 ile 1430°C arasında değişir. Bazı elementlerin eklenmesi ile bu sıcaklık düşürülebilir. Örneğin %2-3 Si'li alaşımda erime sıcaklığı 1380°C civarındadır. %3 Mo'li paslanmaz çeliklerde ise bu sıcaklık 1370°C'a kadar düşer. [18]

18 Cr / 8 Ni'li standart paslanmaz çeliklerde ortalama yoğunluk değeri $7,93 \pm 0,02$ dir. Nikelce zengin (%20-25 Ni) ısıya karşı dayanıklı çeliklerde yoğunluk $8,04 \pm 0,02$ seviyesindedir. Bu değer % 2-3 Mo'li alaşımlarda ise biraz daha yüksektir [18]. Bu tür çeliklerin kaynak kabiliyeti açısından en önemli özellikler şunlardır.

- Isı iletme katsayıları oda sıcaklığında az alaşımlı ve yalın karbonlu çeliklerin 1/3'ü kadardır.
- Isıl genleşme katsayıları yalın karbonlu ve az alaşımlı çeliklerin yaklaşık 1.5 mislidir, yani %50 daha fazladır.
- Yalın karbonlu çelikler düşük bir elektrik iletme direncine sahiptirler, bu tür paslanmaz çeliklerde ise bu değer 5 ila 7 misli daha büyüktür. [23]

Bu özellikler dolayısı ile krom nikelli çeliklerin kaynağında, yalın karbonlu çeliklerin kaynağından daha fazla kendini çekme meydana gelir. Ostenitik çeliklerin genleşme katsayısı standart çeliklerinkine oranla belirgin şekilde daha yüksektir. Bu değer çeşitli çelik türlerine göre biraz değişir. Çizelge 5.9'da çeşitli sıcaklık değerleri için ortalama genleşme katsayıları verilmektedir. [18,23]

Çizelge 5.9 - Ostenitik çeliklerin genleşme katsayıları [18]

Malzeme Tipi	0 - 100 °C	0 - 300 °C	0 - 650 °C
18 Cr - 8 Ni	$16,9 \times 10^{-6}$	$17,8 \times 10^{-6}$	$18,7 \times 10^{-6}$
18 Cr - 8 Ni - 3 Mo	$16,0 \times 10^{-6}$	$16,2 \times 10^{-6}$	$18,5 \times 10^{-6}$
25 Cr - 12 Ni veya 25 Cr - 20 Ni	$14,4 \times 10^{-6}$	$16,2 \times 10^{-6}$	$17,4 \times 10^{-6}$

Ostenitik çeliklerin elastisite modülü yumuşak çeliklerinkine yakın olup ortalama 20000'dir. Bu değer sıcaklık yükseldikçe belirgin bir şekilde düşer. [18]

Çizelge 5.10 - Ostenitik çeliklerin elastisite modülleri [18]

20 °C	200 °C	400 °C	800 °C
20 000	18 400	16 600	12 200

Kaynak dikişinin soğuması esnasında büyük büzülmenin ortaya çıkması sonucunda, bu bölgede oluşan şiddetli iç gerilmeler çatlama tehlikesine yol açar. Bu tür paslanmaz çeliklerin özellikle çift taraflı iç köşe dikişlerinin sıcak çatlakların oluşma olasılığı çok fazladır. [23]

Ostenitik krom-nikelli paslanmaz çeliklerin kaynak kabiliyetlerini etkileyen fiziksel özelliklerinin yanında bir dizi metalurjik etken de bu tür çeliklerin kaynağında önemli rol oynar; bunlar delta ferrit fazının oluşumu, taneler arası korozyona hassasiyet, gerilmeli korozyona hassasiyet ve sigma fazının oluşmasıdır. [5]

Ostenitik Krom-Nikelli paslanmaz çeliklerin üretimlerinde, sıvı halden itibaren katılaşma başlayınca, ostenit ve δ ferrit taneleri oluşmaya başlar. Bu ferrit ostenitin dönüşümü sonucunda ortaya çıkan ferritten farklıdır. Katılaşma normal olarak endüstride ingota dökülen bir sıvı metalin katılaşmasında görülen bir hızla seyrettiği zaman, bu tür çeliklerin yapısı ostenit taneleri arasında serpilmiş δ ferrit taneciklerinden oluşur. Bu faz, krom ve ferriti dengeleyen elementler yönünden zengin, nikel ve osteniti dengeleyen elementler yönünden fakirdir. Bu fazın oluşumu çelik üreticilerinin istemediği bir durumdur; zira malzemenin sıcak şekillendirilmesini zorlaştırır ve malzemedeki çatlakların oluşumunu teşvik eder. Bu fazın sürekli olarak tanecik sınırlarında bulunması korozyon direncini azaltır. Ayrıca, yüksek sıcaklıklarda uzun süre δ ferrit fazıyla karşı karşıya kalınması sonucunda da malzemenin mukavemetini ve şekillendirilebilme kabiliyetini azaltıcı yönde etkileyen sert ve gevrek sigma fazının oluşumu gibi sorunlarla karşılaşılır. Bu olaya mani olabilmek için, katılaşan krom-nikelli ostenitik paslanmaz çeliklerde soğumanın çok yavaş bir hızla seyretmesi gereklidir. Bir başka çözüm yolu da bu çeliğin uzun süre 1150°C'de tavlınması ve hızlı soğutulmasıdır. Ostenit yapılı elementler olan nikel ve mangal miktarının çeliğin bileşiminde artması ferrit oluşum olasılığını zayıflatır. [5,6,23]

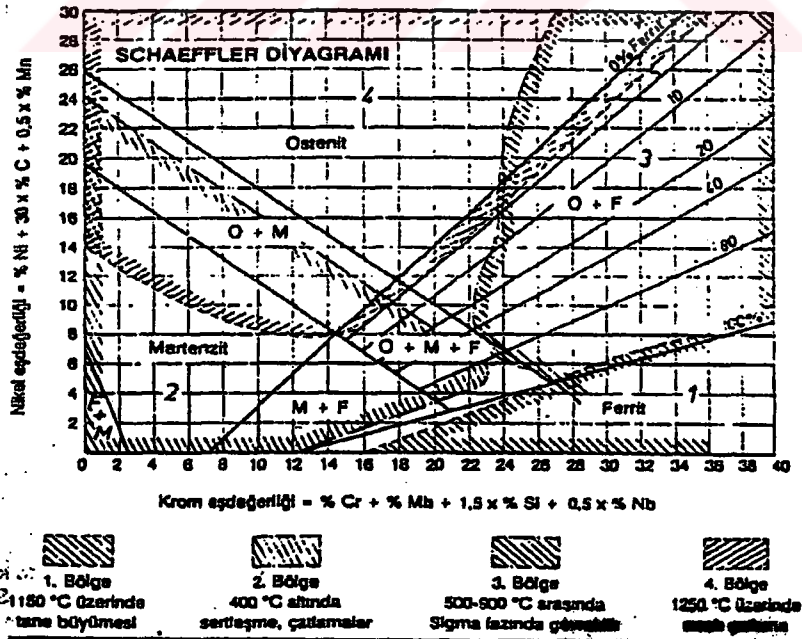
Çizelge 5.11 - Ostenitik Krom-Nikelli Paslanmaz Çeliklerin yaygın kullanılan türleri [23]

AISI (UNS)***	EURO NORM DIN & TSE	Kimyasal Bileşim (%)										Diğer
		C	Mn	P	S	Si	Cr	Ni	Mo			
201(S20100)	-	0.15	5.50/7.50	0.60	0.30	1.00	16.00/18.00	3.50/5.50	-	0.25N		
202(S20200)	X8CrMnNiN189	0.15	7.50/10.00	0.050	0.030	1.00	17.00/19.00	4.00/6.00	-	0.25N		
205(S20500)	-	0.12/0.25	14.00/15.50	0.030	0.030	0.50	16.50/18.00	1.00/1.75	-	0.32/0.40N		
301(S30100)	X12CrNi177	0.15	2.00	0.045	0.030	1.00	16.00/18.00	6.00/8.00	-	-		
302(S30200)	X10CrNi189	0.15	2.00	0.045	0.030	1.00	17.00/19.00	8.00/10.00	-	-		
302B(S30215)	-	0.15	2.00	0.045	0.030	2.00/3.00	17.00/19.00	8.00/10.00	-	-		
303(S30300)	X10CrNiS189	0.15	2.00	0.20	0.15(Min)	1.00	17.00/19.00	8.00/10.00	0.60*	-		
303Se(S30323)	-	0.15	2.00	0.20	0.60	1.00	17.00/19.00	8.00/10.00	-	0.15Se(Min)		
304(S30400)	X5CrNi1810	0.08	2.00	0.045	0.030	1.00	18.00/20.00	8.00/10.50	-	-		
304L(S30403)	X2CrNi1911	0.030	2.00	0.045	0.030	1.00	18.00/20.00	8.00/12.00	-	-		
S30430	-	0.08	2.00	0.045	0.030	1.00	17.00/19.00	8.00/10.00	-	3.00/4.00Cu		
304N(S30451)	X5CrNiN1810	0.08	2.00	0.045	0.030	1.00	18.00/20.00	8.00/10.50	-	0.010/0.16N		
305(S30500)	X8CrNi1812	0.12	2.00	0.045	0.030	1.00	17.00/19.00	10.50/13.00	-	-		
308(S30800)	-	0.08	2.00	0.045	0.030	1.00	19.00/21.00	10.00/12.00	-	-		
309(S30900)	-	0.20	2.00	0.045	0.030	1.00	22.00/24.00	12.00/15.00	-	-		
309S(S30908)	-	0.08	2.00	0.045	0.030	1.00	22.00/24.00	12.00/15.00	-	-		
310(S31000)	-	0.25	2.00	0.045	0.030	1.50	24.00/26.00	19.00/22.00	-	-		
310S(S31008)	-	0.08	2.00	0.045	0.030	1.50	24.00/26.00	19.00/22.00	-	-		
314(S31400)	-	0.25	2.00	0.045	0.030	1.50/3.00	23.00/26.00	19.00/22.00	-	-		
316(S31600)	X5CrNiMo17122	0.08	2.00	0.045	0.030	1.00	16.00/18.00	10.00/14.00	2.00/3.00	-		
316F(S31620)	-	0.08	2.00	0.045	0.030	1.00	16.00/18.00	10.00/14.00	1.75/2.50	-		
316L(S31603)	X2CrNiMo17133	0.030	2.00	0.045	0.030	1.00	16.00/18.00	10.00/14.00	2.00/3.00	-		
316N(S31651)	-	0.08	2.00	0.20	0.10(Min)	1.00	16.00/18.00	10.00/14.00	2.00/3.00	0.10/0.16N		
317(S31700)	X5CrNiMo1713	0.08	2.00	0.045	0.030	1.00	16.00/18.00	10.00/14.00	3.00/4.00	-		
317L(S31703)	X2CrNiMo18164	0.030	2.00	0.045	0.030	1.00	18.00/20.00	11.00/15.00	3.00/4.00	-		
321(S32100)	X6CrNiTi1810	0.08	2.00	0.045	0.030	1.00	18.00/20.00	11.00/15.00	3.00/4.00	-		
329**(S32900)	X4CrNiMoN2752	0.10	2.00	0.045	0.030	1.00	17.00/19.00	9.00/12.00	-	5xCrTi(Min)		
330(N08330)	-	0.08	2.00	0.040	0.030	1.00	25.00/30.00	3.00/6.00	1.00/2.00	-		
347(S34700)	X6CrNiNb1810	0.08	2.00	0.040	0.030	0.75/1.50	17.00/20.00	34.00/37.00	-	0.10Ta, 0.20Cb		
348(S34800)	-	0.08	2.00	0.045	0.030	1.00	17.00/19.00	9.00/13.00	-	10xC=Cb+Ta(Min)		
				0.045	0.030	1.00	17.00/19.00	9.00/13.00	-	10xC=Cb+Ta(Min)		
				0.045	0.030	1.00	17.00/19.00	9.00/13.00	-	(Ta+0.10Max)		
364(S36400)	-	(0.08)	2.00	0.045	0.030	1.00	15.00/17.00	17.00/19.00	-	0.20Co		

* Üreticisi tarafından katılabilir **Çift fazlı alaşım-östenitl+ferrit ***ASTM-SAE Unified Numbering System

* Üreticisi tarafından kullanılabilir **Çift fazlı alaşım-östenit+ferrit ***ASTM-SAE Unified Numbering System

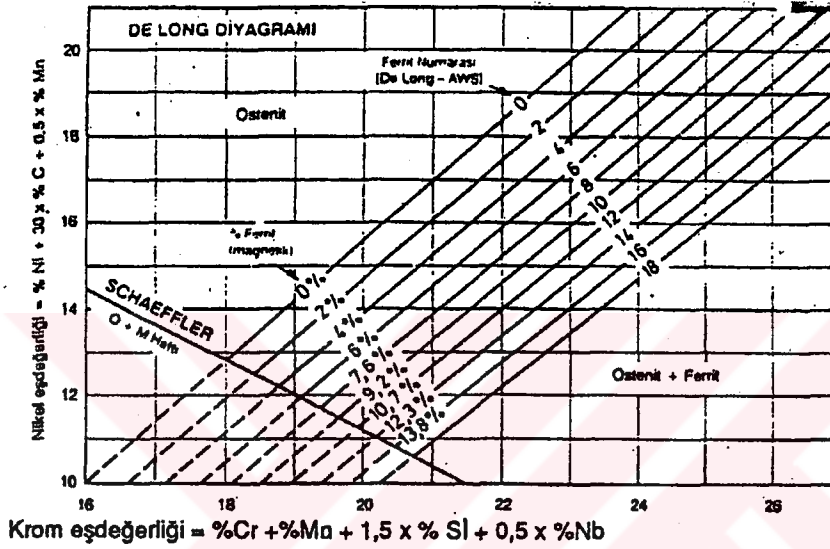
Ostenitik paslanmaz kaynak metallerinin mikroyapıları esas metalinkinden bir miktar farklılık gösterir. Tamamen ostenitik alışımların eşdeğer bileşimindeki kaynak metalinin az miktarda ferrit içerdiği görülür. Çeşitli elektrodların kullanımı kaynak metalinin metalurjik yapısını değiştirebilir. Bu amaçla kaynak metalinin kimyasal bileşimini saptamak üzere değişik diyagramlar geliştirilmiştir. Bu diyagramlardan bir tanesi Scheffler diyagramıdır (Şekil 5.1). Bu diyagramda ferriti dengeleyici elementler Cr_{eq} olarak yatay eksen, osteniti dengeleyici elementler ise Ni_{eq} olarak düşey eksen yerleştirilmiştir. De Long diyagramı ise azotun, ostenitik paslanmaz çeliğin faz dengesi üzerindeki başlıca etkisini gösterir (Şekil 5.2). Schaeffler'in çalışmasında ferrit yüzdesi metallografik ölçme metodları kullanılarak tanımlanmıştır. Manyetik ölçme aletleri daha uygun olmakla beraber ikincil ölçüm sistemleri olarak ele alınmaktadır. Dolayısı ile ferrit bileşimini tanımlayabilmek için bir standart veya ferrit sayısı (FN) geliştirilmiştir. De Long diyagramında Ni_{eq} , osteniti dengeleyici elementlerini ağırlık yüzdesi kullanılarak (Ni, C, N, Mn) hesaplanmıştır. Cr_{eq} 'i de, ferrit dengeleyicilerin ağırlık yüzdeslerinin alınması ile yapılmıştır (Cr, Mo, Si ve Nb). Örneğin; osteniti dengelemede C ve N, nikelden 30 kat daha etkilidir. Ostenitik paslanmaz kaynak metalinde bulunabilecek az miktardaki bazı elementler de mikroyapıyı etkileyebilir; örneğin, titanyumun bulunması kaynak metalindeki ferrit miktarını birkaç ferrit sayısı arttırabilir. [5]



Şekil 5.1 - Paslanmaz çelik kaynak metalinde mikroyapının belirlenmesinde kullanılan Schaeffler diyagramı [5]

Paslanmaz çelik kaynak metalinde tam olarak ne kadar ferrit bulunduğunu saptamak zordur, dolayısı ile ferrit ölçümünde standart tekniklerin ve ferrit sayılarının kullanılması yönünde araştırmacılar arasında bir fikir birliği oluşmuştur.

Ostenitik paslanmaz çelik kaynak metalinin delta ferrit miktarının ölçülmesi için, manyetik cihazların kalibrasyonunda kullanılacak standart bir yöntem Amerikan Kaynak Cemiyeti AWS tarafından kullanıma sunulmuştur. (AWS A4. 2-74)



Not.

Azot miktarı bilinmiyorsa belirtildiği şekilde ortalama bir değer alınmalıdır.

a) TIG/MIG Yöntemi için %0.08 (Kendinden korumalı özlü tel için %12)

b) Diğer kaynak yöntemleri için %0.06

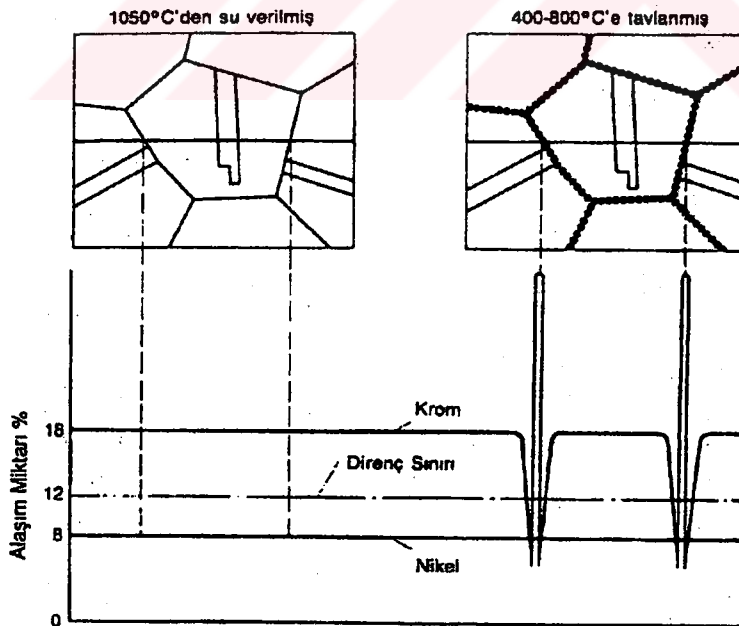
Şekil 5.2 - Ostenitik kaynak metalinde ferrit sayısının tanımlanması için kullanılan De Long diyagramı [5]

Burada şunu belirtmekte fayda vardır ki elektrod üreticiler ferrit içeren kaynak metallerinin, ferrit içermeyen kaynak metallerine nazaran sıcak çatlaklara karşı daha dirençli olduklarını bulmuşlardır ve günümüzde paslanmaz elektrodlar ve teller kaynak metalinde daima bir miktar ferrit bulunacak şekilde üretilirler. [5]

Krom nikelli ostenitik paslanmaz çelikler oda sıcaklığında ve daha düşük sıcaklıklarda mutlak olarak iç yapı bakımından kararlı değildirler. Bu çeliklerde aşırı soğuma şekil değiştirme, özellikle dövme sonucunda kısmen martenzitik bir yapı elde edilebilir. [11,23]

Ostenitik krom-nikelli paslanmaz çeliklerin kaynağında ortaya çıkan ikinci bir sorun da özellikle 18/8 çeliği gibi bazı krom-nikelli çeliklerin 450-850 °C sıcaklık aralığındaki bir sıcaklıkta uzun süre kalmalarında oluşan krom karbür çökmesi eğilimidir. Bu çelikler üretimleri sırasında krom karbürün ostenit içerisinde çözüldüğü 1100 °C'dan itibaren hızla soğutulurlar. Bu şekilde bu elementlerin çökme tehlikesi ortadan kalkmış olur ve oda sıcaklığında karbonun difüzyon hızı çok düşük olduğundan, kullanım esnasında oluşma olanağı yoktur. Sıcaklığın 450 °C'ın üzerine çıkması ile karbonun difüzyon hızı, karbona tane sınırlarından dışarıya çıkartacak derecede artar. Tane sınırlarında biriken karbon, kroma karşı olan yüksek ilgisinden (affinitesinden) dolayı bu bölgede krom ile birleşerek krom karbür oluşturur. (Fe,Cr 23 C6) Oluşan krom karbürün ağırlık olarak %90'ını krom oluşturduğundan, tane sınırlarında bulunan çok az karbon bile ostenit tanelerinin çevresindeki krom miktarını aşırı derecede azaltır (Şekil 5.3). [5]

Bunun sonucu olarak malzeme korozyif bir ortamda bulunduğunda, kromca zayıflamış olan tane sınırlarında korozyon oluşur. Bu şekilde ortaya çıkan tanelerarası korozyon tüm malzemeyi çok kısa zamanda kullanılmaz hale getirir. Çeliğin karbon içeriği arttıkça bu olay şiddetlenir. [5]



Şekil 5.3 - Ostenitik krom-nikelli paslanmaz çeliklerde tane sınırlarında krom karbür çökmesine bağlı olarak krom azalması (Şematik) [5,23]

Ostenitik krom-nikelli paslanmaz çeliklerin kaynağı esnasında eriyen bölge çok kısa bir zamanda katılaşır hızla soğuduğundan ve elektrod olarak kullanılan alışımların karbon içeriği de düşük olduğundan kaynak metali, yani kaynak dikişi için karbür çökelme tehlikesi yoktur. Buna karşın Isının Tesiri Altında Kalan Bölge (ITAB), kaynak süresi boyunca, 500-900 °C sıcaklık aralığında tavlı olarak kalmakta ve aynı zamanda da burası esas metal olduğundan, karbon içeriğinin yüksek olması halinde ostenit tane sınırlarında tanelerarası korozyona neden olacak karbür çökmesi olayı ortaya çıkmaktadır. Belli bir karbon içereği için karbür çökmesi olayının şiddeti, sıcaklık ve zamana bağlıdır. Çökelme başlamadan önce sıcaklık ve değişen bir kuluçka periyodu vardır. Sıcaklık ve çeliğin karbon içereğine göre en kısa sürede çökelmenin başladığı bir sıcaklık vardır ki buna kritik sıcaklık adı verilir (Çizelge 5.12). [5]

Çizelge 5.12 - Krom karbür çökmesinin karbon içeriği, zaman ve sıcaklığa bağlılığı [5]

Çeliğin C İçeriği (%)	Kuluçka Peryodu (dak.)	Kritik Sıcaklık (°C)
0.03	11.0	650
0.05	7.0	650
0.06	2.5	670
0.08	0.3	750

Tek paso ile yapılan ark kaynağında ITAB, 650-750 °C arasındaki sıcaklığa bir dakikadan az bir süre maruz kalır. Buna karşın, çok pasolu kaynak halinde bu süre üç dakikanın üzerine çıkar ve dolayısı ile karbür çökelme tehlikesi kendini gösterir. [5,11]

Karbür çökmesinin oluşabilmesi için, çeliğin karbon içeriğinin belirli bir miktarın üzerinde olması gerekir. Çizelge 5.12’de görüldüğü üzere karbon içeriğinin azalması, kuluçka perediyodunu uzattığından bu tehlike ortadan kalkacaktır. Bu bakımdan, kaynak ile birleştirilmesi gereken ostenitik krom-nikeli paslanmaz çeliklerin, karbon içeriğinin en çok %0.06, optimum %0.03 civarında olması gerekmektedir. Bu amaçla, ostenitik krom-nikeli paslanmaz çeliklerin özel olarak üretilen bazı türlerinde (X2 CrNi 19 11,X2 Cr NiMo 17 13 2), karbon miktarı düşürülerek korozyon direncinin artırılması amaçlanmıştır. [5,11]

Taneler arası korozyonun oluşmasını önlemek amacıyla uygulanan bir başka yöntemde çeliğin stabilizasyonu olarak adlandırılır; bu durumda karbonun kroma karşı olan ilgisinden daha yüksek bir ilgiye sahip bir elementin çeliğin bileşimine katılmasıyla gerçekleştirilir. Bu şekilde çeliğin bileşimindeki karbon ile bu yeni element karbür oluşturur ve dolayısı ile iç yapının bazı bölgelerinde ortaya çıkan krom azalması olayı oluşmaz. Stabilizasyon için ilave edilen elementler titanyum, niyopyum ve tantalyumdur.

Bu elementlerin karbürleri, tane sınırları boyunca değil, ostenit taneleri içerisinde, ince zerreler halinde dağılmış olduklarından, çeliğin mekanik özelliklerinde de bir değişiklik oluşturmaz. Stabilizasyonun gerçekleşebilmesi için ilave edilen titanyumun karbonun dört katı, niyobyumun sekiz-on katı tantalyumun onaltı katı olması gereklidir. [5]

Çeliğin stabilizasyonu için genellikle, maliyet açısından titanyum tercih edilir, elektrodların stabilizasyonu için ise, titanyumun kaynak arkında büyük miktarda kaybından ötürü niyobyum kullanılır.

Stabilize edilmiş çeliklerde, taneler arası korozyona karşı tam manasıyla dayanıklıdır denilemez; zira, niyopyum, titanyum tantalyum karbürler 1300 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda çözülür ve karbon serbest kalarak krom karbür oluşturabilir. Bu sıcaklığa kadar erişen bölge çok dar bir alan olduğu için erime çizgisine yakın bir yerde, çok dar bir alan korozyona karşı direncini kaybeder ve bu olaya "bıçak izi etkisi veya korozyonu" adı verilir. [5,23]

ITAB veya esas metalde krom karbür çözülmesinin olduğu hallerde, şayet parçanın boyutları ve konstrüksiyonu uygun ise, bir tavlama yardımı ile de bu olayın olumsuz etkileri giderilebilir. Parça 1100 °C'ye kadar tavlansın su içinde aniden soğutulursa, yüksek sıcaklıkta ostenit içerisinde çözülmüş bulunan karbürler hızla bir soğuma esnasında tekrar oluşamazlar. Ancak, böyle bir ısıtma işleminin uygulaması pek kolay olmayabilir. Bundan dolayı, krom karbür çökmesine eğilimli %0.03'den fazla karbon içeren ostenitik paslanmaz çeliklerin kaynağında, kaynakçının kaynak esnasında alacağı en iyi önlem, dikişi yaptıktan hemen sonra ıslak bir bez veya üstübi ile hızla soğutması olarak tavsiye edilebilir.

Malzemenin gerilme altında korozyon bir ortamda bulunması halinde gerilmeli korozyon türü ortaya çıkar. Bu tür korozyon taneler arası ve taneler içi kırılmalar şeklinde kendini gösterir. Özellikle ostenitik krom-nikelli paslanmaz çeliklerin kaynar haldeki klorürler ve derişik hidroksitler içinde bulunması halinde oluşum tehlikesi vardır. Zira kaynak artık gerilmeleri ve parçanın kullanılacağı kimyasal ortam çatlakların ilerlemesini teşvik eder. [5]

Ferritik paslanmaz çelikler ile % 9'dan daha az nikel içeren ostenitik paslanmaz çeliklerde, kaynak bölgesinde sigma fazının meydana gelmesi, bu çeliklerin kaynak kabiliyetini olumsuz yönde etkiler. Sigma fazı çok sert (700-800 HV), antimagnetik ve gevrek bir metallerası bileşiktir; bileşimi takriben % 52 Cr ve % 48 Fe'den ibarettir ve 550°C ila 925°C arasındaki sıcaklıklarda meydana gelir. Ostenitik çeliklerde bu fazın meydana gelebilmesi için, ostenitik yapı içinde bir miktar da ferrit olması lazımdır. Soğuk şekil değıştirme, niobyum, molibden, silisyum gibi elementlerin varlığı sigma fazı oluşumunu teşvik eder. Sigma fazı çelikte uzama, büzülme ve çentik darbe mukavemetini azalttığından varlığı istenmez. Kabür çökmesini yoketmek için uygulanan ısıl işlem sigma fazının da yok olmasını sağlar. Ostenitik paslanmaz çeliğe daha önceden bir homogenizasyon tavlı uygulanmış ve içindeki ferrit miktarı % 6.5'in altına düşürülmüş ise, kaynak bölgesinde oluşacak sigma fazı bu bölgenin özelliklerine olumsuz bir etkide bulunmaz. Burada ferrit miktarı az olduğundan, ostenitik yapı içerisinde ağ şeklinde değil, izole edilmiş odacıklar halinde bulunur. Bu şekilde oluşturulan sigma fazı, yapıya bir süneklik kazandırmaktadır. Tavlanmış durumda %7-8'den daha az ferrit içeren kaynak bölgesi, sigma dönüşümü ile az bir gevreklik kazanır. Buda uygulamada önemli bir özellik taşır. Eğer yapıda sigma fazı oluşmuşsa, bu faz 950-1050 C sıcaklık aralığında belirli bir süre tavlama ve suda soğutma ile giderilir. [5,23]

Kaynak metali daima bir miktar ergiyen esas metal içeriğinden, bileşimi elektrod bileşimi yardımı ile belirlenemez. Esas metalin ve elektrodun bileşimleri bilinirse, bunların kaynak esnasındaki karışımları yaklaşık olarak tahmin edilebilir ve Schaeffler diyagramı yardımı ile de içyapıları tespit edilir.

Paslanmaz çeliklerin yumuşak çeliklerle kaynakla birleştirilmesi endüstride çok sık karşılaşılan bir olaydır. Bu gibi hallerde martenzitik yapının oluşmaması için önce karbonlu çeliğin kaynak ağzı, yüksek alaşımlı ostenitik elektrodla kaplanır (%25Cr,%20Ni) ve sonra bir ostenitik elektrodla kaynak dikişi doldurulur.

Krom-nikelli paslanmaz çeliklere de gerilme giderme tavlama kaynaktan sonra zaman zaman uygulanır, tav sıcaklığı bu tür çeliklerde 800°C ila 925°C arasında seçilir, doğal olarak bu tav karbür çökeltme ve sigma fazı oluşumu tehlikesi olmayan tür ostenitik paslanmaz çeliklere uygulanır.

Ostenitik Krom-Nikelli Paslanmaz Çeliklerin MIG Kaynağında, yeterli asal gaz koruması altında ilave metalin arkta taşınımı esnasında alaşım elementlerinin kaybı çok azdır ve titanyum gibi reaktif elementler bile arkla kaynak banyosuna iletilebilir. Bu bakımdan bu yöntemde ostenitik krom-nikelli ve titanyum ile stabilize edilmiş kaynak ilave metallerin kullanılması mümkündür. Argon gazı koruması altında %95'in üzerinde bir geçiş verimi sağlanır.

Doğru akımda, elektrod (tel) pozitif kutupta ve koruyucu gaz olarak argon kullanıldığında arkta metal taşınımı sprey ark ile gerçekleştirilebilir, bu ise 26-33 V arasında bir ark geriliminde uygun bir akım yoğunluğu ile sağlanır. Bu değerlerin altında çalışmada arkta metal taşınımı büyük damlalar halindedir, bu da aşırı sıçramalara ve ark dengesizliğine neden olur; dengeli bir sprey ark için akım değeri 1.6 mm. tel çapı için 300A civarında seçilmelidir. [23]

Ostenitik paslanmaz çeliklerin MIG kaynağında argon, argon-oksijen, argon+helyum+karbondioksit içeren koruyucu gazlar kullanılır. Argon-oksijen karışımları, kaynak banyosunda biraz oksidasyona neden olmalarına rağmen saf argondan daha iyi ıslanma kabiliyeti ve ark satabilitesi sağlarlar. Argon+ %1 Oksijen, sprey ark için çok kullanılan bir karışım gazdır. %2-3 Karbondioksit ilaveli Argon+Helyum karışımları kısa devreli ark halinde çok sık kullanılır. Sadece karbondioksit gazı kullanılması, silisyum ve mangan kaybına neden olur. Özellikle az karbonlu paslanmaz çeliklerde karbon miktarının artması kaynak bağlantısının korozyon direncini azaltabilir, dolayısı ile karbondioksit ostenitik krom-nikelli paslanmaz çeliklerin kaynağı için tavsiye edilmez.

Argona helyum ilavesi, kaynak dikişinin nüfuziyet formunu genişletir; saf argon alın birleşmelerinde nüfuziyet azlığına neden olabilir; %50 Argon+ %50 Helyum karışım gazı, nüfuziyeti daha iyi ayarlayarak bu problemi ortadan kaldırır.

Hem O₂ hem de CO₂, ergimiş damlanın arkından geçişi sırasında Mn ve Si gibi başlıca alaşım elementlerinin kaybına neden olurlar. Aslında koruyucu gaz içerisinde O₂ veya CO'nun bulunmaması halinde de buharlaşmaya bağlı olarak bir miktar kayıp söz konusu olmaktadır. Koruyucu gaz içindeki CO₂, bazen kaynak metalinin C kapmasına neden olabilir. Eğer C miktarı yükselirse belirli bir sıcaklıkta krom karbürlerin tane sınırlarına çökmesi ile karşılaşılabilir. Böylece tanelerarası korozyona hassasiyet ortaya çıkar, bu tehlike gaz karışımının % 3'den az CO₂ içermesi halinde azalır.

Özlü teller kullanılması halinde ise daha yüksek oranda CO₂ içeren gazlar kullanılmasına karşın oluşan curuf dikişin karbon kapmasına engel olur.

