

**KAYNAKLI ÇELİK YAPILARIN TASARIMI VE  
TASARIMIN KALİTEYE ETKİSİ**

**Mürsel TAŞÇI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
ENDÜSTRİYEL TEKNOLOJİ EĞİTİMİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**EYLÜL 2008**

**ANKARA**

Mürsel TAŞÇI tarafından hazırlanan KAYNAKLI ÇELİK YAPILARIN TASARIMI VE TASARIMIN KALİTEYE ETKİSİ adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç.Dr.İbrahim ERTÜRK  
Tez Danışmanı, End. Tek. Eğt. Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Endüstriyel Teknoloji Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. Behçet GÜLENÇ  
Metal Eğitimi Anabilim Dalı /Gazi Üniv.

Yrd. Doç.Dr.İbrahim ERTÜRK  
End. Tek. Eğt. Anabilim Dalı / Gazi Üniv.

Yrd. Doç Dr. Adnan AKKURT  
End. Tek. Eğt. Anabilim Dalı /Gazi Üniv.

Tarih: 10/09/2008

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Nermin ERTAN  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## **TEZ BİLDİRİMİ**

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Mürsel TAŞCI

# KAYNAKLI ÇELİK YAPILARIN TASARIMI VE TASARIMIN KALİTEYE ETKİSİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Mürsel TAŞÇI

GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Eylül 2008

## ÖZET

Kaynaklı çelik yapılar oluşturulurken diğer üretim yöntemlerinde olduğu gibi bir süreç geçer. Bu süreç esnasında yapılan tercihler kaynaklı yapının tasarımı kapsamında ele alınır. Süreç sonucunda ortaya çıkan yapının kalitesi yapının amaca uygunluğu ile ölçülür. Amaca uygun bir yapının oluşması için üretim süreci iyi yapılandırılmalıdır. Bunun için de üretim sürecini oluşturan kaynak yöntemi, kaynak geometrisi ve malzeme türü göz önüne alınarak muhtemel çözümler arasından en uygun tasarımın seçilmesi gerekmektedir. Aksi halde yapının tamamından vazgeçilmesi veya düzeltilmesi gerekecektir ki, her iki durumda da yapı normal maliyetinin üzerinde harcamaya neden olacaktır. Bu çalışmada, kaynaklı yapıyı oluşturma sürecindeki öğeler ve öğelerdeki alternatifler araştırılmış kaliteli bir yapının oluşması için bu sürecin nasıl tasarlanması gerektiği ortaya konulmuştur.

Bilim Kodu : 705. 3.019  
Anahtar Kelimeler : kaynak, konstrüksiyon, tasarım, kalite  
Sayfa Adedi : 114  
Tez Yöneticisi : Yrd. Doç.Dr. İbrahim ERTÜRK

**DESIGN OF WELDED STEEL CONSTRUCTION AND EFFECT OF  
DESIGN ON WELDING QUALITY**

**(M.Sc. Thesis)**

**Mürsel TAŞCI**

**GAZİ UNIVERSITY  
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

**September 2008**

**ABSTRACT**

While welding steel construction are being formed, a process passes as in the other production methods. Choices made in that process are considered on design of welding construction. The quality of construction occurred at the end of process is evaluated by the suitability of construction. For forming a suitable construction, production process is constructed well. It is essential to take care to the welding method, the welding geometry and kinds of material. In the light of these knowledge, it is important to choose the best suitable design among the probable solutions. Otherwise the whole construction will be given up or be repaired. In each situations, the cost of the construction will be over the normal spending. In this study, the components on the process of forming welding construction and alternatives of components are researched and it is brought up that it is essential how the process is designed in order to constitute a quality construction.

**Science Code : 705. 3.019**  
**Key Words : welding, construction, design, quality**  
**Page Number : 114**  
**Adviser :Asist. Prof.Dr. İbrahim ERTÜRK**

## TEŞEKKÜR

Çalıőmalarım boyunca bana desteklerini hiç esirgemeyen aileme, yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren ve tecrübelerinden faydalandığım değerli hocalarım Yrd.Doç. Dr. İbrahim ERTÜRK ve Yrd. Doç. Dr. Behçet GÜLENÇ'e teşekkürü bir borç bilirim.

## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
ÖZET .....	IV
ABSTRACT .....	V
TEŞEKKÜR .....	VI
İÇİNDEKİLER .....	VII
ŞEKİLLERİN LİSTESİ .....	X
ÇİZELGELERİN LİSTESİ .....	XIV
SİMGELER VE KISALTMALAR .....	XV
1. GİRİŞ .....	1
2. KAYNAĞIN TANIMI VE SINIFLANDIRILMASI .....	4
2.1. Kaynağın Tanımı .....	4
2.2. Kaynak Bağlantılarının Sınıflandırılması .....	4
2.2.1. Metal kaynağı yöntemleri .....	4
2.2.2. Kaynaklı yapıların oluşturulmasında kullanılan ergitme kaynak yöntemleri .....	6
3. KAYNAKLI YAPILARDA KALİTE .....	18
3.1. Genel Kalite Tanımı .....	18
3.2. Kaynaklı Yapılarda Kalite Şartları Ve Kalite Seviyeleri .....	18
3.2.1. Kaynaklı yapılarda kalite şartlarının belirlenmesi .....	18
3.2.2. Kaynaklı yapılarda kalite seviyesinin tespiti .....	19
3.2.3. Örnek bir kaynaklı bağlantının kalite derecesinin belirlenmesi .....	23
3.3. Kaynaklı Yapının Kalitesini Etkileyen Faktörler .....	26
3.3.1. Kaynak parametrelerinin kaynak kalitesine etkisi .....	28

**Sayfa**

3.3.2. Kaynak yöntemlerinin kaliteye etkisi .....	33
4. KAYNAKLI YAPILARIN TASARIMI.....	37
4.1. Kaynaklı Yapıların Tasarımında Genel Esaslar .....	37
4.1.1. Kaynaklı yapılarda birleştirme esasları .....	38
4.1.2. Kaynaklı imalatta uygulanan yapı tipleri .....	55
4.1.3. Kaynaklı yapılarda birleştirme türleri .....	58
4.2. Malzemeye Uygun Kaynak Tasarımı.....	60
4.2.1. Malzemelerin kaynak kabiliyeti ve tasarıma etkisi .....	60
4.2.2. Çeliğin üretim şekli ve tasarıma etkisi .....	68
4.2.3. Soğuk şekil değiştirmiş parçaların kaynak tasarımı.....	68
4.2.4. Isıl işlem görmüş parçalarda kaynak işlemi .....	69
4.2.5. Kaplı malzemelerde kaynak işlemi .....	70
4.2.6. Farklı malzemelerin kaynağında kaynak tasarımı .....	71
4.2.7. Uygun kaynak ağzı tasarımının hazırlanması .....	72
4.3. İmalata Uygun Kaynak Tasarımı .....	79
4.3.1. Kaynaktan sonra ısıl işlem görecekt parçaların kaynak tasarımı .....	81
4.3.2. Kaynaktan sonra talaşlı imalata tabi tutulacak parçalarda kaynak tasarımı .....	82
4.3.3. Birleşik konstrüksiyonlarda kaynak tasarımı .....	82
4.3.4. Kaynak yöntemlerine göre kaynak tasarımı.....	83
5. TASARIMIN KAYNAK KALİTESİNE ETKİSİ .....	85
5.1. Kaynaklı Yapılarda Kalitenin Gerekliği .....	85
5.2. Kaynaklı Yapılarda Kalitenin Sağlanması .....	85



**Sayfa**

6. TARTIŞMA .....	89
6.1. Kaynaklı Çelik Yapılarda Kalite Kavramının Tartışılması.....	89
6.2. Kaynak Yöntemlerinin Kaynak Kalitesine Etkisinin Tartışılması.....	90
6.3. Kaynakçının ve Kaynak Prosedürünün Kaynak Kalitesine Etkisinin Tartışılması .....	91
6.4. Malzemenin Kaynak Kalitesine Etkisinin Tartışılması.....	92
6.5. Tasarımın Kaynak Kalitesine Etkisinin Tartışılması .....	93
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	95
7.1. Sonuçlar .....	95
7.2. Öneriler .....	97
KAYNAKLAR .....	100
EKLER.....	103
EK-1 Kaynak Talimatı (WPS) Örneği .....	104
EK-2 Kaynakta kalite çek listesi .....	105
EK-3 TS EN ISO 5817 Standardı ön kapağı.....	106
EK-4 TS EN ISO 3834-1 Standardı ön kapağı .....	107
EK-5 TS EN ISO 3834-2 Standardı ön kapağı .....	108
EK-6 TS EN ISO 3834-3 Standardı ön kapağı .....	109
EK-7 TS EN ISO 9692-1 Standardı ön kapağı .....	110
EK-8 TS EN ISO 9692-2 Standardı ön kapağı .....	111
EK-9 ISO 3834-2, ISO 3834-3, veya ISO 3834-4'ün seçimindeki yardımcı kriterler .....	112
ÖZGEÇMİŞ .....	114

**ŞEKİLLERİN LİSTESİ**

<b>Şekil</b>	<b>Sayfa</b>
Şekil.2.1. Çelik yapıların kaynağında kullanılan kaynak yöntemleri .....	5
Şekil 2.2. Oksi-asetilen kaynağının yapılış şeması .....	7
Şekil 2.3. İki karbon elektrod arasında oluşturulan arkın görünüşü. ....	8
Şekil 2.4. Kaynak devresinde ark oluşumu. ....	9
Şekil 2.5. Tozaltı kaynak donanımı (şematik) .....	10
Şekil 2.6. TIG kaynak yöntemi prensip şeması.....	12
Şekil 2.7. MIG – MAG kaynak yöntemi donanımı prensip şeması.....	13
Şekil 2.8. Elektron ışın kaynağı çalışma prensibi (şematik). ....	14
Şekil 2.9. Elektron ışın kaynağında bindirme kaynağı. ....	15
Şekil 2.10.Lazer kaynak yöntemi prensip şeması(şematik). ....	16
Şekil 2.11.Lazer kaynağında alın kaynağı. ....	16
Şekil.2.12.Plazma arkı oluşturma yöntemleri .....	17
Şekil 3.1. Köşe kaynağında aşırı dış bükeylik kusuru. ....	24
Şekil 3.2. Kaynak kalitesine etki eden faktörler .....	27
Şekil 3.3. Kaynak parametrelerinin kaynak kalitesine etkisi .....	30
Şekil 3.4. Çeşitli kaynak yöntemlerinde ısı güç yoğunluğu.....	35
Şekil 4.1. Çekme kuvveti ile zorlanan alın kaynağı. ....	40
Şekil 4.2. Eğilme momenti ile zorlanan alın kaynağı .....	40
Şekil 4.3. Eğilme ve kesme gerilmesi ile zorlanan alın kaynağı.....	41
Şekil 4.4. Çekme kuvveti ile zorlanan yan köşe kaynağı.....	42
Şekil 4.5.Eğilme momenti ile zorlanan elemanlar. ....	43

<b>Şekil</b>	<b>Sayfa</b>
Şekil 4.6.Moment ve kesme ile zorlanan paralel kaynak .....	44
Şekil 4.7.Çekme kuvveti ile zorlanan bindirme kaynağı .....	45
Şekil 4.8. Moment ile zorlanan alın köşe kaynağı .....	45
Şekil 4.9. Çekme kuvveti ve moment ile zorlanan alın köşe kaynağı .....	46
Şekil 4.10. Zorlanma durumuna göre kaynak dikişlerinin yeri .....	48
Şekil 4.11. Dikiş Kökü-Çekme gerilmesi ilişkisi.....	49
Şekil 4.12. Kuvvet akis çizgileri (alın ve bindirme kaynağında) .....	49
Şekil 4.13. Kuvvet akış çizgileri (köşe dikişlerinde) .....	50
Şekil 4.14. Kaynak yerinde parça kalınlıkları.....	50
Şekil 4.15. Çapraz dikişlerin uygulanması .....	51
Şekil 4.16. Kazan konstrüksiyonunda çapraz dikişler .....	51
Şekil 4.17. Kaynak dikişi – çentik etkisi ilişkisi .....	52
Şekil 4.18. Tasarlanan kaynaklı yapının tamir ve bakıma uygunluğu .....	53
Şekil 4.19. Kaynak dikişlerinde meydana gelen distorsiyon türleri.....	54
Şekil 4.20. Levhalı yapı tiplerine çeşitli örnekler .....	56
Şekil 4.21. Kafes yapı sistemlerine çeşitli örnekler.....	56
Şekil 4.22. Hafif yapı tiplerine çeşitli örnekler .....	57
Şekil 4.23. Depolama yapı tipine örnek silindirik yatay bir depolama tankı .....	57
Şekil 4.24. Elektrik ark kaynağı alın birleştirme. ....	58
Şekil 4.25. Elektrik ark kaynağı iç köşe kaynağı birleştirme.....	59
Şekil 4.26. Elektrik ark kaynağı dış köşe kaynağı birleştirme.....	59
Şekil 4.27. Elektrik Ark Kaynağında Bindirme Birleştirme .....	59

<b>Şekil</b>	<b>Sayfa</b>
Şekil 4.28. Malzeme çeşidinin kaynak yapısına etkisi .....	60
Şekil 4.29. Kaynak kabiliyetini etkileyen faktörler .....	63
Şekil 4.30. Genel yapı çeliklerinin kaynak olabilme kabiliyeti .....	67
Şekil 4.31. Gazlı alınmadan dökülen çeliklerde segregasyon bölgeleri .....	68
Şekil 4.32. Hadde profillerinin kaynağı .....	68
Şekil 4.33. Soğuk şekil değiştirmiş parçalarda kaynak dikişinin yeri .....	69
Şekil 4.34. Sertleştirilmiş iki kasmağın birbirine kaynağı .....	70
Şekil 4.35. Kaplı çeliklere ait çeşitli birleştirme örnekleri.....	71
Şekil 4.36. Patlamalı kaynağa ait farklı malzemelerin kaynağına ait örnekler. ....	72
Şekil 4.37. Kıvrık alın kaynağına hazırlık .....	74
Şekil 4.38. Küt alın kaynağına hazırlık .....	74
Şekil 4.39. V kaynak ağzı .....	74
Şekil 4.40. X kaynak ağzı .....	75
Şekil 4.41. U kaynak ağzı .....	75
Şekil 4.42. Çift “U” kaynak ağzı .....	75
Şekil 4.43. Kaçınılması gereken sivri uçlar ve dar açılı birleştirmelere ait çeşitli örnekler .....	80
Şekil 4.44. Kaynak yerine ulaşılabilirlik bakımından uygun olan ve uygun olmayan tasarımlar .....	81
Şekil 4.45. Kaynaktan sonra ısıtılma tabii tutulacak parçalarda, sıkışan havanın kolayca çıkabilmesi için havalandırma delikleri açılan kaynaklı yapılar .....	81
Şekil 4.46. Bir boru flanşının kaynaktan sonra talaşlı işlenmesine uygun olan ve uygun olmayan iki tasarım. ....	82

<b>Şekil</b>	<b>Sayfa</b>
Şekil 4.47. Sıcağa dayanıklı dökme çelikten parçalar halinde imal edilen bir yüksek basınç vanasının gövdesi, kaynakla son haline getirilmesi(kaynak-döküm birleşik konstrüksiyon).....	83
Şekil 4.48. Gazaltı ve tozaltı dar aralık kaynaklarında kullanılan kaynak ağzı şekilleri .....	83
Şekil 4.49. Elektron ışın ile yapılan kaynağa ait, kaynak ağzı tasarım şekilleri .....	84
Şekil 4.50.TIG ve Plazma kaynağı için V-alın bağlantı tasarımının karşılaştırılması .....	84
Şekil 5.1. Kaynaklı bir yapıda doğrusal kaçıklık kusuru .....	87

**ÇİZELGELERİN LİSTESİ**

<b>Çizelge</b>	<b>Sayfa</b>
Çizelge 3.1. TS EN 5817'ye göre kalite düzeyleri .....	19
Çizelge 3.2. TS EN 5817' ye göre kalite seviyeleri ve derecelendirme. ....	21
Çizelge 3.2. Aşırı dış bükeylik kusuru için sınırlar.....	24
Çizelge 4.1. Bazı metallerin ve alaşımların fiziksel özellikleri kaynak kabiliyet faktörleri . ....	64
Çizelge 4.2. Yapı çeliklerinin karbon eşdeğerleri ve önerilen ön tavlama sıcaklıkları .....	67
Çizelge 4.3. Soğuk şekil değiştirmiş parçalarda yeterli kaynak bölgeleri .....	69
Çizelge 4.4. Çeşitli kaynak ağzı türleri .....	77
Çizelge 4.5. Her iki taraftan kaynak edilmiş alın kaynakları için kaynak ağzı.....	79

## SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

<b>Simgeler</b>	<b>Açıklama</b>
a	İç köşe kaynağı anma kalınlığı
b	Kaynak yükseltisinin genişliği,
d	Gözenek çapı,
l	Kaynağın boyu,
lp	İzdüşüm veya enine kesit bölgesi uzunluğu,
s	Alın kaynağı anma kalınlığı
t	Levha veya et kalınlığı
wp	Kaynak genişliği veya kırılma bölgesi durumunda yükseklik ,
z	İç köşe kaynaklarının kenar uzunluğu
$\alpha$	Kaynak kenar açısı,
$\beta$	Açısal kaçıklık açısı.
$\sigma$	Kaynakta normal gerilme
$\tau$	Kaynakta Kayma gerilmesi

<b>Kısaltmalar</b>	<b>Açıklama</b>
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
TS	Türk Standartları
ISO	International Organization for Standardization

## 1. GİRİŞ

Günümüzde yapı oluşumu çözümlerinde, birçok yapı malzemesi kullanılmaktadır. Malzeme teknolojisindeki gelişim yapılarda kullanılan malzeme çeşitliliğini giderek daha da arttırmaktadır.

Mühendislik yapılarında çelik malzeme yaklaşık iki yüz yıldan beri kullanılmaktadır. 20.yüzyıl başlarında kaynaklı birleşimlerle uygulama alanına girmesiyle kullanımı yaygınlaşmıştır. Binalarda büyük kesitli kolon ve kirişler fazla yer kaplamakta, dolayısı ile bina öz ağırlığının artmasına ve ayrıca maliyetlerin yükselmesine neden olmaktadır. Bu nedenle çeliğin kullanılması ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Böylece, büyük açıklıkların daha küçük kesitli taşıyıcı elemanlarla aşılması sayesinde rahat hacimler sağlanmış olacak ve nüfus yoğunluğu fazla olan yerleşim merkezlerinde çok katlı bina yapılarak ihtiyaçlar karşılanmış olacaktır. Bugün ülkemizde çelik yapılar genellikle büyük açıklıklı, tek katlı endüstri yapıları veya çok katlı teknolojik binalar şeklinde uygulanmaktadır[1].

Çelik yapılar bu avantajlarının yanı sıra; hafif ve esnek olduğundan deprem etkilerine karşı önemli ölçüde avantaj sağlaması, kalitesinin sürekli denetim altında olması, fabrika koşullarında standartlara uygun ölçü ve değerlerle üretilmesi, her türlü hava şartlarında inşa edilebilir olması, statik hesaplamadaki hata payının düşüklüğü, kalifiye işçilik gerektirdiğinden uygulamadaki hataların minimum olması, geniş açıklıkları kolonsuz geçme imkânı olduğundan istenilen sistemin düşük maliyetlerle oluşturulması ve geniş tasarım imkânı sunması gibi avantajlarından dolayı giderek yapılarda daha fazla kullanım alanı bulmaktadır.