Çizelge 5.13 - Farklı kök koruma gazlarının yoğunlukları [23]

Gaz	Özgül Ağırlık (Kg/m ³) 1bar, 15°C	Havaya göre Yoğunluk
Hava	1.213	1
Azot	1.170	0.96
N ₂ +%10H ₂	1.061	0.87
Argon	1.669	1.38
Helyum	0.167	0.014
Ar+%70He	0.620	0.51
Ar+%30He	1.220	1.01

Ostenitik paslanmaz çelik sacların veya boruların kaynağı sırasında kök pasoların korunması için kullanılan başlıca kök gazları ise, Ar, Ar+H₂, N₂+H₂ ve He gazları olmaktadır. Ar en çok kullanılan standard kök koruyucu gazıdır ve içeriğindeki oksijen miktarı aşağı seviyelerde tutulmalıdır. Argona, hidrojen katılması ile redükleyici bir gaz karışımı oluşturulur ki bu gaz daha uniform biçimli bir kök profili verir ve oksit oluşumunu önler. [23]

Çizelge 5.14 – Ostenitik Cr-Ni'li paslanmaz çeliklerin kısa ark MIG kaynağında önerilen kaynak karakteristikleri [23]

Sac Kalınlığı (mm)	Birleştirme Şekli	Tel Elektrod Çapı (mm)	Argon Sarfıyatı (lt/dak)	Paso Sayısı	Kaynak Hızı (m/dak)	Akım Şiddeti (Doğru Akım +) (Amper)
3	Alın(altlık)	1,6	17	1	0,50	200-240
6	V-Alın	1,6	17	1-2	0,40	240-280
12	V-Alın	2,4	17	3-4	0,40	280-330
19	V-Alın	2,4	17	5-6	0,40	350-375
25	V-Alın	2,4	17	7-8	0,40	350-375

Çizelge 5.15 – Ostenitik Cr-Ni'li paslanmaz çeliklerin kısa ark MIG kaynağı için önerilen kaynak koşulları [23]

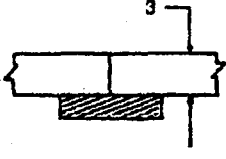
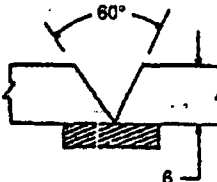
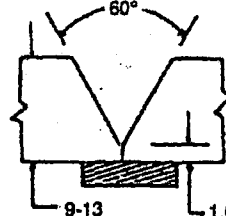
Koruyucu Gaz: Argon + % 2.5 Co₂ veya Argon + % 2 Oksijen Gaz debisi: 7-9.5 lt/dk Elektrod çapı: 0.8 mm. Helyum + % 7.5 Argon + % 2.5 Oksijen karışım gaz için gerilim 6-7 V daha yüksek						
Malzeme kalınlığı (mm)	1.6	2	2.5	3	1.6	2
Elektrod (tel) çapı (mm)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Kaynak akımı	85	90	105	125	85	90
Gerilim	21	22	23	23	22	22
Tel ilerleme hızı (mm/s)	77.8	81.2	98	118	77.8	81.2
Ark hızı (mm/s)	7-8	5.5-6.4	6-6.8	6-6.8	8-9	4.8-5.2
Elektrod ihtiyacı (kg/m)	0.03	0.05	0.06	0.07	0.03	0.06

N_2+H_2 karışımı da kök koruma gazı olarak sık kullanılır ve diğerlerine nazaran oldukça iyi koruma görevine sahiptirler. Aslında, bugün için saf N_2 alışılmamış bir kök koruma gazıdır ancak kullanımı hızla yaygınlaşmaktadır. Bu gazın kullanımı ile kök pasonun çukurcuk (oyuklanma) korozyonuna direnci artmaktadır. Çizelge 5.13’de bazı farklı kök gazlarının yoğunlukları verilmiştir.

Helyum havadan daha düşük yoğunluğa sahip olduğundan özellikle bazı bölgelerdeki havayı uzaklaştırmak için kullanılır. Hidrojen içeren gazların kaynak metaline hidrojen difüzyonu ile kullanım sırasında çatlak tehlikesi oluşturacağı gözden uzak tutulmamalı ve bazı tür paslanmaz çeliklerde kullanıma dikkat edilmelidir. Azot kuvvetli ostenit dengeleyici bir element olduğundan ferritik paslanmaz çelikler için kullanılmamasına dikkat edilmelidir.

Çizelge 5.14’ de ostenitik paslanmaz çeliklerin kısa ark ile kaynağında önerilen kaynak koşulları, Çizelge 5.14 – 5.15’de ise bu tür paslanmaz çeliklerin kısa ark ile MIG kaynağına ait kaynak parametreleri, Çizelge 5.16’da spreyl ark ile kaynağı için önerilen kaynak koşulları özetlenmektedir.

Çizelge 5.16 – Ostenitik Cr-Ni’li paslanmaz çeliklerin spreyl ark ile MIG kaynağı için önerilen kaynak koşulları [23]

Koruyucu gaz : Argon + % 1 Oksijen Gaz debisi : 16.5 lt/dk.			
Malzeme kalınlığı (mm)	3	6	9-13
Elektrod (tel) çapı (mm)	1.6	1.6	1.6
Paso adedi	1	2	2
Kaynak akımı	225	275	300
Tel ilerleme hızı (mm/s)	59.2	74	99.5
Ark hızı (mm/s)	8-9	6.4	8.5
Elektrod ihtiyacı (kg/m)	0.1125	0.284	0.408

5.4.4. Çökelme sertleşmeli paslanmaz çeliklerin kaynağı

Çökelme sertleşmeli paslanmaz çeliklerin martenzitik ve yarı-ostenitik türlerinde, ostenitik krom-nikelli paslanmaz çeliklere uygulanabilen tüm kaynak yöntemleri kullanılabilir. Özellikle, gazaltı yöntemlerinden MIG yöntemi oldukça yaygın kullanılan bir yöntemdir. AWS'ye göre sınıflandırılmış çökelme sertleşmeli paslanmaz çeliklerin kaynağı için önerilen dolu tel elektrodlar Çizelge 5.17'den seçilebilir.

Çökelme sertleşmeli paslanmaz çeliklerin 6 mm'den kalın kesitlerinin birleştirilmesinde spreyci metal geçiş tekniği ile MIG kaynak yöntemi kullanılır. TIG kaynağına göre dolgu oranı yüksek olduğundan daha hızlı bir biçimde kaynak gerçekleştirilir. Kaynak prosedürü, ostenitik krom-nikelli paslanmaz çelikler ile aynıdır.

Koruyucu gaz olarak, arkın kararlılığını sağlamak için % 1-2 O_2 içeren argon gazı kullanılır. Ancak oksidasyon sonucu artan metal geçişi sırasında Al Ti kaybı oluşur. Bu da, kaynak dolgu metalinin ısı işleme yatkınlığını azaltır. Nüfuziyetin artması istendiği durumlarda He+Ar karışım gazı önerilir.

Spreyci ark, oluk pozisyonunda kaynak için tercih edilir; diğer kaynak pozisyonları için, kısa ark veya darbeli ark ile çok az oksijen veya karbondioksit katılmış Ar+He karışım gazları kullanılır.

5.4.5. Dupleks ve Super Dupleks paslanmaz çeliklerin kaynağı

Dupleks paslanmaz çelikler bir çok alanda ostenitik paslanmaz çeliklerle rakip duruma gelmişlerdir. Geliştirilmiş bir çok özelliği ve rekabet edebilir fiyat seviyesiyle modern dupleks paslanmaz çeliklerin petrokimya ve gemi endüstrisindeki kullanımı büyük ölçüde artmıştır. Özellikle daha yüksek azot içeren ve çok daha iyi kaynaklanabilir dupleks paslanmaz çeliklerin geliştirilmesiyle bu malzemeler ilginç malzeme sınıfından çıkıp yararlı malzeme sınıfına girmişlerdir.

Çizelge 5.17 – AWS 'ye göre sınıflandırılmış çökelme sertleşmeli çeliklerin kaynağı için önerilen dolu tel elektrodlar [23]

Simge UNS No.	Kaynak Telleri	Farklı Çök. Sertleşmeli Pas. Çelikler
Martenzitik Türler 17-4 PH S 17400 ve 15-5 PH S 15500	AMS 5826 (17-4 PH) veya E308	E veya ER309, E veya ER309Cb
Stainless W S 17600	AMS 5805C (A-286) veya ERNiMo-3b	E veya ERNiMo-3, E veya ER309
Yarı-Ost. Türler 17-7 PH S 17700	AMS 5824 A (17-7PH)	E veya ER310 ENiCrFe-2, veya ERNiCr-3
PH-15-7 Mo S 15700	AMS 5812C (PH 15-7 Mo)	E veya ER309, E veya ER310
AM350, S 35000	AMS 5774B (AM350)	E veya ER308, E veya ER309
AM355 S 35500	AMS 5780A (AM355)	E veya ER308 E veya ER309
Ostenitik Türler A-286 K 66286	ERNiCrFe-6 veya ERNiMo-3	E veya ER309, E veya ER310
a. AWS A5.11-76, Nikel ve Nikel Alaşımli Örtülü Elektrodlar Spesifikasyonu b. AWS A5.14-76, Nikel ve Nikel Alaşımli Kaynak Tel ve Çubukları Spesifikasyonu		

Dupleks paslanmazlar genellikle yeni paslanmaz çelikler olarak tanımlanırlar. Gerçekte ilk dupleks paslanmaz çelik 1930'ların sonuna doğru geliştirildi. Fakat bu ilk dupleks paslanmaz çeliğin kaynaklanabilirliği çok sınırlıydı. Bu nedenle bu çelik çok yaygın olarak kullanılmıyordu. Yüksek azot içeren ve çok daha iyi kaynaklanabilir türlerin geliştirilmesiyle bu çeliklerin kullanım alanı genişlemiştir. Bu çeliklerin gemi inşaa sanayiinde de sıkca kullanılmasından dolayı dupleks paslanmaz çelikleri inceleyelim.

6. GEMİ İNŞAASINDA DUPLEKS ve SÜPER DUPLEKS PASLANMAZ ÇELİKLERİN YERİ ve BUNLARA UYGULANAN KAYNAK YÖNTEMLERİ

Dupleks ve süper dupleks paslanmaz çeliklerin önceki bölümlerde belirtilen özellikleri, tersanelerin ve armatörlerin bu malzemeyi kimyasal madde taşıyan gemilerin cargo tankları bölümünde kullanımını tercih etmelerine sebebiyet vermiştir. Avrupa'nın ileri gelen tersanelerine bakıldığında inşaa ettikleri kimyasal tankerlerde paslanmaz malzeme olarak Avesta ve Fafer'in dupleks, super dupleks ve 316 LN kalitede paslanmaz çelik kullanıldığına rastlanılmaktadır. Bu sebeble dupleks çeliklerin gemi inşaa sanayiindeki yeri diğerlerine nazaran biraz daha fazladır.

Gemilerde kullanılan paslanmaz çelikler üzerinde daha önceki bölümlerde durulmuştu. Gemilerde sıkca kullanılan paslanmaz çelik çeşitleri Avesta SKR-4 (316LN), Avesta SNR-4 (317LN), Avesta 2205 (1,4462) ve Fafer 4462 (1,4462) dir. Çizelge 6.1 'de Avrupa Tersanelerinde inşaa edilmiş kimyasal tankerlerde kullanılmış paslanmaz çelik malzemeler, çeşitleri ve kullanılan ağırlıklar belirtilmiştir.

Çizelge 6.1 – Kimyasal Tankerlerin inşaatında kullanılmış paslanmaz çelikler [32]

FAFER 4462 DUPLEX			
Owners	Yard	Ship (tonnes)	Total Stainless (tonnes)
Stolt Nielsen	ACII (France)	3 x 37,500	9,600
Marnavi	Morini (Italy)	1 x 9,000	600
United Tanker	UNL (Spain)	1 x 6,000	400
JO Tanker	Julian (Spain)	2 x 19,000	2,800
Bertani	Morini (Italy)	1 x 6,500	400

316 LN (MOD)			
Owners	Yard	Ship (tonnes)	Total Stainless (tonnes)
Sasea Panitalco	Benetti (Italy)	2 x 30,000	2,400
Sasea Panitalco	San Marco (Italy)	1 x 30,000	1,200
Broere	Verolme (Netherlands)	1 x 5,000	270
Terkol	Nardzee (Denmark)	5 x 6,000	1,250
	Aarhus (Denmark)		
Holming	Boelwerf (Belgium)	3 x 8,500	2,250
Broere	Verolme (Netherlands)	1 x 4,000	240
Broere	Den Breejen (Netherlands)	1 x 7,000	400

Çeşit bakımından dupleks paslanmaz çelikler sürekli genişleyen bir yelpazeye sahiptir. Fakat bu homejen bir çeşitlilik olmayıp, çok farklı özelliklere sahip dupleks paslanmazların oluşturduğu bir aile olarak düşünülebilir. Bu sebeple dupleks paslanmaz çelikler kimyasal bileşim ve diğer bazı özelliklerine göre gruplara ayrılırlar. PRE_N değerleri ve kimyasal bileşim baz alınarak yapılan sınıflandırma en yaygın olanıdır. PRE_N değeri 40'dan büyük olan dupleks paslanmazlar süper dupleks paslanmaz çelikler olarak adlandırılırlar. Yaygın olarak kullanılan çelik grupları Çizelge 6.2 'de verilmiştir.

Çizelge 6.2 - Yaygın olarak kullanılan dupleks paslanmaz çelik sınıfları [12]

Steel grade	(Old UNS/New Cr Ni Mo N Cu W PRE_N^{**} UNS/WNr)
a) 23 % Cr - Mo - free duplex	(~25)
SAF 2304 S 32304/S 39230/	23 4 - 0.2 0.1 - 25
UR 35 N 1.4362	
b) 22 % Cr - Standard duplex	(30-36)
SAF 2205	
UR 45 N S 31803/S 39205/	22 5.3 3 0.17 - - 35
AF 22 1.4462	
c) 25 % Cr - (0-2.5% Cu)	(32-40)
Ferrallium 225 S 32550/S 39253	26 5.5 3 0.18 1.6 - 38
DP 3 S 31260/S 39226	25 6.5 3 0.16 0.5 0.3 37
d) 25 % Cr - Super duplex	(>40)
AF 2507 S 32750/S 39275	25 7 3.8 0.27 - - 42
UR 52 N+ S 32750/S 39275	25 6 3.8 0.26 1.5 - 42
Zeron 100 S 32760/S 39276	25 7 3.6 0.25 0.7 0.7 41

* C max 0.03 or 0.04%

** $PRE_N = \% Cr + 3.3 \times \% Mo + 16 \times \% N$

Duplex paslanmaz çelikler basit anlamda iki ayrı fazı bünyelerinde bulundurulur; ferrit ve ostenit. Dolayısı ile ferritik-ostenitik veya ostenitik-ferritik paslanmaz çelikler olarak tanınırlar. En çok bilinen dupleks çelik, X2CrNiMo 22 5 3 (Malzeme numarası 1.4462) gösterilen çeliktir. Çizelge 6.3 'de bu çeliğin kimyasal bileşimi ile asgari mekanik-teknolojik özellikleri verilmiştir. Bu tür çelikler ferritik ve ostenitik paslanmaz çeliklerin en iyi ortak özelliklerini taşırlar. Ferritik yapı ile mukavemet ve gerilme korozyon çatlamasına direnç, ostenitik yapı ile tokluk ve genel korozyon ihtiyacı sağlanır. Böylece iki fazlı ince taneli, yüksek mukavemet ve yüksek korozyon dirençli bir çelik ortaya çıkmaktadır. Dupleks çeliklerin bu pozitif özelliği dolayısıyla, büyük çapta kimya endüstrisinde alet yapımında, yağ taşıyıcılarında, doğalgaz tesislerinde ve kimyasal madde taşıyan tankerlerin yapımında kullanılmasını sağlamıştır.

Çizelge 6.3 – 1.4462 malzeme numaralı dupleks çeliklerin kimyasal bileşimi ile mekanik-teknolojik özellikleri [5]

<u>Kimyasal bileşimi</u>	<u>Mekanik-Teknolojik özellik</u>
C = 0.02 %	R _{p0.2} = 480 N/mm ² (min.)
Si = 0.4 %	R _m = 680 N/mm ² (min.)
Mn = 1.8 %	AS = 25 % (min.)
Cr = 22.3 %	Av. ISO-V = 75 J (min.)
Mo = 3.2 %	<u>İç yapı</u>
Ni = 5.6 %	% 50 Ferrit+% 50 Ostenit
N = 0.16 %	(yaklaşık)

Kimyasal tankerlerin inşaatında çokça kullanılan dupleks tipi paslanmaz çeliklerden biri de Fafer 4462 dir. Bu malzeme tersanelere yüksek korozyon direnci ve iyi kaynak edilebilirlik sağlama açısından tercih edilme durumunu sağlamıştır. Fafer 4462 paslanmaz çelik plakaların kalınlıklarına göre elde edilebilecek maksimum ebatları Çizelge 6.4 'de verilmiştir.

Çizelge 6.4 – Fafer 4462 duplek paslanmaz çelik plakaların ebatları [32]

Thickness	Max. Length	Max. Width
6 mm (1/4")	12,000 mm (40')	2,500 mm (98")
7 mm (9/32")	14,000 mm (47')	3,000 mm (118")
8 - 30 mm (5/16" - 1 1/8")	14,000 mm (47')	3,500 mm (138")

Modern dupleks paslanmaz çeliklerde -50 °C'dan 280 °C 'a kadar çok iyi kaynaklanabilirlik özelliği ile birlikte uygun mekanik özellikler elde edilebilmektedir. Bunun yanında dupleks paslanmaz çelikler çukurcuk ve gerilmeli korozyona karşı yüksek direnç gösterirler, hatta Krom ve Molibden ilavesiyle çok korozif ortamlarda bile östenitik paslanmazlara nazaran çok daha üstün korozyon direncine sahiptirler. [32]

Duplex paslanmaz çeliklerin kaynağında IEB'de ferrit miktarının artması beklenmelidir. Bu açıdan, çok düşük ısı girdisi ve buna bağlı olarak da hızlı soğumalardan kaçınılmalı IEB'de ostenit fazının oluşumuna izin verilmelidir. Soğuma hızı ısı girdisi, pasolararası sıcaklıklar ve malzeme kalınlığına bağlı olarak değişmektedir.

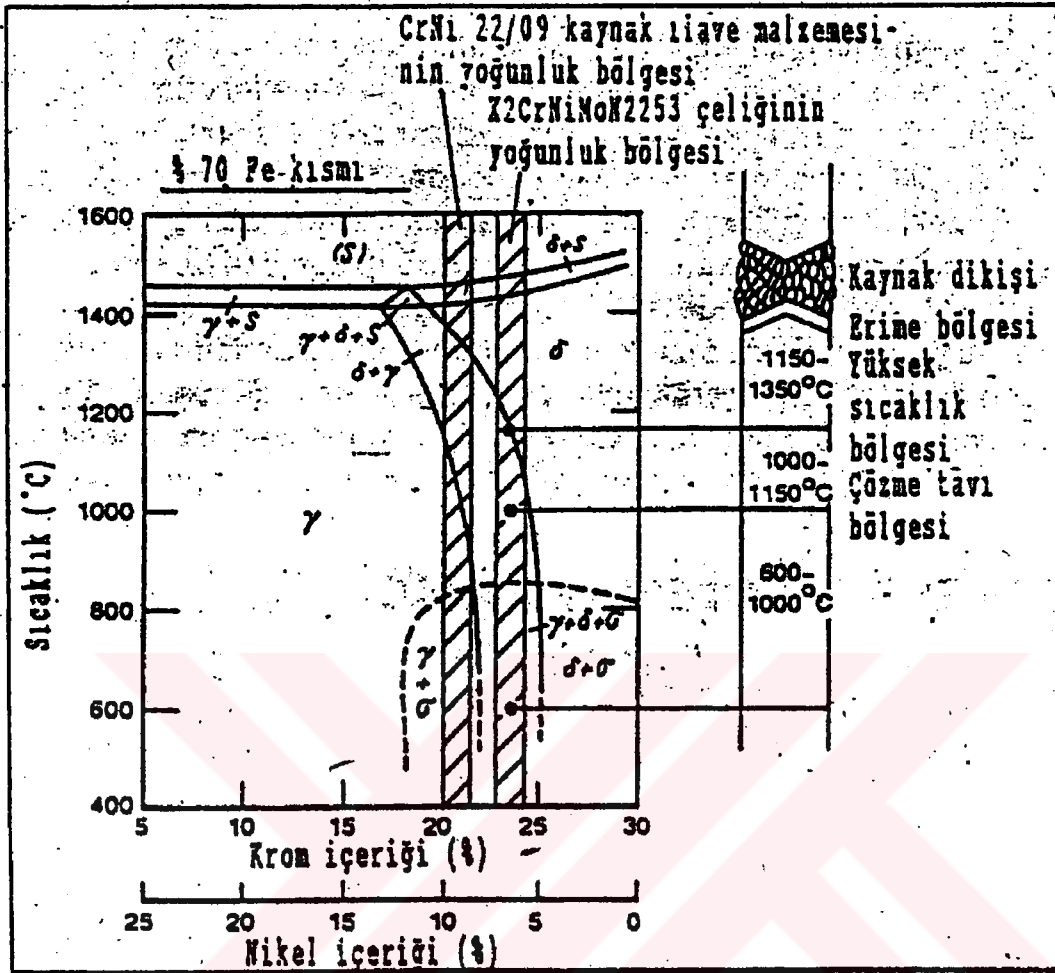
Özellikle, çok yüksek alaşımlı duplex paslanmaz çeliklerde çok yavaş soğuma hızlarında metallerarası gerek fazlar oluşur; bu oluşumlar kaynak metali ve IEB’de hem tokluğun hem de krozyon direncinin düşmesine neden olur. Çok hızlı soğuma hızlarında da yüksek ferit miktarı, nitrür çökelmeleri ve bunun sonucunda da düşük tokluk ve düşük krozyon direnci ile karşılaşılır. Dolayısı ile, dupleks paslanmaz çeliklerin kaynağı alaşım içeriklerine bağlı olarak kontrolü ısı girdisi ile gerçekleştirilmelidir. Çizelge 6.5 ‘de dupleks kalitelere uygulanması önerilen en az ve en çok ısı girdisi pasolararası sıcaklıklar verilmektedir.

Çizelge 6.5 – Dupleks ve süper dupleks paslanmaz çeliklerin kaynağı için önerilen ısı girdisi ve pasolar arası sıcaklık [23]

Tür	Önerilen Isı Girdisi* (kJ/mm)	Maksimum Pasolararası Sıcaklıklar (°C)
% 23 Cr Molibdensiz Duplex	0.5-2.5	150-200
% 22 Cr Standard Duplex	0.5-2.5	125-200
% 25 Cr (0- % 2.5 Cu) Duplex	0.2-1.5	100-150**
% 25 Cr Super-duplex	0.2-1.5	100-150**
* Isı girdisi malzeme kalınlığına göre seçilmelidir. ** Optimum kaynak özellikleri için maksimum 100 °C önerilir.		

Dupleks paslanmaz çeliklerdeki en önemli alaşım elementleri; Krom, Nikel, Molibden ve azot’tur. Krom ve Molibden ferrit oluşumunu, Nikel ve Azot ise östenit oluşumunu kolaylaştırır. Bazı dupleks paslanmaz çelikler ilaveten Mangan, Bakır ve Tungsten içerirler. Krom, Molibden ve Azot krozyon direncini arttıran alaşım elementleridir (Azot aynı zamanda katı çözelti sertleşmesi yolu ile malzemeye yüksek mukavemet kazandırır). Özellikle bu paslanmazların çukurcuk ve aralık krozyon direnci klorür içeren ortamlarda yüksektir. Bu direnç PRE_N (Pitting Resistance Epuivalent) değeri ile ifade edilir. ($PRE_N = \%Cr + 3.3x\%Mo + 16x\%N$). PRE_N değeri malzemenin beklenen krozyon direnci olarak tanımlanabilir.

Dupleks çeliklerin iç yapısının esasını Fe-Cr-Ni den oluşan üçlü sistemle oluşturur. Şekil 6.1, 1.4462 malzeme numaralı dupleks çeliğin iç yapısı yaklaşık olarak 50/50 nispetlerinde ferrit/ostenittir. Bu iç yapıyı elde etmek için özellikle kimyasal bileşim ve çözülme tavlmasına dikkat etmek ve uymak gerekir.



Şekil 6.1 - X2 CrNiMoN 22 5 3 çeliğe ait kaynak bağlantısının Fe-Cr-Ni (%70 demirden oluşan) üçlü diyagramdaki yeri [5]

Sekil 6.1 incelendiğinde, Delta / Delta+Gamma faz bölgesi, 1100 °C 'nin üzerinde bir sıcaklığa maruz kalmıştır. Böylece kaynak metalinde ve ısının etkisi altındaki bölgede ferrit oluşumu artmıştır. Hangi nispette ostenite geri döneceği, kaynaktan sonraki soğumaya bağlıdır. Yavaş bir soğuma geri dönüşü sağlar. Yüksek sıcaklıktan itibaren hızlı bir soğuma oluşan ferritin dönüşümünü engeller. Kaynak bağlantısının istenenlerin üzerinde ferrit içermesi, bağlantının sünekliğini ve korozyon dayanıklılığını düşürür. Kaynak metalinin iç yapı ve özellikleri yüksek nikel içerikli kaynak ilave metali, örneğin 22 Cr/9 Ni kullanmakla sağlanır (Çizelge 6.7). Erime çizgisi yanında ve esas metalde oluşan az ve çok miktarda dağınık ferritten kaçınmak mümkün değildir. Ferritte az miktarda azot çözülmesi dolayısıyla Kromnitrid (Cr_2N) oluşur ve bu da delik korozyonu dayanımını negatif yönde etkiler. [5]

Çizelge 6.6 - Dupleks ve süper dupleks paslanmaz çeliklerin kaynağı için önerilen ek kaynak malzemeleri [23]

Üretici	Yöntem	Dolgu Malzemesi Sınıflandırması(CEN prensiplerine bağlı olarak)		
		X 22 9 3 L	X 25 9 3 Cu L	X 25 9 4 L
Avesta	MIG	2205		2507
Böhler	MIG	CN 22/9-1G		
ESAB	MIG Özlü El.	OK Tubrod 14.33		
Messer Lincoln	MIG	Grinox S-62		
Metrode	MIG	ER329N		Zeron100X*
Sandvik	MIG	22.8.3.L		25.10.4.L
Smitweld (Lincoln Norweld)	MIG Özlü El.	LNМ 4462 Cor-A-Rosta 4462		LNМZeron100X*
Soudometal	MIG	Soudor G 22 9 3L		
TEW	MIG	22/09/SG		
*Esas metal ile aynı bileşimde				

Çizelge 6.7 - 1.4462 malzeme numaralı dupleks çeliğin kaynağında kullanılan aynı cins kaynak ilave malzemesinin kimyasal bileşimi ve mekanik-teknolojik özellikleri [5]

Kimyasal bileşimi

C = 0.02	%
Si = 0.5	%
Mn = 1.6	%
Cr = 23	%
Ni = 9.3	%
Mo = 3.1	%

Mekanik - Teknolojik özellik

Rp0.2	= 480 N/mm ² (min.)
Rm	= 680 N/mm ² (min.)
A5	= 25 % (min.)
Av.ISO-V	= 50 J (min.)

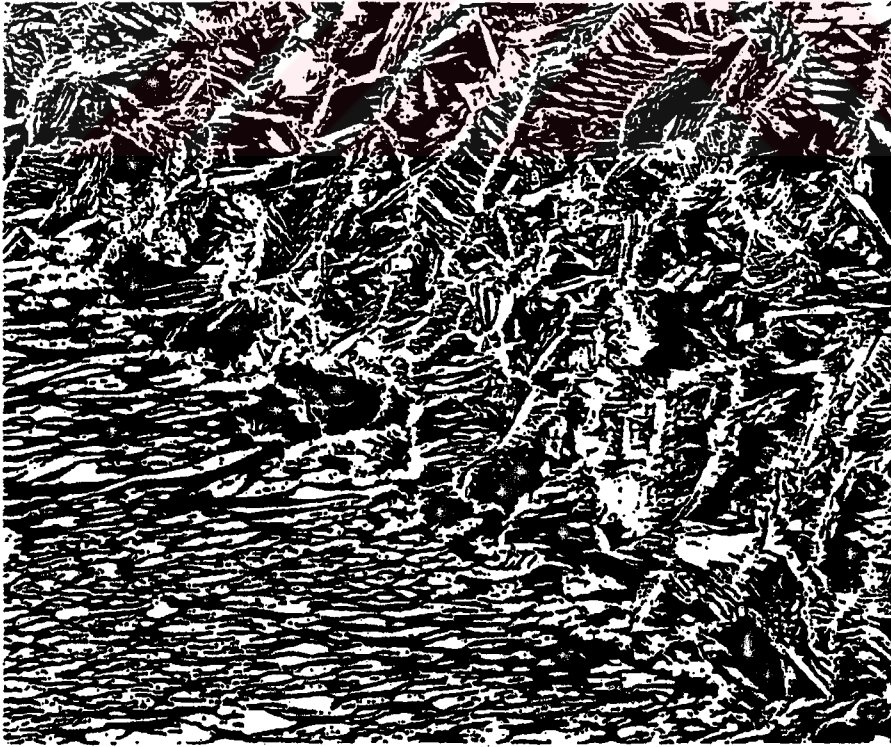
İç yapısı

Ferit % 30 ila 50 FN

Dupleks paslanmaz çeliklerin ve kaynak metalinin mikroyapısındaki iki faz östenit ve ferrit farklı özelliklere sahiptir. Örneğin; düşük sıcaklarda östenit sünekliğini muhafaza ederken ferrit kırılganlaşır, öte yandan ferritin gerilmeli korozyon çatlamasına karşı direnci östenitinkine nazaran çok daha yüksektir. Bu demektir ki kaynak metalinin özellikleri bu iki faz arasındaki orana bağlı olarak değişir. [12]

İşlenik dupleks paslanmaz çelikler yaklaşık olarak 50% ferrit ve 50% östenit içerir (Şekil 6.2). Bu faz oranı üretim sırasında çok iyi dengelenmiş kimyasal bileşim ve ısıl işlemle elde edilebilir. Bu durum kaynak metali için farklıdır. Çünkü bu bir döküm yapısıdır ve normalde kaynak sonrası ısıl işlem uygulamadan kullanılır. Kaynaktaki ferrit oranı, kaynak prosedürüne ve kimyasal bileşime bağlıdır. Pratikte kaynak metalinin kimyasal bileşimini ana metal ve dolgu metali belirler ve çok sınırlı olarak değiştirilebilir. Öte yandan, ısınma ve soğuma hızı, ısıl çevrimlerin sayısı ve çok pasolu kaynaklarda birbirini takip eden pasolar esnasındaki ısınma; ısı girdisi miktarı, pasolar arası sıcaklık ve levha kalınlığıyla birlikte değişir. Yapılan deneyler çok geniş bir ferrit aralığında mekanik özelliklerin ve korozyon direncinin değişmediğini göstermiştir. Bu nedenle kaynaktaki ferrit miktarında her zaman meydana gelen bölgesel farklılıklara müsaade edilebilir. [12]

Şekil 6.2 'te tozaltı kaynak tekniğiyle kaynaklanmış dupleks paslanmaz çeliğin mikroyapısı gösteriliyor. Koyu renk bölgeler ferrit açık renk bölgeler ise östenit fazını belirtmektedir. Bu şekilde sol alt kısım ana malzemenin sağ üst kısım ise kaynak metalinin mikroyapısını göstermektedir.



Şekil 6.2 - Tozaltı kaynak tekniğiyle kaynaklanmış dupleks paslanmaz çeliğin mikroyapısı
[12]

En iyi kaynak metali özellikleri ana malzemeye göre çok daha fazla Nikel ile alaşımlandırılmış dolgu metali ile sağlanır (ana metalde nikel oranı % ~5.5-7, dolgu metalinde ise % ~9 civarındadır). Dolgu metalinin daha yüksek oranda Nikel içermesinin sebebi; soğuması esnasında kaynak metalindeki östenit oluşumunu kolaylaştırmasıdır. Ana malzeme ile aynı kimyasal bileşime sahip dolgu metali sadece kaynak sonrası ısıtıl işlem yapılacak parçalar için kullanılır.

Dolgu metali kullanılmadan yapılan kaynaklarda yada ana metalden kaynak banyosuna fazlaca erimiş metal geçmesi durumunda yüksek ferrit oranına sahip gevrek bir kaynak metali yapısı oluşur. Bu nedenle eğer kaynak sonrası ısıtıl işlem yapılmayacaksa dolgu metali kullanılmadan yapılan kaynaklardan kaçınılmalıdır. [12]

AWS A4.2-91 Standardında tanımlanan FN'a (ferrit numarası) göre ferrit miktarının belirlenmesi tanımlanan en iyi tahribatsız metoddur. Fakat elde edilen bu değer gerçek hacimsel yüzde ile karıştırılmamalıdır.

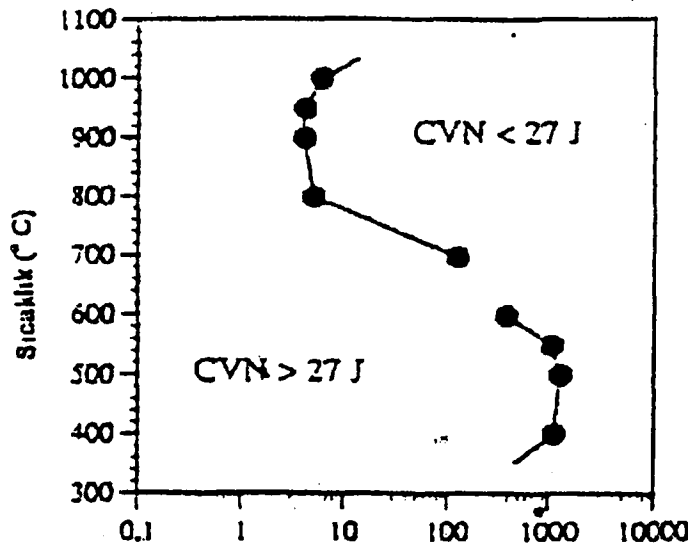
Isı tesiri altındaki bölgede FN'nin belirlenmesindeki zorluklardan dolayı endüstriyel uygulamalarda optik metodlar kullanılır. Kaynak metali ile ısı tesiri altındaki bölgede ferrit miktarı aynı değildir, bu fark kaynak metalinin değişik bölgelerdeki ısıtıl çevrimlerin farklı olmasından ve kaynak banyosundaki ana metal ile dolgu metali karışım oranlarındaki değişimden doğan kimyasal değişim farklılıklarından meydana gelmektedir. Bu sebeple spesifikasyonlarda verilen ferrit miktarı için bir aralık belirtilmelidir. Pratikte kaynak metalinde çok geniş ferrit aralığında istenen özellikler elde edilebilmektedir. Bu sebeple ferrit miktarı için çok dar bir aralık vermek anlamsız olur. Kaynak metalindeki ferrit miktarı için genel tavsiye 30 ile 100 FN arasında olması yönündedir (bu yaklaşık %22-70 aralığına denk gelmektedir). Çok korozyif ortamlarda ferrit numarası 85 'i geçmemelidir (yaklaşık olarak %60). Aksi takdirde yayınabilir hidrojen ve gerilim, hidrojen çatlaklarına yol açar.