Çelikler farklı amaçlarla birleştirilebilirler. Birleştirme amacına göre birleştirme yöntemleri birbirlerine göre üstünlük gösterebilir. Bunlardan en yaygını, birçok avantajı nedeniyle kaynak yöntemidir. Kaynakla birleştirmenin en büyük avantajı birleştirme bölgesinin ana malzeme gibi ya da ana malzemenin özelliklerine yakın davranış göstermesidir. Kaynak yöntemi ile birleştirilen yapıların, kaynağa hazırlık



aşamasında ve kaynak esnasında, maliyet, boyutsal kararlılık ve dayanım açısından muhtemel çözümler içinden en uygun seçeneklerin kullanılması gerekir. Bu sebeple, bu seçenekler içinden tercihte bulunacak kaynak tasarımcısı, kaynaklı yapıdan beklenen fonksiyonu, kaynak koşullarını, malzemelerin kaynak kabiliyetini, mevcut imalat yöntemlerini, ilgili standartları ve kalite kontrol imkânlarını göz önünde bulundurarak üretim sürecini yapılandırması gerekir. Tasarımcının bu alanlardaki bilgisi ve yeterliliği, yapılan tercihlerle, istenilen fonksiyonları gerçekleştirebilecek kalitede kaynaklı yapının oluşturulmasını sağlayacaktır.

Kalitenin birçok tanımı yapılmıştır. Yapılan tanımların ortak noktası alınacak olursa görülecektir ki kalite, bir ürün ya da hizmetin amaç yada amaçlara uygunluk derecesidir. Bu derecelendirme standartlarla belirlenmiştir. Yine tanımlarda kalitenin bütün bileşenlerle sağlanması gerektiği vurgulanmıştır. Kaynaklı çelik yapılarda kaliteyi tanımlarken kalitenin tanımından yola çıkılırsa, kaynaklı çelik yapının kalitesi yapılan bağlantıların tüm bileşenleri ile amaç yada amaçlara uygunluk derecesidir, denilebilir. Standartlarda bu uygunluk dereceleri sınıflandırılarak kaynak kalite seviyeleri belirlenmiştir.

Kaynaklı çelik yapıların çelik bağlantılarının kalitesini etkileyen birçok faktör vardır. Bu faktörlerin başında da yapıların tasarımı gelmektedir. Tasarım, çok boyutlu bir kavramdır. Kaynaklı çelik yapıların tasarımı denilince, kaynaklı yapının oluşması için geçen süreç içindeki bileşenleri, amaca en uygun bir şekilde bir araya getirme kastedilmektedir. Kaynaklı yapıyı oluşturan bileşenler Şekil 3.1’de gösterildiği gibi, seçilen kaynak yöntemi, birleştirilecek metallerin birbirine göre en uygun konumda konumlandırılmaları (kaynak geometrisi) ve malzeme tercihleridir. Uygun bir tasarımla sorunlar ortaya çıkmadan önce çözüm üretilir ve kaynaklı yapıya üstünlük ve kusursuzluk katılır[2].

Tasarım kaynaklı yapının oluşması için gerekli olan bileşenlerin içindeki muhtemel çözümlerden amaca en uygun yapıyı verecek tercihleri bir araya getirmektir. Yapılan tercihler yapının amaca uygunluğunu ve kusursuzluğunu, yani kalitesini, doğrudan etkileyecektir.

Kaynaklı elik yapının amaca uygunluğu, yani kalitesi, yapı oluşturmak için yapılan muhtemel çözümler içinden yapılan tercihlerin uygunluğu ile doğru orantılıdır. Yapıların kalitesine bu tercihlerin ne kadar etkili olduğunu tespit etmek için tasarım sürecinin incelenmesi gerekmektedir.

Bu tez çalışmasında, kaynaklı elik yapının oluşması sürecindeki bileşenler analiz edilerek, bu bileşenlerin yapılandırılması, yani tasarım süreci incelenmiş kaynaklı yapıya üstünlük ve kusursuzluk katılması için bu sürecin nasıl yapılandırılması gerektiği ortaya konulmuştur.

## **2. KAYNAĞIN TANIMI VE SINIFLANDIRILMASI**

### **2.1. Kaynağın Tanımı**

Aynı cinsten ya da birbirine yakın cinsten iki veya daha fazla metal malzemeyi, aynı cinsten ilave bir metal (elektrod) kullanılarak ya da kullanmadan ısı ve/veya basınç altında, homojen bir şekilde birleştirme işlemine kaynak denir[2].

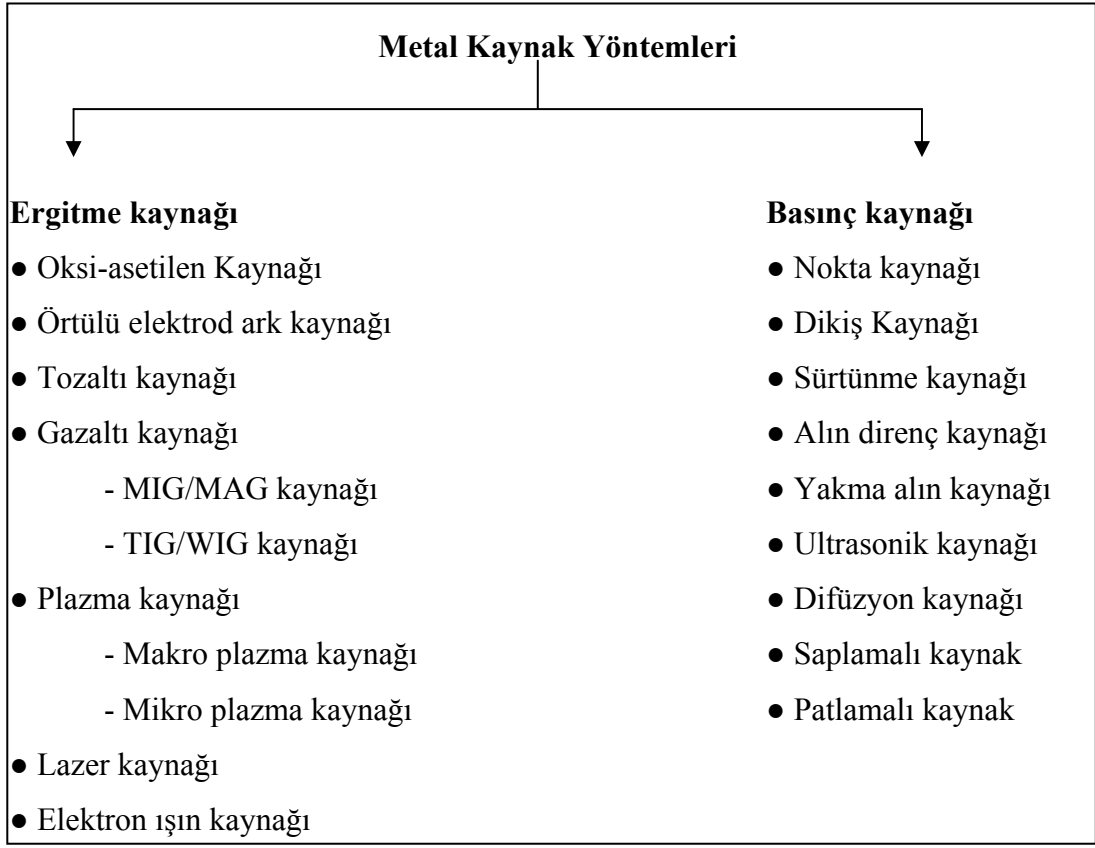
### **2.2. Kaynak Bağlantılarının Sınıflandırılması**

Kaynaklı bağlantılar genel olarak kaynak yapılacak malzemenin cinsine göre sınıflandırılabilir. Bu çalışmanın konusu kaynaklı çelik yapılar olduğundan dolayı plastik ve diğer malzemelerin kaynakları konusunda bilgi verilmeyecektir. Çelik yapılar metal malzeme sınıfında olduğu için metal kaynak yöntemleri inceleyeceğiz.

#### **2.2.1. Metal Kaynağı Yöntemleri**

Teknolojinin gelişmesi bütün alanlarda olduğu gibi metal kaynağı yöntemlerinin de gelişmesini ve çeşitlenmesini sağlamıştır. Teknolojinin gelişmesiyle ihtiyaçlar değişmiş yapılardan istenen özellikler artmıştır. Bu ihtiyaçları gidermek ve istenen özellikleri sağlamak için çok değişik kaynak yöntemleri geliştirilmiştir. Ancak temel olarak metal kaynağı yöntemlerini kaynağın tanımından anlaşıldığı gibi iki kısımda sınıflandırabiliriz[2].

- Ergitme kaynağı
- Basınç kaynağı



Şekil 2.1. Çelik yapıların kaynağında kullanılan kaynak yöntemleri[2]

### Ergitme Kaynağı

Ergitme kaynağı, yalnız sıcaklığın tesiri ile lokal olarak, ilave metali ergiterek iki yada daha fazla metalik malzemeyi birleştirmedir.

Bu kaynak şeklinde, ısı ile birlikte elektrod denilen bir ek malzeme kullanılmaktadır. Burada ısı kaynağı oksî-hidrojen alevi (gaz veya oksijen kaynağı), oksî-asetilen alevi (oksi-asetilen kaynağı), elektrik ark (ark kaynağı) olabilir. Ergitme kaynağında sıcaklık malzemenin ergime noktasına kadar yükselir Ergitme kaynağı; bağlantının, birleştirilen parçaların sağlamlığında olması istenilen yerlerde kullanılmaktadır. Endüstride sık kullanılan ergitme kaynak yöntemleri Şekil 2.1.'deki gibidir.

### Basınç kaynağı

İki yada daha fazla metali ısıtarak ek kaynak metali kullanmadan yalnız basınç altında birleştirmektir. Bu yöntemde, basınç kaynağında ısı ile birlikte parçalar birbirine bastırılır, ısının yoğun olduğu temas yerlerinde malzeme nokta şeklinde yumuşar (mikroskopik seviyede ergime de olabilir) ve bağlantı difüzyon yolu ile gerçekleşir. Elektrik direnç, elektrik endüksiyon ve ultrasonik kaynağı bu gruba girer.

Basınç kaynağının çok kullanılan bir çeşidi nokta kaynağıdır. Nokta kaynağı ile kalınlıkları 5 mm' ye kadar olan saclar kaynak edilebilmektedir [3].

### Özel kaynaklar

Önemli metallerin kaynağı sırasında ısının tesiri altında kalan bölgelerinin, vakum içinde meydana getirilen elektronlar yada yüksek enerji taşıyan ışınların meydana getirilmesi ile yapılan kaynaklardır[2].

### Sert lehim

Aynı cinsten ya da ayrı cinsten metalleri ergime derecelerinin altındaki bir sıcaklıkta üçüncü ilave bir metali ergiterek birleştirmeye lehimleme denir. Lehimleme 400 °C nin üzerinde ise “sert lehim” altında ise “yumuşak lehim” adını alır[2].

## **2.2.2. Kaynaklı yapıların oluşturulmasında kullanılan ergitme kaynak yöntemleri**

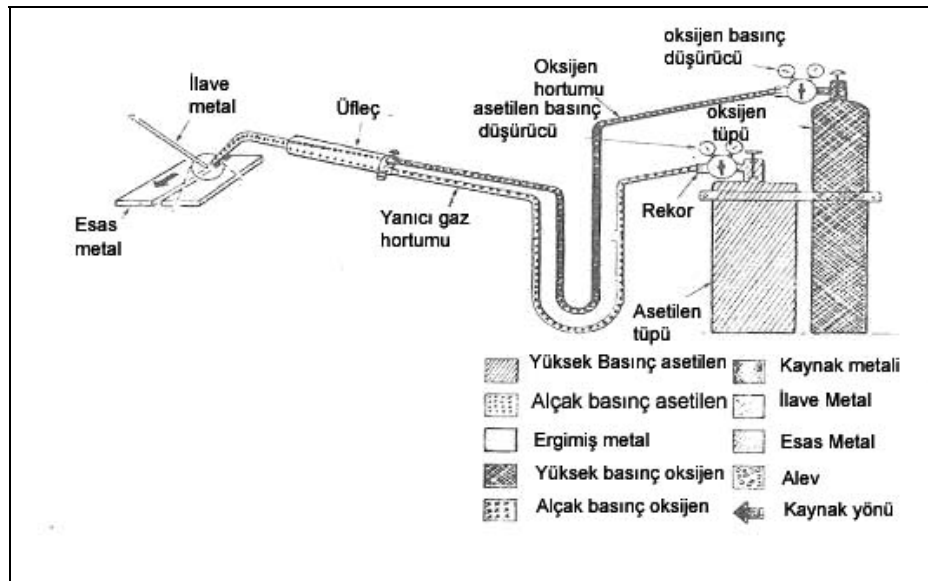
Kaynak yöntemleri, kaynağın tanımı ve sınıflandırılması bölümünde de belirtildiği gibi çok çeşitlidir. Ancak bu bölümde özel alanlarda kullanılan kaynak yöntemleri dışındaki, endüstride yaygın olarak kullanılan, oksigaz (oksi - asetilen) kaynağı, elektrik ark kaynağı, tozaltı kaynak yöntemi, gazaltı kaynak yöntemi, elektron ışın kaynağı, lazer kaynağı ve plazma kaynağı yöntemleri kısaca anlatılmıştır.

### Oksigaz (oksi - asetilen) kaynağı:

Bu teknikte yakıcı gaz olarak oksijen ve hava, yanıcı gaz olarak ise başta asetilen gazı olmak üzere aşağıdaki yanıcı gazlar kullanılabilir[2].

Ergime doğrudan doğruya bir yakıcı gaz “oksijen” ya da yanıcı gaz “asetilen” alevinin yardımı ile elde edilir[2].

Bu kaynak yönteminde malzemelerin kaynaklanacak kenar ve yüzeyleri alev yardımı ile ertilerek ve gerekirse kaynak bölgesine ek kaynak metali’de (tel elektrod) katılarak bir basınç uygulamadan katılaşmaya bırakılmasıyla birleştirilme sağlanmış olur.



Şekil 2.2. Oksi-asetilen kaynağının yapılış şeması[2]

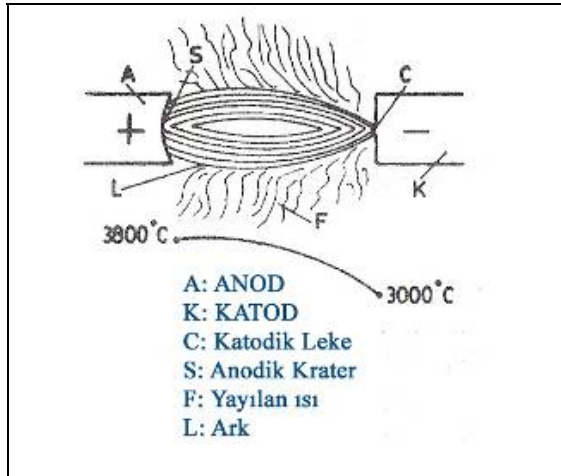
Oksi-gaz ertitme kaynağının sisteminde yakıcı gaz ve yanıcı gazın bulunduğu iki tüpten üflece hortumlar vasıtasıyla gazlar gelir. Üfleçte bu gazlar istenilen oranda karıştırılıp üflecin ucundan dışarı atılır. Dışarı atılan bu gaz tutuşturulduğunda artık metali ertitecek güçte bir alev oluşturulmuş olur.

Asetilen, Hidrojen, Havagazı, Propan, Bütan, Metan, Benzin ya da benzol buharı.

### Elektrik ark kaynağı

Bu yöntemde, kaynaklı birleştirmeyi gerçekleştirmek için gerekli ısı enerjisi, elektrod ile iş parçası arasında oluşan elektrik arkı yardımı ile sağlanır.

Elektrod ile iş parçası arasında arkın oluşumu şu şekildedir. Modern fiziğe göre, kızgın bir katodtan yayılan elektronların yüksek hızla anodu bombardıman etmesi sonucunda oluşmaktadır. Bu bombardıman, nötr moleküllerin, iyonize olmasına sebep olduğundan, kuvvetli bir sıcaklık yükselmesi ortaya çıkar. Böylelikle elektrik enerjisi ısı enerjisine dönüşür. Elektrik ark kaynağında genellikle elektrod negatif (katod), iş parçası pozitif(anod) kutbu meydana getirir[2].

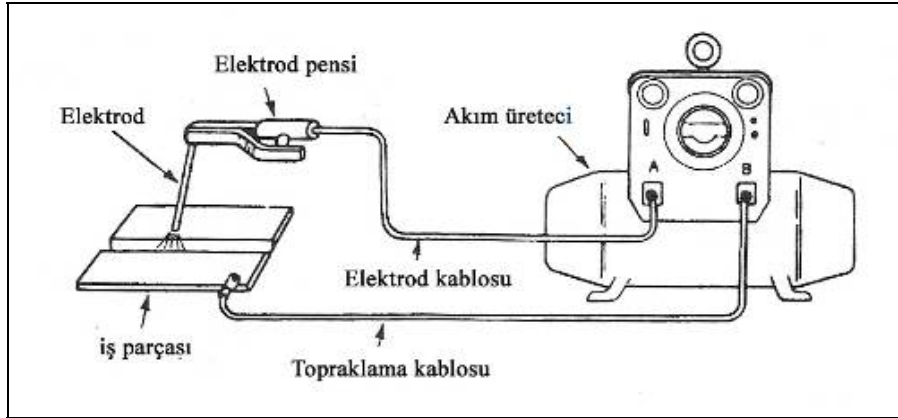


Şekil 2.3. İki karbon elektrod arasında arkın oluşumu[4]

Yukarıda belirtildiği gibi elektrik arkı için gerekli şartlar sağlandığında elektrod ile iş parçası arasında meydana gelen arkın dolaylı olarak oluşan ısı kaynama için gerekli olan ısıyı sağlar. Gerekli şartları sağlamak için elektrik ark kaynağı tekniğinde şu parçalar bulunur.

- Akım üretici
- Elektrod kablosu
- Topraklama kablosu
- Elektrod pensi
- Elektrod
- İş parçası

Aşağıdaki şekilde elektrik ark kaynağının oluşumu için gerekli olan ekipmanlar şema halinde gösterilmiştir.

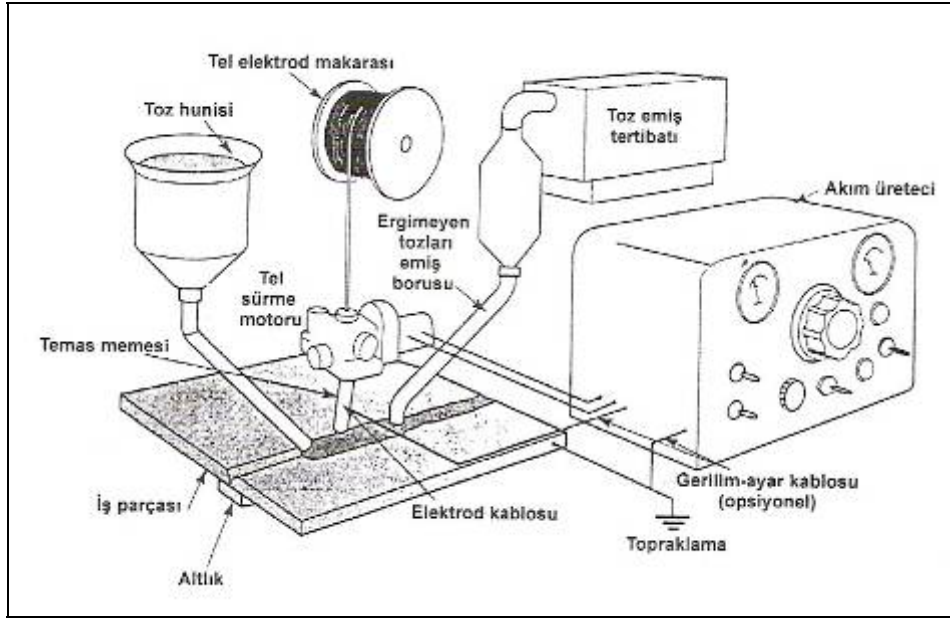


Şekil 2.4. Kaynak devresinde ark oluşumu[4]

#### Tozaltı kaynak yöntemi

Bu kaynak yönteminde, bir bobinden sağılan kaynak teli bir motorun tahrik ettiği makaralar arasında ve bir temas memesinden geçerek kaynak bölgesine gönderilir. Gerekli akımı temas memesinden alan tel ile iş parçası arasında ark oluşur ve ayrı bir kanaldan gelen silikat ve toprak alkali metalleri içeren özel bir toz ark bölgesini havanın olumsuz etkilerinden korur. Kaynak teli ve iş parçası arasında oluşan arkın sıcaklığından tel ve esas metalin bir bölümü eriyerek istenen birleşmeyi sağlar [4].





Şekil 2.5. Tozaltı kaynak donanımı (şematik)[4]

Alaşımli çelikleri kaynak yaparken kullanılan kaynak tozlarında, kaynak metalinin kimyasal kompozisyonunu dengeleyen alaşım elementleri bulunabilir. Tozaltı kaynağı otomatik bir kaynak yöntemidir. Bazı tozaltı kaynak uygulamalarında iki veya daha fazla elektrod aynı anda kaynak ağzına sürülebilir. Elektrodlar yan yana (twin arc) kaynak banyosuna sürülebilir veya kaynak banyolarının birbirinden bağımsız katılaşmasını sağlayacak kadar uzaklıkta, arka arkaya sürülerek yüksek kaynak hızı ve yüksek metal yığılma hızına ulaşılabilir[4].

### Gazaltı kaynak yöntemi

Gazaltı kaynak yönteminde esas, çıplak elektrod telini bir tertibat yardımıyla otomatik olarak, sürekli ilerletip akımı ark bölgesine çok yakın bir yerden vermek ve akımı arttırarak erime gücünü yükseltmektir. Ergime esnasında hamlaktan gelen gaz kaynak bölgesini havanın olumsuz koşullarından korur. Kaynak gazaltında ergime şeklinde yapıldığı için bu kaynak yönteminin adı gazaltı kaynak yöntemidir.

Gazaltı kaynak yönteminde arkin oluşturulması için kullanılan elektrodun türü ve koruyucu gazın türüne göre sınıflandırılma yapılır [4].

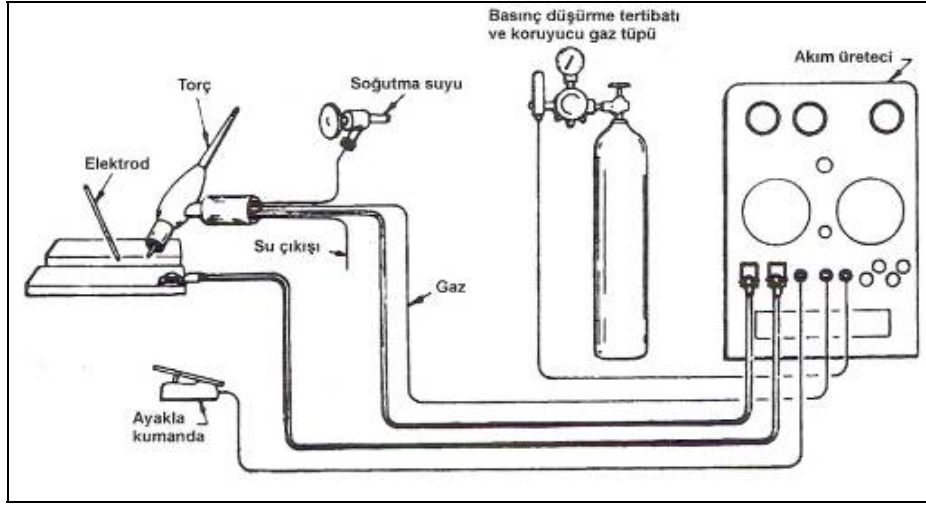
- Ergimeyen elektrod ile yapılan gazaltı kaynak yöntemleri
  - Ergimeyen iki elektrod ile yapılan gazaltı kaynağı
  - Ergimeyen bir elektrod ile yapılan gazaltı kaynağı(TIG)
- Ergiyen elektrod ile yapılan gazaltı kaynak yöntemleri
  - Ergiyen elektrod ile soygaz altında yapılan gazaltı kaynağı(MIG)
  - Ergiyen elektrod ile aktif gaz altında yapılan gazaltı kaynağı(MAG)

*Ergimeyen elektrod ile yapılan gazaltı (TIG) kaynak yöntemi*

Tungsten Inert Gas kelimelerinin ilk harflerinden oluşmuştur. Bu yöntemde, kaynak için gerekli ısı enerjisi bir tungsten elektrod ve iş parçası arasında oluşturulan elektrik arkı tarafından sağlanır. Kaynak bölgesini havanın olumsuz etkilerinden korumak için elektroda merkezlenmiş konumda bulunan bir lüleden koruyucu gaz gönderilir[5].

TIG "Tungsten Inert Gas" yönteminde kaynak arkı, ergimeyen bir tungsten elektrot ile iş parçası arasında meydana gelmekte; ark elektrot ve ergimiş banyo, havanın etkisinden bir argon ya da helyum atmosferi ile korunmaktadır. Koruyucu gazın soy bir gaz olması dolayısıyla oksidasyon ve nitrür oluşumu gibi istenmeyen durumlar önlenmektedir [6, 7].

Bu kaynak yönteminde kaynak bağlantısı için ek malzeme gerektiğinde oksii-asetilen kaynağında olduğu gibi bir tel çubuk kaynakçı tarafından kaynak bölgesine gönderilir.



Şekil 2.6. TIG kaynak yöntemi prensip şeması [4]

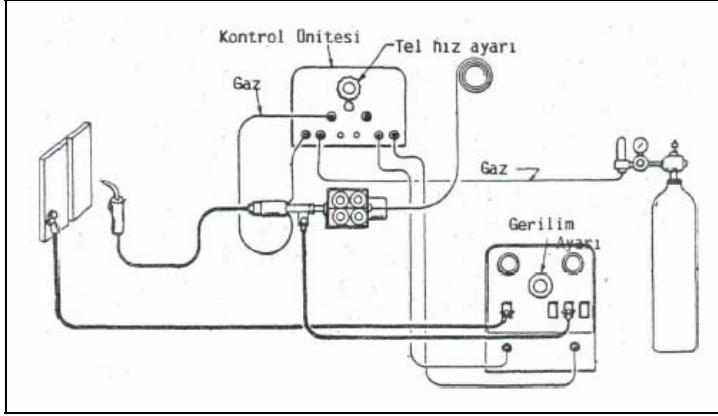
Bir TIG kaynak donanımı şu kısımlardan oluşur:

- Kaynak hamlacı diye de adlandırılan bir kaynak torcu.
- Kaynak akım ve kumanda şalter kablolarını, gaz hortumunu ve gerektiğinde soğutma suyu giriş ve çıkış hortumlarını bir arada tutan metal spiral takviyeli, torç bağlantı paketi.
- Kaynak akımının, gaz akışının ve gerektiğinde soğutma suyunun devreye giriş ve çıkışını, arkın tutuşmasını ve alternatif akım ile çalışma halinde arkın sürekliliğini sağlayan devreleri de bünyesinde toplayan kumanda dolabı.
- Kaynak akım üretici.
- Üzerinde basınç düşürme ventili ve gaz debisi ölçme tertibatı bulunan koruyucu gaz tüpü.

#### *Ergiyen elektrod ile (MIG/MAG) kaynak yöntemi*

Bu yöntemde ark helyum ve argon gibi soy bir gazın koruması altında yanar. MIG (Metal İnert Gas) harflerinin ilk harflerinden oluşmuştur. MAG kaynağı yönteminde ısı koruyucu gaz olarak karbondioksit yada mix karışım gaz kullanılır. Bu yöntemlerin (MIG/MAG kaynağının), TIG kaynak yönteminden farkı arkın iş parçası

ve kaynak metali ihtiyacını karşılayan ve devamlı beslenen, ergiyen bir elektrod arasında oluşturulmasıdır.



Şekil 2.7. MIG – MAG kaynak yöntemi donanımı prensip şeması[4]

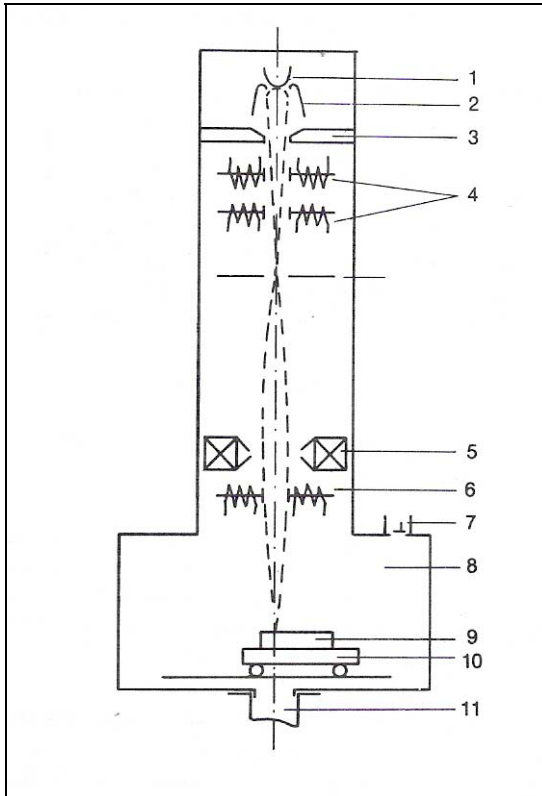
Şekil 2.7. de de görüldüğü gibi, bir MIG/MAG kaynak donanımı şu kısımlardan oluşur:

- Kaynak akım üretici.
- Bir kaynak tabancası.
- Tel şeklindeki elektrot ve muhafazasını, kaynak kablosunu, soğutma suyu giriş ve çıkış elemanlarını bir arada tutan metal spiral takviyeli akım kablosu.
- Tel şeklindeki elektrodun hareketini sağlayan tertibat.
- Kaynak akımının geçişini, soğutma suyunun devreye girişini, koruyucu gazın akışını ve telin hareketini sağlayan kumanda dolabı.
- Üzerinde basınç düşürme ventili ve gaz debisi ölçme tertibatı bulunan koruyucu gaz tüpü.

### Elektron ışın kaynağı

Elektron bombardımanı ile kaynak olarak da bilinen elektron ışını ile kaynağın ilk uygulamaları reaktör tekniği, roket ve uçak inşası gibi yeni ve önemli konularda olmuştur. Bu alanlarda kullanılan özel malzemelerin işlenmesi, şimdiye kadar alışılmış yöntemlerle yapılmış ancak istenen sonuca tam manasıyla erişilememiştir.

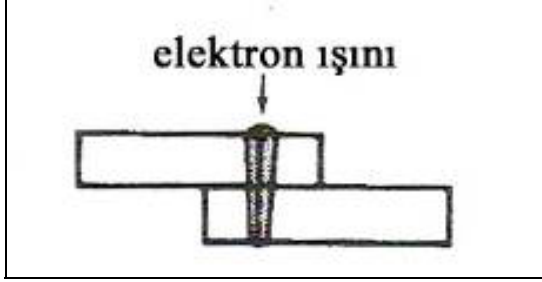
Elektron ışını ile kaynakta gerekli ısı elektron ışınlarından sağlanmaktadır. Elektron ışını ile temin edilen ısının veya gücün yoğunluğu klasik kaynak usullerinden yüksektir. Birleştirmenin yüksek hızlı elektronlardan oluşan ışının bağlantı noktasına çarpmasıyla oluşturulan kaynak yöntemidir. Bu yöntemde koruma gazı veya basınç uygulanmaz. Çarpma anında elektronların kinetik enerjisi ısı enerjisine dönüştürülür. Açığa çıkan enerji ile metal (veya seramik) buharlaşır ve anahtar deliği adı verilen bir boşluk oluşur. Bu boşluk sayesinde dar bir alanda derin nüfuziyet sağlanmış olur. Deliğin etrafı sıvı metal ile çevrilidir. Işın ilerledikçe geride kalan delik sıvı ile doldurulur. Işının saçılmaması ya da yayılmaması için ortamın vakum altında olması gereklidir. Vakum ortamı aynı zamanda kaynak havuzu ve ana malzeme için koruma sağlamış olur[8].



Şekil 2.8. Elektron ışın kaynağı çalışma prensibi [8].

- 1) Katot 2) Wehnelt silindiri 3) Anot 4) Ayar bobinleri 5) Magnetik Mercek 6) Saptırma bobinleri 7) Hava girişi 8) Kaynak Hücresi 9) İş parçası 10) Hareketli masa 11) Vakum flanşı

Elektron ışın kaynağı ile kaynak yapılacak parçalar genellikle ilave metal kullanılmaksızın birleştirilirler ve birleştirilecek iki parçanın arasındaki boşluğun  $10^{-2}$ mm'den daha fazla olmaması gerekmektedir[9].

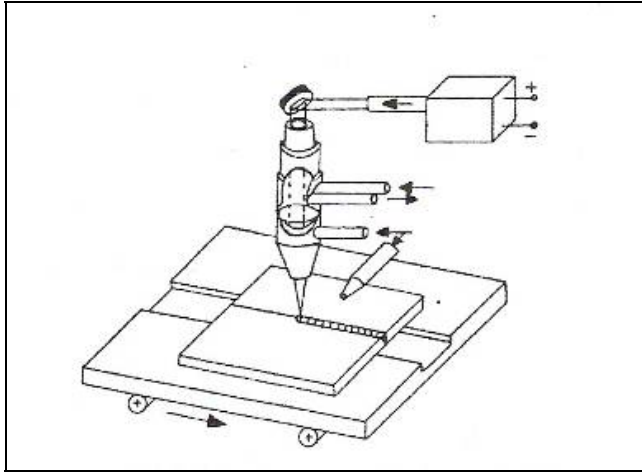


Şekil 2.9. Elektron ışın kaynağında bindirme kaynağı[9].

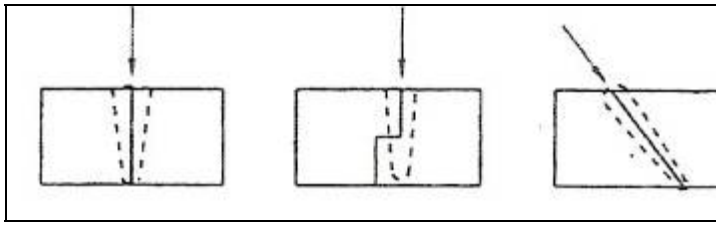
#### Lazer ışını ile kaynak yöntemi

Bu teknik, çok küçük boyutlarda birleştirme işleminin olduğu yerlerde kullanılmaktadır.

Lazer sistemi genel olarak, optik resonatör ve kumanda düzenli enerji kaynağında meydana gelir. Lazer kafasının içinde sevk edilen enerjinin bir bölümü lazer aktif madde tarafından hacim ve zamana bağlı olarak elektro manyetik bir ışına çevrilir. Aktif madde, katı, sıvı veya gaz şeklinde olabilir. Lazerler sürekli veya darbeli olarak çalışırlar. Farklı lazerler, farklı dalga boylarında ışın ortaya çıkarırlar. Gaz hali lazeri olarak CO<sub>2</sub> lazeri kullanılır. CO<sub>2</sub> lazeri %10 ile %20 gibi oldukça yüksek verimle ve teorik olarak 50–100 W'lık çıkış güçlerinde elde edilirler. Elde edilen ışın, 10 mikron dalga boyunda enfraruj bölgededir. Katı hal lazeri olarak uygulamada; Neodin-YAG(Yitriyum alüminyum garnet) Neodin Cam veya Rubin (yakut) kullanılır. Katı hal lazerleri optik olarak yani ışık şeklinde tahrik edilirler. Işınlardan dalga boyu, 1,06 mikron kadardır[8].



Şekil 2.10. Lazer kaynak yöntemi prensip şeması[8]



Şekil 2.11. Lazer kaynağında alın kaynağı[8]

### Plazma kaynağı

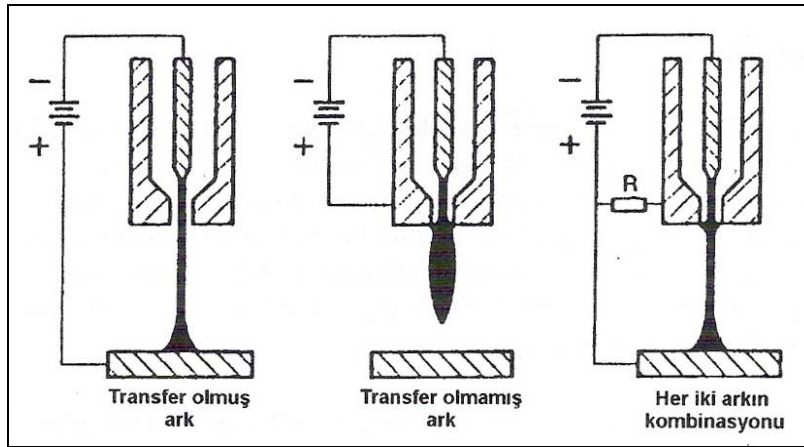
Fizikte parçacıklar, iyonlar ve elektronlardan oluşmuş, elektriği ileten, maddenin özel bir hali olarak tanımladığımız plazma, kaynak teknolojisinde daha özel bir durumu tanımlamaktadır. Gaz halindeki bir madde radyasyon, elektron bombardımanı veya ısıtma ile iyonize konuma getirilebilir.

Kaynakta kullanılan plazmada gaz, elektrik arkı yardımı ile ısıtılarak iyonize olmaktadır. Bu tanıma göre, ark kaynağı yöntemlerinde elektrik arkı bir plazma oluşturmaktadır. Kaynak ve ısıl kesme işlemlerinde plazma olarak adlandırılan ark radyal doğrultuda sıkıştırılıp, büzülerek enerji yoğunluğu artırılmış arktır.

### *Plazma Arkının Oluşturulması*

Standard bir plazma ark torcu, ucunda küçük bir deliği bulunan meme ile bu memenin merkezindeki ergimeyen tungsten bir elektrodan oluşmaktadır. Plazma

gazı, bu iç içe geçmiş dairesel meme ile elektrot arasından geçerek dışarıya çıkar. Elektrod ile meme veya iş parçası arasında ark sütunu oluştuktan sonra, basınçlı plazma jetinin oluşturulması için iyonize olan gaz delikten dışarı püskürtülür. Ark sütununun dış yüzeyi soğutulduğundan sütun yoğunlaşmış olur, dolayısı ile içe doğru büzülür. Böylece, büzölmüş sütun içinde sıcaklık birden bire  $10.000 - 30.000^{\circ}\text{K}$  arasında bir sıcaklık derecesine yükselir. Dairesel alandan geçen gaz, yüksek bir iyonlaşma düzeyine ve göreceli olarak yüksek bir enerjiye sahip olup bu enerji, kaynak ve diğer işlemlerde iş parçasının tavlınmasında kullanılır. Uygulamada plazma arkı çeşitli yollarla oluşturulabilir. Elektrik devresi tungsten elektrod ile iş parçası arasında tamamlanarak, ark akımı iş parçası üzerinden akar. Bu transfer olmuş ark veya doğrudan ark olarak adlandırılır. Elektrik devresi meme ve tungsten elektrod arasında tamamlanırsa; ark elektrodla su ile soğutulan bakır meme arasında yanar ve memeden bir gaz akımı ile zorlanarak sürölür[4].



Şekil.2.12. Plazma arkı oluşturma yöntemleri[4]



### **3. KAYNAKLI ÇELİK YAPILARDA KALİTE**

#### **3.1. Genel Kalite Tanımı**

Kalitenin birçok tanımı yapılmaktadır. ISO 9001: 2001'e göre kalite, bir ürün veya hizmetin belirlenen veya olabilecek ihtiyaçları karşılamak kabiliyetine dayanan özelliklerin toplamıdır, tanımı yapılmaktadır. Aynı standartlara göre kalitenin tanımı, yapısal özellikler takımının şartları yerine getirme derecesi olarak geçmektedir[10].