Kaynak esnasında ısı tesiri altındaki bölgede çeşitli çökelme reaksiyonları meydana gelir. Ferrit fazı, yüksek miktarda Krom ve Molibden içerir, kolay yayılır ve çok az Azot çözebilir, bu nedenle çökelmeler genellikle ferrit bazı üzerinde meydana gelir. Bu

çökelmeler sırasında meydana gelen önemli en iki faz Krom ve Molibden'ce zengin sigma fazı ve Nitrür'dür. Sigma fazı, kaynak metalinin uzun süre yüksek sıcaklığa maruz kalması sonucunda meydana gelen bir fazdır. Sigma fazının oluşumu korozyon direncinin düşmesine ve kırılganlığa sebebiyet verir. Nitrüt fazı ise genellikle yüksek ferritli bölgelerde oluşur ve malzemenin korozyon direncini etkiler. Eğer ana metal yüksek Azot oranına sahip ise ısı tesiri altındaki bölgenin Nitrür oluşumuna karşı duyarlılığı azalır. Çünkü Azot, ostenit oluşumunu kolaylaştırarak Nitrür çökmesini zorlaştırır. [12]

Dolgu metali yüksek miktarda Nikel ile alaşımlandırılmış ve kaynak sırasındaki ısı girdisi sınırlandırılmış ise Nitrür çökmesi önlenir. Sonuç olarak; ısı girdisindeki ve pasolar arasındaki sıcaklıktaki üst limit sigma fazı oluşumuna, alt limit ise Nitrit oluşumunu önleyecek şekilde belirlenir.

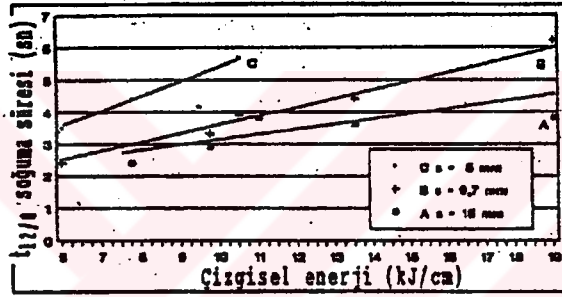
Çökelme reaksiyonunun hızı büyük ölçüde kimyasal bileşime bağlıdır. Genel olarak bakıldığında intermetalik fazlardan dolayı meydana gelen gevrekliğin, alaşım miktarı daha az olan ve %22 Krom'lu standart dubleks paslanmaz çeliklere nazaran, ısı girdisinin ve soğuma hızının çok daha büyük önem taşıdığı süper dubleks paslanmaz çeliklerde daha çok rastlandığı görülür. Yüksek sıcaklıkta %22 Cr içeren kaynak metalinde gevrekliğin meydana gelmesi için geçen süre Şekil 6.3 'de verilmiştir.



Şekil 6.3 - Elle ark kaynak tekniği kullanılarak yapılan çok pasolu bir kaynakta yüksek sıcaklıkta kaynak metalinde kırılganlığın meydana gelmesi için geçen süre (dak.) [12]

Dupleks paslanmaz çeliklerde iyi bir korozyon dayanıklılığı sağlamak için genel olarak yüksek bir ısı girdisiyle kaynak yapmak gerekir. Böylece yüksek sıcaklıkta ısının etkisi altında kalan bölgede yeterli bir ostenit ayrışması sağlanmış olur. Bu da kaynakta uygulanacak bir ön tavlama veya 5~25 kJ/cm gibi yüksek bir çizgisel ısı girdisi ile elde edilir. Ölçü olarak da 1200~800 °C arasındaki ($t_{12/8}$) soğuma süresi esas alınır.

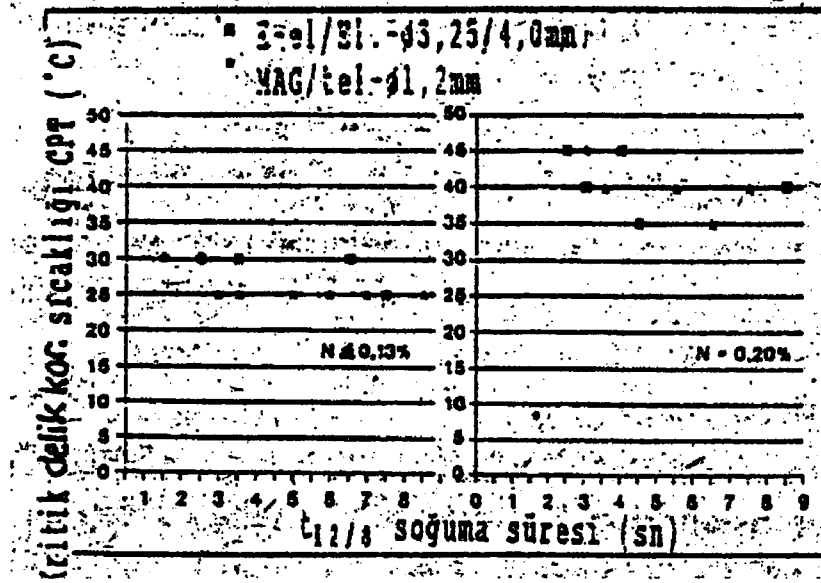
Şekil 6.4 'de 5÷9, 7÷15 mm sac kalınlıkları için MAG kaynağına ait $t_{12/8}$ (saniye) ile çizgisel ısı girdisi kJ/cm arasındaki bağıntı verilmiştir. Bu değerler, 1,2 mm çaptaki kaynak teli ve M 12 koruyucu gazı içindir. Burada $t_{12/8}$ 'in 10 saniyeden büyük olduğu pratikte aranmakta ve uygulanan ön tavlama sıcaklığının da 250°C 'ın üzerinde bulunduğu unutulmamalıdır.



Şekil 6.4 - $t_{12/8}$ ile çizgisel ısı girdisi arasındaki bağıntı [5]

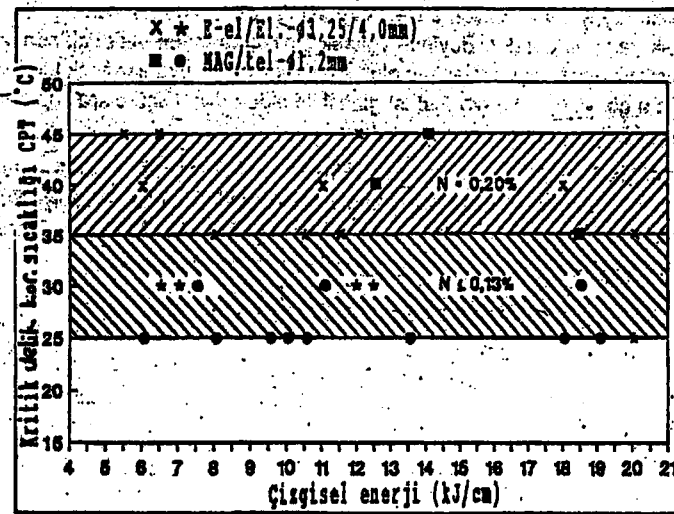
Isının etkisi altındaki bölgenin özellikleri, kaynak esnasındaki dönüşümlere ve çözülmelere bağlıdır. Kritik koşullar örneğin kalın kesitlerde düşük sıcaklık düşük akma sınırı sağlar, özellikle ısının etkisi altındaki bölgede ve kaynak dikişinin hemen yanında delik korozyonu dayanımını düşürür. Bunun için bu gibi hallerde bir ön tavlamaya ihtiyaç duyulur.

Bu çeliklerin delik korozyonu sıcaklığının tespitinde %6'lık FeCl_3 'ün sulu çözeltisi kullanılır. Kritik delik korozyonu sıcaklığı, en yüksek sıcaklık olarak alınır ve bu sıcaklıkta 24 saat zarfında herhangi bir delik veya pittingin oluşmaması gerekir. Şekil 6.5 'te 0,13 ila 0,20 arasında azot içeren kaynaklı saçlardaki kritik delik korozyonu sıcaklığını gösterilmektedir. Değerlerin biri el ile yapılan normal elektrik ark kaynağına diğeri de MAG kaynağına aittir. Kaynak sırasında çeşitli soğuma süreleri uygulanmıştır. Değerlerin dağılımı oldukça büyüktür. 2 ila 8 saniye arasında uygulanan soğuma sürelerinin delik korozyonu üzerine etkisi, açık bir şekilde görülmektedir.



Şekil 6.5 - t_{1/2/8} soğuma sürelerine ve iki farklı azot içeriğine göre kritik delik korozyonu sıcaklıklarının değişimi [5]

25° ila 35°C arasındaki kritik delik korozyonu sıcaklığı, % 0,13 azot içeren kaynaklı sacların dayanıklılığı, ısının etkisi altında bulunmayan 1,4462 malzemenin kritik sıcaklığından daha düşüktür (takriben 40°C). buna mukabil % 0,20 azot içeren aynı malzemenin kaynaklı bağlantılarında kritik delik korozyonu sıcaklığı 35° ila 45°C dir ve buda esas malzemenin 40°C olan sıcaklığının hemen hemen aynıdır.



Şekil 6.6 - Kritik delik korozyonu sıcaklığının çeşitli çizgisel enerji girdisine ve iki farklı azot içeriğine bağlı olarak değişimi [5]

Şekil 6.6 'da çeşitli sac kalınlıklarında uygulanan farklı çizgisel enerjiye bağlı olarak kritik delik korozyonu sıcaklıkları verilmiştir. Değerlerin biri el ile yapılan normal ark kaynağına, diğeri de MAG kaynağına aittir. Burada da esas metalin azot içeriğine bağlı olarak, farklı dağılım gösteren iki alan (bant) görülmektedir. Şekil 6.6, bu tip malzemenin korozyon dayanımının büyük çapta esas malzemenin azot içeriğine bağlı olduğunu, buna kaynak parametreleri ile kaynak yönteminin de etkisinin bulunduğunu göstermektedir.

Yapılan araştırmalarda, % 0,13 azot içeren esas malzemenin yüksek sıcaklığa rastlayan ısının etkisi altında kalan bölgedeki ostenit yüzdesinin % 25 ve % 20 azot içeren çeliklerde ise aynı yerdeki ostenit miktarının % 50 olduğunu göstermiştir.

6.1. Dupleks Çeliklere Uygulanan Kaynak Yöntemleri

Uygun kaynak yöntemi izlendiğinde ve uygun dolgu malzemesi seçildiğinde sıkça kullanılan bütün kaynak teknikleri (elektrik ark kaynağı, TIG, MIG, tozaltı, özlü tel kaynağı ve plazma kaynağı) başarıyla uygulanabilir. Öte yandan, dolgu metali kullanılmadan yapılan kaynaklardan kaçınılmalıdır (plazma ve TIG kaynağında olduğu gibi). TIG kaynağı tek taraflı kaynaklarda kök pasosu için tavsiye edilir (boru kaynağında). Elektrik ark kaynağı, TIG ve MIG kaynak yöntemleri genellikle dolgu pasolarında uygulanır (boru kaynağında). Levhaların alın kaynağında elektrik ark kaynağı, tozaltı kaynağı yada özlü tel kaynağı başarıyla uygulanabilir, öte yandan elektrik kaynağı dökümlerin onarımı için uygulanan standart metoddur.

6.1.1. Örtülü Elektrotla Elektrik ark kaynağı (MMA)

Bazik ve rutil karakterli elektrotlarla kolaylıkla kaynak edilir. Örneğin DIN 8556'a göre E 22 9 3 L gibi. Bilinen ostenitlik çeliklere nazaran, daha yüksek bir ısı girdisine ihtiyaç vardır. Isı girdisi kullanılan elektrodun çapına ve sac kalınlığına bağlı olarak 6 ila 18 kJ/cm arasında değişir. Kaide olarak bir ön tavlama gereklidir. Ancak pasolar arası sıcaklık 150°C ile sınırlandırılmalıdır.

6.1.2. TIG kaynağı

TIG kaynağında dikkat edilecek en büyük husustan birisi, kullanılan ilave kaynak metalinin uygun ve yeterli olmasıdır. Burada kaynak sırasında esas metal ile karışımın mümkün mertebe düşük tutulmasına dikkat edilmelidir. Aksi takdirde esas metalin düşük nikel içeriği, kaynak metalinde yüksek bir ferritikleşme meydana getirir. Bu da korozyon dayanıklılığını ve sünekliğini (tokluğunu) düşürür. Kaynakta kullanılan koruyucu gazın hidrojen ihtiva etmemesine dikkat edilmelidir. Zira hidrojen, hidrojen gevrekleşmesine sebebiyet vermektedir.

6.1.3. MAG kaynağı

MAG kaynağında, M 11 (Ar + % 1 Oksijen), M 12 (Ar + % 2,5 Karbondioksit) veya M 12 (% 83 Ar + 1 % He + % 2 Karbondioksit) karışım gazlar kullanılır. Bu yöntemde de yüksek ısı girdisiyle kaynak yapılır. Burada da ara paso sıcaklığı en çok 150°C ile sınırlandırılmıştır.

6.1.4. Tozaltı kaynağı

Bu yöntem daha ziyade kalın kesitlerin kaynağında kullanılmaktadır. Tozaltı kaynağında optimal ısı girdisine dikkat edilmelidir. Böylece ısının etkisi altında kalan bölgede yeterli ostenit dönüşümü sağlanmış olur. Bir ön tavlama gereklidir. Eğer kaynağa ara verilirse, özellikle kalın parçalarda yeniden bir ara tavlama gereklidir. Pasolar arası tavlama sıcaklığı 200°C'yi geçmemelidir. Genelde bazlık derecesi B=3 olan kaynak tozları kullanılır. Yüksek bazlık derecesine sahip kaynak tozları, özellikle kalın kesitlerin kaynağında, çatlama bakımından emniyet sağladığı için tavsiye edilir. Kullanılan kaynak teli de UP – 22 9 3 L tipi olması daha uygundur.

6.2. Dupleks Çeliklerin Kaynağında Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

6.2.1. Dolgu malzemesi

Kaynaklandığı gibi (ısıtıl işlemsiz) kullanılacak yapılarda genellikle Ni ile alaşımlandırılmış (tipik olarak ~ 9% Ni) dolgu malzemesi kullanılır. Aslında bütün dupleks paslanmaz çeliklerin kaynağı için iki tip dolgu malzemesi kompozisyonu yeterli olmaktadır. Standart 22% Cr 9% Ni 3% Mo 0.15 % N dupleks paslanmaz dolgu malzemesi 23% Cr ‘lu Molibden içermeyen ve standart 22% Cr sınıfı malzemelerde kullanılırken, 25%Cr 9% Ni 4% Mo 0.25% N süper dupleks dolgu metali 22% Cr yada daha fazla alaşımlandırılmış dupleks paslanmaz çelik sınıfları için kullanılabilir.

6.2.2. Isı girdisi ve pasolar arası sıcaklık

Isı girdisine, pasolar arası sıcaklık ve malzeme kalınlığına bağlı olarak değişen soğuma hızı, kaynak metali ve ısı tesiri altındaki bölgenin özelliklerini çok büyük ölçüde etkiler.

- Çok yüksek soğuma hızı ferit yüzdesini arttıracığından tokluğun düşmesine sebep olur, ayrıca nitrit çökmesinden dolayı korozyon direnci de büyük ölçüde düşer. [12]
- Çok yavaş soğuma hızı ise korozyon direncini düşüren gevrek fazların oluşumuna yol açar. [12]

Önerilen ısı girdi aralıkları Çizelge 6.5 ‘de verilmiştir. Fakat ince malzemeler için bu aralıkta belirtilen en yüksek ısı girdisi ve pasolar arası sıcaklık değerinden, kalın malzemeler için yine verilen aralıktaki en düşük ısı girdisi ve pasolar arası sıcaklık değerinden kaçınılmalıdır.

6.2.3. Koruyucu gaz

Koruyucu gaz kaynak metalindeki Azot miktarını etkiler. Özellikle TIG kaynağında gözlenen Azot miktarındaki azalma, korozyon direncini önemli ölçüde etkiler. Kritik uygulamalarda korozyon direncini arttırmak için Azot içeren koruyucu gazlar (aynı zamanda kök koruyucu gazlar) kullanılır. TIG kaynağı için en uygun koruyucu gaz; Ar 99,996% ya da Ar-N₂ (2-3 %), MIG kaynağı için; Ar-O₂ (1-3 %) Ar-CO₂ (1-3 %), Ar-He (30 %) – O₂ (1-3 %) ya da Ar-He (15 %) – CO₂ (1-3 %) ya da maksimum 3% N₂ ilave edilmiş gazlar; Karbon kaynağı için en uygun koruyucu gazlar ise, Ar-O₂ (1-3 %), Ar-CO₂ (25%), Ar-CO₂ (1-3 %) ya da CO₂.

Öte yandan dubleks paslanmaz çeliklerin kaynağında yeterli kök koruması çok önemlidir. Dubleks paslanmazların kaynağında en uygun kök koruyucu gaz olarak yüksek saflıkta Ar, N₂ ya da bu iki gazın karışımı kullanılır. Bu yöntemde yüksek ısı girdisi ile kaynak yapılır. Pasolararası sıcaklık maksimum 150°C ile sınırlandırılmıştır.

1,4462 tipi dupleks çeliklerin eritme kaynağında bir ısıtma işlemi gerek duyulmaz. Eğer yeterli ve uygun bir kaynak ilave metali kullanılmaz ise bu taktirde 1050 ila 1150 °C arasında çabuk soğutulur. Uygulamada çok defa dupleks çeliklerin alaşımsız, hafif alaşımlı çelik veya standart ostenit ile kaynağı söz konusudur. Bu gibi hallerde de uygun kaynak ilave metalinin seçilmesine bilhassa dikkat edilmelidir. Sıcak çatlak oluşumuna karşı hassasiyeti azaltmak için yüksek nikel ve azot içeriği gerekir.

Çizelge 6.8 - Süper dupleks çeliklerin kaynağında kullanılan kaynak ilave metalinin kimyasal bileşimi ve mekanik-teknolojik özellikleri

Kimyasal Bileşimi	Mekanik -Teknolojik Özellik
C = 0,03 %	R _{p0,2} = 740 N/mm ²
Si = 0,3 %	R _m = 920 N/mm ²
Mn = 0,8 %	A ₅ = 25 %
Cr = 25,1 %	Ort. ISO-V = 50 J (-20 C)
Ni = 9,8 %	40 J (-40 C)
N = 0,22 %	Serlik = Hv 10.290 - 330

Daha yüksek korozyon dayanıklılığı ve mukavemet arandığında örneğin açıkdeniz endüstrisi gibi, Süper Dupleks Çelikler söz konusu olur. Bu super dupleks çeliklerde: Krom %25, Molibden %2~4, Azot da %0,25 civarında bulunur. Ayrıca Bakır veya Wolfram ile de alaşımlandırılırlar. Bu çelikler kaynak yapılmamış durumda % 6 Molibdenli tamamen ostenitik çeliklere nazaran daha iyi bir delik korozyonu dayanıklılığına ve yüksek mukavemete sahiptir.

Süper dupleks çeliklerin kaynağında Azot içeriği yeterli derecede yüksek değilse (%0,20'nin üzerinde) ısının tesiri altındaki bölgede artan ferrit miktarı ve tane irileşmesi nedeni ile bir gevrekleşme meydana gelir. Normal 1,4462 tipi dupleks çeliklere nazaran süper dupleks çeliklerin kaynağında kullanılacak ilave metalin ferrit yüzdesi önemlidir. Ve 40 ila 60 FN olmalıdır. Kaynak ilave metalinin yeterli derecede Nikel ve Azot içermesi gerekir. Tablo 6.8 'de super dupleks çeliklerin kaynağında kullanılan kaynak metalinin kimyasal bileşimiyle mekanik-teknolojik özellikleri verilmiştir.

Günlük yaşantımızdan başlayarak tıp, nükleer endüstri, petro-kimya, gıda ve uzay endüstrilerinde vazgeçilemez uygulama alanı bulunan paslanmaz çeliklerin MIG kaynağı son yıllarda geliştirilen türlere bağlı olarak büyük bir önem arz etmektedir. Ark tarafından kaynak banyosuna taşınan metal damlacıklarının geçişinin kararlılığı ve sıçrama kayıplarının azaltılması için özellikle kaynak akım üreteçleri üzerine yoğun çalışmalar yapılmaktadır. Kaynak metalinin mekanik özelliklerinin ve korozyon direncinin artırılması amacı ile geliştirilen koruyucu gazların ve tellerin seçiminde çok dikkatli olunması gerekliliği gözden uzak tutulmamalıdır.

5 ve 6 nolu bölümlerde de izah edildiği üzere paslanmaz çelikler çok özel malzemelerdir. Bu malzemelerin yalnızca kaynağına değil, kaynak öncesi ve sonrası işlemlerine de çok dikkat etmek gerekir. Tersanelerde, gemi yapımında paslanmaz çelik kullanımı gündeme geldiği durumlarda, bu hususlarda özenli olunması gerekir. Paslanmaz çelik kullanılması söz konusu olan bir gemi yapımında karşılaşılabilecek muhtemel paslanmaz çelik malzeme kaynaklı birleşim yerlerini, yapacağımız testlerle inceleyerek, uygun yöntem ve parametreleri belirlemeye çalışalım.

7. ÖNGÖRÜLEN DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Gemi İnşasında kullanılan paslanmaz çelik malzemeleri ve kaynak işlemlerini inceledikten sonra, kaynak edilmesi esnasında karşılaşılan sorunları da göz önünde bulundurarak, tersanede inşası düşünülen, çalışmamızda malzeme sarfiyatını çıkarttığımız, 7000 DWT luk kimyasal tankerde karşılaştığımız kaynaklı bağlantıların testlerini yapmak suretiyle, oluşan kaynak dikişlerinin mekanik ve kimyasal özelliklerini saptayalım. Bir gemi bloğunun inşasında ve gemilerin borulama sistemlerinde karşılaşılan kaynaklı birleşimler 1 ve 3 nolu Kaynak Planlarında gösterilmiş ve bunların herbirine birer kaynak numarası verilmesi suretiyle sıraya konulmuştur.

Kimyasal tankerlerin kaynaklı imalatlarında, imalatın bir kısmının blokhanelerde diğer kısmının kızak üzerinde yapılması gibi, konstrüktif zorluklar göz önüne alınarak klasik kaynak yöntemlerinin kullanılması planlanmıştır. (Elektrod, gazaltı, tozaltı ve TIG kaynağı)

Kimyasal tankerde tank malzemesi olarak paslanmaz çelik kullanılması ve dolayısıyla bu çeliklerin imalata aktarılması esnasında kesme kaynak ağzı açma gibi operasyonlarında farklı yöntemler kullanılması dolayısıyla yüksek maliyetler oluşmaktadır. Bu sebeble birtakım maliyet girdilerinin azaltılması amacıyla daha çok otomatik ve yarı otomatik kaynak yöntemleri ve zorunlu şartlarda da manuel kaynak yöntemleri kullanılması planlanmıştır.

Kimyasal tankerin kargo malzemesiyle temas halinde bulunan iç kaplama saclarının atölye kaynaklarında, dolgu verimi en yüksek ve tamamen otomatik yöntemlerle yapılan tozaltı kaynak yöntemi seçilmiştir. Ama konstrüktif olarak tozaltı kaynağının uygulanmasında zorluk olan 2, 3, 4, 5 ve 6 nolu kaynak noktalarındaki bölgelerde, kaynak kalitesi ve kaynak verimliliği elektroda göre daha yüksek olan FCAW özlü gazaltı kaynak yöntemi seçilmiştir. Bu yöntemde ısı girdisi bakımından tozaltı ve elektroda göre daha düşük değerlere sahip olunması nedeniyle deformasyonlar minimum düzeydedir. Ayrıca bütün pozisyonlarda rahatlıkla kullanılması nedeniyle konstrüktif zorluk bulunan bu bölgelerde seçilmiştir. Kaynak esnasında çok düzgün yüzey oluşturması sebebiyle kaynak sonrası

temizliği gerektirmez. Dolayısıyla hem kaynak hızı, hem yüzey düzgünlüğü, hem de ekonomikliği sebebiyle bu yöntem seçilmiştir.

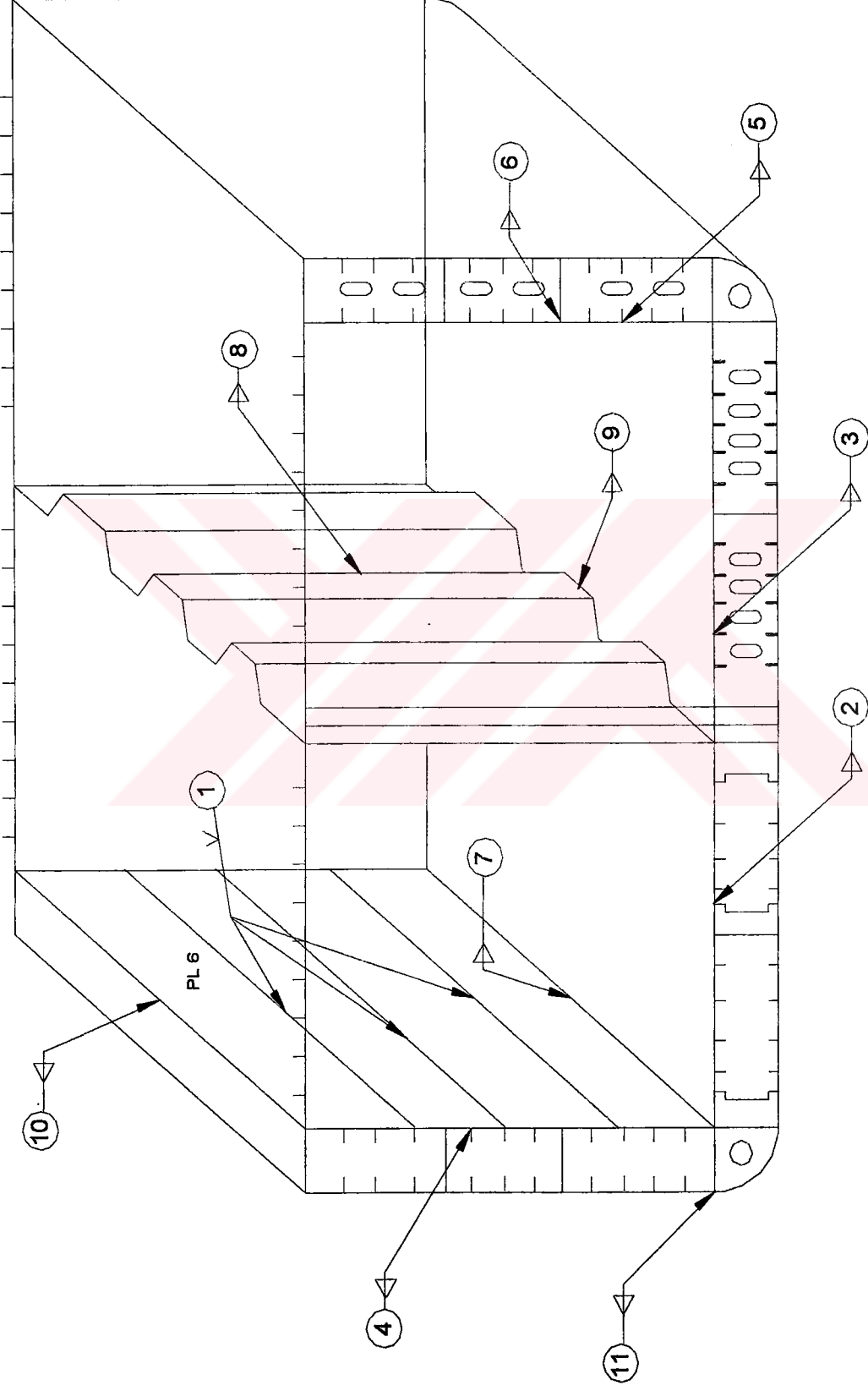
Blokların oluşturulmasından sonra kızak üzerinde yapılan çatımda, atmosfere açık bir ortamda kaynak yapılması zorunlu olduğu için, açık atmosferden en az etkilenen kaynak yöntemi olan SMAW zorunlu olarak seçilmiştir.

Gemilerde borulama sistemlerinde kullanılan boru malzemelerinin et kalınlıklarının çok düşük olması ve kök pasolarının çok düzgün olma zorunluluğu nedeniyle bu bölgelerde TIG kaynak yönteminin uygulanması planlanmıştır.

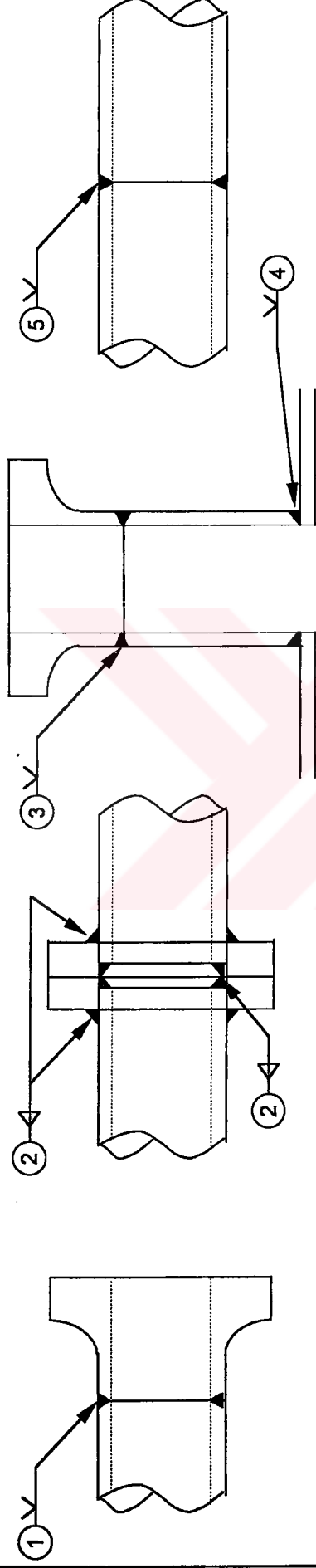
Kaynak planlarında kaynak numarası verilmiş birleşim yerlerine yapılacak olan testler tamamıyla ASME 'nin kurallarının öngördüğü şekilde gerçekleştirilecektir. Kaynak dikişlerinden alınan parçaların analizleri yapılacak ve kaynak dikişlerindeki kimyasal kompozisyonlar belirlenecektir.

1 nolu kaynak planında da gösterildiği gibi, bir gemi bloğunun inşaaı esnasında karşılaşılabacak 11 adet kaynaklı birleştirme çeşidine rastlanmış ve bunların herbiri imalatındaki işlem sırasına göre kaynak planına aktarılmıştır. Gemi borulama sistemlerinde de karşılaşılabası muhtemel 5 tür kaynaklı bağlantı saptanmıştır. Elbette ki toplam 16 adet bağlantının ayrı ayrı deneyleri yapılmayacaktır. Misalen bir alın kaynağı, köşe kaynağını kalifiye etmektedir. ASME 'nin sunduğu kalifikasyonlar doğrultusunda testler yapılacak ve kaynak planında verilen belirtilen PQR (test) numarasıyla raporlar halinde sunulacaktır.

Borulama sistemlerinin kaynaklanmasında da 5 tür kaynak gözlenmiştir. İlk olarak paslanmaz bir borunun yine paslanmaz bir boyunlu flanşa butt weld (alın) kaynağı söz konusu olabilir. Yine aynı şekilde iki paslanmaz borunun slip on flanşa birbirine bağlanmasında paslanmaz borunun normal A105 kalitedeki flanşa köşe kaynağı söz konusu olabilmektedir. Her kaynağın hangi pozisyonda yapılacağı saptanmış ve kaynak planında ASME nin QW-461 'de öngördüğü kodlarla belirtilmiştir. Kaynak pozisyonlarını gösteren bu kodlar Şekil 7.1 de verilmiştir.