Bu tanımlara göre bir ürünün ya da yapının kalitesi o ürün yada yapının ihtiyaçları karşılama derecesidir diyebiliriz. Bu amaca ve standartlara uygunluk ikinci tanımda belirtildiği gibi bütün bileşenlerle sağlanabilmelidir.

#### **3.2. Kaynaklı Çelik Yapılarda Kalite ve Kalite Seviyeleri**

Kaynaklı yapılarda kaliteyi tanımlamak için genel kalite tanımından yola çıkmak gerekmektedir. Kaynaklı yapıların kalitesini genel kalite tanımında inceleyecek olursak, bir kaynaklı yapının kalitesi, yapıdan beklenen standartlara yapının uygunluk derecesidir, diyebiliriz. Bir kaynaklı yapıyı oluşturan bileşenlerin amaca ve standartlara uygunluğu da kaynaklı yapının kalitesini ikinci tanımda belirtildiği gibi doğrudan etkileyecektir. Dolayısıyla kaliteli kaynaklı bir yapı, kaynaklı yapıyı oluşturan bileşenlerin alternatif tercihler arasından amaca ve standartlara en uygun tercihlerin yapılmasıyla sağlanır.

Kaynaklı yapılarda kalite şartları, imalattan önce kararlaştırılır ve imalattan sonra yapılan muayenelerle kalite seviyeleri belirlenir.

##### **3.2.1. Kaynaklı yapılarda kalite şartlarının belirlenmesi**

Mamulün kalite seviyesi, imalatçı ve müşteri tarafından yapılan sözleşmelerdeki teknik şartnamelerle belirlenir. Teknik şartnamelerde Kalite şartlarının seviyelerinin belirlenmesi için standartlardan faydalanılmaktadır. Bu standartlarda kalite şartlarını üç seviyede incelenmiş, bunlar TS EN 3834-4 temel kalite şartları, TS EN 3834-3 standart kalite şartları, TS EN 3834-2 ayrıntılı kalite şartları şeklindedir. Ayrıntılı

kalite şartlarına uyan bir mamul standart kalite şartlarına ve genel kalite şartlarına uygun olduğu varsayılır.

TS EN 3834-1'e göre imalatçı mamullerle ilgili kalite şartlarını belirlerken aşağıdaki kriterleri göz önünde bulundurmalı ve kalite şartlarını belirlemelidir.

- Güvenlik açısından kritik mamullerin kapsam ve önemi,
- İmalâtın karmaşıklığı,
- İmal edilen mamullerin aralığı,
- Farklı malzemelerin kullanım aralığı,
- Oluşabilecek metalurjik problemlerin kapsamı,
- Kaçıklık, çarpılma veya kaynak kusurları gibi mamul performansını etkileyecek imalât kusurlarının kapsamı.

### **3.2.2. Kaynaklı yapılarda kalite seviyesinin tespiti**

Yapılan kaynak dikişinin kalitesi, uygulanan muayenelerden sonra ortaya çıkan sonuçların standartlara uygunluğuna göre belirlenir. Kaynak kalitesini belirleyen kusurların nasıl değerlendirileceği de TS EN ISO 5817 de tarif edilmiştir. İlgili standarda göre kusurların değerlendirilmesine kalite seviyeleri için kusur sınırları dikkate alınır. Bu sınırlar tamamlanmış kaynağa uygulandığı gibi imalâtın bir ara kademesine de uygulanabilir. Şayet kusurların tespiti için makro muayeneden farklı bir metot kullanılırsa, yalnızca 10 büyütme eşit veya daha küçük büyütme kullanılarak tespit edilebilen kusurlar dikkate alınmalıdır.

Kaynaklı yapılar oluşturulduktan sonra yapılan gözle muayene ile imalat sırasında oluşan kusurlar tespit edilebilir. Kaynaklı yapıların kalitesinin belirlenmesi için TS EN ISO 5817'de çeşitli kalite seviyeleri belirlenmiştir. Bu kalite seviyeleri kaynaklı yapının amaca uygunluğu açısından kalitesine değil imalat kalitesine atıfta bulunur. Yani yapının oluşturulması sürecinde yapılan tercihlerle ortaya çıkan mamülün kusurlardan arınlık derecesi, yapının kalite seviyesini belirler. İlgili

standartın amacı normal imalâtta beklenebilecek tipik kusurların boyutlarını belirlemektir.

Bu standartta kaynaklı imalâtın geniş bir aralığı için uygulamaya müsaade edecek üç kalite seviyesi verilmiştir. Bunlar B, C ve D sembolleri ile gösterilmiştir. B kalite seviyesi, bitirilmiş kaynak üzerindeki en yüksek şartlara karşılık gelir.

Çizelge 3.1. TS EN ISO 5817'ye göre kalite düzeyleri

Sembol	Kalite Düzeyi
B	Yüksek
C	Orta
D	Düşük

B kalite seviyesi bitirilmiş kaynak üzerindeki en yüksek kalite seviyesidir. Yüksek basınçlı kaplarda istenen kalite düzeyi örnek olarak gösterilebilir.

C kalite seviyesi orta seviyede kalite istenen kaynaklı çelik yapılardan beklenen kalite seviyesidir

D kalite seviyesi ise düşük seviyede kalite istenen kaynaklı çelik yapılardan beklenen kalite seviyesidir.

TS EN 5817 standardı sadece alaşımsız ve alaşımlı çeliklerin ark kaynağı süreciyle üretilen kaynaklar için geçerlidir. Bu standart kalınlığı 0,5 mm'den daha kalın bütün parçalar için geçerlidir ve bütün Avrupa ülkelerinde kabul edilmiştir.

Her bir durum için gerekli kalite seviyesi uygulama standardıyla veya ilgili imalâtçı ve diğer taraflarla bağlantılı sorumlu tasarımcı tarafından belirlenir. İmalât başlamadan önce yapıdan beklenen kalite seviyesi tasarımcı tarafından belirlenmiş olmalıdır.

TS EN ISO 3834'e göre tasarımcı herhangi bir uygulamada kalite seviyesini belirlemek için, ekonomik faktörleri, tasarım kabullerini, müteakip işlemleri, gerilim tiplerini, hizmet şartlarını ve hata sonuçlarını dikkate almalıdır.

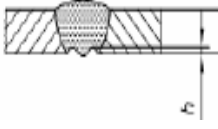
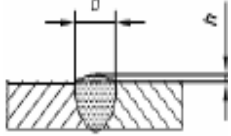
Kalite seviyeleri imal edilmiş bir yapıdaki kaynaklı birleştirme tiplerine atıfta bulunur ve komple mamul veya bileşenin kendisine atıfta bulunmaz. Bu sebeple aynı mamul veya bileşendeki bireysel kaynaklı birleştirmelere farklı kalite seviyelerinin uygulanması mümkündür.

Normal olarak özel bir kaynaklı birleştirme için kusurlara ilişkin boyutsal sınırların bir kalite seviyesi ile belirlenerek tamamen kapsanması beklenir. Bazı durumlarda aynı kaynaklı birleştirmede farklı kusurlar için farklı kalite seviyelerinin belirlenmesi gerekli olabilir.

Bir kaynaklı birleştirme, normal olarak her bir bağımsız kusur tipi için ayrı ayrı değerlendirilmelidir. Birleştirmenin herhangi bir enine kesitinde meydana gelen farklı kusur tipleri, özel bir dikkat gerektirebilir. Çoklu kusurlar için sınırlar sadece tek bir kusur için şartlar aşılmadığında uygulanabilir. En küçük kusurun en büyük boyutundan daha küçük bir mesafeyle birbirinden ayrılmış iki bitişik herhangi bir kusur tek bir kusur olarak dikkate alınır.

Yapılan muayeneler sonucunda ortaya çıkan sonuçlar, bu standartlarda belirtilen kalite göstergeleri ile karşılaştırılarak, yapılan kaynak dikişinin kalite derecesi belirlenir. TS EN ISO 5817'de belirlenen kalite seviyeleri için kusur sınırlarına göre, yapılan dikiş değerlendirilerek, dikişin kalite seviyesi belirlenir.

Çizelge 3.2. TS EN ISO 5817' ye göre kalite seviyeleri ve derecelendirme

ISO 6520-1'e göre referans no	Kusur tanıtımı	Notlar	t mm	Kalite seviyeleri için kusur sınırları		
				D	C	B
5013	Yanma çentikleri		0,5-3	$h \leq 0,2 \text{ mm} + 0,1t$	Kısa kusurlar: $h \leq 0,1t$ 1.8	Müsaade edilmez
			>3	Kısa kusurlar: $h \leq 0,2t$ ,ancak en çok 2 mm	Kısa kusurlar: $h \leq 0,1t$ ,ancak en çok 1 mm	Kısa kusurlar: $h \leq 0,05t$ ,ancak en çok 1 mm
502	Aşırı kaynak metali (alın kaynağı)		$\geq 0,5$	$h \leq 1 \text{ mm} + 0,25b$ ancak en çok 10 mm	$h \leq 1 \text{ mm} + 0,15b$ ancak en çok 7 mm	$h \leq 1 \text{ mm} + 0,1b$ ancak en çok 5 mm
100	Çatlaklar	Mikro çatlaklar ve krater çatlakları haricindeki bütün çatlaklar	$\geq 0,5$	Müsaade edilmez	Müsaade edilmez	Müsaade edilmez
1001	Mikro çatlaklar	Genellikle mikroskop (50x) altında görülebilen bir çatlak	$\geq 0,5$	Müsaade edilir	Çatlama haasiyetine özel atıfta	

Kaynaklı yapıların, kaynak bağlantılarının değerlendirilmesinde uygulanan muayene yöntemleri esas olarak tahribatlı ve tahribatsız muayene yöntemleri olmak üzere iki ana gruba ayrılır.

### Tahribatlı Muayene

Bu gruba giren yöntemler genellikle deney parçası ve çok seyrek olarak da iş parçasına uygulanır ve parça tahrip olduğundan da kullanılamaz duruma gelir. Kaynak bağlantısının ve kaynak metalinin çekme, akma mukavemetleri, % uzamasının belirlenmesinde başvurulan çekme deneyi bu yöntemlerin en tipik örneğidir. Ayrıca kaynak bölgesinin tokluğunun saptanmasında kullanılan çentik-vurma deneyi, sertliğin belirlenmesinde uygulanan çeşitli sertlik deneyleri, kaynak bölgesinin çatlama şekil değiştirme özelliğinin saptanması için uygulanan eğme ve katlama deneyi de bu gruba giren muayenelerdir[11].

Bu muayenelerin karakteristik özelliği deney sonucu bir değer sayısının elde edilmesidir. Bu değer sayıları, özellikle tasarımcıya kaynaklı yapıların projelendirilmesinde referans alacağı bilgilerdir.

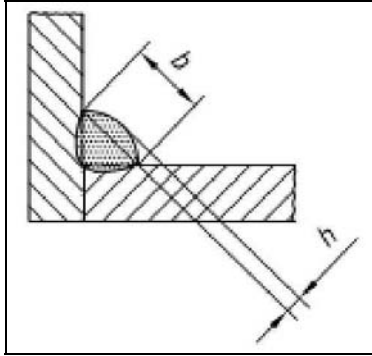
### Tahribatsız muayene

Tahribatsız muayene; kaynak bölgesini kullanım amacı için gerekli olan özelliklerini bozmadan, tahrip etmeden, gerektiğinde tüm kaynaklı bölgenin muayenesine imkân veren deneyler topluluğudur [11].

Tahribatsız muayene, incelenen kaynak bölgesindeki hataların nereden kaynaklandığını saptayarak üretim başlangıcında bu hataları düzeltme imkânı verir. Tahribatsız muayeneler, muayene edilen parça üzerinde hiçbir tahribat veya iz bırakmazlar.

#### **3.2.3. Örnek bir kaynaklı bağlantının kalite derecesinin belirlenmesi**

Örnek olarak yapılan bir köşe kaynağının gözle muayenesi sonucunda ortaya çıkan değerler incelenecek ve bağlantının ilgili standarda göre kalite seviyesi belirlenecek olursa;



Şekil 3.1. Köşe kaynağında aşırı dış bükeylik kusuru.

Yapılan gözle muayene sonucu dış bükeylik kusuru olduğu görülmüştür. Dış bükeylik kusurunun ölçüleri Şekil 3.1.' de görüldüğü gibi b ve h ölçüleridir. Yapılan ölçümler sonucu elde edilen değerler;

$$b= 5 \text{ mm}$$

$$h=1,6 \text{ mm}$$

Dış bükeylik şekilde de görülen h ve b ölçülerinin birbirine oranına göre belirlenir. Bu köşe kaynağındaki dikişin kalite seviyesinin belirlenmesi için ilgili standartlarda müsaade edilen sınırlarla kıyaslanması gerekmektedir.

Çizelge 3.3. Aşırı dış bükeylik kusuru için sınırlar (TS EN 5817)

ISO 6520-1'e göre referans no	Kusur tanıtımı	Notlar	t mm	Kalite seviyeleri için kusur sınırları		
				D	C	B
503	Aşırı dış bükeylik (dış bükeylik)		$\geq 0,5$	$h \leq 1$ $mm+0,25b$ ancak en çok 5mm	$h \leq 1$ $mm+0,15b$ ancak en çok 4mm	$h \leq 1$ $mm+0,1b$ ancak en çok 3mm

‘Şekil 3.1.’deki köşe kaynağı dikişinde;

$$b= 5 \text{ mm}$$

$$h=1,6 \text{ mm}$$

olduğunda dikiş hangi kalite seviyesindedir?’ sorusunun cevabını bulmak için Çizelge 3.2. de belirtilmiş olan sınırlara göre kıyaslama yapılacaktır.

Buna göre aşırı dış bükeyliğin kusur sınırları çizelgede görüldüğü gibi, D kalite seviyesi için  $h \leq 1 \text{ mm} + 0,25b$ , C kalite seviyesi için,  $h \leq 1 \text{ mm} + 0,15b$  ve B kalite seviyesi için,  $h \leq 1 \text{ mm} + 0,1b$ , oranlarıdır.

Kalite seviyelerine göre değerlendirme yapıldığında;

D kalite seviyesi için;

$$1,6 \leq 1 \text{ mm} + 0,25 \times 5$$

$1,6 \leq 2,25$  eşlemesi doğrudur. D kalite seviyesi için şart sağlanmıştır.

C kalite seviyesi için;

$$1,6 \leq 1 \text{ mm} + 0,15 \times 5,$$

$1,6 \leq 1,75$  eşlemesi doğrudur. C kalite seviyesi için şart sağlanmıştır.

B kalite seviyesi için;

$$1,6 \leq 1 \text{ mm} + 0,1 \times 5,$$

$1,6 \leq 1,5$  eşlemesi yanlıştır. B kalite seviyesi için istenen şart sağlanamamıştır.

Sonuç olarak Şekil 3.1’de aşırı dış bükey kusuru bulunan köşe kaynağı dikişinde b ölçüsü 5 mm h ölçüsü 1,6 mm olduğunda bu dikişin kalite seviyesi D ve C kalite koşullarını sağlamaktadır. Ancak, B kalite koşullarını sağlamamaktadır. Dolayısıyla



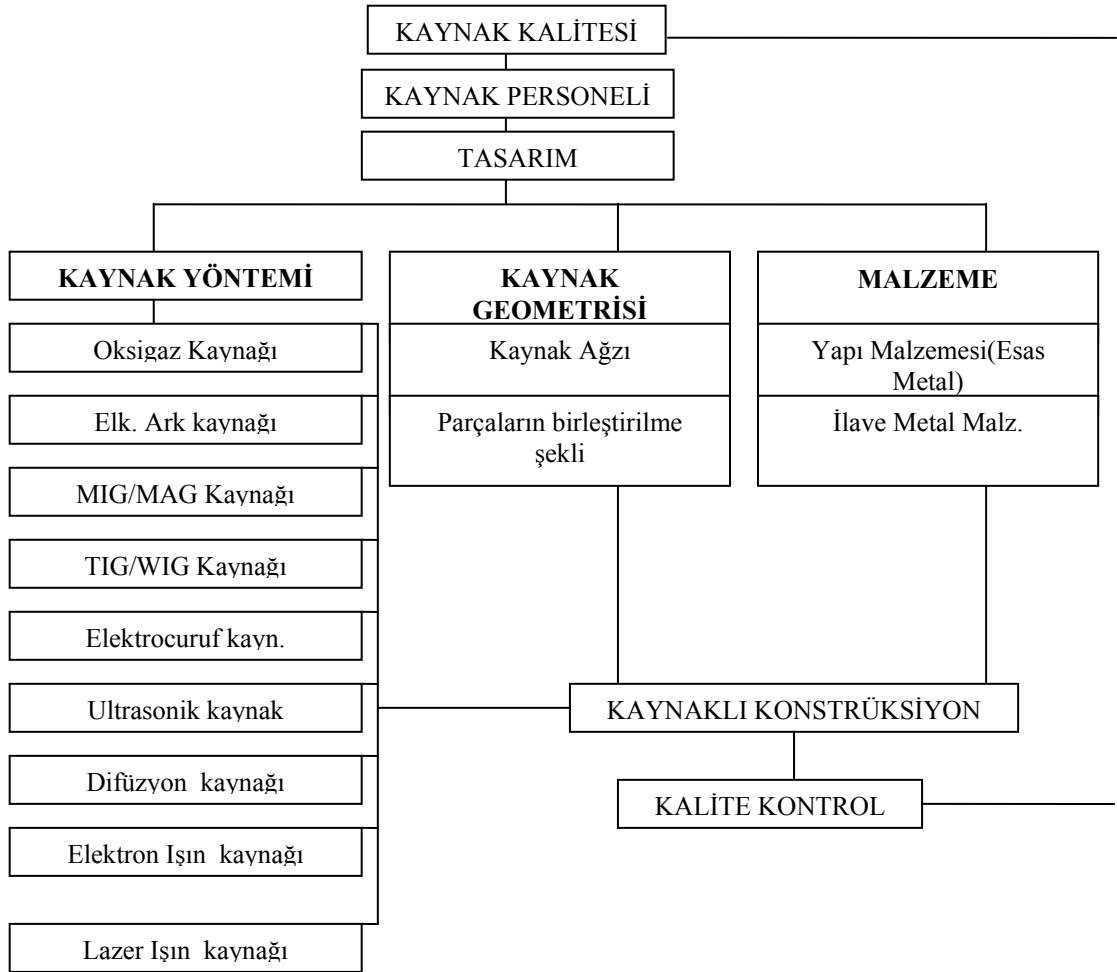
yapılan köşe kaynağı dikişi, C sınıfı kaynak kalitesine sahip bir kaynak dikişi olarak tespit edilebilir.

### **3.3. Kaynaklı Yapının Kalitesini Etkileyen Faktörler**

Endüstride bir mamulün oluşturulması için planlı bir süreç gereklidir. Kaynaklı yapılar da oluşturulurken planlı bir sürece ihtiyaç vardır. Bu planlı süreç içindeki bileşenlerin, oluşturulan kaynaklı yapıdan beklenen ihtiyacı karşılmasını sağlamasındaki etkisinin belirlenmesi için kaynaklı yapının oluşması sürecindeki bileşenlerin belirlenmesi ve bu bileşenlerde kullanılan uygulamalar ve alternatiflerinin tespitinin yapılması gerekir.

Kaynaklı yapının kalitesi öncelikle kaynaklı yapının ortaya çıkmasında görev alan personelin formasyonu olmak üzere uygun malzeme seçimi, kaynak yöntemi ve parametrelerin seçimi, kaynak geometrisi vb. gibi olmak üzere birçok faktörden etkilenir [12].

Kaliteyi belirleyen bu faktörler bir şekil olarak gösterilirse;



Şekil 3.2. Kaynak kalitesine etki eden faktörler[12].

Şekilde görüldüğü gibi kaynağı uygulayan personelin etkisinden sonraki bütün faktörler tasarım faktörünün kapsamında ele alınabilir. Kaynaklı yapıların kalitesini belirleyen bu faktörler analiz edilerek daha kaliteli bir yapının elde edilmesi için nelere dikkat edilmesi gerektiği daha iyi anlaşılacaktır.

Bu şekilde diğer bir açıdan bakılırsa kaynaklı yapıyı ortaya çıkaran bileşenlerin neler olduğu görülecektir. Kaynak tasarımcısı istenilen amaçtaki kaynaklı yapıya ulaşmak için bu bileşenler arasından tercih yapacak ve yapıyı ortaya çıkarmak için süreci planlayacaktır. Bu sürecin doğru tercihlerle planlanması sonucunda, ihtiyaca en uygun yani belirlene kalite seviyesine en yakın derecede kaynaklı yapı meydana

gelecektir. Bu sebepten dolayı süreç içindeki bileşenlerin kaliteye etkilerinin incelenmesi gerekir.

### 3.3.1. Kaynak prosedürünün (planının) kaynak kalitesine etkisi

Kaynak kalitesine etki eden faktörlerden birisi de Şekil 3.2.'de görüldüğü gibi kaynak personelidir. Kaynak işlemi, elektrod üreticilerin ve kaynak prosedürü şartnamesi (WPS, Welding Procedure Specification) tarafından belirlenen parametrelere uygun şekilde yapılmalıdır. Örneğin, kaynak pozisyonu, elektrod çapı, kaynak akım türü, akım değeri veya tel sürme hızı, voltaj aralığı, kaynak hızı ve elektrodun is parçasına olan mesafesi (ark boyu) WPS'de belirtilmiş olmalıdır. Ek-1 de örnek bir kaynak talimatı (WPS) gösterilmektedir. Bu yüksek kaliteli kaynaklar için gereklidir. Kaynak parametreleri Proje Şartnameleri'nde Proje Çizimleri'nde İmalat Şartnameleri'nde açık bir şekilde belirtilmelidir. Kaynak parametreleri her elektroda göre değişebilir. Aynı standarttaki elektrodların veya özlü tellerin kaynak parametreleri de üreticiden üreticiye farklılık gösterebilir. Bu nedenle, kullanılacak kaynak parametreleri, üreticinin tavsiye ettiği sınırlar içinde olmalıdır.

Kaynak parametreleri kaynak işleminin ve daha sonra oluşan kaynaklı bağlantının kalitesini belirleyen önemli unsurlardan birisidir Kaynak parametreleri; kaynaklanan metal veya alaşımı ile kaynak metalinin türü, kalınlığı, kaynak ağzı türü ve geometrisi, kaynak pozisyonu ve kaynaklı bağlantıdan beklenen mekanik özellikler göz önünde bulundurularak belirlenir. Bu parametrelerin seçimi, kaynakçının çalışma şartlarını da kolaylaştırır [13].

Alternatif olarak kaynak prosedürünü kabul edebilmek için ana malzeme üzerine WPS'te önerilen kaynak yöntemini belirlenen kaynak parametreleri ile kaynak yaparak test edilmelidir. Kaynak hızı, WPS'de verilen kaynak ağzı tasarımındaki yükseklik ve genişlik değerlerini sağlayacak ve bu değerleri aşmayacak şekilde olmalıdır.

Kaynak yöntem prosedürü (WPS) EN 15609-1 veya EN 15609-2 standartlarına göre hazırlanır. İmalatçı, kaynaklı birleştirme ile ilgili (kaynak ağzı dizaynı, paso sayısı, kullanılan malzeme, kullanılan kaynak sarf malzemesi (tel, gaz, elektrod, toz v.s) kaynak detayı, amper, voltaj) tasarladığı tüm bilgileri bu formlarda belirtir. Bu tasarım doğrultusunda standartta belirtilen portatif test parçaları kaynaklanır, tahribatlı ve tahribatsız testler yapılır.

EN 15614-1 standardına göre yapılacak “kaynak yöntem testleri” (WPQR) için aşağıdaki tahribatlı ve tahribatsız testler yapılır.

- Gözle muayene (EN 970)
- Radyografik muayene (EN 1435)
- Ultrasonik muayene (EN 1714)
- Manyetik parçacık ile muayene (EN 1290)
- Sıvı penetrant testi (EN 571- 1)
- Enine çekme testi (EN 895)
- Eğme testi (EN 910)
- Çentik darbe testi (EN 875)
- Sertlik testi (EN 1043)
- Makroskopik muayene (EN 1321)

Şekil 3.3. de kaynak parametrelerinin kaynak işlemi kalitesine etkisi ettiği şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Kaynak parametrelerinin kaynak kalitesine etkisi[2]

#### Kaynakçı sertifikalandırma

Kaynakçı sertifikalandırılmasında EN 287-1 standardı uygulanmaktadır. İlgili standart doğrultusunda ki sertifikalandırma işlemi, bu işlemi gerçekleştiren kuruluşların uygulamaları incelenerek daha iyi anlaşılacaktır. Örnek olarak Türk Loydunun EN 287-1 standardına bağlı kalarak belirlediği kaynakçı sertifikalandırma işlemi incelenmiştir.

#### *Türk Loydunun kaynakçı sertifikalandırma işlemleri*

Bir kaynakçının kaynak yapma yetkisi, standartta belirtilmiş zorunlu değişkenlerle sınırlanmıştır. Her zorunlu değişken için bir yeterlilik aralığı belirtilmiştir. Eğer kaynakçı yetki (yeterlilik) aralığının dışında kaynak yapmak isterse, bu durum yeni bir yeterlilik sınavını gerektirir. Kaynakçı sertifikalandırılırken, kaynakçının çalışacağı kaynakla ilgili parametreler dikkate alınır. Değişebilen parametreler şunlardır;

### Kaynak Yöntemi ( ISO 857-2 ; 4.2)

Her yeterlilik sınavı normal olarak sadece bir kaynak yöntemini kapsar. Gazaltı kaynak yönteminde solid tel S yerine özlü tel M kullanılması dışında, kaynak yönteminin değiştirilmesi, yeni bir yeterlilik sınavını gerektirir.

### İmalat tipi (levha ve boru)

Yeterlilik sınavı belirli ölçülerdeki levha veya boru parçalarında yapılır ve aşağıdaki kriterler göz önünde bulundurulur.

- Dış çapı  $D > 25$  mm olan borulardaki kaynaklar levhadaki kaynakları kapsar.
- Levha kaynağı aşağıdaki şartlarda boru kaynağını kapsar.
  - Levhanın PA, PB ve PC pozisyonları için verilen onay, aynı şartlarda kaynağı yapılan aynı pozisyonlardaki  $D \geq 150$  mm olan borular için de geçerlidir.
  - Levhanın tüm pozisyonları için verilen onay, aynı şartlarda kaynağı yapılan  $D \geq 500$  mm olan borular içinde geçerlidir.

### Kaynak Tipi (Alın ve köşe)

Yeterlilik sınavı alın ve köşe kaynağı olarak yapılır.

- Alın kaynakları, bransman kaynakları hariç her tipteki alın kaynaklarını kapsar.
- Yapılacak kaynakların çoğunluğunun köşe kaynağı olması durumunda, kaynakçının uygun bir pozisyondan köşe kaynağı sınavını gerektirir. Yapılan kaynakların çoğunluğunun alın kaynağı olması durumunda, alın kaynakları köşe kaynaklarını kalifiye eder.

### Malzeme Grubu (CR ISO 15608)

Yeterlilik sınav sayısının azaltılması için malzemeler kaynaklanabilirlik durumuna göre gruplandırılmıştır. Bir kaynakçının bir gruptaki bir malzemenin kaynağında gösterdiği yetenek (başarı), kaynakçının aynı gruptaki diğer malzemelerin kaynağında da başarılı (yetkili) olduğunu gösterir.

### Kaynak sarf malzemesi

Kaynak dolgu metali (elektrod) örtü tipi ve diğer bazı özelliklerine göre gruplandırılmıştır. Kaynakçı sertifikalandırılmasında bu husus dikkate alınmalıdır. Bazı kaynak yöntemlerinde (141, 15, 311) dolgu metali ile sağlanan yeterlilik, dolgu metalsiz yeterliliği kalifiye eder, fakat testini kalifiye etmez.

### Boyut ( Malzeme kalınlığı ve boru dış çapı)

Çalışılacak işlerdeki malzeme kalınlığı ve/veya boru dış çapı dikkate alınarak sınav parçası hazırlanmalıdır.

### Kaynak pozisyonu (EN ISO 6947)

Kaynakçı sertifikalandırılmasında, yapılacak kaynak pozisyonlarını kapsayacak şekilde test parçalarından sınav yapılmalıdır.

Kaynak detayı (altlık, tek taraflı kaynak, çift taraflı kaynak, tek paso, çok paso, sol tarafa doğru kaynak, sağ tarafından doğru kaynak)

Kaynakçı sınavında yapılacak işlere uygun kalifikasyon durumu da dikkate alınarak kaynak detayı seçilmelidir.

Kaynakçı yeterlilik sınavı, imalatçının EN ISO 15609-1 veya EN ISO 15609-2 standartlarına göre hazırladığı WPS'lere göre yapılır.

Kaynakçı sertifikası 2 yıllık bir süre için geçerlidir. Ancak bu süre; işverenin koordinatörü veya sorumlusunun, kaynakçının ilk sınav şartlarında çalışmaya devam ettiğini 3 defa 6'şar aylık aralıklarla doğrulaması ve sertifikayı onaylaması koşulu ile geçerlidir.

### **3.3.2. Kaynak yöntemlerinin kaliteye etkisi**

Kaynak yöntemleri, teknolojiye bağlı olarak gelişimini sürdürmektedir. Teknolojinin ilerlemesi ile kaynak yöntemlerinin çeşitliliği artmıştır. Bu gelişimin temel sebebi kaynak işlerinin otomasyona uygunluğunun sağlanması ve kaynak esnasında ve kaynak sonrasında istenmeyen durumları en aza hatta sıfıra indirebilmek gayesidir. İşte bundan dolayı teknoloji ilerledikçe kaynak yöntemleri daha da gelişmiş ve kaynak yöntemleri, otomasyona uygun hale getirilmeye çalışılmış aynı zamanda kaynak esnasında ve sonunda istenmeyen durumları ortadan kaldırarak amaca daha uygun kaynak dikişleri elde edilmiştir. Bu, yapılan kaynağın kalitesini büyük oranda artırmıştır.

Bütün alanlarda olduğu gibi ekonomiklik ilkesi gereği yöntemlerden hangisinin istenilen kalite düzeyini vereceği iyi analiz edilmeli ve ona göre en uygun kaynak yöntemi seçilmelidir.



İleriki bölümde kaynak yöntemleri, imalat yöntemi açısından ele alınacağından yöntem seçimi konusunda daha fazla bilgi verilmemiştir.

#### Kaynak yöntemlerindeki ısı yoğunluğunun kaynak kalitesine etkisi

Kaynak yöntemleri ve kullanılan birleştirme yöntemleri bölümünde de görüldüğü gibi kaynak yöntemlerinde, temelde birleştirme yöntemleri aynıdır. Ancak kaynak esnasındaki ısı güç yoğunluğu ve ortamın hava koşullarından korunmasındaki başarı gibi faktörlere göre yapılan birleştirmede çok farklı sonuçlar alınabilmektedir. Kaynaklı yapının üretim sürecindeki uygulanacak kaynak yöntemine karar verilirken yöntemin ısı tesiri altındaki bölgeye etkileri göz önünde bulundurulacak diğer bir kriterdir.

Temelde kaynak yöntemlerinin hepsinde ısı ya da basınç yardımıyla parçaların sökülemez bir şekilde birleştirilmesi esası varsa da gerek her bir yöntemin kendine has avantaj ve dezavantajları ile uygulama esnasındaki kısıtlılıklar, gerekse eldeki imkanlar ve ekonomiklik açısından optimum seçimin yapılması zorunluluğu nedeniyle kaynak yöntemleri birbirlerinin yerine pek kullanılmazlar[12].

Kaynak yöntemlerinin temel amacı kaynak tanımında da geçtiği gibi malzemeleri ergiterek yada bastırarak iki farklı metalin birleştirilmesini sağlamaktır. Ergitme sırasında ısı tesiri altında kalan bölge (ITAB)'deki ani ısı değişiklikleri esas metalin metalürjik yapısını bozmaktadır.

Bir çeliğin kaynak edilebilirliği açısından tane büyümesi çok önemlidir, çünkü soğuma olayı sürecinde oluşan dönüşümlere östenit tane büyüklü.ünün etkisi oldukça etkilidir [14, 15].

Kaynak işlemi esnasında kullanılan enerjinin büyük bir kısmı ısı kaynağının sağladığı enerjinin yoğunluğuna, esas metalin ısı iletme kabiliyetine ve kaynak hızına bağlı olarak esas metal içinde tutulurken geriye kalan kısmı esas metalin kaynak bölgesini ve ilave metali ergitmeyi sağlar. Esas metal tarafından tutulan ısı

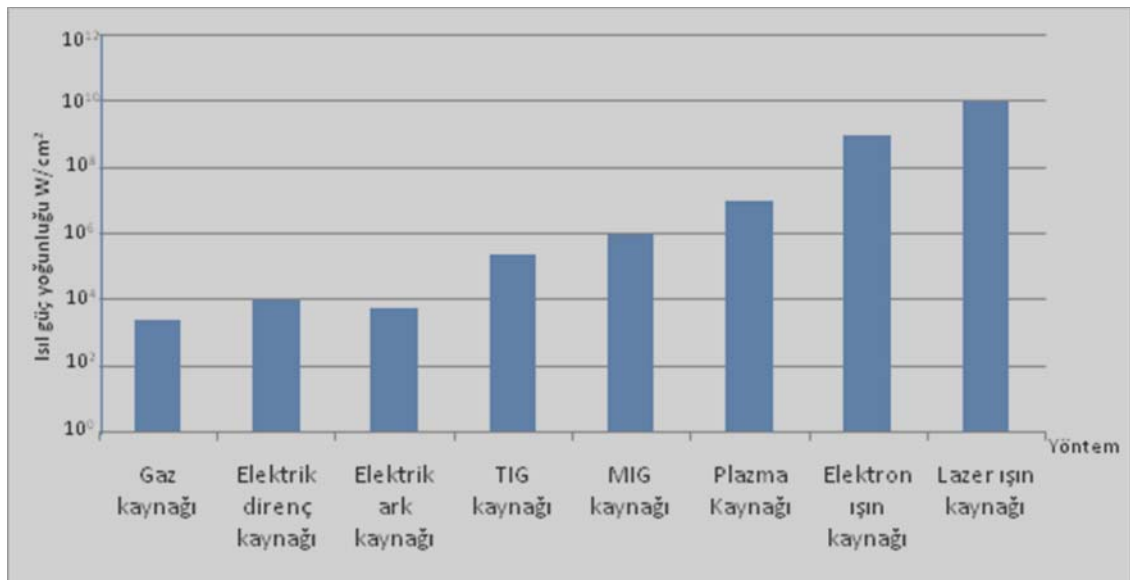
neticesinde malzemenin genişlemesi, soğuma esnasında ise çekilmeye çalışması, kaynaklı yapının arzu edilen boyutsal kararlılıkta olmasına engel olur.

Oysa ısı kaynağının sıcaklığı ve sağladığı enerjinin yoğunluğu ne kadar yüksek olursa doğrudan ergitme için kullanılan enerji de o kadar yüksek olur [12].

Sıcaklık ve enerjinin doğrudan ergitme için kullanılması esas metale etki eden enerjinin azalmasına sebep olmaktadır. Bu yüzden ısı tesiri altındaki bölgenin alanı daralmaktadır. Özellikle esas metaldeki alanın daralması arzu edilen boyutsal kararlılığın yüksek olmasını sağlar.

Sıcaklığı ve enerji yoğunluğu fazla olan lazer ve elektron ışın kaynaklarının boyutsal kararlılık bakımından diğer kaynaklara nazaran daha iyi netice vermelerinin sebebi budur[12].

Kaynak yöntemleri arasındaki sıcaklık ve enerji yoğunlukları çok farklıdır. Aşağıdaki şekilde (Şekil 3.4.) kaynak yöntemleri arasındaki sıcaklık ve enerji yoğunlukları arasındaki fark görülmektedir. Kaynaklı yapının tasarımı sırasında kullanılacak kaynak yöntemi seçilirken özellikle bu etkilerin göz önünde bulundurulması gerekir.



Şekil 3.4. Çeşitli kaynak yöntemlerinde ısıl güç yoğunluğu[8]

Kaynaklı yapı oluşturulurken tüm bu etkenler göz önünde bulundurularak istenen kalitedeki kaynak dikişini verecek malzeme seçimi yapılmalıdır. Bu seçimin isabet oranı kaynak tasarımcısının malzeme bilgisi ile doğru orantılıdır.

#### **4. KAYNAKLI YAPILARIN TASARIMI**

Tasarım kavramı çok geniş bir anlam ifade etmektedir. Endüstriyel üretimdeki tasarım bir ürünün hammaddeden mamul yada yarı mamul üründen tam mamul ürün sürecine kadarki sürecin yapılandırılması şeklindedir. Kaynaklı yapıların tasarımı ise bu kaynaklı yapıların oluşturulmasındaki sürecin, yapılandırılması şeklinde tanımlanabilir. Diğer üretim süreçlerinde olduğu gibi, kaynaklı yapıların üretim sürecini de belirleyen ana öğeler vardır. Bu ana öğeler, genel tasarım esasları, kullanılacak malzeme türü, uygulanacak imalat çeşidi ve ilgili standartlardır. Tasarım faktörünün kaynak kalitesine etkisinin anlaşılması için tüm bu bileşenlerin iyi analiz edilmesi gerekir.

##### **4.1. Kaynaklı Yapıların Tasarımında Genel Esaslar**

Kaynaklı birleştirme yöntemlerinin uygulanması ile gerçekleştirilecek olan bağlantılarda, parçalar değişik birleştirme türlerinde yan yana getirilerek konumlandırılırlar. Bağlantıyı oluşturacak bu parçalara, kalınlığa ve istenen nüfuziyete, hatta uygulanacak kaynak yöntemine göre birleştirme türü seçilmelidir.

Kaynak tasarımcısı, konstrüksiyon projesi ile yapının temel biçimini belirler. Tasarımcı bununla konstrüksiyon için amaçlanan sonucun yerine gelmesini üstlenmiş olur.

Kaynaklı imalata uygun yapıların tasarımını gerçekleştirmeden önce tasarımcı alternatif çözümlerin, yapının sadece dayanımını etkilemekle kalmadığını, aynı zamanda yapının geometrik şeklin tamamını da etkileyeceğini gözden uzak tutmamalıdır [12].

Kaynak tekniği yapıda hiçbir imalat yönteminin sağlamadığı kadar serbestlik sağlar. Bundan dolayı verilen tüm koşullara ve isteklere uygunluk bakımından, kaynak tekniği diğer imalat yöntemlerine göre çok avantajlıdır. Tasarımcı yapıyı oluşturmak için olanakları tek tek ele almalıdır. Her zaman çok sayıda kaynak dikişi bir avantaj

sağlamaz. Bütün faktörler bir tarafa bırakıldığında her kaynak dikişinin bir maliyeti vardır. En iyi çözüm en basit çözümdür ilkesi gereği yapının amacını yerine getirebilecek en basit çözümlene yoluna gidilmelidir. Bu, tasarımcının projenin birçok şekillendirme olanaklarından teknik olarak amaca ve imalata en uygun ve ucuz olanı bulmasını gerektirir. Malzeme seçimi ekonomiklik açısından çok önemli bir faktördür. Seçilen malzeme yapının gerektirdiği özelliklerden daha yüksek özelliklere sahip olmamalıdır. Ancak bu durum korozyon ve ağırlık gibi diğer faktörler göz önünde bulundurularak düşünölmeli ve karar verilmelidir [12].