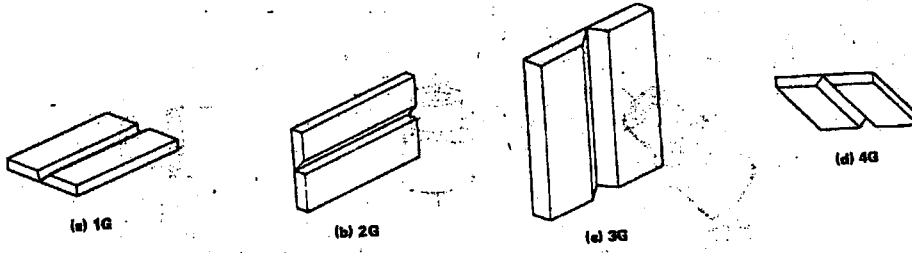


No: 3

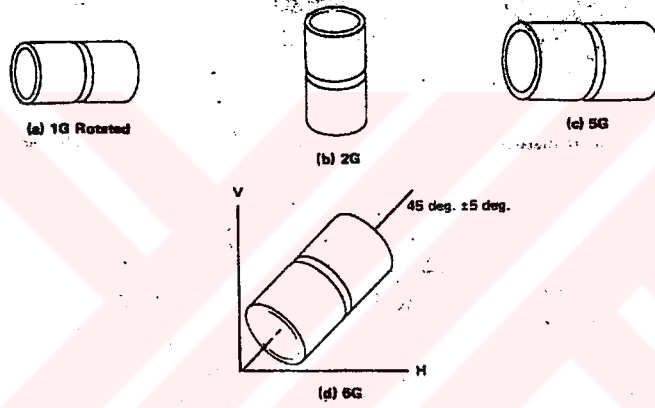
[illegible]

QW-461.3 – QW-461.5

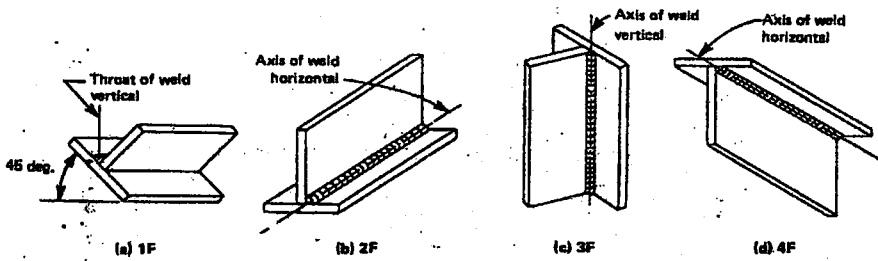
QW-461 Pozisyonlar



QW-461.3 Plakada oluk kaynağı – Test Pozisyonu



QW-461.4 Boruda oluk kaynağı – Test Pozisyonu



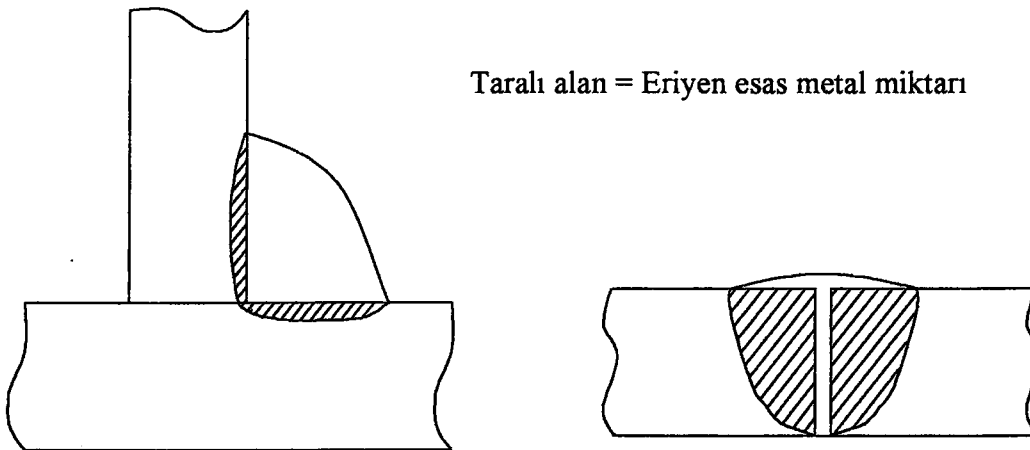
QW-461.5 Plakada köşe kaynağı – Test Pozisyonu

Şekil 7.1 – ASME QW-461 'e göre kaynak pozisyonları [34]

Gemilerde kargo bölümlerinden çıkan paslanmaz çelik malzemeli borularla normal karbon çelik boruların bağlanması söz konusu olabilmektedir. Genel olarak bu tip birleşimlerde flanşlı bağlantı yoluna gidilmektedir. Çalışmamda bu duruma da eğilerek, flanş kullanmaksızın, paslanmaz çelik boru ile karbon çeliği borunun kaynak edilmesi üzerinde durulacak ve sonuçları değerlendirilecektir.

Tez çalışmamda belirttiğim üzere « nüfuziyet » ; esas metalde erimenin olduğu derinliğe verilen addır. Kaynak olayında nüfuziyetin en önemli tarafı, bunun kaynak metal bileşimi üzerine yaptığı etkidir. Erimiş banyo, elektrod ve esas metal karışımından meydana gelmiştir. Bunların oranları büyük ölçüde ısı girdisi tarafından tayin edilir. Çünkü ısı girdisi hem elektrod erime hızını ve hem de nüfuziyeti kontrol eder. Bir kaynak metal, dolgu teli veya elektrod tarafından sağlanan erimiş metalle iş parçasından eriyen metalin karışımıyla oluşur. Karışma, genel olarak kaynakta erimiş esas metal yüzdesi olarak ifade edilir ve bu değer erimiş banyodaki elementlerin yaklaşık miktarlarını hesaplamakta kullanılır.

Test parçalarındaki kaynak nüfuziyetleri de bir bir saptanacak ve elde edilen değerler kullanılarak, erimiş banyodaki elementlerin yaklaşık miktarları hesaplanacaktır. Bu hesaplamaların yapılmasında (7.1) ve (7.2) denklemlerinden yararlanılacaktır.



Şekil 7.2 –Karışmanın bileşime etkisi [33]

$$\text{Karışma (D)} = \frac{\text{Taralı alan}}{\text{Toplam kaynak alanı}} \times 100\% \quad (7.1)$$

$$c_w = c_f + \frac{D}{100}(c_p - c_f) \quad (7.2)$$

Burada c_w = Verilen bir elementin kaynak dikişindeki yüzdesi
 c_f = Bu elementin tel veya elektroddaki yüzdesi
 c_p = Bu elementin esas metaldeki yüzdesi
 D = Karışma yüzdesi

Bu kavram, bazı paslanmaz çeliklerin ve alüminyum alaşımlarının kullanıldığı imalatlar için çatlama dan kaçınmak amacıyla gerçekleştirilen tasarım hesaplarında özel bir öneme sahiptir. Katılaşmış kaynak metalinin yeterli mukavemete sahip olmasını sağlamak için bileşim dikkatle kontrol edilmelidir. Ek olarak ; karbon çeliğinden imal edilmiş bir bıçağın ağzı aşınmaya dirençli kaynak metali ile kaplanırsa, kaplanmış tabakanın özellikleri, bu tabakaya fazla miktarda erimiş çeliğin karışmasıyla kötüleşebilir. Böyle durumlarda kabul edilebilir karışma yüzdesi saptanabilirse, müsaade edilebilen en yüksek nüfuziyet önceden belirlenebilir. Bu sebeble kaynak bölgelerindeki nüfuziyeti ve karışım oranlarını hesaplamakta fayda vardır.

Biz de deney çalışmalarımıza başlamadan önce, test uygulanacak bölgelerdeki, her element için c_w değerlerini hesap yoluyla saptayalım. Bunun için gerekli D karışma yüzdesi, test parçası üzerinden hesaplanmıştır. Elektrod ve malzemedeki element yüzdeleri malzeme ve elektrod sertifikalarından alınmıştır.

Kaynak Planlarında görüldüğü gibi toplam 9 WPS ve 6 PQR ımız mevcuttur. WPS adetine göre PQR adetinin daha az olmasının sebebi ASME 'nin sağladığı kalifikasyonlardır. Mesela ASME QW-303 'e göre herhangi bir pozisyonda yapılan kaynak, bütün diğer pozisyonları kalifiye etmektedir [34]. Yine QW-451.4 'e göre bütün köşe kaynakları, aynı kalınlıktaki bütün butt weldler (alın kaynağı) tarafından kalifiye edilmektedir [34]. Kalınlık kalifikasyonları ise QW-451 ile açıklanmış ve Çizelge 7.1 de verilmiştir.

Çizelge 7.1 –QW-451 Kalınlık limitleri kalifikasyon prosedürü ve test örnekleri [34]

Kaynak Edilmiş Test Parçası Kalınlığı (T) (inch)	Kalifiye Eden Ana Metal Kalınlık Aralıkları		Kalifiye Eden Kaynak Metali Kalınlığı (t)		Gerekli Test Tipi ve Adetleri			
	Min. (inch)	Max. (inch)	Max. (inch)		Çekme	Kenar Bükme	Yüzey Bükme	Kök Bükme
1/16 den az	T	2T	2t		2	-	2	2
1/16 - 3/8	1/16	2T	2t		2	-	2	2
3/8 – 3/4	3/16	2T	2t		2	-	2	2
3/4 - 1 1/2	3/16	2T	2t (t < 3/4)		2	4	-	-
3/4 - 1 1/2	3/16	2T	2T (t > 3/4)		2	4	-	-
1 1/2 den fazla	3/16	8	2t (t < 3/4)		2	4	-	-
1 1/2 den fazla	3/16	8	8 (t > 3/4)		2	4	-	-

Belirtilen kalifikasyonlar doğrultusunda 6 adet PQR yapılması gerekmektedir. Bu PQR ları yapmadan önce, yapılacak olan PQR lardaki kaynak dikişlerindeki c_w leri (Verilen bir elementin kaynak dikişindeki yüzdesi) hesap yoluyla saptayalım. Elektrod ve malzeme sertifikalarından alınan değerler Çizelge 7.2 de bulunmaktadır. İki farklı malzemenin kaynağında c_p değeri olarak birinci ve ikinci malzemelerdeki oranın aritmetik ortalaması alınmıştır. Bu tip farklı malzemelerin kaynağında seçilen elektrodan ötürü iki tarafta da kimyasal kompozisyonlar %80 oranında birbirinin aynıdır. Bu kabulün yapılması büyük bir hataya sebebiyet vermez. Çizelge 7.2 deki değerler kullanılarak hesaplanan c_w değerleri Çizelge 7.3 de verilmiştir. Bu değerler spektral analiz sonuçlarıyla karşılaştırılacaktır.

Çizelge 7.2 –Malzeme ve elektrod bünyesindeki elementlerin yüzdesi

PQR	C%	Mn%	P%	S%	Si%	Cr%	Ni%	Mo%
1 C_p	0,1085	1,31	0,0265	0,00335	0,4	9,095	4,295	0,115
1 C_f	0,02	1,61	0,021	0,004	0,54	24,4	13	
1 D	29,2	29,2	29,2	29,2	29,2	29,2	29,2	29,2
2 C_p	0,054	1,33	0,028	0,009	0,45	18,2	8,7	
2 C_f	0,036	1,86	0,019	0,014	0,46	20,02	9,92	0,14
2 D	44,06	44,06	44,06	44,06	44,06	44,06	44,06	44,06
3 C_p	0,04	1,8	0,32	0,05	0,38	18,25	8,25	
3 C_f	0,015	1,66	0,02	0,01	0,42	20,04	9,9	0,22
3 D	20,57	20,57	20,57	20,57	20,57	20,57	20,57	20,57
4 C_p	0,11	1,29	0,1665	0,0255	0,305	9,155	4,175	0,008
4 C_f	0,008	1,56	0,019	0,012	0,44	23,3	13,56	0,17
4 D	21,65	21,65	21,65	21,65	21,65	21,65	21,65	21,65
5 C_p	0,1085	1,31	0,0265	0,00335	0,4	9,095	4,295	0,115
5 C_f	0,03	1,2	0,025	0,02	0,9	25	14	0,2
5 D	28,77	28,77	28,77	28,77	28,77	28,77	28,77	28,77
6 C_p	0,054	1,33	0,028	0,009	0,45	18,2	8,7	
6 C_f	0,029	0,68	0,021	0,008	0,87	19,6	10,6	0,04
6 D	26,07	26,07	26,07	26,07	26,07	26,07	26,07	26,07

Çizelge 7.3 –Her PQR için hesaplanan c_w değerleri

PQR	C%	Mn%	P%	S%	Si%	Cr%	Ni%	Mo%
1 C_w	0,046	1,522	0,023	0,004	0,499	19,931	10,458	0,034
2 C_w	0,044	1,626	0,023	0,012	0,456	19,218	9,382	0,078
3 C_w	0,020	1,689	0,082	0,018	0,412	19,672	9,561	0,175
4 C_w	0,030	1,502	0,051	0,015	0,411	20,238	11,528	0,135
5 C_w	0,053	1,232	0,025	0,015	0,756	20,424	11,208	0,176
6 C_w	0,036	0,849	0,023	0,008	0,761	19,235	10,105	0,030

8. DENEYSEL ÇALIŞMALAR VE RAPORLAR

Kaynak deney numuneleri 6 PQR için ayrı ayrı olmak üzere 150x450 ebatlarda, 4 adet çekme deneyi için, 8 adet bükme deneyi için, 2 adet makro yapı için ve 2 adet de spektral analiz için olmak suretiyle toplam 16 adet kesilmiştir. Kesim işleminde karbon çeliği için Oksi-Asetilen ile kesme yöntemi kullanılmış, paslanmaz çelik için ise paslanmaz çeliğin ergime sıcaklığının 2700°C ın üzerinde olması sebebiyle plazma kesim yöntemi kullanılmıştır. Kesim işleminden sonra numunelerin ısıdan etkilenmiş bölgeleri taşlanmak suretiyle temizlenmiştir.

Temizleme işlemi tamamlanan numunelerden kaynak ağzı açılması gerekenlere kaynak ağzı açılmış ve numuneler kaynak işlemine hazır hale getirilmiştir. Deney numune parçalarına açılan kaynak ağzı ölçüleri PQR raporlarında verilmiştir.

Kaynak işleminde, kaynak yapılmasına ilk başlandığı yerde ve kaynak işleminin son bulunduğu yerde birtakım curuf oluşumu söz konusudur. Bu durum kaynak dikişi üzerinde sorun yaratabilmektedir. Bu duruma mahal vermemek için test parçaları başına ve sonuna, yine kaynak edilecek test parçalarıyla aynı kalite ve kalınlıkta başlangıç ve bitiş plakaları puntalanmıştır. Yine test parçaları da birbirine üç yerden puntalı şekilde kaynak işlemine hazır hale getirilmiştir. Kaynak işlemine başlangıç plakası üzerinden başlanmış ve bitiş plakası üzerinde son verilmiştir. Bu sayede test parçaları üzerine tekabül eden kaynak dikişi üzerinde herhangi bir curuf oluşumu engellenmiştir. Daha sonra bu başlangıç ve bitiş plakaları taşla kesilmek suretiyle test parçasından uzaklaştırılmıştır.

3 ve 4 nolu deneylerde TIG kaynağında %99,9 Argon gazı ile tek taraflı kök koruma yapılmıştır. Bu deneylerde koruyucu gaz olarak yine %99,9 Argon kullanılmıştır. 1 nolu deneyde FCAW (özlü gazaltı) kaynağında koruyucu gaz olarak olarak %80 Argon + %20 CO₂ kullanılmıştır. Deneylerde kaynak işleminde kullanılan gazlarla ilgili geniş bilgiler deney raporlar PQR ve WPS lerde verilmiştir.

Kaynak sonrası elimizde deney başına 8 adet olmak suretiyle toplam 48 adet kaynak edilmiş test parçası bulunmaktadır. Daha sonra bu test parçalar, radyografi testlerinin

yapılması için Kalite Kontrol Departmanına gönderilmiştir. Bu departmandan alınan test raporları, deney raporları içerisinde mevcuttur.

Kalite Kontrolden OK lenmiş olarak gelen test parçaları mekanik testler uygulanması için labaratuvara gönderildi. Burada malzemelemin makro yapıları incelendi ; iki numune çekme, dört numune ise ikisi yüzey bükme ve diğer ikisi de kök bükme deneylerine tabi tutuldu. Numune adetleri ASME nin öngördüğü şekilde saptanmıştır. Çizelge 7.1 de QW-451 'e göre ASME 'nin istediği deney numune adetleri verilmiştir. Mekanik deney sonuçları PQR larda verilmiştir.

Numunelerden biri ise spektral analizi yapılması için Asilçelik Fabrikasına gönderilmiştir. Asilçelik 'ten gelen spektral analiz sonuçları, raporlar bölümünde verilmiştir.

Kaynak Planlarındaki kaynak türleri dikkate alınarak WPS (Kaynak Deney Nitelikleri) adı altında raporlar hazırlanmıştır. Kaynak Planına göre toplam 9 adet WPS gerekli görülmüştür. Daha sonra bu 9 adet WPS 'yi kalifiye edecek deney sayısı ASME 'ye göre saptanmış ve bu saptanan adetlerde yapılan deneylerin sonuçları, PQR (Deney Nitelikleri Kayıtları) adı altında raporlar halinde hazırlanmıştır. Kullanılan malzemelerin, kaynak tellerinin, tozaltı tozunun v.s. sertifikaları ilgili deney raporları altında verilmiştir.

Deney raporları, her deney için ayrı olmak suretiyle ; PQR, deneyde kullanılan malzeme ve elektrod sertifikaları ve PQR 'ın kalifiye ettiği WPS 'ler şeklinde sıralanmıştır. Bu raporların sonunda test parçalarının radyografi sonuç raporu ve son olarak da spektral analiz raporu bulunmaktadır.

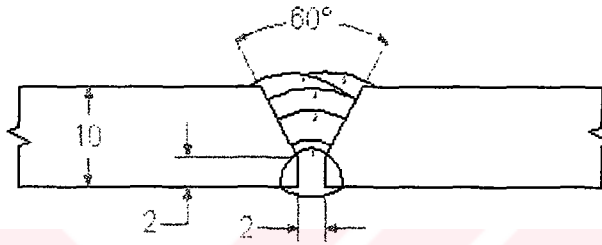
QW-483 PROCEDURE QUALIFICATION RECORD

(1)

PQR No / Test no 1

Welding Process (es) : FCAW

Kaynak yöntemi :

Type
TipiManual: X
El
Machine
MakinaSemi-Automatic
Yarı otomatik
Automatic
OtomatikJOINT (QW-402) / BİRLEŞTİRME :BASE METALS (QW-403) / ANA MALZEME

Material Specification : A 240 304 TP + A 516 Gr70

Malzeme tanımı

Type or Grade : Type 304+ A 516 Gr70

Tipi ve kalitesi

P.No. 8 to P.No. 1

Thickness of Test Coupon : 10mm

Test parçası kalınlığı

Diameter of Test Coupon : N/A

Test parçası çapı

Other / Diğer : —

FILLER METALS (QW-404) / DOLGU MALZEMESİ

SFA Specification/SFA Tanımlaması : AWS A5.22

AWS Classification/AWS sınıflaması : E 309LT-1

Filler Metal F.No/Dolgu malz.F.no : F5

Weld Metal Analysis A No : A6

Kaynak metal A no

Size of Filler Metal : Ø 1.2

Dolgu malzemesini çapı

Other / Diğer

POSITION (QW-405) / POZİSYON

Position of Groove/Kaynak pozisyonu 1G

Weld Progression/Kaynak ilerleme yönü : N/A

PREHEAT (QW-406) / ÖNTAV

Preheat Temp./Ön tav sic. : None

Interpass Temp./Pasolar arası sic. : 150°C

Other / Diğer :

POSTWELD HEAT TREATMENT (QW-407)

KAYNAK SONRASI ISIL İŞLEM

Temperature / Sıcaklık : None

Time / Zaman : N/A

GAS (QW-408) / GAZ

	Gas	Per. Comp.	Flow Rate
	Gaz	% Karışım	Debi
Shielding Koruma	N/A	80%Ar+20%CO ₂	18L/min
Backing Kök koruma	N/A	—	—

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (QW-409)

ELEKTRİKSEL KAREKTERİSTİKLER

Current / Akım : DC

Polarity / Kutup : (+)

Amps / Amper : 160-190 Volts / Volt : 22-23

Tungsten Electrode Size : N/A

Tungsten Elektrod çapı

TECHNIQUE (QW-409) / TEKNİK

Travel Speed/Kaynak hızı : 24-27 cm/min

String or Weave Bead : Both

Düz veya salınlı dikiş Düz dikiş

Multipass or Single Pass : Multiple pass

Tek veya çok paso Çok paso

Single or Multiple Electrodes : Single electrode

Tek veya çok elektrot Tek elektrot

Other / Diğer :

PREPARED BY

Name : Cem Gürsimşir

Signature :

Date : 18.04.2000

WELDING PROCEDURE QUALIFICATION

(2)

PQR No: 1

TENSILE TEST (QW-150) / ÇEKME TESTİ

Specimen Test parçası No	Width Genişlik mm	Thickness Kalınlık mm	Area Alan mm ²	Ultimate Total Load Toplam kopma vüku N	Ultimate Unit Stress Çekme mukavemeti N mm ²	Type of Failure& Location Kırılmanın tipi ve yeri
1	19,20	5,27	101,18	61930	612,05	Weld metal
2	19,20	5,22	100,22	59990	598,56	Base metal

GUIDE-BEND TEST(QW-160) / BÜKME TESTİ

Type and Figure No./ Tipi ve çizim no	Result / Sonuç
Face bend test 1	Satisfactorily
2	Satisfactorily
Root bend test 1	Satisfactorily
2	Satisfactorily

TOUGHNESS TEST (QW-170) / ÇENTİK DARBE TESTİ

Specimen Test parçası No	Notch Location Çentik yeri	Notch Type Çentik tipi	Test Temp. Test sıcaklığı	Impact Value Darbe değerleri (Joule)	Lateral Exp. Yanal Genleşme	Remarks Notlar

FILLET WELD TEST(QW-180) / KÖŞE KAYNAĞI TESTİ

Result/Sonuç : N/A

Penetration into Parent Metal : N/A

Macro-Result : N/A

Ana malzemedeki penetrasyon

Makro-sonucu

OTHER TEST / DİĞER TESTLER

Type of Test / Test tipi : None

Deposit Analysis / Kaynak malı analizi : None

Other / Diğer :

PREPARED BY

Name: Cem Gürsimsir

Signature

Date : 18.04.2000



**COLUMBUS
STAINLESS**

To: DIN 50049 / EN 10204

MANUFACTURER'S MARK



Herstellerzeichen

MELTING PROCESS

E/CLU

Erhmelzungsart



SABS

Nr. 04 Nov 1
Date Datum

P.O. Box
MIDDEL
South A

Tele (27-13) 247
Fax: (27-13) 241

COLUMBUS STAIN
A Division of Columbus Ltd

Customer
NERTON TRADING LTD
P.O. BOX 413
1211
GENEVA
SWITZERLAND

CIA No.
Unter Auftrag Nr.
00040630

ITEM No.
Pos. Nr.
023

INSPECTORS

CUSTOMER ORDER No.
Kundenbestell-Nr.
SX-025/

INSPECT. No.
Prüf. Nr.

Zeichen der
Sachverständigen

PRODUCT
NO 1: Hot Worked, Heat Treated
and Pickled.

HEAT No.
Schmelz-Nr.

302802

MPQ No.

3028023/1

REMARKS

ASTM A240 - 93A

XD: TOLERANCE REV 2- 06/92

MATERIAL CODE
Werkstoff
304

REQUIREMENTS
(Forderungen)

VISIONS
Messung

1219 mm x 10.000 mm x 2438

QUANTITY
Brückzahl

6

MASS
Gewicht

1365

CHEMICAL ANALYSIS Chemische Zusammensetzung				MECHANICAL PROPERTIES Mechanische Werte									
	REQUIREMENT		LADLE Schmelze	Test Ort	Re 0.2 0.2% Proof St	Rp 1.0 1.0% Proof St	Rm UTS	50 A mm Extension	Dimensions of Specimen	Hardness HRC	Bend Test Biegeversuch	Impact Test Kerbschlagversuch JCV	
	MIN	MAX											
% C		0.080	0.047		205		515	40	12.50	201			
% S		0.030	0.0047	Req 2 20°C									
% P		0.045	0.040		min		min	min	10.00	max			
% Mn		2.00	1.46		25%	30%	52%	52	9.72	150			
% Si	8.00	0.75	0.42	1									
% Ni	18.00	10.50	8.58	2									
% Cr		20.00	18.17	Req 2 °C									
% Mo			0.23										
% Ti				3									
% N		0.1000	0.0407	Req 2 °C									
				4									
				5									
INTERGRANULAR CORROSION Int. Krist. Korrosion													
SPECIFICATION Norm													RESULT
HEAT TREATMENT Wärmehandlung													
Anneal													Overheat
Tests to verify batch and quality have been made. Verwechslungsprüfung wurde durchgeführt. Visual and dimensional control: no exceptions. Besichtigungen und Abmessungen: ohne Beanstandung. The delivery is in accordance with the order. Die Lieferung entspricht den Bestellbedingungen.													
This material is free from mercury contamination. The radiation level exhibited by this material is greater than the normal background level.													

Material

COLUMBUS STAINLESS
MENDORINA ROAD, MIDDELBURG
MPUMALANGA, SOUTH AFRICA

WORKS EXPERT

Esab ABWELDING CONSUMABLES-QUALITY ASSURANCE
GÖTEBORG, SWEDEN

Our ref.

Our order 4004382-019-087

INSPECTION CERTIFICATE No 985104/JONH
According to EN 10204 - 3.1 B

Date

99-09-20

Your ref.

Your order

To

ÖZMETAL SANAYI VE TİCARET A.Ş.
İMES SAN.SİTESİ, E BLOK503 SOK.NO.60.
81260 Y.DUDULLU-İSTANBUL
TÜRKİYE**PRODUCT INFORMATION**

OK 14.32	1,2 MM	Lot No.G9905039	Art.No.1432122480
----------	--------	-----------------	-------------------

GENERAL DESCRIPTION

Polarity:

Shielding Gas:

Alloy Type:

WIRE COMPOSITION

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu			
0,02	0,54	1,61	0,021	0,004	24,4	13,0	0,0	0,0			

MECHANICAL PROPERTIES OF THE WELD METAL (AS WELDED)

R _{p0.2} N/mm ²	R _{eL} N/mm ²	R _{ch} N/mm ²	R _m N/mm ²	A ₅ %	Temp °C	Joule

CLASSIFICATIONS**Esab AB**

Quality Assurance Department

André Gasman quality engineer

REG.No. 556005 7738

POSTAL ADDRESS

Box 5004 - Herkulesgatan 71
S-402 77 Göteborg, Sweden

TELEFON/PHONE

+46 31 509000

TELEFAX

46 31 509400

POSTGIMO No.

423 11 3

VAL.No. 88556008773801

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION

WPS no : 2

QW 482

Supporting PQR No / Kalifiye eden Test no : 1

Welding Process (es) / Kaynak yöntemi : FCAW

Type Tipi

Manual
El
Machine
Makina

Semi-Automatic X
Yarı otomatik
Automatic
Otomatik

JOINT (QW-402) / BİRLEŞTİRME

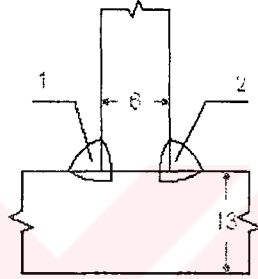
Joint Design / Kaynak ağızı şekli : See Details / Birleştirme detayına bak

Backing / Altlık : Yes

Backing Material / Altlık malzemesi : Base metal

Retainer : N/A

DETAILS / BİRLEŞTİRME DETAYI



BASE METALS (QW-403) / ANA MALZEME

P-No: 8 Group No: 1 to P-No: 1 Group No: 2

Specification type and grade / Tanımlama tipi ve kalitesi : Gr.A + SA 240 304

Thickness Range / Kalınlık aralığı

Base Metal Groove : ---
Ana malzeme Alın

Fillet : All size
Köşe Bütün kalınlıklar

Pipe Dia. Range Groove : ---
Boru çapı aralığı Alın

Fillet : All diameter
Köşe Bütün çaplar

FILLER METALS (QW-404)
DOLGU MALZEMESİ

FCAW

Spec. No(SFA) / Tanım no

SFA -5.22-95

AWS No(Class)/Klas no

E309LT-1

F-No.

F5

A-No.

A8

Size of Filler Metals

Ø 1.2

Dolgu malzemesinin çapı

Deposited Weld Metal

Kaynak dolgusu

Thickness Range:

Kalınlık aralığı

Groove / Alın

Fillet / Köşe

All size

Electrode-Flux(Class)

N/A

Elektrod-Toz Klası

Flux Trade Name

N/A

Toz ticari adı

Consumable Insert

None

İlave dolgu malzemesi

Other / Diğer

Single pass thk. Less than 1/2" (12.5mm)

PREPARED BY

Name : Cengiz Gürşimşir

Signature

Date : 15.04.2000

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION

WPS no : 2

QW 482

POSITION (QW-405) / POZİSYON Position of Groove : — Alın kaynağı pozisyonu : — Welding Progresion: Vertical Uphill Kaynak ilerleme yönü : Position of Fillet: 2F & 4F Köşe kaynağı pozisyonu : Bütün pozisyonlar				POSTWELD HEAT TREATMENT (QW-407) KAYNAK SONRASI ISIL İŞLEM Temperature Range: N/A Sıcaklık aralığı : Time Range: N/A Zaman aralığı : Other / Diğer :																			
PREHEAT(QW-406) / ÖN TAV Min.Preheat Temp./Ön tav sic. : 10°C Max.Interpass Temp./Paso arası sic. : 150°C Preheat Maintenance/Öntav ekipmanı : Gas burner Continuous				<table border="1"> <tr> <th>GAS(QW-408)/GAZ</th> <th>Gas</th> <th>Per.Comp.</th> <th>Flow Rate</th> </tr> <tr> <td>Shielding/Koruma</td> <td>CO2</td> <td>%100</td> <td>16 lt/min</td> </tr> <tr> <td>Backing/Kök koruma</td> <td>N/A</td> <td>N/A</td> <td>N/A</td> </tr> <tr> <td>Trailing / Son gaz</td> <td>N/A</td> <td>N/A</td> <td>N/A</td> </tr> </table>				GAS(QW-408)/GAZ	Gas	Per.Comp.	Flow Rate	Shielding/Koruma	CO2	%100	16 lt/min	Backing/Kök koruma	N/A	N/A	N/A	Trailing / Son gaz	N/A	N/A	N/A
GAS(QW-408)/GAZ	Gas	Per.Comp.	Flow Rate																				
Shielding/Koruma	CO2	%100	16 lt/min																				
Backing/Kök koruma	N/A	N/A	N/A																				
Trailing / Son gaz	N/A	N/A	N/A																				
ELECTRICAL CHARACTERISTICS(QW-409) / ELEKTRİKSEL KAREKTERİSTİKLER Current/Akım : DC Polarity/Kutup : * *See welding details Amps(Range)/Amper : * Volts(Range)/Volt : * * See welding details Tungsten Electrode Size and Type/ Tungsten elektrodun çapı ve tipi : N/A Electrode Wire feed speed range/ Tel sürme hızı aralığı : 6-13m/min Mode of Metal Transfer for GMAW(FCAW)/GMAW(FCAW) için ark geçişi : Globular arc Pulsing current / Darbeli akım : None																							
TECHNIQUE(QW-410) /TEKNİK String or Weave Bead / Düz veya salınlımlı dikiş : Both / Her ikiside Initial and Interpass Cleaning / İlk ve pasolar arası temizlik : Grinding and Brushing / Taş ve fırça ile Method of Back Gouging / Arka taraftan temizleme yöntemi : Arc air gouging and Grinding/Karbonla ve Taşla Oscillation / Salınım : N/A / Uygulanmaz Contact Tube to Work Distance / Kontak memesi ile iş parçası mesafesi : 10-15mm Orifice or Cup size / Nozul çapı : 16mm Multiple or Single Pass / Tek veya çok paso : Multiple pass / Çok paso Multiple or Single Electrode / Tek veya çok elektrot : Single electrode / Tek elektrod Travel Speed(Range) / Kaynak hızı aralığı : See welding details / Kaynak detayına bak Peening / Çekiçleme : None / Yapılmıyor																							
WELDING DETAILS / KAYNAK DETAYLARI																							
Pass no. Paso no	Process Yöntem	Filler Metal Dolgu malzemesi		Current Akım		Volts Range Volt Aralığı	Travel Speed (cm/min) Kaynak Hızı	Remarks Notlar															
		Class Klası	Dia. Çap	Type Polarity Tipi Kutbu	Amp. Range Amp.Aralığı																		
1	FCAW	E309LT-1	Ø 1.2	DC - EP	160-200	23-27	20-28																
2	FCAW	E309LT-1	Ø 1.2	DC - EP	160-200	23-27	20-28																

PREPARED BY

Name : Cem Gürşimşir

Signature

Date : 15.04.2000

WELDING PROCEDURE QUALIFICATION

(1)

PQR No / Test no 2

Welding Process (es) : SAW

Kaynak yöntemi :

Type
Tipi

Manual:

El

Machine X

Makina

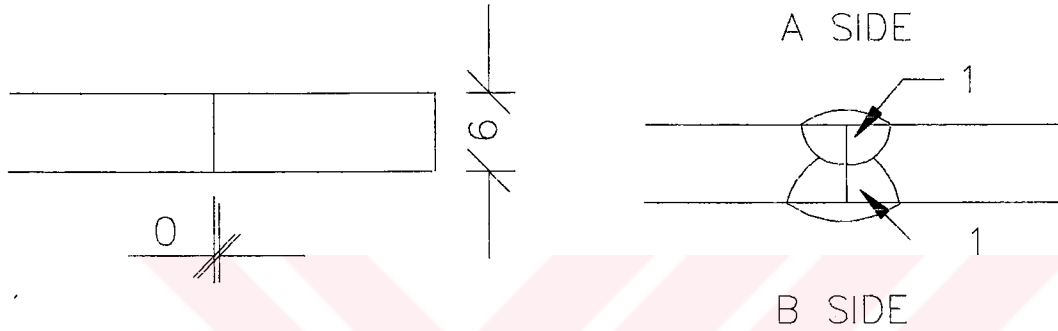
Semi-Automatic

Yarı otomatik

Automatic

Otomatik

JOINT (QW-402) / BİRLEŞTİRME :



BASE METALS (QW-403) / ANA MALZEME

Material Specification : A240 304 TP

Malzeme tanımı

Type or Grade : 304 TP

Tipi ve kalitesi

P.No. 8 to P.No. 8

Thickness of Test Coupon : 6mm

Test parçası kalınlığı

Diameter of Test Coupon : N/A

Test parçası çapı

Other / Diğer : —

FILLER METALS (QW-404) / DOLGU MALZEMESİ

SFA Specification/ SFA Tanımlaması : AWS A5.9

AWS Classification/ AWS sınıflaması : ER 308L & SA CS 2 Cr DC

Filler Metal F.No/ Dolgu malz. F.no : F6

Weld Metal Analysis A No : A8

Kaynak metal A no

Size of Filler Metal : Ø 3.0

Dolgu malzemesini çapı

Other / Diğer : —

POSITION (QW-405) / POZİSYON

Position of Groove/ Kaynak pozisyonu 1G

Weld Progression/ Kaynak ilerleme yönü : Flat

PREHEAT (QW-406) / ÖNTAV

Preheat Temp. / Ön tav sıc. : None

Interpass Temp./ Pasolar arası sıc. : 150°C

Other / Diğer : —

POSTWELD HEAT TREATMENT (QW-407)

KAYNAK SONRASI ISIL İŞLEM

Temperature / Sıcaklık : None

Time / Zaman : None

GAS (QW-408) / GAZ

	Gas	Per.Comp.	Flow Rate
	Gaz	% Karışım	Debi
Shielding Koruma	N/A	N/A	N/A
Backing Kök koruma	N/A	N/A	N/A

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (QW-409)

ELEKTRİKSEL KAREKTERİSTİKLER

Current / Akım : DC

Polarity / Kutup : (+)

Amps./ Amp. 300 - 320 Volts/V.: 30-32

Tungsten Electrode Size : Ø2.4

Tungsten Electrode çapı

TECHNIQUE (QW-409) / TEKNİK

Travel Speed/ Kaynak hızı : 50-60 cm/min

String or Weave Bead : String

Düz veya salınlı dikiş Düz

Multipass or Single Pass : Multiple pass

Tek veya çok paso Çok paso

Single or Multiple Electrodes : Single electrode

Tek veya çok elektrot Tek elektrot

Other / Diğer : —

PREPARED BY

Name : Cem Gürşimsir

Signature :

Date : 18.04.2000

WELDING PROCEDURE QUALIFICATION

(2)

PQR No: 2

TENSILE TEST (QW-150) / ÇEKME TESTİ

Specimen Test parçası No	Width Genişlik mm	Thickness Kalınlık mm	Area Alan mm ²	Ultimate Total Load Toplam kırma yükü N	Ultimate Unit Stress Çekme mukavemeti N mm ²	Type of Failure & Location Kırılmanın tipi ve yeri
1	19,20	5,01	96,19	58750	610,76	Weld metal
2	19,20	5,03	96,58	58390	604,60	Base metal

GUIDE-BEND TEST(QW-160) / BÜKME TESTİ

Type and Figure No./ Tipi ve çizim no	Result / Sonuç
Face bend test 1	Satisfactorily
2	Satisfactorily
Root bend test 1	Satisfactorily
2	Satisfactorily

TOUGHNESS TEST (QW-170) / ÇENTİK DARBE TESTİ

Specimen Test parçası No	Notch Location Çentik yeri	Notch Type Çentik tipi	Test Temp. Test sıcaklığı	Impact Value Darbe değerleri (Joule)	Lateral Exp. Yanal Genleşme	Remarks Notlar

FILLET WELD TEST(QW-180) / KÖŞE KAYNAĞI TESTİ

Result/Sonuç : N/A

Penetration into Parent Metal : N/A

Macro-Result : N/A

Ana malzemedeki penetrasyon

Makro-sonucu

OTHER TEST / DİĞER TESTLER

Type of Test / Test tipi : None

Deposit Analysis / Kaynak malı analizi : None

Other / Diğer :

PREPARED BY

Name: Cem Gürsimsir

Signature

Date : 18.04.2000

Certificate of test - Mill certificate
Certificat de Réception C.C.P.U.