Tasarıma karar vermek tasarımcının görevi olsa da tasarım esnasında özellikle büyük işletmelerde imalat planlayıcılar, kalite kontrolcüler, işletme ve imalat mühendisleri gibi diğer personelle çalışmak en iyi çözümlü bulmak adına gereklidir. Eğer işletmede sayılan personel yoksa tasarımcı çok yönlü olmalıdır.

#### **4.1.1. Kaynaklı yapılarda birleştirme esasları**

Tasarımcı oluşturacağı yapıya karar verirken önceden de belirtildiği gibi yapıdan istenilen özelliklerin sağlanılacağını üstlenmiş olur. Tasarımcı yapıya karar verirken aşağıdaki esaslara göre hareket etmelidir. [16].

Tasarlanan birleştirme;

- Mevcut zorlanmalara uygun,
- Kaynak dikişlerinin tahribatsız muayenesine uygun,
- Seçilen malzemeye uygun,
- Tamir ve bakıma uygun
- En az distorsiyon oluşturacak.
- En az korozyon tehlikesine uygun,
- Mekanizasyon ve otomasyona uygun,  
olmalıdır.

Bu esasların yanında projeyi yaparken konstrüksiyonun ekonomik imalatı da düşünölmelidir.

Uyulması gereken bu esaslar, incelenecek olursa daha iyi anlaşılacaktır.

Mevcut zorlamalara uygun olmalıdır.

Tasarlama aşamasında bağlantının mukavemeti önemli bir rol oynar ve esas alınacak konu, gereken mukavemette ve en iyi kalitede kaynak dikişinin gerçekleşmesini en ekonomik biçimde sağlamaktır.

Kaynaklı yapılarda mukavemetin istenilen seviyede olması için aşağıdaki hususlara dikkat etmek gerekmektedir.

*i. Gerilmeler*

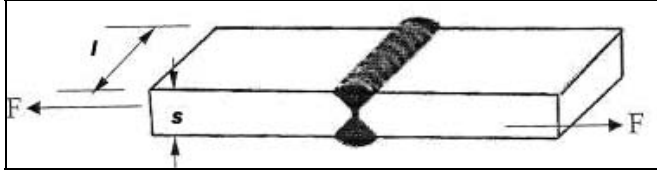
Kaynak işlemi esnasında meydana gelen değişken sıcaklık yayılışından ötürü kaynak bağlantısında ısı gerilmeler doğar. Bu gerilmelerin etkisi ile kaynak konstrüksiyonunda bir takım şekil değiştirmeler ve çarpılmalar olur. Bunları önlemek için aşağıdaki tedbirleri almak gerekir.

- Kaynak edilecek parçalar şekil bakımından basit (levha, silindir, profil) ve nispeten büyük olmalıdır.
- Kalın ve kısa kaynak dikişleri yerine ince ve uzun dikişler tercih edilmelidir.
- Nispeten büyük parçalar kaynak işleminden sonra gerilme giderme tavına tabi tutulmalıdır.

### Gerilmelerin hesaplanması

- Alın kaynağında gerilme hesabı

Çekme kuvveti ile zorlanan elemanlar (Şekil 4.1)



Şekil 4.1. Çekme kuvveti ile zorlanan alın kaynağı [12]

$\sigma$  = Gerilme

F= Kuvvet

l = Kaynak boyu

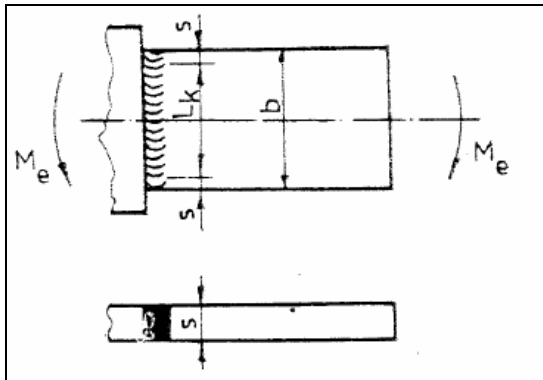
s = malzeme kalınlığı

$$F = \sigma \cdot l \cdot s$$

(4.1)

olarak bulunur.

Eğilme momenti ile zorlanan elemanlar (Şekil 4.2):



Şekil 4.2. Eğilme momenti ile zorlanan alın kaynağı [17].

Kaynak kesitinde meydana gelen eğilme gerilmeleri;

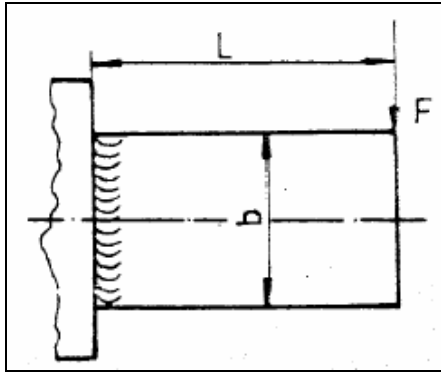
$\sigma_{ek}$  : Kaynaklı yapının emniyetli gerilmesi

$\sigma_{em}$  : Esas Malzeme emniyet gerilmesi

$$\sigma_{ek} = \frac{M_e}{W_k} = \frac{M_e}{\frac{1}{6} s \cdot l_k^2} \leq \sigma_{em} \quad (4.2)$$

olarak bulunur [18].

Kaynak bağlantısı Şekil 4.3'de gösterildiği gibi zorlanırsa, kaynak dikişinde eğilme ve kayma gerilmeleri meydana gelir.



Şekil 4.3. Eğilme ve kesme gerilmesi ile zorlanan alın kaynağı [17].

Bu durumda eğilme gerilmesi;

$$\sigma_{ek} = \frac{M_e}{W_k} = \frac{F \cdot L}{\frac{1}{6} s \cdot l_k^2} \quad (4.3)$$



olup kayma gerilmesi ise;

$$\tau_k = \frac{F}{S \cdot l_k} \quad (4.4)$$

olarak hesaplanır [18]. Daha sonra, maksimum normal gerilme varsayımına göre bileşik gerilme;

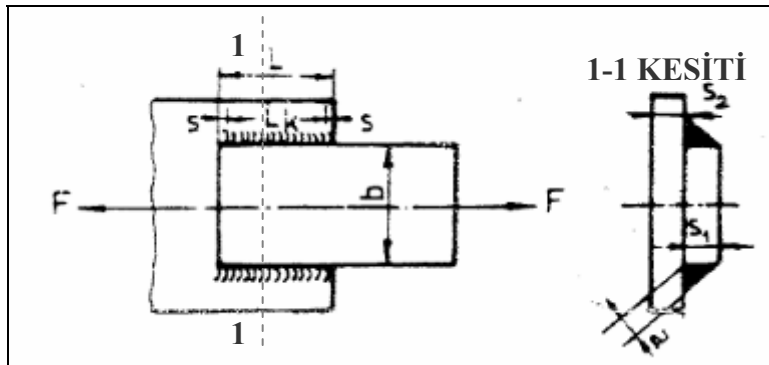
$$\sigma_{kb} = 0,5 \left( \sigma_{ek} + \sqrt{\sigma_{ek}^2 + 4 \cdot \tau_k^2} \right) \leq \sigma_{kem} \quad (4.5)$$

ile bulunur.

- Köşe kaynağında gerilme hesabı:

Yan köşe kaynağı (paralel kaynak)

Çekme kuvveti ile zorlanan elamanlar(Şekil 4.4):



Şekil 4.4. Çekme kuvveti ile zorlanan yan köşe kaynağı [17].

Köşe kaynaklarında dikişteki gerilme 1 -1 kesit alanı boyunca meydana gelen kayma gerilmelerine göre hesaplanır.

Bu kesitteki kayma gerilmeleri.

$$\tau_k = \frac{F}{2.a.l_k} \leq \tau_{kem} \quad (4.6)$$

olup  $a \approx 0.7s$  olduğu göz önüne alınarak.

$$\tau_k \approx \frac{F}{1,4.s.l_k} \leq \tau_{kem} \quad (4.7)$$

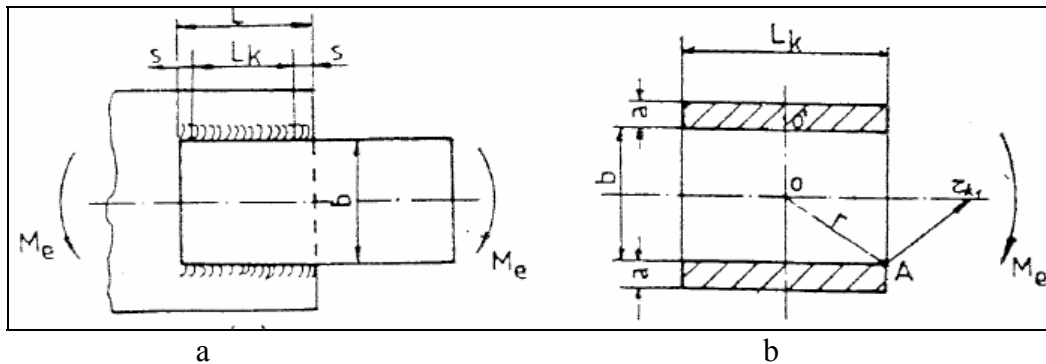
ifadesi elde edilir.

#### *Eğilme momenti ile zorlanan elemanlar (Şekil 4.5 a)*

Bu kaynak bağlantısında, kaynak tüm bir sistem olarak düşünülür. Çözüm için önce sistemin ağırlık merkezi bulunur. Ağırlık merkezi bilinen yöntemlerle bulunur. Burada sistemin ağırlık merkezi o noktasıdır (Şekil 4.5 b). Maksimum kayma gerilmesi r'nin maksimum değer aldığı en dıştaki lifte (Şekilde A noktası) meydana gelir. A noktasında meydana gelen kayma gerilmeleri:

$$\tau_k = \frac{M_e}{I_{pk}} \cdot r \quad (4.8)$$

olur [19,20]. Burada  $I_{pk}$  kaynak sisteminin o noktasına göre kutupsal eylemsizlik (atalet) momentidir.



Şekil 4.5. Eğilme momenti ile zorlanan elemanlar [17].

Şekil 4.5 b deki kesit için kutupsal atalet momenti[21]

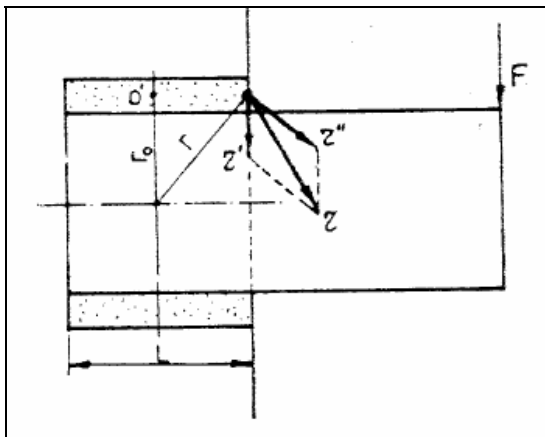
$$I_{pk} = I_{pko} + A_k \cdot r_o^2 = \frac{A_k \cdot \ell_k^2}{12} + A_k \cdot r_o^2 = A_k \left( \frac{\ell_k^2}{12} + r_o^2 \right) \quad (4.9)$$

olarak hesaplanır.

Kaynak bağlantısı Şekil 4.6' da gösterildiği gibi zorlanırsa, kaynak dikişinde  $M = F.L$  momentinin meydana getirdiği ( $\tau_{kM}$ ) kayma gerilmesinin yanı sıra  $F$  kuvvetinin etkisi altında kesmeden ötürü ( $\tau_{kF}$ ) kayma gerilmesi oluşur. ( $\tau_{kM}$ ) ve ( $\tau_{kF}$ ) kayma gerilmeleri sırasıyla (Es. 4.7) ve (Es. 4.8) bağıntılarından elde edilir. Bu gerilmeler, toplam gerilmeyi elde etmek üzere;

$$\vec{\tau}_{k_{top}} = \vec{\tau}_{kF} + \vec{\tau}_{kM} \quad (4.10)$$

geometrik olarak toplanır [21]. Çözümün analitik veya grafik yoldan elde edilmesi mümkündür.  $\tau_{kF}$ ,  $F$ 'nin doğrultusuna paraleldir.



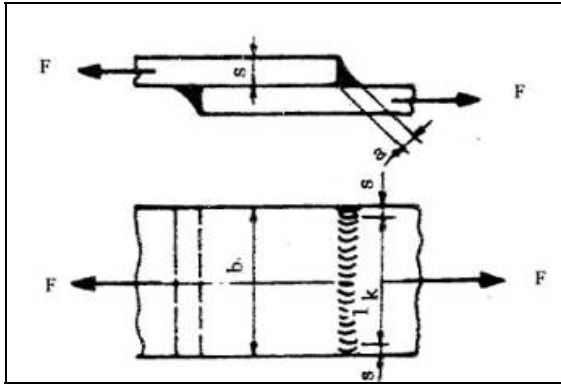
Şekil 4.6. Moment ve kesme ile zorlanan paralel kaynak [17]

*Alın köşe kaynağı (bindirme kaynağı)*

Çekme kuvveti ile zorlanan elemanlar (Şekil 4.7): Kaynak dikişlerindeki kayma gerilmeleri;

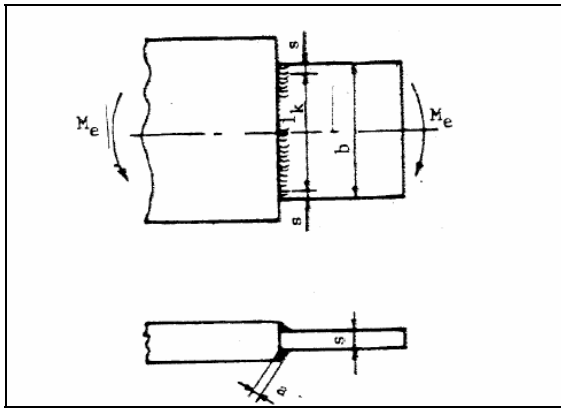
$$\tau_k = \frac{F}{2.a.l_k} \approx \frac{F}{1,4.s.l_k} \leq \tau_{kem} \quad (4.11)$$

olarak yazılır [20].



Şekil 4.7. Çekme kuvveti ile zorlanan bindirme kaynağı [17]

*Moment etkisi altında bulunan elemanlar (Şekil 4.8)*



Şekil 4.8. Moment ile zorlanan alıncı köşe kaynağı [17]

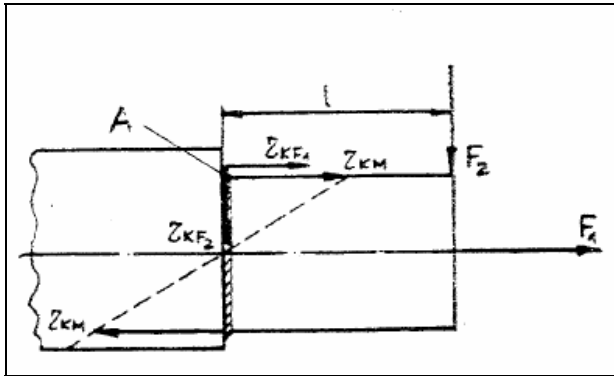
Eğilme momentinin etkisi ile kaynak dikişlerinde kayma gerilmeleri meydana gelir. Buna göre kayma gerilmeleri;

$$|\tau_k| = \frac{M_e}{W_k} = \frac{M_e}{2 \cdot \frac{a \cdot l_k^2}{6}} = \frac{6 \cdot M_e}{1,4 \cdot s \cdot l_k^2} \leq |\tau_{kem}| \quad (4.12)$$

şeklinde yazılabilir.

Çekme kuvveti ve moment etkisi altında bulunan elemanlar (Şekil 4.9).

Kaynakta  $M=F_2 \cdot L$  momentinin etkisi altında  $\tau_{km}, F_1$  kuvveti ile  $F_2$  kuvvetinin tesiri altında  $\tau_{kF1}$  ve  $\tau_{kF2}$  kayma gerilmeleri meydana gelir.



Şekil 4.9. Çekme kuvveti ve moment ile zorlanan alın köşe kaynağı[17]

Toplam maksimum gerilme A noktasındadır ve;

$$\tau_k = \sqrt{(\tau_{kF1} + \tau_{kM})^2 + \tau_{kF2}^2} \leq \tau_{kem} \quad (4.13)$$

şeklinde yazılır[21].

Kaynak bağlantılarında değişken zorlamalar

Kuvvet ve momentler ve bunlara bağlı olan gerilmeler zamana göre değişken olabilirler. Değişken gerilmeler, zamana bağlı olarak maksimum ve minimum iki değer arasında periyodik olarak değişen gerilmelerdir[23].

Çekme ve eğilmeye zorlanan kaynak bağlantısında, maksimum ve minimum gerilmeler sırası ile  $\sigma_{em}$  ve  $\sigma_{min}$  ile ifade edilirse ortalama gerilme[23];

$$\sigma_{ko} = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2} \quad (4.14.)$$

ve gerilme genliği[23];

$$\sigma_{kg} = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2} \quad (4.15)$$

bağıntıları ile bulunur.

Aynı bağıntılar kuvvetler cinsinden yazılırsa;

$$F_{ko} = \frac{F_{max} - F_{min}}{2} \quad (4.16)$$

ve;

$$F_{kg} = \frac{F_{max} - F_{min}}{2} \quad (4.17)$$

bağıntıları ile ifade edilir.

Kayma gerilmesine maruz kaynak dikişinde ortalama gerilme ve gerilme genliği ise;

$$\tau_{ko} = \frac{\tau_{\max} - \tau_{\min}}{2} \quad (4.18)$$

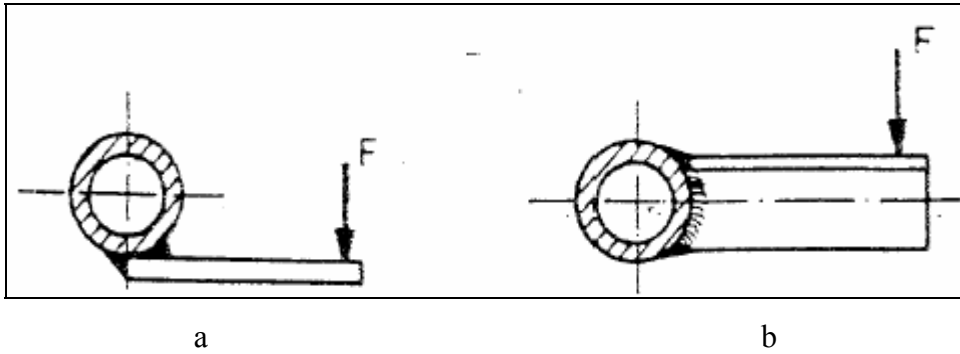
ve gerilme genliği;

$$\tau_{kg} = \frac{\tau_{\max} - \tau_{\min}}{2} \quad (4.19)$$

bağıntıları ile bulunur [17].

### ii. Dikişlerin Yerleri

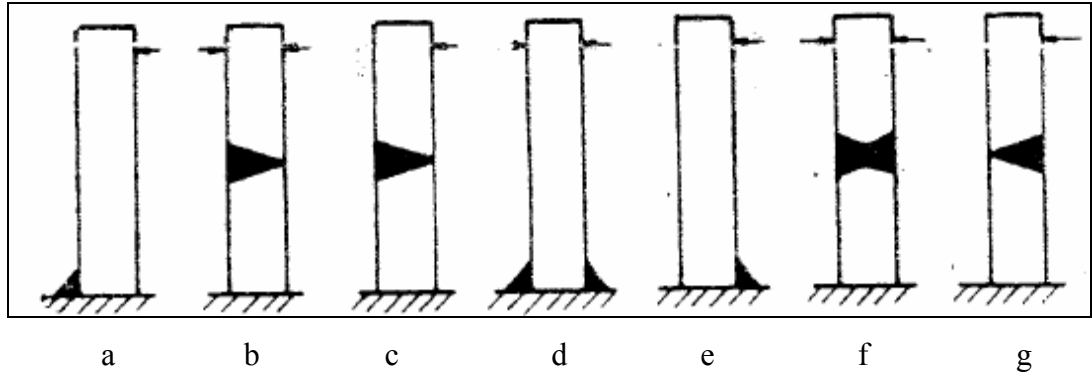
Dikişler konstrüksiyonun en çok zorlanan bölgelerine konulmamalıdır; ancak zorunluluk halinde mukavemet kurallarına göre uygun tedbirler alınmalıdır (Şekil 4.10).



Şekil 4.10. Zorlanma durumuna göre kaynak dikişlerinin yeri[17].

a) Uygun olmayan dikiş yeri b) Uygun dikiş yeri

Dikiş kökü, çekme gerilmesi bulunan yere konulmamalıdır. Şekil 4.11 a,b,c'de gösterilen örnekler bu prensibe uygun değildir. Şekil 4.11 d;e,f,g deki örnekler ise uygundur.

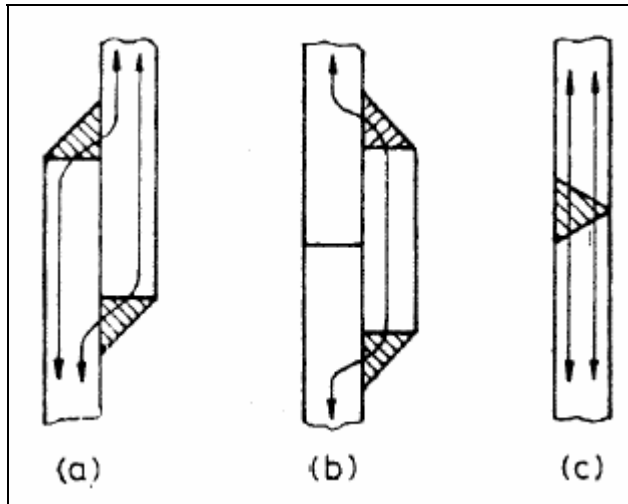


Şekil 4.11. Dikiş Kökü-Çekme gerilmesi ilişkisi.

a,b,c) Uygun olmayan dikişler. d,e,f,g) Uygun dikişler[17].

### iii. Kuvvet akış çizgileri

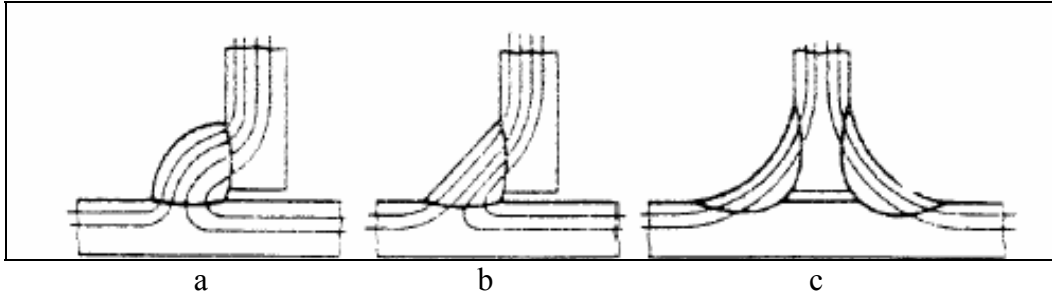
Kaynak dikişlerinde kuvvet akış çizgilerinin düzgün olmasına dikkat edilmelidir. Buna göre alın kaynağı (Şekil 4.12. c) bindirme kaynağından daha uygundur (Şekil 4.12 a, b). Aynı şekilde oyuk köşe dikişi (Şekil 4.12 c) düz köşe dikişine (Şekil 4.12 b) ve bu da şişkin (bombeli) köşe dikişine tercih edilmelidir (Şekil 4.53 a).



Şekil 4.12. Alın ve bindirme kaynağında kuvvet akış çizgileri

a,b) Bindirme kaynağında kuvvet akış çizgileri. c) Alın kaynağında kuvvet akış çizgileri[17].

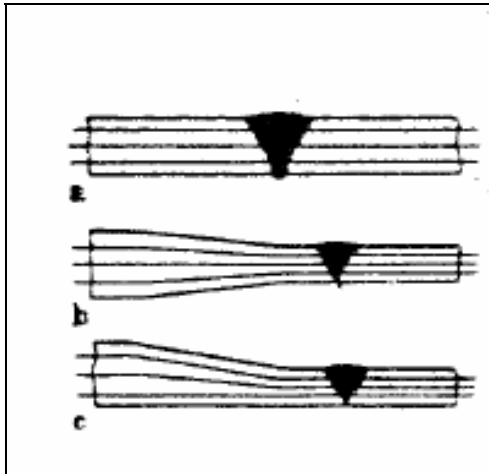




Şekil 4.13. Kuvvet akış çizgileri (köşe dikişlerinde) [17]

#### Kuvvet akış çizgileri

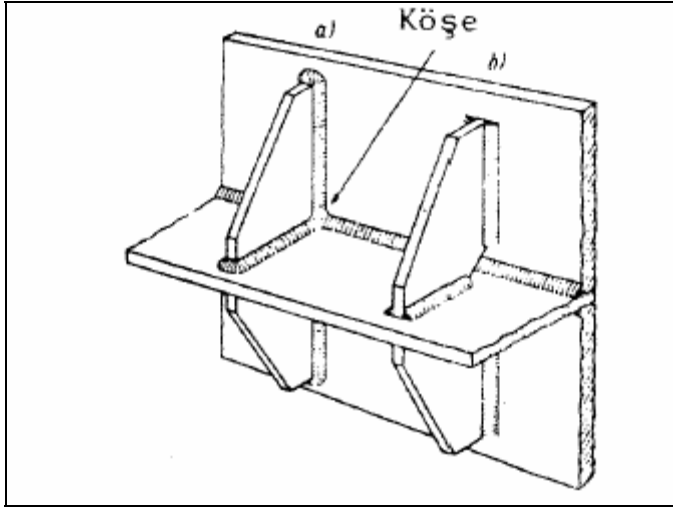
Bu prensibi uygulamak için kaynak yerinde parçaların kalınlıkları birbirine eşit olmalıdır (Şekil 4.14).



Şekil 4.14. Kaynak yerinde parça kalınlıkları [17].

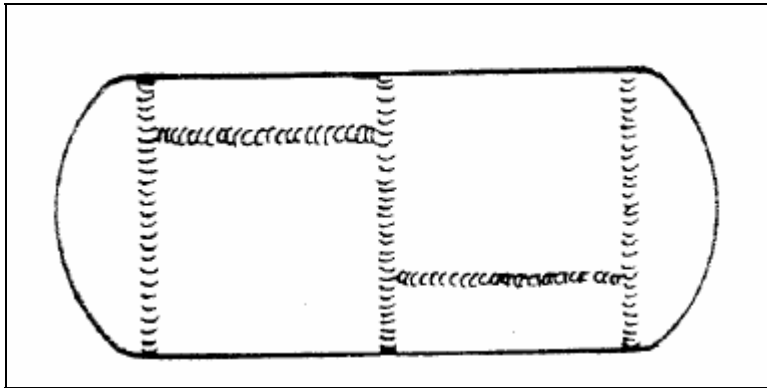
#### IV. Dikiş Çakışmaları

Çapraz dikişlerin çakışmaları önlenmelidir. Böylece Şekil 4.15. a'daki sistem yerine Şekil 4.15.b' de gösterilen sistem uygulanmalıdır.



Şekil 4.15. Çapraz dikişlerin uygulanması [17].

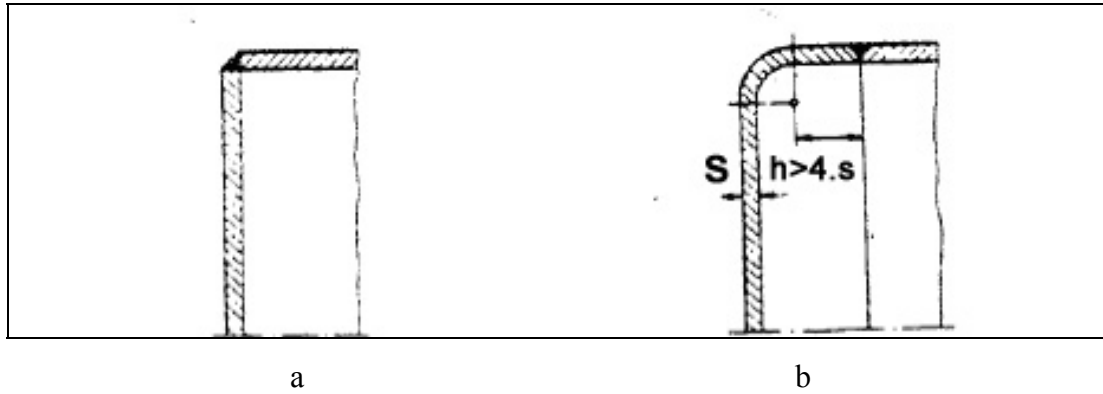
Bu prensibe uygun olarak kazan konstrüksiyonunda dikişler, Şekil 4.16'da gösterildiği gibi yapılmalıdır.



Şekil 4.16. Kazan konstrüksiyonunda çapraz dikişler [17].

#### V. Çentik etkisi.

Kaynak dikişi çentik etkisinin bulunduğu bölgelere konulmamalıdır. Bkz Şekil 4.17.



Şekil 4.17. Kaynak dikişi – çentik etkisi ilişkisi[17].  
a) uygun değil b) uygun

Ayrıca kaynaklı bir bağlantının mukavemeti aşağıda izlenen etkenlere bağlıdır.

- Kaynak metalinin mukavemeti
- Hazırlanan ağız biçimi
- Kaynağın dikiş türü,
- Birleştirilecek parçaların birbirlerine karşı konumları,
- Bağlantının kullanım koşulları,
- Kaynak yöntemi ve uygulanma, biçimi
- Bağlantıda uygulanan ısıl işlem
- Kaynak operatörünün tecrübesi ve el becerisi,

Kaynak dikişleri tahribatsız muayeneye uygun olmalıdır.

Kaynak tasarımı yapılırken yapının tahribatsız muayeneye uygun olması gerekmektedir.

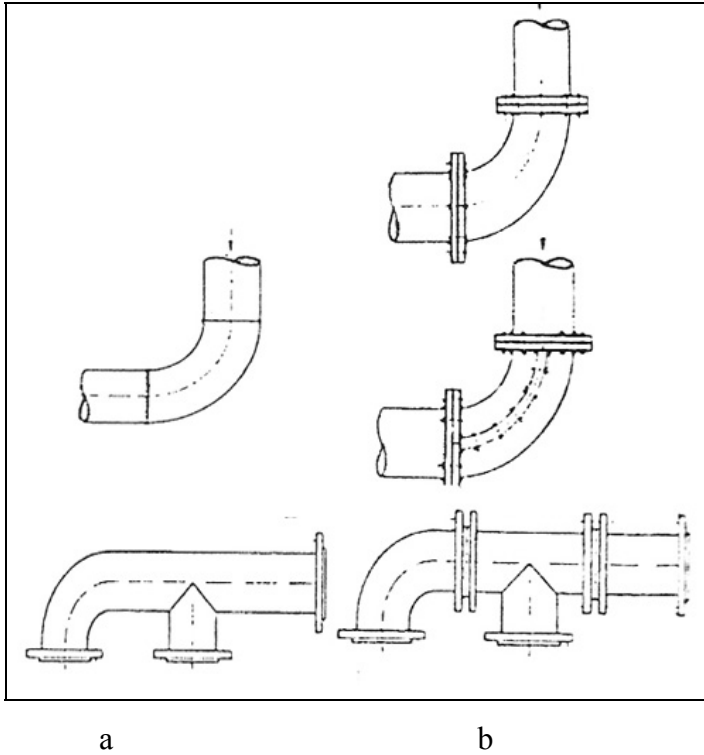
Tahribatsız muayene; kaynak bölgesini kullanım amacı için gerekli olan özelliklerini bozmadan, tahrip etmeden, gerektiğinde tüm kaynaklı bölgenin muayenesine imkan veren deneyler topluluğudur [11].

Tahribatsız muayene, incelenen kaynak bölgesindeki hataların nereden kaynaklandığını esas malzemeye zarar vermeden saptadığı için ciddi kazanımlar

sağlar. Tahribatsız muayene ile hataların nereden kaynaklandığını saptayarak üretim başlangıcında bu hataları düzeltme imkânı verir.

Tamir ve bakıma uygun olmalıdır.

Kaynaklı birleştirme tasarlanırken kaynaktan sonra sistemin yada malzemenin bakım ve tamirine olanak sağlayabilmelidir. Bu ekonomiklik ilkesi ile de doğrudan ilişkilidir. Tamir ve bakımın zorluğu periyodik bakımlar sırasında veya olası arıza durumlarında zaman ve para kaybına yol açar.



Şekil 4.18. Tasarlanan kaynaklı yapının tamir ve bakıma uygunluğu[8].

a) Tamir ve bakıma uygun olmayan tasarım örnekleri b) Tamir ve bakıma uygun tasarım örnekleri

En az distorsiyon oluşturacak şekilde tasarlanmalıdır.

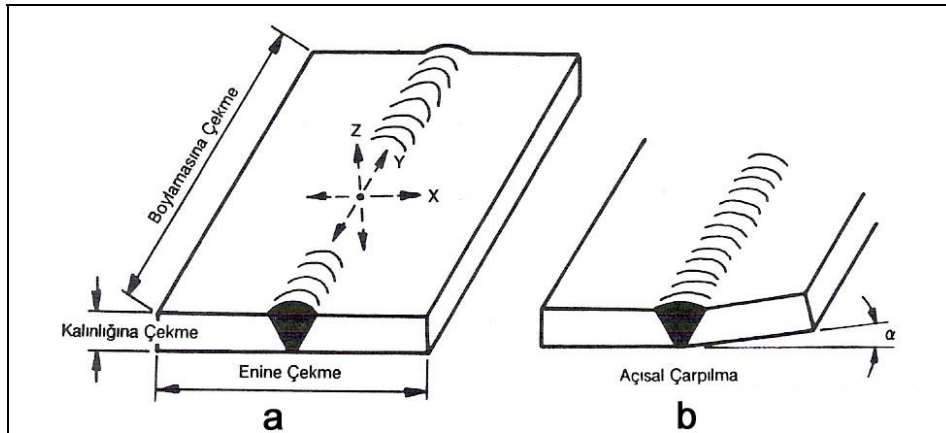
Distorsiyon; kaynak dikişlerinin yapıldığı bölgede meydana gelen ısıl değişimler, kaynak konstrüksiyonundaki hatalı tercihler, dikiş kalitesi ve dikiş sayısı gibi

nedenlerden dolayı kaynakla birleştirilen parçalarda görülen çarpılmalar, çekilmeler vb. şekil değişimleridir [24].

Distorsiyonun, fiziksel durumu şu şekilde açıklanabilir. Uzunluğu diğer boyutlarının yanında, çok büyük olan bir parça (çubuk) ısıtılırsa ve serbest olarak hareket edebiliyorsa boyu uzar. Soğuduğu zaman, tekrar eski uzunluğuna erişir. Buna "serbest uzama ve kendini çekme" denir.

Kaynak dikişlerinde 4 tür distorsiyon meydana gelir[23].

- Enine distorsiyon
- Boyuna distorsiyon
- Açısal distorsiyon
- Kalınlık distorsiyonu



Şekil 4.19. Kaynak dikişlerinde meydana gelen distorsiyon türleri[8].

a) Enine, Boyuna ve kalınlığına distorsiyon. b) Açısal Distorsiyon

Bu şekil değişimlerini en aza indirmek için gerekli önlemler alınmalıdır. Tasarım yapılırken bu etkiler göz önünde bulundurulmalıdır

#### En az korozyon tehlikesine uygun olmalıdır.

Yapılan tasarımda seçilecek ilave metal ortamın özelliğine göre seçilmelidir. Ortamın özelliği göz önüne alınarak korozyon ihtimali en aza indirilmelidir.

#### Mekanizasyon ve otomasyona uygun olmalıdır.

Kaynak yapıları tasarlanırken yapılan imalatın türüne göre hareket edilmelidir. Zira aksi halde üretim sırasında aksamalar meydana gelir. Yapılan tasarım imalat sırasında iş akışını bozmamalıdır. Ayrıca kaynak sırasında kullanılacak alet, ekipman ve robot gibi unsurlar göz önünde bulundurularak tasarım yapılmalıdır.

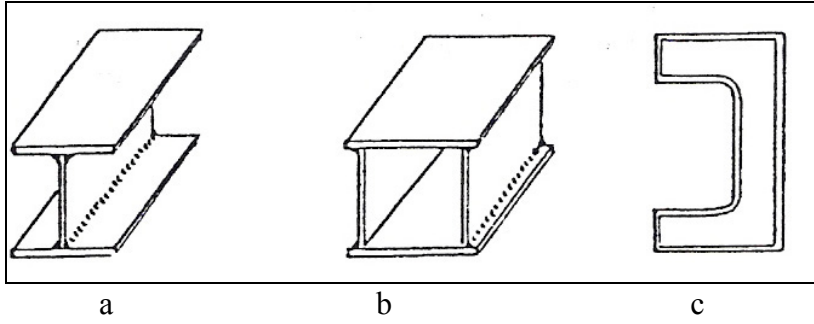
#### **4.1.2. Kaynaklı imalatta uygulanan yapı tipleri**

Kaynaklı imalatta uygulanan yapı tipleri yapının amacına göre çeşitlilik göstermektedir. Tasarım açısından bu yapı tiplerinin bilinmesi de önem arz etmektedir.

Temel yapı tipleri aşağıdaki gibi sınıflandırılıp bir araya toplanabilir[25].

#### Levhalı yapı tipleri

Değişik boyutlardaki kesitlere uyma özelliği, tehlike momentlerinin, hasarın kısmı olması nedeniyle düşük olması, ekonomik olması, basit ve düz biçimler (ucuz) halde bulunması gibi avantajları nedeniyle endüstride yaygın olarak kullanılan yapı tiplerindedir. Şekil 4.20’da levhalı yapı tiplerine çeşitli örnekler verilmiştir.

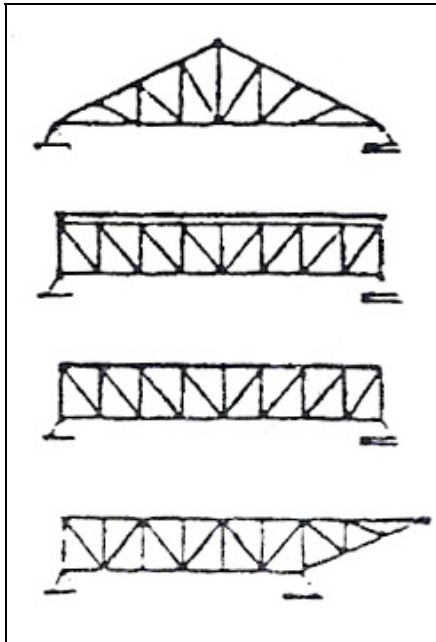


Şekil 4.20. Levhalı yapı tiplerine çeşitli örnekler [8].

a) I-profil b) Kutu profil c) U profil

### Kafes yapı tipleri

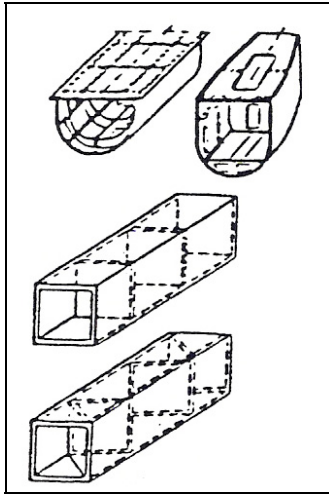
Kafes yapı tipleri genelde büyük yapı yüksekliğine sahip konstrüksiyonlarda kullanılır. Kafes yapı tiplerinin avantajları, uygun hesaplama imkânları, düşük ağırlıklı olmaları, küçük rüzgar alma yüzeyleri ve şekil değişimlerinin fazla olmamasıdır[25].