No 96/0023953
Nr

Abnahmeprüfzeugnis B

nach DIN 50949/3.18 - NFA 00001/3.18 - EN 10204/3.18



Der hier Angehende hat mit Schreiben vom 21.
März 1992 auf die Gegenzeichnung verzichtet.
SURVEYOR'S MARK
CACHET DE L'EXPERT
STEMPEL DES WERKSACHVERSTÄNDIGEN

Approved as supplier according to
AD WD - TND 130 statement Nr 5-5-3
Überprüfung als Hersteller
nach AD-WG - TND 130 Blatt Nr 5-5-3
PROD - ACCES Échelle Arc Furnace - VOD - Continuous Casting
PROD - FASE 3 - Fourn Arc - VOD - Coulée continue
FERTIGUNGSGABE: Elektronenbeschleuniger - VOD - Strangguß

For order n° - notre n° de CCB - Werscher

5202/10095/70011
96/1089

27355/006/01

ROSTFREIER STAHL, BLECHE, WARMGEWALZT, GEGLUHT
UND GEBEIZT (II A)

Heat treatment
Schmelz Nr
K604050
Coil n° - n° bobine
Sang Nr
60406033

Specifications - Specifications - Vorschriften Type - Nuance - Grade Finish Condition test - Cuit - Abtest - Int Krist Korrosion
ASTM A 240-94 TYPE 304 NO ASTM A262 E - 93A OK

Dimensions - Abmessungen
mm 6.00 2000.00 6000.00 Material Code Designation
Matériau Numéro de
Werkstoff (NOMINAL)
Quenching
Hybridisation
Abtrocknung
ASTM A240
1050°C
Forced air
Air soufflé
Séchageur Lufte

Technical conditions - Prescriptions - Sonderanforderungen
ASTM A480/A480M-94a

CHEMICAL ANALYSIS COMPOSITION CHIMIQUE CHEMISCHE ZUSAMMENSETZUNG			MECHANICAL PROPERTIES - PROPRIÉTÉS MEC - MECH WERTE				
ITEMS	LAZIE ACIERIE SCHMELZE	PRODUCT PRODUIT STUCKANAL	TENSILE TEST ESSAI DE TRACTION ZUG VERSUCH	ROOM TEMP RÉG-EXIGE TEMPÉRATURE	TEMP AMB OBTAINÉ - OBTENU TEMPÉRATURE	TEMP RÉG-EXIGE OBTAINÉ - OBTENU	°C
			ASTM A240	N/MME	50406033		
	0.055	0.054	Section Q Schnitt mm	12.5	8.10		
	1.34	1.33	Hard limite of SiV granule 13%	205	302	302	
	0.029	0.028	Tensile strength Rupture Zugfestigkeit	515	520	620	
	0.009	0.009	along W A50	40	53	54	
	0.47	0.45	along Br Genn		48	48	
	18.20	18.20					
	8.70	8.70					
			HRB	92	86.5	87.5	
	0.029						
			grain size ASTM grain ASTM Korngröße	180	CK		
			TESTS TO VERIFY BATCH AND QUALITY HAVE BEEN CARRIED OUT TESTS DE VERIFICATION DE LA CONFORMITE DE LA NUANCE FOURNIE VERWECHSLUNGSPRÜFUNG WURDE DURCHFÜHRT			0.8	
			VISUAL INSPECTION AND DIMENSIONAL CHECK EXAMEN VISUEL ET DIMENSIONNEL DE SURFACE BESICHTIGUNGEN UND ABMESSUNGEN	KEINEN ERSICHTLICHEN FEHLER, ZULASSIGEN ABWEICHUNGEN 0.8.			

QUANTITY / WEIGHT MEMO / QUANTITÉ MÉMO POIDS LIVRE ÜBERSICHT GELIEFTER GEWICHTE					
PACKAGE N° N° DE CAISSE PAKET NR	QTY QTE ANZ	NET WEIGHT POIDS NET NETTO GEW	PACKAGE N° N° DE CAISSE PAKET NR	QTY QTE ANZ	NET WEIGHT POIDS NET NETTO GEW
30242164	6	3426			
30242213	6	3420			
30242221	6	3382			
TOTAL/GESAMT	QTY QTE ANZ	18	NET WEIGHT POIDS NET NETTO GEW	10228	

The delivery is in accordance with the order
La livraison est conforme aux exigences de la commande.
Die Lieferung entspricht den Bestellbedingungen.

IHACO HANDELSGESELLSCHAFT MBH
SCHEFFELSTRASSE 73
D-4047 DUESSELDORF
BRD

ALZ
FERTIGER VON UNTERSCHREIBEN
THE SURVEYOR - L'EXPERT - DER WERKSACHVERSTÄNDIGE

14.03.1996

THE ESAB GROUP

Customer/Client/Beställare

CIMTAS - CEL. IM. MONT. VE TES. A.

ENKA 2 Binası, BALMUMCU
80780 ISTANBUL
TURKEY

**PROVNINGSINTYG
INSPECTION CERTIFICATE
ABNAHMEPRÜFZEUGNIS**

Varuslagare/Supplier

ARNE CARLSTEDT

Varuslagarens adress

95/1096

Varuslagarens No.

663333-002

Varuslagarens order No eller Best. Nr.

No 84457/96/1610

Köpare/Buyer/Käufer

CIMTAS - CEL. IM. MONT. VE TES. A.S.
ENKA 2 Binası, BALMUMCU

80780 ISTANBUL
TURKEY

Handlars, att. för Kunden Nr.

02825

No. No.	Art No.	Beställning/Description/Seitenbezeichnung	Mängd/Quantity/Stückzahl	Enhet/ Unit/ Einheit	Lot number No.
001	1610300900	OK 16.10 1.00 09-0	150,0	Kg	24069
Provtagningarna Testtag. results Prüfungen/Ergebnisse					

Analysen. Analyses. Analysen

TRÅD	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo
WIRE	0.016	0.46	1.80	0.017	0.014	20.02	9.92	0.14
DRAHT	Cu							
	0.10							

Resultat av dragprov, Result of tensile test, Zugsversuchsergebnisse

Hetsversprovsstav All weld metal specimen a aus reinen Schweißgut	R _m N/mm ²	R _L N/mm ²	R _H N/mm ²	R _e N/mm ²	A ₅ %

Resultat av slagprov, Result of impact test, Kerbschlagversuchsergebnisse

Hetsversprovsstav All weld metal specimen Probe aus reinen Schweißgut	Temp °C	Result

CLASSIFIED ACCORDING TO ASME B AND PV CODE SECTION II PART C
AWS A5.9/SFA 5.9 R308L

Göteborg

Dokumentnummer

GÖTEBORG 1996-04-15

Esab AB

Kvalitetsavdelning
Quality assurance department
Qualitätsabteilung

Vi intygar härmed att ovan angivna varor är i överensstämmelse med köpeavtalet och att varorna med angivet resultat provats enligt köpeavtalets föreskrifter.

We hereby certify that the above state products are in accordance with the sales contract, and that the goods with indicated result have been tested according to instructions in the sales contract.

Wir bestätigen hiermit, dass die oben genannten Waren dem Verkaufsvertrag entsprechen und dass die Waren mit angegebenem Ergebnis gemäß den Vorschriften des Verkaufsvertrages geprüft worden sind.

R.O.

Adress till varuslagaren vid begäran

Box 9022

S-402 17 GÖTEBORG SWEDEN

Copy to: Kop. Nr.

001/001

Telefon/Fax

No. 031 - 82 40 00

Fax 031 - 82 40 01

Telefax

Telefon

75109

THE ESAB GROUP

Customer Reference: 303071

INSPECTION CERTIFICATE ABNAHMEPRÜFZEUGNIS

No 39107/96/1092

Lot/Parti: 660000-001

Van order nr/Best. Nr.
303071

Lot/Parti: 660000-001

En order nr/Van order No./Best. Nr.

660000-001

Kopare/Buyer/Besteller:

CINTAS - CEL. IM. MONT. UE TES

ENKA C BİNASI, BALHUNCU
80780 ISTANBUL
TURKEY

Kund nr./Kunde No./Kunden Nr.

51

Pos. No.	Art. No.	Beskrivning/Description/Beschreibung	Kvant/Quantity/Menge	Enhet/Unit/Einheit	Lot nr/lot No.
1	1092000000	OK FLUX 10.92	150.0	KG	6151560

Analysen, Analyses, Analysen

SVETSGODS/ WELD METAL/ POWDER	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni
	0.024	0.78	1.06	0.026	0.015	19.98	9.79
	SiO2	AL2O3	CAF2	MGO	CR	NA2O	K2O
	34.5	19.6	6.2	28.9	4.9	2.9	1.3

Resultat av dragprov, Result of tensile test, Zerreisprobeergebnis

Heisvetsprovstav All weld metal specimen be aus reinen Schweißgut	R _{0.2} N/mm ²	R _L N/mm ²	R ₁₁ N/mm ²	R _{0.2} N/mm ²	A5 %
					MIN

Resultat av slagprov, Result of impact test, Kerbschlagprobeergebnis

Heisvetsprovstav All weld metal specimen Probe aus reinen Schweißgut	Temp °C	Joek

WELDED IN COMBINATION WITH OK AUTROD 16.10
SIEVING 1.60 1.40 0.50 0.25 1.00 MM
000 001 078 099 021 %

Övervakare/Supervisor

Perstorp

PERSTORP 996-04-22

Esab AB

Kvalitetssektion
Quality assurance department
Qualitätsabteilung

SÖREN LINKE

Vi intygar härmed att ovan angivna varor är i överensstämmelse med köpeavtalet och att varorna med angivet resultat prövats enligt köpeavtalets föreskrifter.

We hereby certify that the above state products are in accordance with the sales contract and that the goods with indicated result have been tested according to instructions in the sales contract.

Wir bestätigen hiermit, dass die oben genannten Waren dem Verkaufsvertrag entsprechen und dass die Waren mit angegebenem Ergebnis gemäss den Vorschriften des Verkaufsvertrages geprüft worden sind.

Address and/or Address and/or Adress
Box 8004
S-402 77 GÖTEBORG, Sweden

Organ/Reg.No.
556005-7738

Telephone
Nat. 031 - 50 90 00
Int. +46 31 50 90 00

Fax
031 - 50 94 30

Telex
73108
esab s

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION

WPS no : 1

QW 482

Supporting PQR No / Kalifiye eden Test no : 2

Welding Process (es) / Kaynak yöntemi : SAW

Type Tipi

Manual

Semi-Automatic

El

Yarı otomatik

Machine

Automatic

Makina X

Otomatik

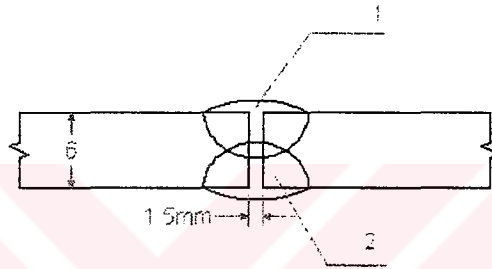
JOINT (QW-402) / BİRLEŞTİRME

Joint Design / Kaynak açığı şekli : See Details / Birleştirme detayına bak

Backing / Altlık : Yes/ Var

Backing Material / Altlık malzemesi : Base material / Ana malzeme

Retainer : N/A

DETAILS / BİRLEŞTİRME DETAYI**BASE METALS (QW-403) / ANA MALZEME**

P-No: 8 Group No: 1 to P-No: 8 Group No: 1

Specification type and grade / Tanımlama tipi ve kalitesi : SA 240 304

Thickness Range / Kalınlık aralığı

Base Metal Groove : 1.58 to 12mm

Fillet : All thickness

Ana malzeme Alın

Köşe Bütün kalınlıklar

Pipe Dia. Range Groove : —

Fillet : All diameter

Boru çapı aralığı Alın

Köşe Bütün çaplar

FILLER METALS (QW-404)**DOLGU MALZEMESİ**

SAW

Spec. No(SFA) / Tanım no

SFA -5.9

AWS No(Class)/Klas no

ER 308L

F-No.

F5

A-No.

A6

Size of Filler Metals

Ø 3

Dolgu malzemesinin çapı

Deposited Weld Metal

Kaynak dolgusu

Thickness Range:

Kalınlık aralığı

Groove / Alın

12mm max

Fillet / Köşe

—

Electrode-Flux(Class)

SA CS 2 Cr DC

Elektrod-Toz Klası

Flux Trade Name

ESAB OK 10.92

Toz ticari adı

Consumable Insert

None

İlave dolgu malzemesi

Other / Diğer

Single pass thk. Less than 1/2" (12.5mm)

PREPARED BY

Name : Cem Gürsimsir

Signature

Date : 15.04.2000

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION QW 482

WPS no : 1

POSITION (QW-405) / POZİSYON		POSTWELD HEAT TREATMENT (QW-407)			
Position of Groove : —		KAYNAK SONRASI ISIL IŞLEM			
Alın kaynağı pozisyonu		Temperature Range: None			
Welding Progresion: —		Sıcaklık aralığı			
Kaynak ilerleme yönü		Time Range: N/A			
Position of Fillet: 1G		Zaman aralığı			
Köşe kaynağı pozisyonu Flat		Other / Diğer : —			
PREHEAT(QW-406) / ÖN TAV		GAS(QW-408) / GAZ	Gas	Per.Comp.	Flow Rate
Min.Preheat Temp./Ön tav sic. : 10°C		Shielding/Koruma	N/A	N/A	N/A
Max.Interpass Temp./Paso arası sic. : 250°C		Backing/Kök koruma	N/A	N/A	N/A
Preheat Maintenance/Öntav ekipmanı None		Trailing / Son gaz	N/A	N/A	N/A

ELECTRICAL CHARACTERISTICS(QW-409) / ELEKTRİKSEL KAREKTERİSTİKLER					
Current/Akım : DC	Polarity/Kutup : *	*See welding details			
Amps(Range)/Amper : *	Volts(Range)/Volt : *	* See welding details			
Tungsten Electrode Size and Type/Tungsten elektrodun çapı ve tipi :		N/A			
Electrode Wire feed speed range/Tel sürme hızı aralığı :		N/A			
Mode of Metal Transfer for GMAW(FCAW)/GMAW(FCAW) için ark geçişi :		N/A			
Pulsing current / Darbeli akım :		N/A			

TECHNIQUE(QW-410) / TEKNİK					
String or Weave Bead / Düz veya salınlımlı dikiş :		String Bead / Düz dikiş			
Initial and Interpass Cleaning / İlk ve pasolar arası temizlik :		Grinding and Brushing / Taş ve fırça ile			
Method of Back Gouging / Arka taraftan temizleme yöntemi :		N/A / Uygulanmaz			
Oscillation / Salınım :		N/A / Uygulanmaz			
Contact Tube to Work Distance / Kontak memesi ile iş parçası mesafesi :		25-30mm			
Orifice or Cup size / Nozul çapı :		N/A / Uygulanmaz			
Multiple or Single Pass / Tek veya çok paso :		Single pass / Tek paso			
Multiple or Single Electrode / Tek veya çok elektrot :		Single electrode / Tek elektrod			
Travel Speed(Range) / Kaynak hızı aralığı :		See welding details / Kaynak detayına bak			
Peening / Çekiçleme :		None / Yapılmıyor			

WELDING DETAILS / KAYNAK DETAYLARI

Pass no.	Process	Filler Metal Dolgu malzemesi		Current Akım		Volts Range	Travel Speed (cm/min)	Remarks
		Class	Dia.	Type Polarity	Amp. Range			
Paso no	Yöntem	Klası	Çap	Tipi Kutbu	Amp.Aralığı	Volt Aralığı	Kaynak Hızı	Notlar
1	SAW	ER 308L	Ø 4.0	DC - EP	330	30	50	
2	SAW	ER 308L	Ø 4.0	DC - EP	300	31	55	

PREPARED BY

Name : Cem Gürşimşir

Signature

Date : 15.04.2000

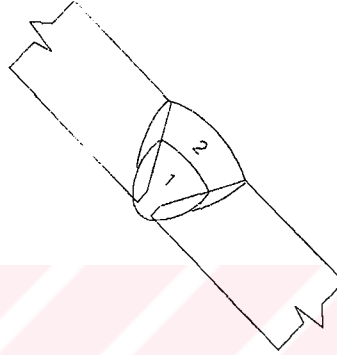
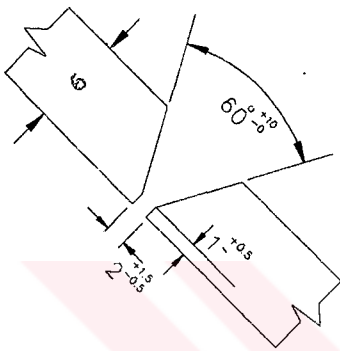
WELDING PROCEDURE QUALIFICATION

(1)

PQR No / Test no 3

Welding Process (es) : GTAW

Kaynak yöntemi :

Type
TipiManual: X
El
Machine
MakinaSemi-Automatic
Yarı otomatik
Automatic
Otomatik**JOINT (QW-402) / BİRLEŞTİRME :****BASE METALS (QW-403) / ANA MALZEME**

Material Specification : A213 304 TP

Malzeme tanımı

Type or Grade : 304 TP

Tipi ve kalitesi

P.No. 8 to P.No. 8

Thickness of Test Coupon : 6mm

Test parçası kalınlığı

Diameter of Test Coupon : 4"

Test parçası çapı

Other / Diğer : —

POSTWELD HEAT TREATMENT(QW-407)

KAYNAK SONRASI ISIL İŞLEM

Temperature / Sıcaklık : None

Time / Zaman : None

GAS(QW-408) / GAZ

	Gas	Per.Comp.	Flow Rate
	Gaz	% Karışım	Debi
Shielding Koruma	Argon	% 99.9	8 lt/min
Backing Kök koruma	Argon	% 99.9	12 lt/min

FILLER METALS (QW-404) / DOLGU MALZEMESİ

SFA Specification/SFA Tanımlaması : AWS A5.9

AWS Classification/AWS sınıflaması : ER 308L

Filler Metal F.No/Dolgu malz.F.no : F5

Weld Metal Analysis A No : A8

Kaynak metal A no

Size of Filler Metal : Ø 2.40

Dolgu malzemesini çapı

Other / Diğer : —

ELECTRICAL CHARACTERISTICS(QW-409)

ELEKTRİKSEL KAREKTERİSTİKLER

Current / Akım : DC

Polarity / Kutup : (-)

Amps./ Amp. : 60 - 90 Volts/V. : 10 - 14

Tunsten Electrode Size : Ø2.4

Tunsten Elektrod çapı

TECHNIQUE(QW-409) / TEKNİK

Travel Speed/ Kaynak hızı : 2-4 cm/min

String or Weave Bead : Both

Düz veya salınlı dikiş Her ikiside

Multipass or Single Pass : Multiple pass

Tek veya çok paso Çok paso

Single or Multiple Electrodes : Single electrode

Tek veya çok elektrot Tek elektrot

Other / Diğer :

POSITION(QW-405)/POZİSYON

Position of Groove/ Kaynak pozisyonu 6G

Weld Progression/ Kaynak ilerleme yönü : Uphill

PREHEAT(QW-406) / ÖNTAV

Preheat Temp./ Ön tav s.c. : None

Interpass Temp./ Pasolar arası s.c. : 150°C

Other / Diğer :

PREPARED BY

Name : Cem Gürşimsir

Signature :

Date : 18.04.2000

WELDING PROCEDURE QUALIFICATION

(2)

PQR No: 3

TENSILE TEST (QW-150) / ÇEKME TESTİ

Specimen Test parçası No	Width Genişlik mm	Thickness Kalınlık mm	Area Alan mm ²	Ultimate Total Load Toplam kırma vükü N	Ultimate Unit Stress Çekme mukavemeti N mm ²	Type of Failure& Location Kırılmanın tipi ve yeri
1	19,20	4,00	76,80	50430	656,64	Weld metal
2	19,20	4,00	76,80	50120	652,60	Base metal

GUIDE-BEND TEST(QW-160) / BÜKME TESTİ

Type and Figure No./ Tipi ve çizim no	Result / Sonuç
Face bend test 1	Satisfactorily
2	Satisfactorily
Root bend test 1	Satisfactorily
2	Satisfactorily

TOUGHNESS TEST (QW-170) / ÇENTİK DARBE TESTİ

Specimen Test parçası No	Notch Location Çentik yeri	Notch Type Çentik tipi	Test Temp. Test sıcaklığı	Impact Value Darbe değerleri (Joule)	Lateral Exp. Yanal Genleşme	Remarks Notlar

FILLET WELD TEST(QW-180) / KÖŞE KAYNAĞI TESTİ

Result/Sonuç : N/A

Penetration into Parent Metal : N/A

Macro-Result : N/A

Ana malzemedeki penetrasyon

Makro-sonucu

OTHER TEST / DİĞER TESTLER

Type of Test / Test tipi : None

Deposit Analysis / Kaynak malı analizi : None

Other / Diğer :

PREPARED BY

Name: Cem Gürşimsir

Signature

Date : 18.04.2000

INSPECTION CERTIFICATE
検査証明書



SUMITOMO METAL INDUSTRIES, LTD.
KANSAI STEEL DIVISION STEEL TUBE WORKS
1. NISHINO-CHO, HICASHI-MUKOJIMA, AMAGASAKI, JAPAN
住友金属工業株式会社 関西製造所 特殊管事業所

CERTIFICATE NO. : ONNU5633
証明書番号

PAGE : 1 DATE : 1997-08-19
ページ 日付

CUSTOMER 需要家 : UENO METALEX, LTD.
ORDER NO. 管理番号 : 200-1000 SUZ-SH1
SHIPPER 注文者 : SUMITOMO SHOJI OSAKA 057 BCP SUZ-SH1 7P16S9145
COMMODITY 品名 : SEAMLESS HOT FINISHED STAINLESS STEEL PIPE WITH PLAIN SQUARE CUT ENDS

STANDARD 規格 : JIS G3459 SUS304TP S-H (1994)
SPECIFICATION 仕様書 : TSM-1017R4

MILL WORK NO. : ONNU5633 O.D. : 114.3mm W.T. : 6mm LENGTH : 4000mm QUANTITY : 16pcs. MASS : 1037kg
作業番号

HEAT NO. PRODUCTS PCS.
溶鋼番号 製品本数
D771054 16

HEAT TREATMENT 熱処理 : SOLUTION TREATED 固溶処理 (1060°C X 2min. W.Q.)

CHEMICAL COMPOSITION
化学成分 (%)

		C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	
	*1				*2	*2			*1 L: LADLE ANALYSIS
SPEC. MIN.	L	-	-	-	-	-	1800	800	*2: X1000
MAX.	L	8	100	200	10	30	2000	1100	OTHER: X100
HEAT NO.									
D771054	L	4	38	180	32	5	1825	825	

TENSILE TEST
引張試験

			YS		TS	EL		TYPE OF SPECIMEN
	*1	*2	*3		*3	%		JIS NO. 12B
SPEC. MIN.	L	B	N	205	N	520	32	GAUGE LENGTH
MAX.	L	B	N	-	N	-	-	50.0mm
HEAT NO.								KIND OF YS
D771054	L	B	N	315	N	642	53	0.2% OFFSET
								*1 DIRECTION
								L: LONGITUDINAL
								*2 SAMPLING POSITION
								B: BASE METAL
								*3 UNIT
								N: N/mm ²

FLATTENING TEST へん平試験 : ACCEPTABLE
VISUAL & DIMENSIONS 外観・寸法検査 : ACCEPTABLE
HYDROSTATIC TEST 水圧試験 6.0MPa : ACCEPTABLE

WE HEREBY CERTIFY THAT THE MATERIAL HEREIN DESCRIBED HAS BEEN MANUFACTURED, SAMPLED, TESTED, AND INSPECTED IN ACCORDANCE WITH ABOVE STANDARD AND SPECIFICATION AND SATISFIES THE REQUIREMENTS.
上記注文品はご指定の規格および仕様に従って製造され、その要求事項を満足していることを証明します。

MANAGER, QUALITY ASSURANCE SECTION
品質保証室長

THE ESAB GROUP

Godsinstyrare/Inspector/Inspector

PROVNINGSINTYG
INSPECTION CERTIFICATE
ABNAHMEPRÜFZEUGNIS

No 93265/97/1610

Vår order ref/Our order ref
ARNE CARLSTEDT

Vår order ref/Our order ref

Er order ref/Your order ref

Er order ref/Your order ref

Köpare/Buyer/Besteller

ÖZMETAL SANAYI VE TICARET A.Ş.
İMES SAN.SİTESİ, E BLOK503 SOK.NO.60..

81260 Y. DUDULLU - ISTANBUL
TURKIET

Kund nr/Cust. No./Kunden Nr
02504

Pos. No.	Art. No.	Beställning/Description/Beschreibung	Kvant/Quantity/Menge	Enhet/Unit/ Einheit	Lot nr/Lot No.
		OK 16.10 2.4 X1000			24239
Provning/urdetta Test requirements Prüfauforderungen					

Analyser. Analyses. Analysen

TRAD/ WIRE/ DRAHT	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo
	0.015	0.42	1.66	0.020	0.010	20.04	9.90	0.22
	Cu							
	0.12							

Resultat av dragprov, Result of tensile test, Zerreisprobenergebnisse

Provsvetsprovstav weld metal specimen Probe aus reinen Schweißgut	R _m 0.2 N/mm ²	R _m N/mm ²	R _H N/mm ²	R _m N/mm ²	A5 %

Resultat av slagprov, Result of impact test, Kerbschlagprobenergebnisse

Provsvetsprovstav All weld metal specimen Probe aus reinen Schweißgut	Temp °C	Impact	

CLASSIFIED ACCORDING TO ASME B AND PV CODE SECTION II PART C
AWS A5.9/SFA 5.9 ER308L

Ordnalitet/Order
GÖTEBORG 1997-11-19

Esab AB
Kvalitetsavdelning
Quality assurance department
Qualitätsabteilung

Vi intygar härmed att ovan angivna varor är i överensstämmelse med köpeavtalet och att varorna med angivet resultat provats enligt köpeavtalets föreskrifter.

We hereby certify that the above state products are in accordance with the sales contract and that the goods with indicated result have been tested according to instructions in the sales contract.

Wir bestätigen hiermit, dass die oben genannten Waren dem Verkaufsvertrag entsprechen und dass die Waren mit angegebenem Ergebnis gemäss den Vorschriften des Verkaufsvertrages geprüft worden sind.

Adress och ställe/Address and reg. office
Box 8004
S-402 77 GÖTEBORG, Sweden

Org.nr/Reg. No.
556005-7738

Telefon/Phone
Nat 031 - 50 90 00
Int +46 31 50 90 00

Telefax
031 - 50 94 80

Telex
73108
esab s

WPS no : 6

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION

(1)

Supporting PQR No / Kalifiye eden Test no : 3

Welding Process (es) / Kaynak yöntemi : GTAW

Type Tipi

Manual x

E/

Machine

Makina

Semi-Automatic

Yarı otomatik

Automatic

Otomatik

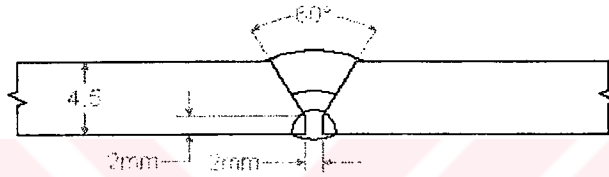
JOINT (QW-402) / BİRLEŞTİRME

Joint Design / Kaynak ağızı şekli : See detail

Backing / Altlık : No backing

Backing Material / Altlık malzemesi : None

DETAILS / BİRLEŞTİRME DETAYI



BASE METALS (QW-403) / ANA MALZEME

P-No: 8 Grup No: 1 to P-No 8 Grup No : 1

Specification type and grade / Tanımlama tipi ve kalitesi : SA 213 304

Thickness Range / Kalınlık aralığı

Base Metal Groove : 1.59mm to 9 mm

Ana malzeme Alın

Fillet : All thickness

Köşe

Pipe Dia. Range Groove : 73 mm to Unlimited

Boru çapı aralığı Alın

Fillet : Unlimited

Köşe

FILLER METALS (QW-404)

DOLGU MALZEMESİ

GTAW

Spec. No(SFA) / Tanım no

AWS A5.9

AWS No(Class)/Klas no

ER 308 L

F-No.

F6

A-No.

A8

Size of Filler Metals

Ø 2.4

Dolgu malzemesinin çapı

Deposited Weld Metal

Kaynak dolgusu

Thickness Range:

Kalınlık aralığı

Groove / Alın

9mm

Fillet / Köşe

All thickness

Electrode-Flux(Class)

Elektrod- I oz Klası

Flux Trade Name

I oz ticari adı

Consumable Insert

İlave dolgu malzemesi

Other / Diğer

PREPARED BY

Name : Cem Gürsimşir

Signature

Date : 15.04.2000

WPS no : 6

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION

(2)

POSITION (QW-405) / POZİSYON Position of Groove : 5G <i>Alın kaynağı pozisyonu</i> Welding Progresion: Up hill <i>Kaynak ilerleme yönü</i> Position of Fillet: <i>Köşe kaynağı pozisyonu</i>				POSTWELD HEAT TREATMENT (QW-407) KAYNAK SONRASI ISIL İŞLEM Temperature Range: None <i>Sıcaklık aralığı</i> Time Range: None <i>Zaman aralığı</i> Other / Diğer :																			
PREHEAT(QW-406) / ÖN TAV Preheat Temp./Ön tav sic. : none Interpass Temp./Paso arası sic. : 150°C Preheat Maintenance/Öntav sürekliliği				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="text-align: left;">GAS(QW-408)/GAZ</th> <th>Gas</th> <th>Per.Comp.</th> <th>Flow Rate</th> </tr> <tr> <td></td> <td>Gaz</td> <td>% Karşım</td> <td>Debi</td> </tr> <tr> <td>Shielding/Koruma</td> <td>Ar</td> <td>%100</td> <td>8 l / min</td> </tr> <tr> <td>Backing/Kök koruma</td> <td>Ar</td> <td>%100</td> <td>12 l / min</td> </tr> </table>				GAS(QW-408)/GAZ	Gas	Per.Comp.	Flow Rate		Gaz	% Karşım	Debi	Shielding/Koruma	Ar	%100	8 l / min	Backing/Kök koruma	Ar	%100	12 l / min
GAS(QW-408)/GAZ	Gas	Per.Comp.	Flow Rate																				
	Gaz	% Karşım	Debi																				
Shielding/Koruma	Ar	%100	8 l / min																				
Backing/Kök koruma	Ar	%100	12 l / min																				
ELECTRICAL CHARACTERISTICS(QW-409) / ELEKTRİKSEL KAREKTERİSTİKLER Current/Akım : DC Polarity/Kutup : (-) Amps(Range)/Amper : 60 - 90 Volts(Range)/Volt : 10 - 14 Tungsten Electrode Size and Type/Tungsten elektrodun çapı ve tipi : Ø 2.4 % 2 Th Electrode Wire feed speed range/Tel sürme hızı aralığı : N/A Mode of Metal Transfer for FCAW/FCAW için ark geçişi : N/A																							
TECHNIQUE(QW-410) / TEKNİK String or Weave Bead / Düz veya dalgalı dikiş : Both Initial and Interpass Cleaning / İlk ve pasolar arası temizlik : Grinding and Brushing Method of Back Gouging / Arka taraftan temizleme yöntemi : N/A Contact Tube to Work Distance / Kontak memesini ile iş parçası mesafesi : N/A Multiple or Single Pass / Tek veya çok paso : Multiple pass Multiple or Single Electrode / Tek veya çok elektrot : Single electrode Travel Speed(Range) / Kaynak hızı aralığı : 2-4 cm/min. Peening / Çekiçleme : None																							
WELDING DETAILS / KAYNAK DETAYLARI																							
Pass no. Paso no	Process Yöntem	Filler Metal Dolgu malzemesi		Current Akım		Volts Range Volt Aralığı	Travel Speed Kaynak-Hızı	Remarks Notlar															
		Class Klası	Dia. Çap	Type Polarity Tipi Kutbu	Amp. Range Amp.Aralığı																		
1	GTAW	ER 308 L	Ø 2.4	DC (-)	60 - 90	10-14	2-3																
2	GTAW	ER 308 L	Ø 2.4	DC (-)	60 - 90	10-14	3-4																

PREPARED BY

Name : Cem Gürsüner

Signature

Date : 15.04.2000

WPS no : 7

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION

(1)

Supporting PQR No / Kalifiye eden Test no : 3

Welding Process (es) / Kaynak yöntemi : GTAW

Type Tipi

Manual x
El
Machine
Makina

Semi-Automatic
Yarı otomatik
Automatic
Otomatik

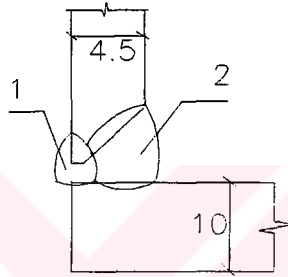
JOINT (QW-402) / BİRLEŞTİRME

Joint Design / Kaynak ağızı şekli : See detail

Backing / Altlık : No backing

Backing Material / Altlık malzemesi : None

DETAILS / BİRLEŞTİRME DETAYI



BASE METALS (QW-403) / ANA MALZEME

P-No: 8 Grup No: 1 to P-No 8 Grup No : 1

Specification type and grade / Tanımlama tipi ve kalitesi : SA 213 304L + SA 240 304

Thickness Range / Kalınlık aralığı

Base Metal Groove : 1.59mm to 9mm

Ana malzeme Alın

Fillet : All thickness

Köşe

Pipe Dia. Range Groove : 73 mm to Unlimited

Boru çapı aralığı Alın

Fillet : Unlimited

Köşe

FILLER METALS (QW-404)

DOLGU MALZEMESİ

GTAW

Spec. No(SFA) / Tanım no

AWS A5.9

AWS No(Class)/Klas no

ER 308 L

F-No.

F6

A-No.

A8

Size of Filler Metals

Ø 2.4

Dolgu malzemesinin çapı

Deposited Weld Metal

Kaynak dolgusu

Thickness Range:

Kalınlık aralığı

Groove / Alın

9mm

Fillet / Köşe

All thickness

Electrode-Flux(Class)

Elektrod-İz Klası

Flux Trade Name

İz ticari adı

Consumable Insert

İlave dolgu malzemesi

Other / Diğer

PREPARED BY

Name : Cem Gürşinsir

Signature

Date : 15.04.2000

WPS no : 7

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION

(2)

POSITION (QW-405) / POZİSYON		POSTWELD HEAT TREATMENT (QW-407)			
Position of Groove :	5G	KAYNAK SONRASI ISIL İŞLEM			
Alın kaynağı pozisyonu		Temperature Range:			
Welding Progresion:	Up hill	None			
Kaynak ilerleme yönü		Sıcaklık aralığı			
Position of Fillet:		Time Range:			
Köşe kaynağı pozisyonu		None			
PREHEAT(QW-406) / ÖN TAV		GAS(QW-408)/GAZ			
Preheat Temp./Ön tav sic. :	none	Gas	Per.Comp.	Flow Rate	
Interpass Temp./Paso arası sic. :	150°C	Gaz	% Karışım	Debi	
Preheat Maintenance/Öntav sürekliliği		Shielding/Koruma	Ar	%100	8 l / min
		Backing/Kök koruma	Ar	%100	12 l / min

ELECTRICAL CHARACTERISTICS(QW-409) / ELEKTRİKSEL KAREKTERİSTİKLER

Current/Akım : DC **Polarity/Kutup :** (-)
Amps(Range)/Amper : 60 - 90 **Volts(Range)/Volt :** 10 - 14
Tungsten Electrode Size and Type/Tungsten elektrodun çapı ve tipi : Ø 2.4 % 2 Th
Electrode Wire feed speed range/Tel sürme hızı aralığı : N/A
Mode of Metal Transfer for FCAW/FCAW için ark geçişi : N/A

TECHNIQUE(QW-410) /TEKNİK

String or Weave Bead / Düz veya dalgalı dikiş : Both
Initial and Interpass Cleaning / İlk ve pasolar arası temizlik : Grinding and Brushing
Method of Back Gouging / Arka taraftan temizleme yöntemi : N/A
Contact Tube to Work Distance / Kontak memesi ile iş parçası mesafesi : N/A
Multiple or Single Pass / Tek veya çok paso : Multiple pass
Multiple or Single Electrode / Tek veya çok elektrot : Single electrode
Travel Speed(Range) / Kaynak hızı aralığı : 2-4 cm/min.
Peening / Çekiçleme : None

WELDING DETAILS / KAYNAK DETAYLARI

Pass no. Paso no	Process Yöntem	Filler Metal Dolgu malzemesi		Current Akım		Volts Range Volt Aralığı	Travel Speed Kaynak Hızı	Remarks Notlar
		Class Klası	Dia. Çap	Type Tipi	Polarity Kutbu	Amp. Range Amp. Aralığı		
1	GTAW	ER 316L	Ø 2.4	DC (-)		60 - 90	10-14	2-3

PREPARED BY

Name : Cem Gürşinşir
Signature
Date : 15.04.2000

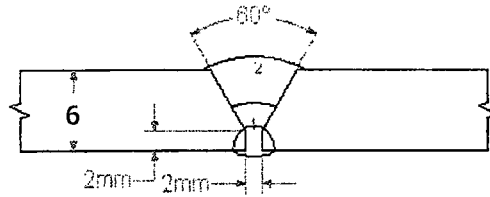
QW-483 PROCEDURE QUALIFICATION RECORD

(1)

PQR No / Test no : 4

Welding Process (es) : GTAW

Kaynak yöntemi :

Type
TipiManual: X
E
Machine
MakinaSemi-Automatic
Yarı otomatik
Automatic
Otomatik**JOINT (QW-402) / BİRLEŞTİRME :****BASE METALS (QW-403) / ANA MALZEME**

Material Specification : A 213 304 TP + A 106 Gr B

Malzeme tanımı

Type or Grade : Type 304+ A 106 Gr B

Tipi ve kalitesi

P.No. 8 to P.No. 1

Thickness of Test Coupon : 6mm

Test parçası kalınlığı

Diameter of Test Coupon : 4"

Test parçası çapı

Other / Diğer : —

POSTWELD HEAT TREATMENT(QW-407)

KAYNAK SONRASI ISIL İŞLEM

Temperature / Sıcaklık : None

Time / Zaman : N/A.

GAS(QW-408) / GAZ

	Gas	Per.Comp.	Flow Rate
	Gaz	% Karışım	Debi
Shielding Koruma	Argon	99,9%	6lt/min
Backing Kök koruma	Argon	99,9%	4lt/min

FILLER METALS (QW-404) / DOLGU MALZEMESİ

SFA Specification/SFA Tanımlaması : AWS A5.9

AWS Classification/AWS sınıflaması : ER309L

Filler Metal F.No/Dolgu malz.F.no : F5

Weld Metal Analysis A No : A8

Kaynak metal A no

Size of Filler Metal : Ø 2.4

Dolgu malzemesini çapı

Other / Diğer : —

ELECTRICAL CHARACTERISTICS(QW-409)

ELEKTRİKSEL KAREKTERİSTİKLER

Current / Akım : DC

Polarity / Kutup : (-)

Amps./ Amper : 110-155 Volts/Volt : 10-12

Tunsten Electrode Size : Ø2.4

Tunsten Elektrod çapı

TECHNIQUE(QW-409) / TEKNİK

Travel Speed/Kaynak hızı : 5-9 cm/min

String or Weave Bead : Both

Düz veya salınlımlı dikiş Her ikisinde

Multipass or Single Pass : Multiple pass

Tek veya çok paso Çok paso

Single or Multiple Electrodes : Single electrode

Tek veya çok elektrot Tek elektrot

Other / Diğer :

POSITION(QW-405)/POZİSYON

Position of Groove/Kaynak pozisyonu 5G

Weld Progression/Kaynak ilerleme yönü : N/A

PREHEAT(QW-406) / ÖNTAV

Preheat Temp./Ön tav sic. : 15°C

Interpass Temp./Pasolar arası sic. : 170°C

Other / Diğer :

PREPARED BY

Name : Cem Gürşimsir

Signature :

Date : 18.04.2000

QW-483 PROCEDURE QUALIFICATION RECORD

(2)

PQR No/ Test No : 4

TENSILE TEST (QW-150) / ÇEKME TESTİ

Specimen Test parçası No	Width Genişlik mm	Thickness Kalınlık mm	Area Alan mm ²	Ultimate Total Load Toplam kuvvet N	Ultimate Unit Stress Çekme mukavemeti N mm ²	Type of Failure& Location Kırılmanın tipi ve yeri
1	19,27	4,00	77,08	45920	595,7	
2	19,20	4,00	76,80	46370	603,8	

GUIDE-BEND TEST(QW-160) / BÜKME TESTİ

Type and Figure No./ Tipi ve çizim no	Result / Sonuç
Side bend-1	No defect
Side bend-2	No defect
Root bend-1	No defect
Root bend-2	No defect

TOUGHNESS TEST (QW-170) / ÇENTİK DARBE TESTİ

Specimen Test parçası No	Notch Location Çentik yeri	Notch Type Çentik tipi	Test Temp. Test sıcaklığı	Impact Values Darbe değerleri (Joule)	Lateral Exp. Yanal Genleşme	Remarks Notlar

FILLET WELD TEST(QW-180) / KÖŞE KAYNAĞI TESTİ

Result/Sonuç : N/A

Penetration Into Parent Metal: N/A

Macro-Result : N/A

Ana malzemedeki penetrasyon

Makro-sonucu

OTHER TEST / DİĞER TESTLER

Type of Test / Test tipi : None

Deposit Analysis / Kaynak malı analizi : None

Other / Diğer :

PREPARED BY

Name: Cem Gürşimsir

Signature

Date : 18.04.2000

INSPECTION CERTIFICATE
検査証・明書



SUMITOMO METAL INDUSTRIES, LTD.
KANSAI STEEL DIVISION STEEL TUBE WORKS
1. NISHINO-CHO, HIGASHI-MUKOJIMA, AMAGASAKI, JAPAN
住友金属工業株式会社 関西製造所 特殊管事業所

CERTIFICATE NO. : ONNU5633 PAGE : 1 DATE : 1997-08-19
証明書番号 ページ 日付

CUSTOMER 需要家 : UENO METALEX, LTD.
ORDER NO. 管理番号 : 200-1000 8UZ-SH1
SHIPPER 注文者 : SUMITOMO SHOJI OSAKA 057 BCP 8UZ-SH1 7P16S9145
COMMODITY 品名 : SEAMLESS HOT FINISHED STAINLESS STEEL PIPE WITH PLAIN SQUARE CUT ENDS

STANDARD 規格 : JIS G3459 SUS304TP S-H (1994)
SPECIFICATION 仕様書 : TSM-1017R4

MILL WORK NO. : ONNU5633 O.D. : 114.3mm W.T. : 6mm LENGTH : 4000mm QUANTITY : 16pcs. MASS : 1037kg
作業番号

HEAT NO. PRODUCTS PCS.
溶鋼番号 製品本数
D771054 16

HEAT TREATMENT 熱処理 : SOLUTION TREATED 固溶化处理 (1060°C X 2min. W.Q.)

CHEMICAL COMPOSITION
化学成分(%)

		C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	
	*1				*2	*2			*1 L: LADLE ANALYSIS
SPEC. MIN.	L	-	-	-	-	-	1800	800	*2: X1000
MAX.	L	8	100	200	40	30	2000	1100	OTHER: X100
HEAT NO.									
D771054	L	1	38	180	32	5	1825	825	

TENSILE TEST
引張試験

		YS		TS		EL		TYPE OF SPECIMEN
	*1 *2	*3		*3		%		JIS NO. 12B
SPEC. MIN.	L B	N 205		N 520		32		GAUGE LENGTH
MAX.	L B	N -		N -		-		50.0mm
HEAT NO.								KIND OF YS
D771054	L B	N 315		N 642		53		0.2% OFFSET
								*1 DIRECTION
								L: LONGITUDINAL
								*2 SAMPLING POSITION
								B: BASE METAL
								*3 UNIT
								N: N/mm ²

FLATTENING TEST へん平試験: ACCEPTABLE
VISUAL & DIMENSIONS 外観・寸法検査: ACCEPTABLE
HYDROSTATIC TEST 水圧試験 6.0MPa: ACCEPTABLE

WE HEREBY CERTIFY THAT THE MATERIAL HEREIN DESCRIBED HAS BEEN MANUFACTURED, SAMPLED, TESTED, AND INSPECTED IN ACCORDANCE WITH ABOVE STANDARD AND SPECIFICATION AND SATISFIES THE REQUIREMENTS.
上記注文品はご指定の規格および仕様に従って製造され、その要求事項を満足していることを証明します。

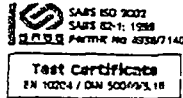
MANAGER, QUALITY ASSURANCE SECTION
品質保証部長

Iscor Speciality Steels
Vereeniging Works
Test Certificate - Seamless Tubes

General Hertzog Drive
P O Box 48
1930 Vereeniging
South Africa
Telephone +27 16 450 4911
Fax +27 16 423 4906



Licensed under
API Spec 5L and SCT
5L - 0319
SCT - 0419



Iscor Order No: 0000800412 Contract/Customer Order No: SDE7/2773
Reference No: 790000023330 Material: 1000011159
Customer: BUHLMAN
Product: FULLY KILLED HOT FINISHED CARBON STEEL SEAMLESS TUBES
Specification: ASTM A106 / ASME SA 106 GR B & C; API 5L GR B; ASTM A53 / ASME SA 53 GR B
Product Marking: IST 5L-0319 12-99 ASTM A106 GR C / GR B / ASME SA 106 GR C / GR B
ASTM A53 GR B / ASME SA 53 GR B API 5L GR B NB 100SCH40 6.000 m
(19.685") 4.500" 10.79 B/C S TESTED 20700 kPa (3000 psi) CAST NO: 18M6085
T1280041212 1000011159 NDE

Quantity	Mass (kg)	Dimensions			Total Length (m)	Steel Process
		O/D(mm)	Thick(mm)	Length(m)		
342	32.985.990	114.30	6.020	6.000	2.052.000	Electric Arc

Chemical Composition (%)

Requirements	C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo	Cu	V	Al	CE		
	0.15	0.15	0.75	-	-	0.00	0.00	-	0.00	-	-	0.00		
	0.20	0.30	1.05	0.010	0.020	0.20	0.20	0.100	0.20	0.010	0.010	0.42		
Cast No: 18M6085	0.18	0.23	0.73	0.001	0.013	0.06	0.10	0.016	0.20	0.002	0.003	0.35		

Mechanical Properties of Material

	Tensile Strength MPa	Yield Strength MPa	El (in 50mm/2") %
Spec. Min	415	259	30
Spec. Max	-	-	-
1	523	305	35
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			

OTHER TESTS

Bending test: Not applicable
Flare test: Passed
Flaring test: Passed
Hydrostatic test: 20700kPa (3000psi) for 5 sec
Hardness test: HV (30 kg) 153, 154, 154
N.D.E test: Flux Leakage Practice per ASTM E570

NQM
Leiden
Approved for
21.12.1999

Remarks:

Final operation at a temperature above 930°C and cooled in still air.
Hardness in accordance with NACE MR0175-97.
Material conforms to the hot yield strength requirements of ASTM A520
- Table 1 (1990 re-confirmed in 1995).

B le Roux Certified: 21.12.1999
Manager Quality Assurance

We hereby certify that the steel grade and quality level of all products are in conformity with the order and comply fully with the specification requirements

THE ESAB GROUP

Customer/Consignee/Emplanger

PROVNINGSINTYG
INSPECTION CERTIFICATE
ABNAHMEPRÜFZEUGNIS

No 91564/97/1653

Vår order nr/Our ref/Notre ref
ARNE CARLSTEDT

Vår order nr/Our No.
787026-001

Enligt/Your ref/Notre ref
ORDER 6.8.97

Enligt order nr/Your order No/Notre Ref. No

Köpare/Käufer/Besteller

TURKIET

TURKIET

Kund nr/Cust. No./Kunden Nr.
06004

Pos. No.	Art. No.	Beskrivning/Description/Description	Quantité/Quantity/Menge	Enhet/Unit/Einheit	Lot nr/Lot No.
009	16S324R150	OK 16.53 2,40X1000	10,0	KG	19859
Provningsskridan Test requirements Prüfungsanforderungen					

Analysör, Analyses, Analysen

TRAD/ WIRE/ DRAHT	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo
	0.008	0.44	1.56	0.019	0.012	23.30	13.56	0.17
	Cu							
	0.11							

Resultat av dragprov, Result of tensile test, Zerreisproberesultate

	R _{0.2} N/mm ²	R _L N/mm ²	R _{0.2} N/mm ²	R _m N/mm ²	A ₅ %
Helsvetsprovstav All weld metal specimen Probe aus reinem Schweißgut					

Resultat av slagprov, Result of impact test, Kerbschlagproberesultate

	Temp °C	Joyle
Helsvetsprovstav All weld metal specimen Probe aus reinem Schweißgut		

CLASSIFIED ACCORDING TO ASME B AND PV CODE SECTION II PART C
AWS A5.9/SFA 5.9 ER309L

Ort/Location/Ort
GÖTEBORG Datum/Date/Datum
1997-08-11

Esab AB

Kvalitetsavdelning
Quality assurance department
Qualitätsabteilung

Vi intygar härmed att ovan angivna varor är i överensstämmelse med köpeavtalet och att varornas angivna resultat provats enligt köpeavtalets föreskrifter.

We hereby certify that the above state products are in accordance with the sales contract and that goods with indicated result have been tested according to instructions in the sales contract.

Wir bestätigen hiermit, dass die oben genannten Waren dem Verkaufsvertrag entsprechen und dass Waren mit angegebenem Ergebnis gemäß den Vorschriften des Verkaufsvertrages geprüft worden sind.

Address och Adress/Address and reg. office

Org. nr/Reg. No.

Telefon/Phone

Nat. 031 - 50 90 00

Telefax

Telefax

73108

WPS no : 8

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION

(1)

Supporting PQR No / Kalifiye eden Test no : 4

Welding Process (es) / Kaynak yöntemi : GTAW

Type Tipi

Manual x

El

Machine

Makina

Semi-Automatic

Yarı otomatik

Automatic

Otomatik

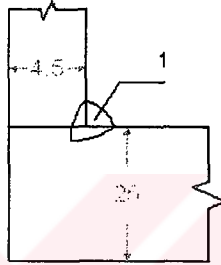
JOINT (QW-402) / BİRLEŞTİRME

Joint Design / Kaynak ağızı şekli : See detail

Backing / Altlık : No backing

Backing Material / Altlık malzemesi : None

DETAILS / BİRLEŞTİRME DETAYI



BASE METALS (QW-403) / ANA MALZEME

P-No: 1 Grup No: 1 to P-No 8 Grup No : 1

Specification type and grade / Tanımlama tipi ve kalitesi : SA 213 304 + Gr A

Thickness Range / Kalınlık aralığı

Base Metal Groove : ---

Ana malzeme Alın

Fillet : All thickness

Köşe

Pipe Dia. Range Groove : ---

Boru çapı aralığı Alın

Fillet : Unlimited

Köşe

FILLER METALS (QW-404)

DOLGU MALZEMESİ

GTAW

Spec. No(SFA) / Tanım no

AWS A5.9

AWS No(Class)/Klas no

ER 308 L

F-No.

F6

A-No.

A8

Size of Filler Metals

Ø 2.4

Dolgu malzemesinin çapı

Deposited Weld Metal

Kaynak dolgusu

Thickness Range:

Kalınlık aralığı

Groove / Alın

Fillet / Köşe

All thickness

Electrode-Flux(Class)

Elektrod-Toz Klası

Flux Trade Name

İz ticari adı

Consumable Insert

İlave dolgu malzemesi

Other / Diğer

PREPARED BY

Name : Cem Gürşimsir

Signature

Date : 15.04.2000

WPS no : 8

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION

(2)

POSITION (QW-405) / POZİSYON Position of Groove : 2F <i>Alın kaynağı pozisyonu</i> Welding Progresion: Flat <i>Kaynak ilerleme yönü</i> Position of Fillet: <i>Köşe kaynağı pozisyonu</i>				POSTWELD HEAT TREATMENT (QW-407) KAYNAK SONRASI ISIL İŞLEM Temperature Range: None <i>Sıcaklık aralığı</i> Time Range: None <i>Zaman aralığı</i> Other / Diğer :																			
PREHEAT(QW-406) / ÖN TAV Preheat Temp./Ön tav s.c. : none Interpass Temp./Paso arası s.c. : 150°C Preheat Maintenance/Öntav sürekliliği				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="text-align: left;">GAS(QW-408)/GAZ</th> <th>Gas</th> <th>Per.Comp.</th> <th>Flow Rate</th> </tr> <tr> <td></td> <td>Gaz</td> <td>% Karşım</td> <td>Debi</td> </tr> <tr> <td>Shielding/Koruma</td> <td>Ar</td> <td>%100</td> <td>8 l / min</td> </tr> <tr> <td>Backing/Kök koruma</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> </table>				GAS(QW-408)/GAZ	Gas	Per.Comp.	Flow Rate		Gaz	% Karşım	Debi	Shielding/Koruma	Ar	%100	8 l / min	Backing/Kök koruma	—	—	—
GAS(QW-408)/GAZ	Gas	Per.Comp.	Flow Rate																				
	Gaz	% Karşım	Debi																				
Shielding/Koruma	Ar	%100	8 l / min																				
Backing/Kök koruma	—	—	—																				
ELECTRICAL CHARACTERISTICS(QW-409) / ELEKTRİKSEL KAREKTERİSTİKLER Current/Akım : DC Polarity/Kutup : (-) Amps(Range)/Amper : 60 - 90 Volts(Range)/Volt : 10 - 14 Tungsten Electrode Size and Type/Tungsten elektrodun çapı ve tipi : Ø 2.4 % 2 Th Electrode Wire feed speed range/Tel sürme hızı aralığı : N/A Mode of Metal Transfer for FCAW/FCAW için ark geçişi : N/A																							
TECHNIQUE(QW-410) / TEKNİK String or Weave Bead / Düz veya dalgalı dikiş : Both Initial and Interpass Cleaning / İlk ve pasolar arası temizlik : Grinding and Brushing Method of Back Gouging / Arka taraftan temizleme yöntemi : N/A Contact Tube to Work Distance / Kontak memesi ile iş parçası mesafesi : N/A Multiple or Single Pass / Tek veya çok paso : Multiple pass Multiple or Single Electrode / Tek veya çok elektrot : Single electrode Travel Speed(Range) / Kaynak hızı aralığı : 2-4 cm/min. Peening / Çekiçleme : None																							
WELDING DETAILS / KAYNAK DETAYLARI																							
Pass no. Paso no	Process Yöntem	Filler Metal Dolgu malzemesi		Current Akım		Volts Range Volt Aralığı	Travel Speed Kaynak-Hızı	Remarks Notlar															
		Class Klası	Dia. Çap	Type Polarity Tipi Kutbu	Amp. Range Amp. Aralığı																		
1	GTAW	ER 316 L	Ø 2.4	DC (-)	60 - 90	10-14	2-3																

PREPARED BY

Name : Cem Gürsimsir

Signature

Date : 15.04.2000

WPS no : 9

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION

(1)

Supporting PQR No / Kalifiye eden Test no : 4

Welding Process (es) / Kaynak yöntemi : GTAW

Type Tipi

Manual X

Machine

Makina

Semi-Automatic

Yarı otomatik

Automatic

Otomatik

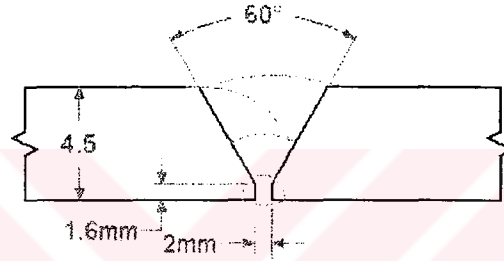
JOINT (QW-402) / BİRLEŞTİRME

Joint Design / Kaynak ağız şekli : See detail

Backing / Altlık : Yes

Backing Material / Altlık malzemesi : Gas Backing

DETAILS / BİRLEŞTİRME DETAYI



BASE METALS (QW-403) / ANA MALZEME

P-No: 1 Grup No: 1 to P-No: 8 Grup No: 1

Specification type and grade / Tanımlama tipi ve kalitesi : SA 106 Gr B + SA 213 TP304

Thickness Range / Kalınlık aralığı

Base Metal Groove : 1.58mm to 9mm

Ana malzeme Alın

Fillet : All thickness

Köşe

Pipe Dia. Range Groove : 73mm & over

Boru çapı aralığı Alın

Fillet : All diameter

Köşe

FILLER METALS (QW-404)

DOLGU MALZEMESİ

Spec. No(SFA) / Tanım no

AWS A5.9

AWS No(Class)/Klas no

ER 308L

F-No.

6

A-No.

8

Size of Filler Metals

Ø 2.4

Dolgu malzemesinin çapı

Deposited Weld Metal

Kaynak dolgusu

Thickness Range:

Kalınlık aralığı

Groove / Alın

9mm

Fillet / Köşe

All Thickness

Electrode-Flux(Class)

Elektrod-Toz Klası

Flux Trade Name

Toz ticari adı

Consumable Insert

İlave dolgu malzemesi

Other / Diğer

PREPARED BY

Name : Cem Gürşin

Signature

Date : 15.04.2000

WPS no : 9

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION

(2)

POSITION (QW-405) / POZİSYON Position of Groove : 5G Alın kaynağı pozisyonu Welding Progresion: Vertical Uphill Kaynak ilerleme yönü Aşağıdan yukarıya Position of Fillet: Köşe kaynağı pozisyonu				POSTWELD HEAT TREATMENT (QW-407) KAYNAK SONRASI ISIL İŞLEM Temperature Range: None Sıcaklık aralığı Time Range: None Zaman aralığı Other / Diğer :																			
PREHEAT(QW-406) / ÖN TAV Preheat Temp./Ön tav sic. : none Interpass Temp./Paso arası sic. : N/A Preheat Maintenance/Öntav sürekliliği N/A				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="text-align: left;">GAS(QW-408)/GAZ</th> <th>Gas</th> <th>Per.Comp.</th> <th>Flow Rate</th> </tr> <tr> <td></td> <td>Gaz</td> <td>% Karışım</td> <td>Debi</td> </tr> <tr> <td>Shielding/Koruma</td> <td>Argon</td> <td>99,9%</td> <td>8 lt/min.</td> </tr> <tr> <td>Backing/Kök koruma</td> <td>Argon</td> <td>99,9%</td> <td>10 lt/min.</td> </tr> </table>				GAS(QW-408)/GAZ	Gas	Per.Comp.	Flow Rate		Gaz	% Karışım	Debi	Shielding/Koruma	Argon	99,9%	8 lt/min.	Backing/Kök koruma	Argon	99,9%	10 lt/min.
GAS(QW-408)/GAZ	Gas	Per.Comp.	Flow Rate																				
	Gaz	% Karışım	Debi																				
Shielding/Koruma	Argon	99,9%	8 lt/min.																				
Backing/Kök koruma	Argon	99,9%	10 lt/min.																				
ELECTRICAL CHARACTERISTICS(QW-409) / ELEKTRİKSEL KAREKTERİSTİKLER Current/Akım : DC Polarity/İ (-) Amps(Range)/Amper : 90 - 150 Volts(Range)/Volt : 11 - 15 Tungsten Electrode Size and Type/Tungsten elektrodun çapı ve tipi : Ø 2.4 -2% TH Electrode Wire feed speed range/Tel sürme hızı aralığı : N/A Mode of Metal Transfer for FCAW/FCAW için ark geçişi : N/A																							
TECHNIQUE(QW-410) / TEKNİK String or Weave Bead / Düz veya dalgalı dikiş : Both Initial and Interpass Cleaning / İlk ve pasolar arası temizlik : Grinding and Brushing Method of Back Gouging / Arka taraftan temizleme yöntemi : N/A Contact Tube to Work Distance / Kontak memesi ile iş parçası mesafesi : N/A Multiple or Single Pass / Tek veya çok paso : Single pass Multiple or Single Electrode / Tek veya çok elektrot : Single electrode Travel Speed(Range) / Kaynak hızı aralığı : 3 - 5 cm/min. Peening / Çekiçleme : None																							
WELDING DETAILS / KAYNAK DETAYLARI																							
Pass no.	Process	Filler Metal Dolgu malzemesi		Current Akım		Volts Rançe	Travel Speed (cm/min)	Remarks															
		Class	Dia.	Type Polaritv	Amp. Range																		
Paso no	Yöntem	Klası	Çap	Tipi Kutbu	Amp.Aralığı	Volt Aralığı	Kaynak Hızı	Notlar															
1-3	GTAW	ER 308L	2,4	DC EN	90 - 150	11 - 15	3 - 5	Vertical Uphill															

PREPARED BY

Name : Cem Gürşinasir

Signature

Date : 15.04.2000

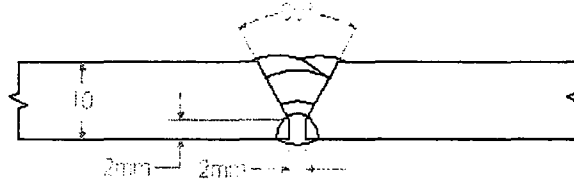
QW-483 PROCEDURE QUALIFICATION RECORD

(1)

PQR No / Test no : 5

Welding Process (es) : SMAW

Kaynak yöntemi :

Type
TipiManual: X
E
Machine
MakinaSemi-Automatic
Yarı otomatik
Automatic
Otomatik**JOINT (QW-402) / BİRLEŞTİRME :****BASE METALS (QW-403) / ANA MALZEME**

Material Specification : A 240 304 TP + A 516 Gr 70

Malzeme tanımı

Type or Grade : Type 304+ A 516 Gr70

Tipi ve kalitesi

P.No. 1 to P.No. 8

Thickness of Test Coupon : 10mm

Test parçası kalınlığı

Diameter of Test Coupon : N/A

Test parçası çapı

Other / Diğer : —

POSTWELD HEAT TREATMENT(QW-407)

KAYNAK SONRASI ISIL ISLEM

Temperature / Sıcaklık : None

Time / Zaman : N/A

GAS(QW-408) / GAZ

	Gas	Per.Comp.	Flow Rate
	Gaz	% Karşım	Debi
Shielding Koruma	N/A	—	—
Backing Kök koruma	N/A	—	—

FILLER METALS (QW-404) / DOLGU MALZEMESİ

SFA Specification / SFA Tanımlaması : SFA A5.4

AWS Classification / AWS sınıflaması : E 309L

Filler Metal F.No / Dolgu malz. F.no : F5

Weld Metal Analysis A No : A8

Kaynak metal A no

Size of Filler Metal : Ø 3.25

Dolgu malzemesini çapı

Other / Diğer

ELECTRICAL CHARACTERISTICS(QW-409)

ELEKTRİKSEL KAREKTERİSTİKLER

Current / Akım : DC

Polarity / Kutup : (+)

Amps / Amper : 110-140 Volts / Volt : 22-23

Tungsten Electrode Size : N/A

Tungsten Elektrod çapı

TECHNIQUE(QW-409) / TEKNİK

Travel Speed / Kaynak hızı : 24-27 cm/min

String or Weave Bead : Both

Düz veya salınlımlı dikiş Her ikisi de

Multipass or Single Pass : Multiple Pass

Tek veya çok paso Çok paso

Single or Multiple Electrodes : Single electrode

Tek veya çok elektrod Tek elektrod

Other / Diğer :

POSITION(QW-405) / POZİSYON

Position of Groove / Kaynak pozisyonu 1G

Weld Progression / Kaynak ilerleme yönü : N/A

PREHEAT(QW-406) / ÖNTAV

Preheat Temp. / Ön tav sıc. : None

Interpass Temp. / Pasolar arası sıc. : N/A

Other / Diğer :

PREPARED BY

Name : Cem Gürşinşir

Signature :

Date : 18.04.2000

WELDING PROCEDURE QUALIFICATION

(2)

PQR No: 5

TENSILE TEST (QW-150) / ÇEKME TESTİ

Specimen Test parçası No	Width Genişlik mm	Thickness Kalınlık mm	Area Alan mm ²	Ultimate Total Load Toplam kopma vükü N	Ultimate Unit Stress Çekme mukavemeti N mm ²	Type of Failure& Location Kırılmanın tipi ve yeri
1	19,21	5,23	100,47	60060	597,80	Weld metal
2	19,19	5,2	99,79	59310	594,36	Base metal

GUIDE-BEND TEST(QW-160) / BÜKME TESTİ

Type and Figure No./ Tipi ve çizim no	Result / Sonuç
Face bend test 1	Satisfactorily
2	Satisfactorily
Root bend test 1	Satisfactorily
2	Satisfactorily

TOUGHNESS TEST (QW-170) / ÇENTİK DARBE TESTİ

Specimen Test parçası No	Notch Location Çentik yeri	Notch Type Çentik tipi	Test Temp. Test sıcaklığı	Impact Value Darbe değerleri (Joule)	Lateral Exp. Yanal Genleşme	Remarks Notlar

FILLET WELD TEST(QW-180) / KÖŞE KAYNAĞI TESTİ

Result/Sonuç : N/A

Penetration into Parent Metal : N/A

Macro-Result : N/A

Ana malzemedeki penetrasyon

Makro-sonucu

OTHER TEST / DİĞER TESTLER

Type of Test / Test tipi : None

Deposit Analysis / Kaynak malı analizi : None

Other / Diğer :

PREPARED BY

Name: Cem Gürsimgir

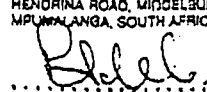
Signature

Date : 18.04.2000

 COLUMBUS STAINLESS	To: DIN 50049 / EN 10204		No. 377 B Date 04 Nov 92 Datum																																																																																																																																																			
	MANUFACTURER'S MARK  Herstellerzeichen	MELTING PROCESS E/CLU Erhitzungsprozess																																																																																																																																																				
NERTON TRADING LTD P.O. BOX 413 1211 GENEVA SWITZERLAND		C/A No. Unter Auftrags Nr. 00040630	ITEM No. Pos. Nr. 023	P.O. Box MICHEL South A Tel: (27-13) 247 Fax: (27-13) 241 COLUMBUS STAINLESS 40 Oliver Road, Cape Town																																																																																																																																																		
		CUSTOMER ORDER No. Kundenbestell-Nr. SX-0257	INSPECT. No. Prüfl. Nr.	INSPECTORS Zeichen der Sachverständigen																																																																																																																																																		
NO 1: Hot Worked, Heat Treated and Pickled.		HEAT No. Schmelz-Nr. 302802	MPO No. 3028023/1																																																																																																																																																			
CERTIFICATIONS ASTM A240 -93A XD: POLFRANCE RFV 2- 06/92		MATERIAL CODE Werkstoff 304																																																																																																																																																				
REQUIREMENTS Anforderungen DIMENSIONS Abmessungen 1219 mm x 10.000 mm x 2438		QUANTITY Stückzahl 6		MASS Gewicht 1365																																																																																																																																																		
CHEMICAL ANALYSIS Chemische Zusammensetzung		MECHANICAL PROPERTIES Mechanische Werte																																																																																																																																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="2">REQUIREMENT</th> <th rowspan="2">LADLE Schmelze</th> </tr> <tr> <th>MIN</th> <th>MAX</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>% C</td> <td>0.080</td> <td>0.047</td> <td></td> </tr> <tr> <td>% S</td> <td>0.030</td> <td>0.0047</td> <td></td> </tr> <tr> <td>% P</td> <td>0.045</td> <td>0.040</td> <td></td> </tr> <tr> <td>% Mn</td> <td>2.00</td> <td>1.46</td> <td></td> </tr> <tr> <td>% Si</td> <td>0.75</td> <td>0.42</td> <td></td> </tr> <tr> <td>% Ni</td> <td>8.00</td> <td>10.50</td> <td>8.58</td> </tr> <tr> <td>% Cr</td> <td>18.00</td> <td>20.00</td> <td>18.17</td> </tr> <tr> <td>% Mo</td> <td></td> <td>0.23</td> <td></td> </tr> <tr> <td>% Ti</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>% N</td> <td></td> <td>0.000</td> <td>0.0407</td> </tr> </tbody> </table>			REQUIREMENT		LADLE Schmelze	MIN	MAX	% C	0.080	0.047		% S	0.030	0.0047		% P	0.045	0.040		% Mn	2.00	1.46		% Si	0.75	0.42		% Ni	8.00	10.50	8.58	% Cr	18.00	20.00	18.17	% Mo		0.23		% Ti				% N		0.000	0.0407	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Tensile Zug</th> <th>Re 0.2 2.2% Proof St</th> <th>Re 1.0 1.0% Proof St</th> <th>Yield St</th> <th>50 A mm Elongation</th> <th>Dimensions of Specimen</th> <th>Hardness HR 15</th> <th>Bend Test Biegeversuch</th> <th>Impact Test Kerbschlagenergie 30 J</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Req 1 20°C</td> <td></td> <td>205</td> <td></td> <td>515</td> <td>40</td> <td>12.50 x 10.00</td> <td>201 x MAX</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td></td> <td>250</td> <td>300</td> <td>52</td> <td>52</td> <td>9.72</td> <td>150</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Req 3 °C</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Req 4 °C</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Req 5 °C</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				Tensile Zug	Re 0.2 2.2% Proof St	Re 1.0 1.0% Proof St	Yield St	50 A mm Elongation	Dimensions of Specimen	Hardness HR 15	Bend Test Biegeversuch	Impact Test Kerbschlagenergie 30 J	Req 1 20°C		205		515	40	12.50 x 10.00	201 x MAX			1		250	300	52	52	9.72	150			2										Req 3 °C										3										Req 4 °C										4										Req 5 °C										5									
	REQUIREMENT		LADLE Schmelze																																																																																																																																																			
	MIN	MAX																																																																																																																																																				
% C	0.080	0.047																																																																																																																																																				
% S	0.030	0.0047																																																																																																																																																				
% P	0.045	0.040																																																																																																																																																				
% Mn	2.00	1.46																																																																																																																																																				
% Si	0.75	0.42																																																																																																																																																				
% Ni	8.00	10.50	8.58																																																																																																																																																			
% Cr	18.00	20.00	18.17																																																																																																																																																			
% Mo		0.23																																																																																																																																																				
% Ti																																																																																																																																																						
% N		0.000	0.0407																																																																																																																																																			
	Tensile Zug	Re 0.2 2.2% Proof St	Re 1.0 1.0% Proof St	Yield St	50 A mm Elongation	Dimensions of Specimen	Hardness HR 15	Bend Test Biegeversuch	Impact Test Kerbschlagenergie 30 J																																																																																																																																													
Req 1 20°C		205		515	40	12.50 x 10.00	201 x MAX																																																																																																																																															
1		250	300	52	52	9.72	150																																																																																																																																															
2																																																																																																																																																						
Req 3 °C																																																																																																																																																						
3																																																																																																																																																						
Req 4 °C																																																																																																																																																						
4																																																																																																																																																						
Req 5 °C																																																																																																																																																						
5																																																																																																																																																						
Tests to verify batch and quality have been made. Verwechslungsprüfung wurde durchgeführt. Visual and dimensional control: no exceptions. Beanspruchungen und Abmessungen: ohne Beanstandung. The delivery is in accordance with the order. Die Lieferung entspricht den Bestellbedingungen.		INTERGRANULAR CORROSION Int. Krist. Korrosion SPECIFICATION Norm RESULT HEAT TREATMENT Wärmehandlung Anneal Quenchen																																																																																																																																																				

This Material

 COLUMBUS STAINLESS
 HENDRIKA ROAD, MICHELBURG
 NPUNYANGA, SOUTH AFRICA


 WORKS EXPERT

ESAB ABWELDING CONSUMABLES-QUALITY ASSURANCE
GÖTEBORG - SWEDEN**TEST REPORT**

According to EN 10204 - 2.2

No. 0634/00/CQA

Date
2000-05-30Our ref.
André Gosman - CQA

Your ref. Your order

Our order

To
CIMTAS - CEL. IM. MONT. VE TES. A.S.
ENKA 2 BİNASI, BALMUMCU
80780 ISTANBUL
TURKEY**PRODUCT INFORMATION**

OK 67.60	Ø		Art.no. 6760
----------	---	--	--------------

GENERAL DESCRIPTION

Overalloyed stainless steel electrode for welding: - stainless steel to mild steel (and low alloy steel) - transition layers when surfacing mild steel with stainless steel weld metal.

Coating (Flux) Type:	ACID-RUTILE (AR)
Minimum AC OCV:	55
Weld Metal Alloy Type:	AUSTENITIC CrNi
Polarity:	AC, DC+

ALL-WELD METAL COMPOSITION

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu
Min		0,50	0,50			23,0	12,0		
Max	0,03	0,90	1,20	0,025	0,020	25,0	14,0	0,2	0,2

MECHANICAL PROPERTIES OF THE WELD METAL

R _{p0.2} N/mm ²	R _{eL} N/mm ²	R _{eh} N/mm ²	R _m N/mm ²	A ₅ %	Temp °C	Joule
	470		590	32	-10	40

REFERENCES

Prod.Spec.: CME 972058

CLASSIFICATIONSAWS A/SFA 5.4-92: E309L-17
EN 1600 : E 23 12 L R 32**ESAB AB**

Quality Assurance Department

André Gosman quality administrator

REG.No. 556005-7738

VAT.No. SE56005773801

POSTAL ADDRESSBox 8004 - Harkufogården 72
S-402 77 Göteborg, Sweden**TELEPHONE/PHONE**

+46 31 509000

TELEFAX

+46 31 509480

POSTGIRO No.

422 11 - 3

WPS no : 5

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION

(1)

Supporting PQR No / Kalifiye eden Test no : 5

Welding Process (es) / Kaynak yöntemi : SMAW

Type Tipi

Manual X

Semi-Automatic

Machine

Yarı otomatik

Machine

Automatic

Otomatik

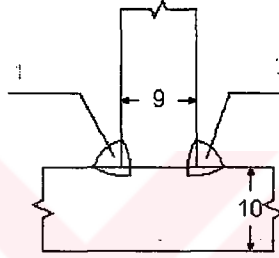
JOINT (QW-402) / BİRLEŞTİRME

Joint Design / Kaynak ağızı şekli : See detail

Backing / Altlık : No backing

Backing Material / Altlık malzemesi : None

DETAILS / BİRLEŞTİRME DETAYI



BASE METALS (QW-403) / ANA MALZEME

P-No: 1 Grup No: 1 to P-No: 8 Grup No : 1

Specification type and grade / Tanımlama tipi ve kalitesi : Gr A +SA 240 Type 304

Thickness Range / Kalınlık aralığı

Base Metal Groove : —

Fillet : All thickness

Ana malzeme Alın

Köşe

Pipe Dia. Range Groove : —

Fillet : All diameter

Boru çapı aralığı Alın

Köşe

FILLER METALS (QW-404)

DOLGU MALZEMESİ

SMAW

Spec. No(SFA) / Tanım no

AWS A5.4

AWS No(Class)/Klas no

E 309L

F-No.

5

A-No.

8

Size of Filler Metals

Ø 2.5

Dolgu malzemesinin çapı

Deposited Weld Metal

Kaynak dolgusu

Thickness Range:

Kalınlık aralığı

Groove / Alın

Fillet / Köşe

All Thickness

Electrode-Flux(Class)

—

Elektrod-Toz Klası

Flux Trade Name

—

Toz ticari adı

Consumable Insert

—

İlave dolgu malzemesi

Other / Diğer

PREPARED BY

Name : Cery Gürsimşir

Signature

Date : 15.04.2000

WPS no : 5

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION

(2)

POSITION (QW-405) / POZİSYON Position of Groove : — Alın kaynağı pozisyonu Welding Progresion: — Kaynak ilerleme yönü Position of Fillet: 2F & 4F Köşe kaynağı pozisyonu				POSTWELD HEAT TREATMENT (QW-407) KAYNAK SONRASI ISIL İŞLEM Temperature Range: None Sıcaklık aralığı Time Range: None Zaman aralığı Other / Diğer :																			
PREHEAT(QW-406) / ÖN TAV Preheat Temp./Ön tav sic. : 10°C Interpass Temp./Paso arası sic. : N/A Preheat Maintenance/Öntav sürekliliği N/A				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="text-align: left;">GAS(QW-408)/GAZ</th> <th>Gas</th> <th>Per.Comp.</th> <th>Flow Rate</th> </tr> <tr> <td></td> <td>Gaz</td> <td>% Karşım</td> <td>Debi</td> </tr> <tr> <td>Shielding/Koruma</td> <td>N/A</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>Backing/Kök koruma</td> <td>N/A</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> </table>				GAS(QW-408)/GAZ	Gas	Per.Comp.	Flow Rate		Gaz	% Karşım	Debi	Shielding/Koruma	N/A	—	—	Backing/Kök koruma	N/A	—	—
GAS(QW-408)/GAZ	Gas	Per.Comp.	Flow Rate																				
	Gaz	% Karşım	Debi																				
Shielding/Koruma	N/A	—	—																				
Backing/Kök koruma	N/A	—	—																				
ELECTRICAL CHARACTERISTICS(QW-409) / ELEKTRİKSEL KAREKTERİSTİKLER Current/Akım : DC Polarity/İ (+) Amps(Range)/Amper : 65-95 Volts(Range)/Volt : 25-29 Tungsten Electrode Size and Type/Tungsten elektrodun çapı ve tipi : N/A Electrode Wire feed speed range/Tel sürme hızı aralığı : N/A Mode of Metal Transfer for FCAW/FCAW için ark geçişi : N/A																							
TECHNIQUE(QW-410) / TEKNİK String or Weave Bead / Düz veya dalgalı dikiş : String Bead Initial and Interpass Cleaning / İlk ve pasolar arası temizlik : Grinding and Brushing Method of Back Gouging / Arka taraftan temizleme yöntemi : N/A Contact Tube to Work Distance / Kontak memesi ile iş parçası mesafesi : N/A Multiple or Single Pass / Tek veya çok paso : Single pass Multiple or Single Electrode / Tek veya çok elektrot : Single electrode Travel Speed(Range) / Kaynak hızı aralığı : 9-15 cm/min. Peening / Çekiçleme : None																							
WELDING DETAILS / KAYNAK DETAYLARI																							
Pass no. Paso no	Process Yöntem	Filler Metal Dolgu malzemesi		Current Akım		Volts Range Volt Aralığı	Travel Speed (cm/min) Kaynak Hızı	Remarks Notlar															
		Class Klası	Dia. Çap	Type Polarite Tipi	Range Amp. Aralığı																		
1	SMAW	E308L	2,5	DC ep	65 - 95	25 - 29	9 - 15																
2	SMAW	E308L	2,5	DC ep	65 - 95	25 - 29	9 - 15																

PREPARED BY

Name : Cem Gürsünçür

Signature

Date : 15.04.2000

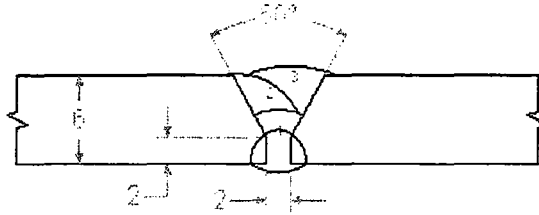
QW-483 PROCEDURE QUALIFICATION RECORD

(1)

PQR No / Test no 6

Welding Process (es) : SMAW

Kaynak yöntemi :

Type
TipiManual: X
E
Machine
MakinaSemi-Automatic
Yarı otomatik
Automatic
Otomatik**JOINT (QW-402) / BİRLEŞTİRME :****BASE METALS (QW-403) / ANA MALZEME**

Material Specification : A 240 304 TP

Malzeme tanımı

Type or Grade : Type 304+ Type 304

Tipi ve kalitesi

P.No. 8 to P.No. 8

Thickness of Test Coupon : 6mm

Test parçası kalınlığı

Diameter of Test Coupon : N/A

Test parçası çapı

Other / Diğer : —

POSTWELD HEAT TREATMENT (QW-407)

KAYNAK SONRASI ISIL ISLEM

Temperature / Sıcaklık : None

Time / Zaman : N/A

GAS (QW-408) / GAZ

	Gas	Per. Comp.	Flow Rate
	Gaz	% Karşım	Debi
Shielding Koruma	N/A	—	—
Backing Kök koruma	N/A	—	—

FILLER METALS (QW-404) / DOLGU MALZEMESİ

SFA Specification / SFA Tanımlaması : SFA A5.4

AWS Classification / AWS sınıflaması : E 308L

Filler Metal F.No / Dolgu malz.F.no : F5

Weld Metal Analysis A No : A8

Kaynak metal A no

Size of Filler Metal : Ø 2.5

Dolgu malzemesini çapı

Other / Diğer

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (QW-409)

ELEKTRİKSEL KAREKTERİSTİKLER

Current / Akım : DC

Polarity / Kutup : (+)

Amps / Amper : 100-120 Volts / Volt : 22-23

Tungsten Electrode Size : N/A

Tungsten Elektrod çapı

TECHNIQUE (QW-409) / TEKNİK

Travel Speed / Kaynak hızı : 24-27 cm/min

String or Weave Bead : Both

Düz veya salınlımlı dikiş Her Ykisi de

Multipass or Single Pass : Multi pass

Tek veya çok paso Çok paso

Single or Multiple Electrodes : Single electrode

Tek veya çok elektrot Tek elektrot

Other / Diğer :

POSITION (QW-405) / POZİSYON

Position of Groove / Kaynak pozisyonu 1G

Weld Progression / Kaynak ilerleme yönü : N/A

PREHEAT (QW-406) / ÖNTAV

Preheat Temp. / Ön tav sic. : None

Interpass Temp. / Pasolar arası sic. : N/A

Other / Diğer :

PREPARED BY

Name : Cem Gürşimsir

Signature :

Date : 16.04.2000

WELDING PROCEDURE QUALIFICATION

(2)

PQR No: 6

TENSILE TEST (QW-150) / ÇEKME TESTİ

Specimen Test parçası No	Width Genişlik mm	Thickness Kalınlık mm	Area Alan mm ²	Ultimate Total Load Toplam kopma vüku N	Ultimate Unit Stress Çekme mukavemeti N mm ²	Type of Failure& Location Kırılmanın tipi ve yeri
1	19,20	5,21	100,03	61120	611,00	Weld metal
2	19,20	5,23	100,42	58620	583,77	Base metal

GUIDE-BEND TEST(QW-160) / BÜKME TESTİ

Type and Figure No./ Tipi ve çizim no	Result / Sonuç
Face bend test 1	Satisfactorily
2	Satisfactorily
Root bend test 1	Satisfactorily
2	Satisfactorily

TOUGHNESS TEST (QW-170) / ÇENTİK DARBE TESTİ

Specimen Test parçası No	Notch Location Çentik yeri	Notch Type Çentik tipi	Test Temp. Test sıcaklığı	Impact Value Darbe değerleri (Joule)	Lateral Exp. Yanal Genleşme	Remarks Notlar

FILLET WELD TEST(QW-180) / KÖŞE KAYNAĞI TESTİ

Result/Sonuç : N/A

Penetration into Parent Metal : N/A

Macro-Result : N/A

Ana malzemedeki penetrasyon

Makro-sonucu

OTHER TEST / DİĞER TESTLER

Type of Test / Test tipi : None

Deposit Analysis / Kaynak malı analizi : None

Other / Diğer :

PREPARED BY

Name: Cem Gürpınar

Signature

Date : 18.04.2000

Certificate of test - Mill certificate

No 96/0023952

Certificat de Réception C.C.P.U.

Nr

Abnahmeprüfzeugnis B

nach DIN 50049/3 : B - NFA 00001/3 : B - EN 10204/3 : B



Der TÜV Rheinland hat mit Schreiben vom 21. März 1992 auf die Gegenzeichnung verzichtet.

SURVEYOR'S MARK
CACHET DE L'EXPERT
STEMPEL DES WERKSACHVERSTÄNDIGEN

ALZ

Manufactured as supplier according to:
AISI 304 - TR 100 standard N 5 503
Überprüfung als Hersteller:
DIN 50049 - TR 100 Blatt N 5 503PROD. PROCES: Electric arc furnace - VOD - Continuous Casting
PROD. FABRIC: Four & arc - VOD - Couille Continue
FERTIGUNGSABL.: Electric-Lichtbogen Ofen - VOD - Strangguss.

Your order n° - votre n° de com. - Bestell n°

5202/10095/70011
96/1089

Your order n° - votre n° de com. - Werkst.

27355/006/01

ROSTFREIER STAHL, BLECHE, WARMGEWALZT, GEGLUEHT
UND GEBEIZT (II A)Heat treatment
Schmelze Nr.
K604060Heat treatment
Band Nr.
60406025

Specifications - Specifications - Vorschriften

Type - Nuance - Qualité

Form

Corrosion test - Corrélation - Prüfverf.

ASTM A 240-94

TYPE 304

NO

ASTM A262 E - 93A :OK

Dimensions - Abmessungen

mm 6.00 2000 00 6000.0

Material (Code Designation)

Matériau
Werkstoff
Bezeichnung

Quenching

T/parlrampe

Abkühlung

ASTM A240

forced air

air poussé

1050°C bewegter Luft

Particular requirements - Prescriptions - Sonderanforderungen

ASTM A480/A480M-94B

CHEMICAL ANALYSIS
COMPOSITION CHIMIQUE
CHEMISCHE ZUSAMMENSETZUNG

ELEMENTS	LAJDE ACIERIS SCHWELLS	PRODUCT PRODUIT STÜCKKANAL
C	0.055	0.054
Mn	1.34	1.33
P	0.029	0.028
S	0.009	0.009
Si	0.47	0.45
Cr	18.20	18.20
Ni	8.70	8.70
Mo		
Cu		
Fe		
Cl		
N	0.029	
Al		

MECHANICAL PROPERTIES - PROPRIÉTÉS MEC. - MECH. WERTS

TENSILE TEST	ROOM TEMP	TEMP. A 60 °C	TEMP. A 100 °C
ESSAI DE TRACTION	à 20 °C	à 60 °C	à 100 °C
ZUG VERSUCH	20 °C	60 °C	100 °C
ASTM	N° 1002	60406025	
A240	min	max	A (Q) E
Section - U.Schnitt			
mm			
yield	205	299	299
limit 0.2%			
Streckgrenze	10%		
tensile strength	515	617	617
ultimate			
Zugfestigkeit			
elong. % A50	40	55	55
allong.			
Br 50mm			
E 0.2 % min A		48	48
hardness			
durée	HRB	92	85.0 86.5
marque			

grain size ASTM	band	impact strength test	°C
grain ASTM	plaque	essai de résilience	
Graingröße	Boardsversuch	Kerbschlagversuch	

TESTS TO VERIFY BATCH AND QUALITY HAVE BEEN CARRIED OUT
TESTS DE VERIFICATION DE LA CONFORMITE DE LA NUANCE FOURNIE
VERWECHSLUNGSPRÜFUNG WURDE DURCHFÜHRTVISUAL INSPECTION - NO DIMENSIONAL CHECK
EXAMEN VISUEL ET - DIMENSIONNEL DE SURFACE
BESICHTIGUNGEN UND ABMESSUNGENKEINEN ERSICHTLICHEN FEHLER,
ZULÄSSIGEN ABWEICHUNGEN 0.8.QUANTITY / WEIGHT MEMO / QUANTITE MEMO POIDS LIVRE
ÜBERSICHT GELIEFERTER GEWICHTE

PACKAGE Nr N° DE CAISSE PAKET NR	QTY QTE ANZ.	NET WEIGHT POIDS NET NETTO GEW	PACKAGE Nr N° DE CAISSE PAKET NR	QTY QTE ANZ.	NET WEIGHT POIDS NET NETTO GEW
60242247	6	3422			
60242255	6	3410			
TOTAL/GESAMT	QTY QTE ANZ.	12	NET WEIGHT POIDS NET NETTO GEW		6832

The delivery is in accordance with the order.
La livraison est conforme aux engagements de la commande.
Die Lieferung entspricht den Bestellbedingungen.IHACO HANDELSGESELLSCHAFT MBH
SCHEFFELSTRASSE 73
D-4047 DUESSELDORF
BRD

ALZ

Reçu par le
THE SURVEYOR - L'EXPERT - DER WERKSACHVERSTÄNDIGE

14.03.1996

PACKING LIST 60242247 - 73 - 9604214

ESAB GROUP

Götsmarlagare/Consignee/Empfänger

PROVNINGSINTYG
INSPECTION CERTIFICATE
ABNAHMEPRÜFZEUGNIS

No 91624/97/6131

Vår ref/Our ref/Vozer ref.
ANNE KÖLQVIST

Vår order nr/Best. No.

Er ref/Your ref/Vozer ref

Ern order nr/Your order No./Vrre Best. Nr

Köpare/Buyer/Besteller
ÖZMETAL SANAYI VE TİCARET A.S.
İMES SAN.SİTESİ, E BLOK503 SOK.NO.6

81260 Y. DUDULLU - İSTANBUL
TÜRKİYE

Kund nr/Cust. No./Kunden Nr.
02504

Pos. No.	Art. No.	Benämning/Description/Beschreibung	Kvantitet/Quantity/Menge	Enhet/Unit/Einheit	Lot nr/Heat No.
		OK 61.30 2.5 X300			7171291
Provningsföreläsa Test requirements Prüfanforderungen					

Analyser, Analyses, Analysen

SVETSGODS/ WELD METAL/ SCHWEISSGUT	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo
	0.029	0.87	0.68	0.021	0.008	19.6	10.6	0.04
	Cu							
	0.00							

Resultat av dragprov, Result of tensile test, Zerreisprobresultate

Helsvetsprovstav All weld metal specimen Probe aus reinen Schweissgut	R _m 2 N/mm ²	R _L N/mm ²	R _H N/mm ²	R _m N/mm ²	A ₅ %

Resultat av slagprov, Result of impact test, Kerbschlagprobresultate

Helsvetsprovstav All weld metal specimen Probe aus reinen Schweissgut	Temp °C	Joule

CLASSIFIED ACCORDING TO ASME B. AND PV CODE SECTION II PART C
AWS A5.4/SFA 5.4 E 308L-17

Orn/Locality/Orn Datum/Date/Datum
GÖTEBORG 1997-08-13

Esab AB

Kvalitetsavdelning
Quality assurance department
Qualitätsabteilung

ANNE KÖLQVIST

Vi intygar härmed att ovan angivna varor är i överensstämmelse med köpeavtalet och att varorna med angivet resultat provats enligt köpeavtalets föreskrifter.

We hereby certify that the above state products are in accordance with the sales contract and that the goods with indicated result have been tested according to instructions in the sales contract.

Wir bestätigen hiermit, dass die oben genannten Waren dem Verkaufsvertrag entsprechen und dass die Waren mit angegebenem Ergebnis gemäß den Vorschriften des Verkaufsvertrages geprüft worden sind.

Adress och ställe/Address and reg.office
Box 3004
S-402 77 GÖTEBORG, Sweden

Org.nr/Reg.No.
556005-7738

Telefon/Phone
Nat 031 - 50 90 00
Int +46 31 50 90 00

Telefax
031 - 50 94 80

Telex
7310S
esab s

WPS no : 3

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION

(1)

Supporting PQR No / Kalifiye eden Test no : 6

Welding Process (es) / Kaynak yöntemi : SMAW

Type Tipi

Manual x

Semi-Automatic

El

Yarı otomatik

Machine

Automatic

Makina

Otomatik

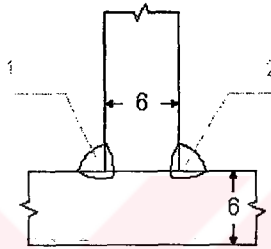
JOINT (QW-402) / BİRLEŞTİRME

Joint Design / Kaynak ağızı şekli : See detail

Backing / Altlık : No backing

Backing Material / Altlık malzemesi : None

DETAILS / BİRLEŞTİRME DETAYI



BASE METALS (QW-403) / ANA MALZEME

P-No: 8 Grup No: 1 to P-No: 8 Grup No: 1

Specification type and grade / Tanımlama tipi ve kalitesi : SA 240 Type 304

Thickness Range / Kalınlık aralığı

Base Metal Groove : —

Fillet : All thickness

Ana malzeme Alın

Köşe

Pipe Dia. Range Groove : —

Fillet : All diameter

Boru çapı aralığı Alın

Köşe

FILLER METALS (QW-404)

DOLGU MALZEMESİ

SMAW

Spec. No(SFA) / Tanım no

AWS A5.4

AWS No(Class)/Klas no

E 308L

F-No.

5

A-No.

8

Size of Filler Metals

Ø 2.5

Dolgu malzemesinin çapı

Deposited Weld Metal

Kaynak dolgusu

Thickness Range:

Kalınlık aralığı

Groove / Alın

Fillet / Köşe

All Thickness

Electrode-Flux(Class)

Elektrod-Toz Klası

Flux Trade Name

Toz ticari adı

Consumable Insert

İlave dolgu malzemesi

Other / Diğer

PREPARED BY

Name : Cem Gürsimsir

Signature

Date : 15.04.2000

WPS no : 3

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION

(2)

POSITION (QW-405) / POZİSYON Position of Groove : — Alın kaynağı pozisyonu Welding Progesion: — Kaynak ilerleme yönü Position of Fillet: 2F & 4F Köşe kaynağı pozisyonu				POSTWELD HEAT TREATMENT (QW-407) KAYNAK SONRASI ISIL İŞLEM Temperature Range: None Sıcaklık aralığı Time Range: None Zaman aralığı Other / Diğer :																			
PREHEAT(QW-408) / ÖN TAV Preheat Temp./Ön tav sic. : 10°C Interpass Temp./Paso arası sic. : N/A Preheat Maintenance/Ön tav sürekliliği N/A				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="text-align: left;">GAS(QW-408)/GAZ</th> <th>Gas</th> <th>Per.Comp.</th> <th>Flow Rate</th> </tr> <tr> <td></td> <td>Gaz</td> <td>% Karşım</td> <td>Debi</td> </tr> <tr> <td>Shielding/Koruma</td> <td>N/A</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>Backing/Kök koruma</td> <td>N/A</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> </table>				GAS(QW-408)/GAZ	Gas	Per.Comp.	Flow Rate		Gaz	% Karşım	Debi	Shielding/Koruma	N/A	—	—	Backing/Kök koruma	N/A	—	—
GAS(QW-408)/GAZ	Gas	Per.Comp.	Flow Rate																				
	Gaz	% Karşım	Debi																				
Shielding/Koruma	N/A	—	—																				
Backing/Kök koruma	N/A	—	—																				
ELECTRICAL CHARACTERISTICS(QW-409) / ELEKTRİKSEL KAREKTERİSTİKLER Current/Akım : DC Polarity/ (+) Amps(Range)/ Amper : 65-95 Volts(Range)/ Volt : 25-29 Tungsten Electrode Size and Type/ Tungsten elektrodun çapı ve tipi : N/A Electrode Wire feed speed range/Tel sürme hızı aralığı : N/A Mode of Metal Transfer for FCAW/FCAW için ark geçişi : N/A																							
TECHNIQUE(QW-410) /TEKNİK String or Weave Bead / Düz veya dalgalı dikiş : String Bead Initial and Interpass Cleaning / İlk ve pasolar arası temizlik : Grinding and Brushing Method of Back Gouging / Arka taraftan temizleme yöntemi : N/A Contact Tube to Work Distance / Kontak memesi ile iş parçası mesafesi : N/A Multiple or Single Pass / Tek veya çok paso : Single pass Multiple or Single Electrode / Tek veya çok elektrot : Single electrode Travel Speed(Range) / Kaynak hızı aralığı : 9-15 cm/min. Peening / Çekiçleme : None																							
WELDING DETAILS / KAYNAK DETAYLARI																							
Pass no. Paso no	Process Yöntem	Filler Metal Dolgu malzemesi		Current Akım		Volts Range Volt Aralığı	Travel Speed (cm/min) Kaynak Hızı	Remarks Notlar															
		Class Klası	Dia. Çap	Type Polarite Tipi Kutbu	Amp. Range Amp. Aralığı																		
1	SMAW	E308L	2,5	DC ep	65 - 95	25 - 29	9 - 15																
2	SMAW	E308L	2,5	DC ep	65 - 95	25 - 29	9 - 15																

PREPARED BY

Name : Cem Gürşimşir

Signature

Date : 15.04.2000

WPS no : 4

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION

(1)

Supporting PQR No / Kalifiye eden Test no : 6

Welding Process (es) / Kaynak yöntemi : SMAW

Type Tipi

Manual x

E

Machine

Makina

Semi-Automatic

Yarı otomatik

Automatic

Otomatik

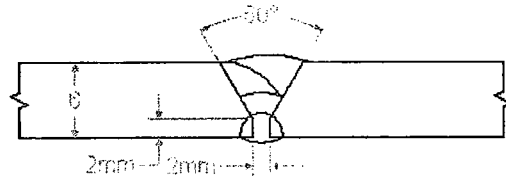
JOINT (QW-402) / BİRLEŞTİRME

Joint Design / Kaynak ağzı şekli : See detail

Backing / Altlık : No backing

Backing Material / Altlık malzemesi : None

DETAILS / BİRLEŞTİRME DETAYI



BASE METALS (QW-403) / ANA MALZEME

P-No: 8 Grup No: 1 to P-No: 8 Grup No: 1

Specification type and grade / Tanımlama tipi ve kalitesi : SA 240 Type 304

Thickness Range / Kalınlık aralığı

Base Metal Groove : 1.58 to 12 mm

Ana malzeme Alın

Fillet : All thickness

Köşe

Pipe Dia. Range Groove : —

Boru çapı aralığı Alın

Fillet : All diameter

Köşe

FILLER METALS (QW-404)

DOLGU MALZEMESİ

SMAW

Spec. No(SFA) / Tanım no

AWS A5.4

AWS No(Class)/Klas no

E 308L

F-No.

5

A-No.

8

Size of Filler Metals

Ø 2.5

Dolgu malzemesinin çapı

Deposited Weld Metal

Kaynak dolgusu

Thickness Range:

Kalınlık aralığı

Groove / Alın

Fillet / Köşe

All Thickness

Electrode-Flux(Class)

Elektrod-Toz Klası

Flux Trade Name

Toz ticari adı

Consumable Insert

İlave dolgu malzemesi

Other / Diğer

PREPARED BY

Name : Cem Gürsünçür

Signature

Date : 15.04.2000

WPS no : 4

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION

(2)

POSITION (QW-405) / POZİSYON Position of Groove : 3G Alın kaynağı pozisyonu Welding Progresion: Vertical Uphill Kaynak ilerleme yönü Position of Fillet: — Köşe kaynağı pozisyonu				POSTWELD HEAT TREATMENT (QW-407) KAYNAK SONRASI ISIL İŞLEM Temperature Range: None Sıcaklık aralığı Time Range: None Zaman aralığı Other / Diğer :																			
PREHEAT(QW-406) / ÖN TAV Preheat Temp./Ön tav sic. : 10°C Interpass Temp./Paso arası sic. : N/A Preheat Maintenance/Öntav sürekliliği N/A				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="text-align: left;">GAS(QW-408)/GAZ</th> <th>Gas</th> <th>Per.Comp.</th> <th>Flow Rate</th> </tr> <tr> <td></td> <td>Gaz</td> <td>% Karışım</td> <td>Debi</td> </tr> <tr> <td>Shielding/Koruma</td> <td>N/A</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>Backing/Kök koruma</td> <td>N/A</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> </table>				GAS(QW-408)/GAZ	Gas	Per.Comp.	Flow Rate		Gaz	% Karışım	Debi	Shielding/Koruma	N/A	—	—	Backing/Kök koruma	N/A	—	—
GAS(QW-408)/GAZ	Gas	Per.Comp.	Flow Rate																				
	Gaz	% Karışım	Debi																				
Shielding/Koruma	N/A	—	—																				
Backing/Kök koruma	N/A	—	—																				
ELECTRICAL CHARACTERISTICS(QW-409) / ELEKTRİKSEL KAREKTERİSTİKLER Current/Akım : DC Polarity/İ (+) Amps(Range)/Amper : 65-95 Volts(Range)/Volt : 25-29 Tungsten Electrode Size and Type/Tungsten elektrodun çapı ve tipi : N/A Electrode Wire feed speed range/Tel sürme hızı aralığı : N/A Mode of Metal Transfer for FCAW/FCAW için ark geçişi : N/A																							
TECHNIQUE(QW-410) /TEKNİK String or Weave Bead / Düz veya dalgalı dikiş : String Bead Initial and Interpass Cleaning / İlk ve pasolar arası temizlik : Grinding and Brushing Method of Back Gouging / Arka taraftan temizleme yöntemi : N/A Contact Tube to Work Distance / Kontak memesi ile iş parçası mesafesi : N/A Multiple or Single Pass / Tek veya çok paso : Single pass Multiple or Single Electrode / Tek veya çok elektrot : Single electrode Travel Speed(Range) / Kaynak hızı aralığı : 9-15 cm/min. Peening / Çekiçleme : None																							
WELDING DETAILS / KAYNAK DETAYLARI																							
Pass no. Paso no	Process Yöntem	Filler Metal Doğru malzemesi		Current Akım		Volts Range Volt Aralığı	Travel Speed (cm/min) Kaynak Hızı	Remarks Notlar															
		Class Klası	Dia. Çap	Type Polarite Tipi	Range Amp. Aralığı																		
1	SMAW	E308L	2,5	DC ep	65 - 95	25 - 29	9 - 15																
2-3	SMAW	E308L	2,5	DC ep	65 - 95	25 - 29	9 - 15																

PREPARED BY

Name : Cem Gürşimşir

Signature

Date : 15.04.2000



RADIOGRAPHY TEST REPORT (COVER SHEET)

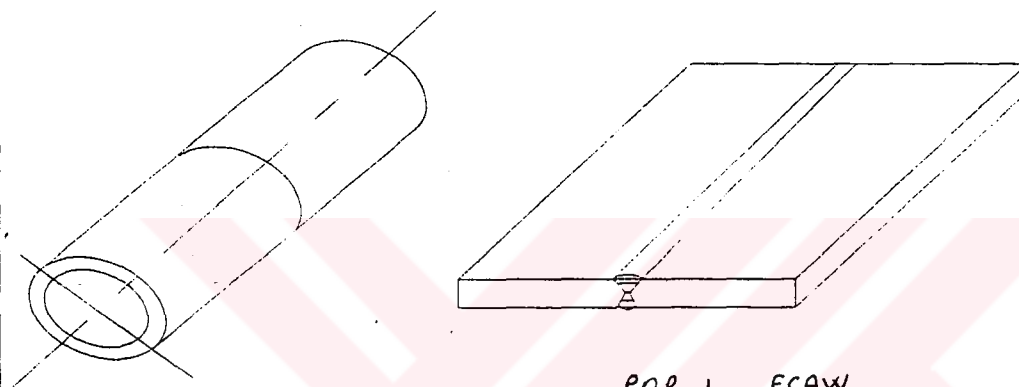
REPORT NO: 00/ 201

JOB NO:

PAGE NO: 1/2

AF-724/3-1

DRAWING NO:	MATERIAL: <u>SS 304 TP 304</u>	WELD. PROCESS: <u>FCAW, SAW, TIG</u>	TEST SCOPE %100
PROCEDURE: QCP-RT-A001	CRITERIA: <u>ASME Sec. VIII</u>		
SKETCH			



PQR 3 4" (SS+SS) TIG
PQR 4 4" (CS+SS) TIG

PQR 1 FCAW
PQR 2 SAW
PQR 5 SMAW (SS+CS)
PQR 6 SMAW (SS+SS)

RADIOGRAPHY TECHNIQUE

THICK	TECH.	KV/CI	mA	Min.	Distance	Film	Folio
6	X	200	5	1	700	D7	Pb
10	X	200	5	3	700	D7	Pb

ABBREVIATIONS FOR EVALUATION

Aa : Gas pores	K : Concavity in root
Ab : Worm Holes	Fd : Film defect
Ba : Slag inclusion	Ob : No indication
Bb : Slag Lines	R : Repair
C : Lack of Fusion	A : Accept
D : Incomplete Penetration	
Ea : Long cracks	
Eb : Transverse cracks	
F : Undercut	

REMARKS:

DATE: 5-6-00

DATE: 5-6-00

DATE:

PREPARED BY: QC Supervisor

APPROVED BY: QC Manager

APPROVED BY:

SIGN:

SIGN:

SIGN:



STRUCTURAL ENGINEER, FABRICATOR
ERECTOR, MECH & ELEC CONTRACTOR

RADIOGRAPHY TEST RECORD

REPORT NO 2000/202

JOB NO :

PAGE NO: 2/7

AF-724/3-2

ITEM NO	DATE	FILM NO	TESTED LENGTH	WELDER POSITION	INDICATION			SENSIVITY		RESULT		EXAMINED BY
					LOCATION	LENGTH	EVALUATE	REQ.	ACT	ACCEPT	REJECT	
1	5-4-00	PQR 1	0-30		-	-	ob	11	12	A	-	H. ARAS
2	"	PQR 2	0-30		-	-	ob	11	12	A	-	"
3	"	PQR 3	4"		-	-	ob	11	12	A	-	"
4	"	PQR 4	4"		-	-	ob	11	12	A	-	"
5	"	PQR 5	0-30		-	-	ob	11	12	A	-	"
6	"	PQR 6	0-30		-	-	ob	11	12	A	-	"
REMARKS :					DATE : 05-24-00				DATE :			
					APPROVED BY : Manager				APPROVED BY :			
					SIGN :				SIGN :			

9. DENEY SONUÇLARI VE İRDELEME

İnşaatı düşünülen 7000 DWT luk, kargo tank bölümleri paslanmaz çelikten olan kimyasal tankerin karşılaştırılması muhtemel kaynaklı bağlantıları saptandı ve bununla ilgili olarak 16 adet kaynak noktasına göre hazırlanan 9 adet WPS 'yi kalifiye etmek üzere 6 adet deney yapılması öngörüldü. Yapılan deneylerin sonucunda rastlanılan verilerin genel olarak pozitif olduğu görüldü. Şimdi yapılan deneylerin sonuçlarını ayrı ayrı inceleyelim ve bu sonuçları göz önüne alarak bir irdeleme yapalım.

1 nolu deneyimde kimyasal tankerlerin paslanmaz elemanları üzerine karbon çeliğinden olan mukavemet elemanlarının kaynağı denendi. Bu tip iki farklı kalite malzemelerin kaynağında teorik olarak, taneler arası korozyona engel olmak amacıyla veya paslanmaz çeliklerin yapısındaki karbon oranının yükseltilmemesi amacıyla, karbon çelik malzemenin paslanmaz çelik ile birleşim yüzeylerine, paslanmaz çelik malzemenin içerdiği Cr ve Ni oranlarından daha yüksek Cr ve Ni içeren elektrodlarla kademeler oluşturulması düşünülmektedir. Bu yöntemin pratikte uygulama zorlukları ve çok yüksek maliyet girdileri oluşturacağı düşüncesiyle böyle bir yöntemi uygulamaksızın, doğrudan paslanmaz çelik üzerine karbon çeliğinin kaynağını gerçekleştirdim. Dolgu teli olarak paslanmaz çeliklerin içerdiği Cr ve Ni oranından daha yüksek kompozisyonda bir elektrod kullanarak kademe oluşturma işlemini doğrudan dolgu teli ile sağlama yoluna gittim.

Deney sonuçlarında da görüldüğü gibi çekme ve bükme testlerinde olumlu sonuçlar alınmış olup, kaynak dikişinin kimyasal kompozisyonunda da spektral analiz sonuçlarında görülen Cr ve Ni oranlarının hesap yoluyla saptanan değerlere çok yakın olduğu görüldü. Dolayısıyla deney ve spektral analiz sonuçlarına göre uygulanan yöntemin, tasarlanan bölgelerde ekonomiklik ve uygulanabilirlik bakımından uygun bir yöntem olduğu sonucuna varılmıştır.

Yapılan ikinci deneyde paslanmaz çeliklerin tozaltı kaynağı ile kaynaklanması işlemi denenmiştir. Bloklar halinde inşaatı düşünülen geminin kargo tankı çeperlerini oluşturacak iç kaplama plakalarının imalatında en uygun yöntem, bu plakaların ilk olarak yer düzlemine paralel bir düzlemde, 1G pozisyonunda tozaltı kaynağı ile kaynak edilmesidir.

Bu sayede yüksek kaynak hızı, yüksek röntgen garantisi ve yüksek dolgu verimliliği sağlanmış olmaktadır. Bu deneyin mekanik sonuçlarının da ana malzemeninki ile aynı sınırlar içerisinde olması, bu kaynak yönteminin uygulanabilmesi mümkün olan her yerde kullanılabilmesi önerimi doğrulamıştır.

Kimyasal kompozisyonun incelenmesi açısından bakıldığında, tozaltı kaynak yönteminin derin nüfuziyetli bir kaynak yöntemi olması nedeniyle ergimenin %50 ila %80 arasında olacağı düşüncesiyle hesap edilen ana elementlerin oranlarının daha yüksek olacağı hesap yoluyla saptanmasına karşın, bu kaynak yönteminin çok yüksek hızlarda uygulanabilmesinden dolayı ergimenin %44 veya 45 gibi değerlerde olduğu makroyapı incelemelerinde görülmüş olup, spektral analiz sonuçlarında da ana malzemenin kimyasal kompozisyonuyla uyum içinde olduğu gözlenmiştir. Bu nedenle tozaltı kaynağının bu tip uygulamalarda ekonomik olduğu kadar sağlıklı da bir yöntem olduğu saptanmıştır.

3 ve 4 nolu deneyler gemi borulama sistemlerinin kaynaklı birleşimlerinde karşılaşılan durumlarla ilgili deneyler olup ; iki paslanmaz borunun alın kaynağını, paslanmaz borunun karbon çeliği flanşa köşe kaynağıyla bağlanmasını, paslanmaz çelik malzemeli tank üzerinden yine paslanmaz çelik malzemeli bir nozül ile çıkış alma durumlarında TIG yöntemini ve bir paslanmaz çelik boru ile bir karbon çeliği borunun flanş kullanmaksızın alın kaynağı yöntemi ile bağlanması durumlarını kalifiye etmektedir.

Boruların uc uca bağlanmasında kullanılan yöntemlerden biri boruların butt weld ile uc uca kaynaklanması, diğeri ise boruların flanşla bağlanmasıdır. Tersanelerde, uygulamada aynı kalitede boruların bağlanmasında kaynak işlemi ; biryerlerden çıkış alınması, vana bağlanması ve farklı kalitede boruların bağlanması durumlarında da flanşlı bağlantı işlemi tercih edilmektedir. Özellikle paslanmaz çelik borunun karbon çeliği boruya bağlantısı, krom karbür çökmesi ve taneler arası korozyon riskine sebebiyet vermemek için flanşlı olmaktadır.

Gemilerde borulama sistemlerinin kaynağında TIG kaynağının kullanılmasının kaçınılmaz olduğunu belirtmiştik. 3 nolu deneyimiz olan iki paslanmaz borunun alın kaynağı ile

bağlanması işleminde, TIG kaynağı ile gerek dikiş temizliği, gerekse mekanik muayeneler sonucunda mükemmel sonuçlar alınmıştır.

Paslanmaz çelikler yüksek akma ve kopma mukavemetleri nedeniyle daha ince et kalınlıklarına sahiptirler. Paslanmaz çeliklerin korozyona dirençleri fazla olmakla birlikte ısı iletkenliklerinin çok düşük olması nedeniyle kaynak zorlukları vardır. Bu nedenle TIG tercih edilen kaynak yöntemidir. TIG yönteminin tercih edilmesinin diğer sebebi kök pasolarının iç yüzeyden de Ar ile korunmaları nedeniyle dikiş iç yüzeylerinin çok düzgün olması ve ekstra bir temizlik işlemi gerektirmemesidir.

Dikişin kimyasal kompozisyonu da incelendiğinde spektral analiz sonuçlarının hesap yoluyla saptanan değerlere çok yakın olduğu görülmüştür. Yalnızca C oranında spektral analizde bir miktar fazlalık olduğu görülmektedir. Fakat spektral analizin C ve S üzerinde çok sağlıklı sonuçlar vermediği ancak bu elementler hakkında sağlıklı bilginin Leco Analizler sonucunda alınabileceği bilinmektedir. 3 nolu deneyde analizden elde edilen C değerinin, spektral analiz hata sınırları içerisinde olduğunu düşündüğüm için leco analiz yapılması gerekli görülmemiştir.

Ayrıca spektral analiz sonuçlarında 3 nolu deney için Ni oranında da bir fazlalık olduğu görülmektedir. Ancak kaynak alanları dar olan bölgelerde analiz pek sağlıklı olmamaktadır. Geniş alanlı kaynaklarda daha iyi spektral analiz alınır. Ni deki bu sapma da kaynak alanının dar olmasından kaynaklanan hata sınırları içersindedir. Zira esas metaldeki Ni oranı %8,25, dolgu telindeki ise %9,9 dur. TIG kaynak yöntemiyle yapılan kaynak işleminden sonra kaynak dikişinde %13 gibi bir Ni oranına rastlanması imkanı yoktur. Çünkü Ar gazı kaynak banyosu içersinde nőtür bir eriyik yaratmaktadır. Bu nedenle yanma ve ilaveler olması söz konusu olmadığından kimyasal kompozisyonlarda da bir bir değişiklik olmayacağı düşüncesinden ötürü, bunun spektral analizden kaynaklanan bir hata olduğu kanaatine varıldı. Kimyasal analiz sonuçları da borularda en uygun kaynak yönteminin TIG kaynağı olduğunu göstermiştir.

4 nolu deneyimiz olan paslanmaz çelik borunun karbon çeliği boruya kaynağı işleminde yine TIG kaynağı uygulanmıştır. Paslanmaz çeliğin karbon çeliğe slip on flanşla bağlantısı

incelendiğinde, bir bağlantı için toplam 4 çepçevre köşe kaynağı, 2 adet de slip on flanş gerekmektedir. Flanşlar boyunlu seçildiği takdirde 2 çepçevre kaynak, ancak alın kaynağı söz konusu olmaktadır. Bu tür işlemlerde ekonomikliğe de önem verdiğimiz için, paslanmaz çeliğin doğrudan karbon çeliğine kaynağının denenmesi üzerinde çalışılmıştır.

Deney sonuçları bu iki ayrı kalitede borunun TIG kaynağı ile kaynatılmasının iyi sonuçlar vereceğini göstermiştir. Mekanik testlerden alınan sonuçlar kaynak dikişinden alınan değerlerin ana malzemeye aynı olduğunu göstermektedir. Kimyasal kompozisyonlarına da bakıldığında küçük bir miktar C fazlalığı görülmektedir. Ancak bu değer spektral analiz hata sınırları içersindedir. Cr oranının da hesapla saptanan değer bir miktar altında olduğu görülmektedir. Ancak ; hesap yoluyla elde edilen değerler olsun, spektral analiz ile elde edilen değerler olsun yüzde yüz kesin sonuçlar vermeyeceği durumu ve bir miktar Cr'un kromkarbür oluşturmalarının kaçınılmazlığı hesaba katıldığında, bu fark ihmal edilecek kadar azdır.

Paslanmaz çelik boru ile karbon çeliği borunun yüksek Cr ve Ni ihtiva eden dolgu malzemesiyle ve belirtilen kaynak yöntemiyle kaynak edilmesinin doğru bir uygulama olacağını deney sonuçlarıyla beraber spektral analiz sonuçları da göstermiştir. Spektral analizde Cr oranında görülen azalma kromkarbür çökmesi olmasını düşünmemizi sağlasa da bu azalmanın çok az olması, hata sınırları içersinde ihmal dahi edilebilecek düzeyde olması ve kromkarbür çökmesi oluşacağı varsayılan bölgedeki krom azalmasının tank dışında korozi olmayan bölgede olması, bu yöntemin uygulanmasında hiçbir sakınca olmayacağını göstermektedir.

5 ve 6 nolu deneyler, seksiyonların blokhaneden kızak üstüne alınması ve kızakta çatım yapılması durumunda karşılaşılan kaynak işlemlerini kalifiye etmektedir. Atölye imkanlarımızı kullanamayacağımız durumlarda yani imalatı bitmiş seksiyonların kızak üzerinde birleştirilmesi esnasında atmosferik ortamdan en az etkilenen kaynak yöntemi olması açısından kullanılması zorunlu olan elektrod kaynağının denenmesini kapsamaktadır.

Kızak üzerinde seksiyonların birleştirilmesi esnasında paslanmaz çelik olan double bottom sacının karbon çeliği olan gemi yan bloğu dış kaplama sacına kaynaklı bağlanması bir konstrüktif zorunluluk olmaktadır. Aynı şekilde bir konstrüktif zorunluluk yine paslanmaz çelik olan güverte seksiyonunun yan duvarlara kaynaklı bağlantısında da söz konusudur. Bu tip durumlarda açık atmosferden en az etkilenen ve kızak üzeri birleştirilmede vazgeçilmez kaynak yöntemi olan elektrod kaynağı kullanılmıştır.

5 ve 6 nolu deneylerin mekanik sonuçlarının memnun edici olduğu görülmüştür. Kimyasal kompozisyonları olarak değerlendirildiğinde de 6 nolu deneyin spektral analizindeki C oranı fazlalığı dışında rahatsız edici bir durumun olmadığı görülmüştür. C oranındaki bu fazlalık yine spektral analiz hata sınırları içersindedir.

Konstrüktif zorunluluklar nedeniyle uyguladığımız elektrod kaynak yöntemi ile paslanmaz çeliğin karbon çeliğine bağlandığı kaynak noktalarında, ortamın korozi olmamasından dolayı krom azalması ve taneler arası korozyon gibi problemlerin varlığı bir sorun teşkil etmemektedir. Bu bölgelerdeki kaynak noktalarından beklenen mekanik özelliklerin sağlanmasıdır. Deney sonuçları bu kaynak noktalarının bekleneni verdiğini göstermektedir.

Blokların kızak üzerinde birleştirilmesi esnasında kargo tank bölümleri içersinde paslanmaz çelik malzemelerin yine paslanmaz çelik üzerine kaynağı söz konusu olmaktadır. Bunlara örnek ondüle perdelerin iç dip sacına kaynağı ve de yan duvarların tankı oluşturan paslanmaz iç kaplama sacının yine iç dip sacına kaynağıdır. Kızak üzerindeki bu tip birleştirme işlemleri yine elektrod kaynağı ile yapılmaktadır.

6 nolu deneyimiz bu tip kaynak yöntemi ile kaynaklanan paslanmaz çelikleri kontrol etmektedir. Mekanik testler sonucunda kaynak dikişinden, paslanmaz çelik malzemedan alınan mekanik özellikler çerçevesinde sonuçlar alındığı görülmüştür. Kızak üzerinde çok zor konstrüksiyon durumlarında dahi kullanılabilen ve açık atmosferden en az etkilenen bu kaynak yönteminin deney sonuçları itibariyle de belirtilen durumlarda kullanılmasında bir sakınca görülmemektedir.

10. GENEL SONUÇLAR

Kimyasal madde taşımacılığının deniz yoluyla yapılmaya başlanmasıyla gemi inşaa sektörüne de kendini kabul ettiren paslanmaz çeliklerin, kaynak edilmelerindeki zorluklar ve kaynaklanmasında ortaya çıkan problemler de gözardı edilmeden, kullanımları çalışmamızda incelenmiş olunmuştur. Bir kimyasal tankerin tersanede inşaa edilmesi esnasında paslanmaz çelik malzemelerde karşılaşılabilecek bütün kaynak noktaları saptanmıştır. Belirlenen bu noktalara uygulanabilecek en uygun kaynak yöntemleri, zamandan tasarruf ve ekonomiklik parametrelerini de göz önünde bulundurarak seçilmiş ve seçilen bu yöntemle yapılan kaynak sonrasında oluşabilecek problemler incelenmiştir.

Gemi inşasına paslanmaz çeliğin girmesi maliyet girdilerinin yüksek oranlarda artmasını sağlamıştır. Bu sebeble, en ekonomik yöntemle gemiyi inşaa edebilmek için çalışmalar yapılmıştır. Paslanmaz çeliğin karbon çeliğe nazaran yaklaşık 10 kat daha pahalı olması, maliyet girdilerini azaltmak açısından, bizi birtakım yerlerde paslanmaz çelik yerine karbon çeliği kullanmaya itmiştir. Bu da paslanmaz çelik ile karbon çeliğinin kaynatılması gibi problem yaratabilecek durumları karşımıza çıkarmıştır.

Sonuç olarak maliyeti düşürmek için paslanmaz çelik yerine karbon çeliği kullanmayı tercih ettiğim yerler başında, paslanmaz çelik olan kargo tanklarını oluşturan plakalar üzerine kaynakla bağlı karbon çeliği mukavemet elemanları gelmektedir. Bu iki farklı malzemenin birleşim yerlerine kademe pasolarının çekilmesinin, kaynakta olumlu sonuçlar vereceğinin yanısıra böyle bir uygulamanın kaynak maliyetlerini aşırı şekilde yükseltmesi sebebiyle, yüksek Cr ve Ni ihtiva eden elektrodlar kullanmak suretiyle doğrudan kaynak işlemi gerçekleştirilmiş ve çok iyi sonuçlar alınmıştır.

Dış ortamı korozyif olmayan ancak içinden korozyif madde geçen boruların flanşla bağlanmasında, karbon çeliği A105 slip on flanş seçilmiş ve bu flanşlar paslanmaz boru üzerine içten ve dıştan olmak üzere köşe kaynağıyla kaynatılmıştır. Kaynakta hiçbir probleme rastlanılmamış ve çok iyi sonuçlar alınmıştır.

Kargo tankı içersinden geçen, dış yüzeyi korozif olmasına karşın boru içersinden geçen akışkanın korozif olmaması gibi durumlarda, korozif ortamdan dışarıya çıkan borulama sistemlerinde, içerden gelen paslanmaz borunun tank dışında da devam etmesi hiç de ekonomik bir yöntem değildir. Böyle durumlarda flanş kullanmak suretiyle karbon çeliği boru bağlantısı yapılmaktadır. Ancak bu durumun, hem uygulanacak kaynak sayısını arttırması hem de flanş gerektirmesi, beni daha ekonomik yol olan paslanmaz borunun karbon çeliği boruya doğrudan kaynatılması işlemini denemeye itmiştir. Bu ekonomik yolun uygulanmasında da hiçbir sakıncanın olmayacağı sonucuna varılmıştır.

Karşılaşılan kaynak noktalarında hangi kaynak yönteminin seçileceği de hem ekonomiklik, hem zaman tasarrufu hem de kaynakta en iyi sonucun alınması açısından önemli bir karar teşkil etmektedir. Büyük plakaların hiçbir konstrüktif zorluk olmaksızın yanyana konup kaynatılmasında en uygun yöntemin, tam otomatik yollarla yapılabilmesi, kaynak hızının çok yüksek olabilmesi ve çok iyi kaynak sonuçları verebilmesi açısından tozaltı kaynağı olduğu ve belirtilen şartlar oluştuğunda mutlaka tercih edilen yöntem olması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Diğer taraftan gemi çok fazla konstrüktif zorlukları olan bir yapıdır. Bu tip bölgelerde imalatın blokhanelerde yapıldığı, yani açık atmosferin koruyucu gazı etkileyemeyeceği yerlerde, hem yarı otomatik yöntem olması, hem hızlı kaynak yapılabilmesi hem de çok zor pozisyonlarda dahi uygulanabilir olması sebebiyle en uygun yöntemin özlü gazaltı kaynağı yöntemi olduğu saptanmıştır. Alınan deney sonuçları itibariyle de bu yöntem belirtilen durumlarda çok iyidir.

Paslanmaz boru kaynaklarında da TIG kaynağının en uygun yöntem olduğu ortaya çıkmıştır. Çok kontrollü kaynak yapılabilmesi sebebiyle boru iç yüzeyinde çok düzgün bir dikiş eldesi sağlanmakta ve ilave temizlik masrafı gereksinimini ortadan kaldırmaktadır. Özlü gazaltı kaynağına oranla daha yavaş bir yöntem olmasına karşın yüksek dikiş kalitesi nedeniyle paslanmaz borularda kullanımı kaçınılmazdır.

Kızak üzerinde yapılan montaj ve imalatlarda, çok zor pozisyonlarda dahi kolaylıkla uygulanabilmesi ve de açık atmosferden en az etkilenen kaynak yöntemi olması açısından elektrod kaynağının kullanılması kaçınılmazdır. Kaynak veriminin düşük olmasına ve de diğer yöntemlere nazaran daha düşük kaynak kalitesi vermesine karşın, belirtilen husularda kullanılmasında bir problem oluşturmayacağı deneylerden alınan bir sonuçtur.

Bütün bu belirtilen hususlar doğrultusunda bünyesinde paslanmaz çelik bulunduran kimyasal tankerin inşasında en ekonomik ve ekonomikliğinin yanında en sağlıklı yöntemler seçilmeye çalışılmış ve bu çerçevede yapılan incelemelerle belirtilen sonuçlar alınmıştır.



KAYNAKLAR

1. Anık, S. (1962), Koruyucu Gazla Kaynak, İTÜ Yayını, Sayı:486, İstanbul
2. Anık, S. (1975), Kaynak Tekniği-Çeliklerin Kaynak Kabiliyeti-Cilt 3, İTÜ Yayını, Sayı:1030, İstanbul
3. Anık, S. (1983), Kaynak Teknolojisi El Kitabı, Ergör Matbaası, İstanbul
4. Anık, S. , Anık, E. S. ve Vural, M. (1993), 1000 Soruda Kaynak Teknolojisi El Kitabı-Cilt 1, Birsen Yayınevi, İstanbul
5. Anık, S. , Anık, E. S. ve Vural, M. (1993), 1000 Soruda Kaynak Teknolojisi El Kitabı-Cilt 2, Birsen Yayınevi, İstanbul
6. Barley, L. J. (1998), "The Key to Welding Corrosion-Resistant Austenitic Stainless Steels", Welding Journal, Volume 77, No. 11, November 1998:57-61
7. Degarmo, E. P. , Black, J. T. ve Kohser, R. A. (1997), Materials and Processes in Manufacturing, Prentice-Hall International, Inc. Simon & Schuster / A Viacom Company Upper Saddle River, New Jersey
8. Ginn, B. J. ve Gooch, T. G. (1998), "Toughness of 12% Cr Ferritic/Martensitic Steel Welds Produced by Non-Arc Welding Processes", Welding Journal, Volume 77, No. 8, August 1998:341-349
9. Irving, B. (1998), "Dual Arc Welding Speeds Production of Stainless Tanks", Welding Journal, Volume 77, No. 11, November 1998:21
10. Irving, B. (1998), "Why Corrosion-Resistant Alloys Are Worth Investment", Welding Journal, Volume 77, No. 11, November 1998:33-39
11. Kaluç, E. ve Tülbentçi, K. (1995), "Paslanmaz Çelikler ve Kaynaklanabilirliği",Seminer Notları, Kocaeli Üniversitesi Kaynak Teknolojisi Araştırma, Eğitim ve Uygulama Merkezi, 13-14-15 Haziran 1995, Kocaeli
12. Karaduman, F. (1998), "Dupleks ve Süper Dupleks Paslanmaz Çeliklerin Kaynağı", Metal ve Kaynak, 1998:42-45
13. Konosu, S. , Hashimoto, A. , Mashiba, H. , Takeshima, M. ve Ohtsuka, T. (1998), "Creep Crack Growth Properties of Type 308 Austenitic Stainless Steel Weld Metals", Welding Journal, Volume 77, No. 8, August 1998:322-327
14. Kotecki, D. (1998), "Ensuring the Stamina of Stainless Steel", Welding Journal, Volume 77, No. 11, November 1998:41-45

15. Mee, V. D. , Meelker, H. ve Schelde, R. (1999), "How to Control Hydrogen Level in Super Duplex Stainless Steel Weldments Using the GTAW or GMAW Process", Welding Journal, Volume 78, No. 1, January 1999:7-14
16. Mersereau, C. (1998), "How to Get Top-Notch Resistance Welds with 300 Series Stainless Steel", Welding Journal, Volume 77, No. 11, November 1998:49-51
17. Mimura, H. , Taniguchi, T. , Horii, Y. , Kume, R. ve Uesugi, N. (1998), "Thermal Embrittlement of Simulated Heat-Affected Cast Austenitic Stainless Steels", Welding Journal, Volume 77, No. 8, August 1998:350-359
18. Odabaşı, C. (1997), "Ostenitik Çeliklerin Genel Özellikleri", Metal ve Kaynak, 1997:28-31
19. Robino, C. V. , Michael, J. R. ve Maguire M. C. (1998), "The Solidification and Weldin Metallurgy of Gallium-Resistant Stainless Steels", Welding Journal, Volume 77, No. 11, November 1998:446-457
20. Savcı, M. (1987), Gemi ve Deniz Yapılarında Levhalar ve Silindirik Kabuklar, İTÜ Yayını, Sayı: 13, İstanbul
21. Topbaş, M. A. (1993), Endüstri Malzemeleri-Cilt 1, Prestij Basım, İstanbul
22. Tülbentçi, K. (1989), "Malzemelerin Kaynak Kabiliyeti", GH Kaynak Dünyası, Kasım 1989:9-11
23. Tülbentçi, K. (1998), MIG/MAG Gazaltı Kaynak Yöntemi, REM Matbaacılık, İstanbul
24. Yüksel, M. , Can, H. ve König, R. (1999), "Paslanmaz Çeliklerin Kaynak Sonrası Yapıları", Kaynak Teknolojisi II. Ulusal Kongresi, 12-13 Kasım 1999, Ankara, 41-52
25. "Fine Lines Distinguish Chemical Tanker" , The Motor Ship, November 1991
26. Türk Loydu (1993), Çelik Gemileri Klaslama Kuralları - Cilt A - Kısım 1 - Tekne Yapım Kuralları,
27. Türk Loydu (1992), Çelik Gemileri Klaslama Kuralları - Cilt A - Kısım 2 - Malzeme Kuralları,
28. Class Nippon Kaiji Kyokai (1997), Guidance for the Survey and Construction of Steel Ships,
29. Lloyd's Register of Shipping, Application of Stainless Steel in Chemical Tanker Hull Construction,
30. Avesta Sheffield Catalogue (1996), Avesta Sheffield Stainless Steel Plates for Chemical Tankers,

31. Avesta Sheffield Catalogue (1996), Duplex Grade Avesta Sheffield 2205,
32. Fafer Catalogue (1996), Fafer 4462 Duplex Steel Grade,
33. Gültekin, N. (1998), "Kaynak Metalurjisi", Ders notları, İstanbul
34. ASME Codes & Standards (1996), ASME Boiler & Pressure Vessel Code, Welding and Brazing Qualifications, New York



ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	23.08.1975	
Doğum yeri	Gemlik	
Orta	1986 – 1990	Özel İhsan Çizakça Lisesi
Lise	1990 – 1993	Gemlik Lisesi
Lisans	1993 – 1997	Yıldız Teknik Üniversitesi Makina Fakültesi Gemi İnşaatı Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	1997 – 2000	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gemi İnşaatı Mühendisliği Anabilim Dalı
Çalıştığı kurum	1997 – 2000	ÇİMTAŞ Çelik İmalat Montaj ve Tesisat A.Ş.