Şekil 4.21. Kafes yapı sistemlerine çeşitli örnekler[8].

### Hafif yapı tipleri

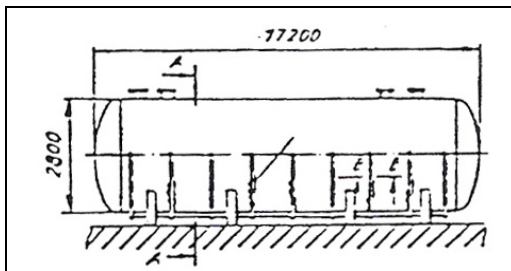
Ağırlık ve malzemeden tasarruf edilmesi istenen yerlerde hafif yapı sistemleri kullanılır. Düşük özgül ağırlığa sahip, yüksek mukavemetli ve uygun biçimli malzemelerin kullanılması esastır.



Şekil 4.22. Hafif yapı tiplerine çeşitli örnekler[8]

### Depolama tankları şeklindeki yapı tipleri

Bu yapı tipleri çanak ve plaka yapı tipleri ile benzerlik gösterir. Depolama tankları şeklindeki yapı tipleri kendilerini taşıyabilen iç ve dış basınçlara maruz kalan yapı tipleridir. Şekil 4.23.'de silindirik yatay bir depolama tankları yapı tipine ait bir örnek görülmektedir.



Şekil 4.23. Depolama yapı tipine örnek silindirik yatay bir depolama tankı [8]



### 4.1.3. Kaynaklı yapılarda birleştirme türleri

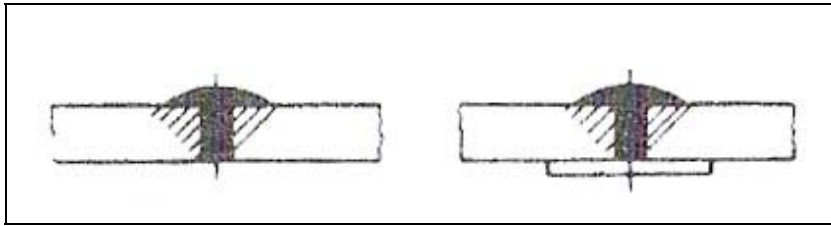
Kaynaklı yapının oluşmasındaki süreci oluşturan öğelerden biride uygulanacak kaynağın geometrik yapısıdır (Bkz. Şekil 3.2). Kaynağın geometrik yapısı oluşturulurken sonuçta oluşacak yapının amacına uygun bir tasarım yapılmalıdır.

Kaynaklı yapılar oluşturulurken parçaların birbirine göre konumları birleştirme türünü belirler. Temel olarak bu birleştirme türleri;

- Alın birleştirmeleri
- İç köşe - dış köşe birleştirmeleri
- Bindirme birleştirmeler

#### *Alın birleştirmeleri*

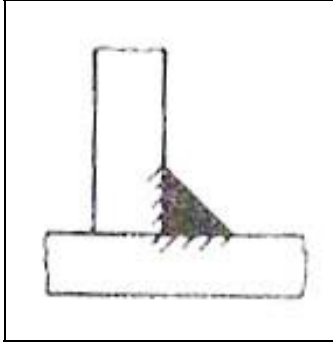
Kaynak edilecek parçaların kenarları alın altına getirilmek suretiyle yapılan birleştirme şeklidir.



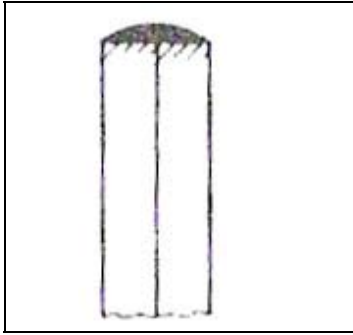
Şekil 4.24. Elektrik ark kaynağı alın birleştirme [2].

#### *İç köşe - dış köşe birleştirmeleri*

Kaynak edilecek parçaların köşelerinin birbirine kaynak edilmek suretiyle yapılan birleştirme şeklidir.



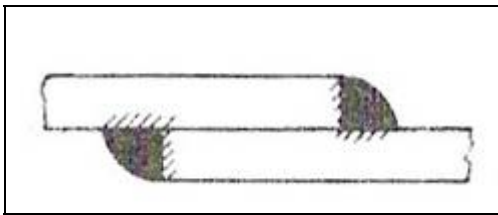
Şekil 4.25. Elektrik ark kaynağı iç köşe kaynağı birleştirme[2].



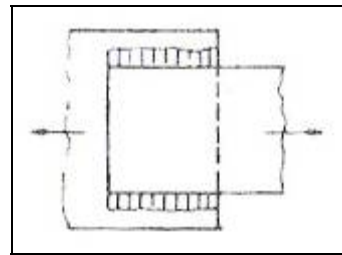
Şekil 4.26. Elektrik ark kaynağı dış köşe kaynağı birleştirme[2].

#### *Bindirme birleştirmeleri*

Bu birleştirme yönteminde iki parçadan birinin kenarı diğer parçanın yüzeyine kaynatılır.



a



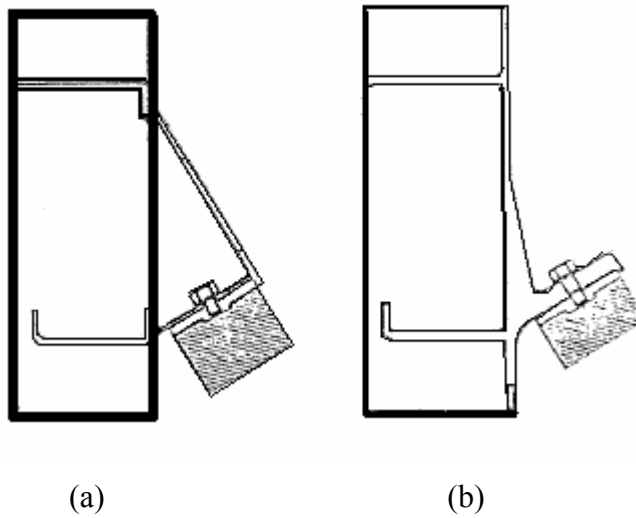
b

Şekil 4.27. Elektrik ark kaynağında bindirme birleştirme[2].

a) Kaynağın yandan görünüşü. b) Kaynağın üstten görünüşü.

## 4.2. Malzemeye Uygun Kaynak Tasarımı

Kaynaklı parçaların imalinde kullanılan malzemelerin cinsi ve özellikleri, yapılan tasarıma tesir eder. Malzemelerin özellikleri konstrüksiyonun şeklini ve kaynak dikişlerinin birleştirme tarzlarını değiştirir. Örneğin Şekil 4.28.' de görülen iki kabin birinde çelik, diğerinde ise alüminyum kullanılmıştır. Malzemelerin farklı özelliklere sahip bulunması konstrüksiyonun seklini ve kaynak dikişlerinin birleştirme türünü değiştirmiştir [25].



Şekil 4.28. Malzeme çeşidinin kaynak yapısına etkisi[25].

a) Çelik b) Alüminyum

Kaynak ağzı şekilleri, çeliğin üretim seklı, soğuk şekil değiştirmiş parçalar, ısıl işlem görmüş parçalar ve kaplı malzemelerin kaynağı da konstrüksiyonun şekline etki etmektedir.

### 4.2.1. Malzemelerin kaynak kabiliyeti ve tasarıma etkisi

Kaynaklı yapının tasarımı yapılırken kaynak edilecek parçaların cinsi dikkate alınacak bir diğer kriterdir. Şekil 3.2.'de görüldüğü gibi kaynak kalitesine etki eden tasarım öğelerinden biri de kaynakta kullanılan malzemedir.

Kaynak kabiliyeti kesin ve kantitatif olarak ifade edilebilen bir özellik olmayıp, karışık bir anlam taşır. Milletlerarası Kaynak enstitüsünün (IIW-IS) IX numaralı kaynak kabiliyeti komisyonu, kaynak kabiliyetini şöyle tarif etmektedir. “Bir metalik malzeme verilen bir usul ile bir maksat için bir dereceye kadar kaynak yapılabilir diye kabul edilir. Uygun bir yöntem kullanarak kaynaklı metalik bağlantı elde edildiği zaman, bağlantı yerel özellikleri ve bunların konstrüksiyona tesirleri bakımından tayin edilmiş bulunan şartları sağlamalıdır” [8].

Tariften anlaşıldığı gibi kaynak kabiliyeti yalnız malzemeye bağlı değildir. Aynı zamanda kaynak usulüne ve kaynak konstrüksiyonuna bağlıdır. Bir malzeme bir metot ile iyi bir kaynak kabiliyetine sahipken başka bir metot ile zayıf bir kaynak kabiliyetine sahip olabilir [26].

Alaşımız yapı çeliklerinde (Karbonlu çeliklerde) kaynak kabiliyeti kavramı aşağıdaki durumları içerir:

- a) Kaynak metalinde oluşan sıcak çatlaklar, gözenekler ve diğer kaynak hatalarının oluşumuna eğilim
- b) Isının tesiri altında kalan bölgede (ITAB) sertleşmeye ya da martenzit oluşumuna eğilim
- c) Gevrek kırılma tehlikesi [27, 28, 29].

Sıcak çatlaklar, gözenekler ve diğer kaynak hatalarının kaynak metalinde oluşma eğilimi; yalnız esas metale tabi olmayıp aynı zamanda önemli miktarda kaynak ilave metali ile de ilgilidir [28, 29].

Kaynak açısından en önemli nokta bazı tür çeliklerde görülen yüksek sıcaklıktan itibaren hızlı soğuma sonucunda ortaya çıkan sertleşmedir. Kaynak işleminde metal önce ergime sıcaklığının üstünde bir sıcaklığa kadar ısınmakta sonrada soğumaktadır. Yapılan deneyler ve ölçmeler kalın bir çelik parçası üzerinde kaynak bölgesinin soğuma hızının yüksek sıcaklığa kadar ısıtılmış ve suya atılarak soğutulan bir parçanın soğuma hızına eşdeğer olduğunu göstermiştir. Bu bakımdan belli bir

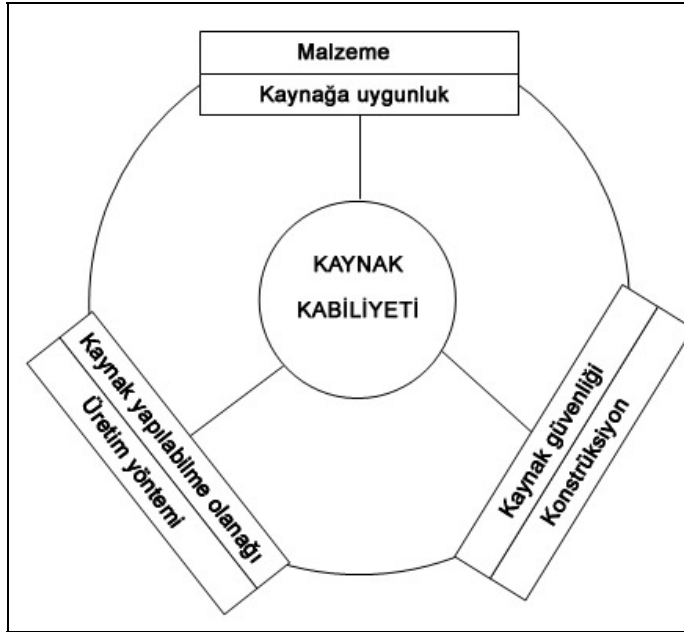
miktarın üstünde karbon ve alaşım elementi içeren çeliklerin kaynak bölgesinde böyle bir sert ve gevrek bir yapının ortaya çıkacağı açıkça görülebilen bir özelliktir [28].

Kaynak esnasında kullanılan malzemeleri kaynak edilecek parçaların cinsi yani esas metal ve kaynak esnasında ortama verilen ilave metal malzeme olarak ikiye ayırabiliriz. Ancak metal malzemelerin genel özelliklerini ve kaynak esnasındaki genel davranışlarını incelememiz her iki durumda da(esas metal, ilave metal) bize bilgi verecektir.

#### Kaynak kabiliyetini etkileyen faktörler

Kaynak kabiliyeti deyimi kaynağa elverişlilik, konstrüksiyonun kaynak emniyeti ve imalatta kaynak yapabilme kavramlarını içine alır. Bu kavramlarda malzeme, imal yöntemi ve konstrüksiyonun etkisi altındadır [8].

Kaynaklı yapı elemanlarının imalat amacı, mümkün olan en düşük maliyette imal edilmesi, fonksiyonunu tam olarak yerine getirmesi ve işletmede uzun süreli kullanılmasıdır. Metal malzemeden bir yapı elemanın kaynak sürecinde, belirli bir kaynak yönteminin kullanıldığı uygun bir imalat sürecinde, maddelerin kaynakla birleştirilmesi söz konusudur. Burada kaynak bölgesinin yerel özelliklerinin ve birleştirilen parçaların tüm konstrüksiyona etkilerinin, önceden belirlenmiş koşulları sağlaması gerekir. Kaynak kabiliyeti, üç temel faktöre, malzeme, konstrüksiyon ve imalata aynı ağırlıkla bağlıdır [22].



Şekil 4.29. Kaynak kabiliyetini etkileyen faktörler [8].

Kaynak tasarımcısının kaynak esnasında kullanacak malzemeleri belirlerken kaynak dikişinden istenilen özellikleri bilmesi ve buna göre bir tercih yapması gerekir. En uygun kaynak yöntemi seçiminde olduğu gibi ekonomiklik ilkesi gereği istenilen amaç ve standartları yani kaliteyi verebilecek en uygun malzeme seçilmelidir. Kullanılacak uygun malzeme seçimi için tasarımcının kaynaklı birleştirmede kullanılan malzemelerin genel özelliklerini ve kaynak esnasındaki davranışlarını iyi bilmesi gerekir.

#### Malzemelerin kaynak olabilme kabiliyeti

Metal ve alaşımlarının fiziksel yada kimyasal özelliklerinin birbirinden farklı olması bunların kaynak edilebilme kabiliyetlerini de etkileyebilmektedir. Malzemenin ergime derecesi ısı ve elektrik iletkenliği ve genleşme katsayıları gibi fiziksel özellikleri ile oksitlenme, kimyasal bileşim, karbon azalması, ya da fazlalaşması, gibi kimyasal özellikleri kaynak kabiliyetini etkileyen unsurlar. Bazı metal ve alaşımlara ait fiziksel özellikler Çizelge 4.1.'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Bazı metallerin ve alaşımların fiziksel özellikleri ve kaynak kabiliyet faktörleri [8]

Metalin adı	Elektrik iletkenliği $\Omega$	Isı $^{\circ}\text{C}$ İletkenliği Cal/cm	Ergime Noktası $^{\circ}\text{C}$	Kaynak kabiliyet faktörü S	Kaynak Kabiliyet Durumu
Alüminyum	36	0,53	659	0,79	İyi
Demir	10	0,16	1535	4,1	Çok iyi
Altın	45	0,74	1063	0,28	Yeterli
Kobalt	11	0,17	1490	3,6	Çok iyi
Bakır	56	0,94	1083	0,18	Kötü
Magnezyum	22	0,41	650	1,7	İyi
Molibden	21	0,33	2620	0,55	Yeterli
Nikel	11	0,21	1453	3,0	Çok iyi
Platin	9	0,17	1770	3,7	Çok iyi
Gümüş	62	1,1	960	0,15	Kötü
Tantal	6,5	0,13	2850	4,1	Çok iyi
Titan	1,85	0,041	1660	79	Çok iyi
Tungsten	18	0,40	3380	0,41	Yeterli

Çizelge 4.1.'de görüldüğü gibi metallerin ve alaşımların fiziksel özellikleri çok farklı olabilmektedir. Bu farklılık malzemelerin kaynak olabilme kabiliyetlerini de doğrudan ya da dolaylı bir şekilde etkilemektedir.

Kaynak kabiliyeti yalnız malzemeye ait bir özellik olmayıp, kaynak yöntemine ve konstrüksiyona da bağlıdır. Bir kaynak bağlantısının özelliğine etkiyen faktörlerin en önemlisi kaynak işlemi sırasında oluşan yüksek sıcaklığın yerel dağılımı ve değişimi karşısında metalin davranışdır [24].

Kaynak edilen malzemelerin kaynak dikişine bitişik kısımlarında, metalin erime sıcaklığından ortam sıcaklığına kadar, değişik sıcaklık derecelerinde ısınmış bölgeler ortaya çıkmaktadır. Böylece malzemeye sıcaklık derecesi kaynak işlemince belirlenmiş, bir ısıl çevrim uygulanmış olur. Bu tür ısıl işlemler sonucunda çeliğin içyapısı ve buna bağlı olarak mekanik özellikleri de değişime uğramaktadır. Bu olaydan dolayı kaynak bölgesinde, çeşitli ısıl işlemler görmüş ve dolayısı ile mekanik özellikleri ve içyapısı gerek esas metal ve gerekse kaynak metalinden farklı değişik bölgeler ortaya çıkmaktadır. Farklı özelliklerdeki bu bölgelerde, tüm yapının

zorlanması halinde, gerilme ve şekil değişiminde olduğu gibi korozyona dayanıklılıkta da esas metalden farklı davranışlar görülür.

#### Çeliklerin ergitme kaynağında kaynak kabiliyeti

Genellikle malzemelerin kaynak olabilme, kabiliyeti farklıdır. Çeliklerde kaynak olabilme kabiliyeti karbon ve alaşım miktarına bağlıdır. Karbon ve alaşım miktarı az olan çelikler kolayca kaynak edilebilir. Karbon veya alaşım miktarı arttıkça, kaynak olabilme kabiliyeti azalır; bundan dolayı bu türlü çelikler özel tertibat ve elektrotlar kullanılarak kaynak edilebilir. Şekil 4.30'da genel yapı çeliklerinin kaynak olabilme kabiliyeti gösterilmiştir.

Alaşımsız ve yüksek mukavemetli bir çeliğe iyi bir kaynak kabiliyetine sahiptir diyebilmek için, aşağıdaki iki şartı sağlaması gerekmektedir [8].

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

Bu şartların sağlanmasına etki eden faktörler;

- Esas metal
  - Bileşim
  - Kalınlık
  - Isıl işlem durumu
  - Süneklilik
  - Sıcaklık
  - Saflık derecesi ve homojenlik
- İlave metal
  - Bileşim
  - Akma sınırı e süneklilik
  - Hidrojen muhtevası



- Saflık derecesi ve homojenlik
- Elektrod çapı (kaynak esnasında parçaya verilen ısı yönünden)
- Diğer faktörler
  - Erime derecesi
  - Rijidite
  - Form faktörü
  - Kaynak sırası
  - Kaynakçının deneyimi

Yukarıda ki faktörlerden en önemlisi esas metalin yani yapı çeliğinin bileşimidir. Özellikle bileşimdeki karbon ve manganez oranı kaynak kabiliyeti bakımından çok önemlidir (Bkz Şekil 4.30.). Manganez ve diğer alaşım elemanlarının kaynak kabiliyeti üzerindeki tesirleri, karbon cinsinden ifade edilerek karbon eşdeğeri terimi ortaya çıkmıştır.

Çeliğin bileşimindeki alaşım elementlerinin oluşturduğu sertliğe eş sertliği veren karbon miktarına "Karbon eşdeğeri" adı verilir [30].

Alaşımız ve az alaşımlı çeliklerin kaynakla ilgili sorunu, kaynak dikişi bölgesinde oluşabilen martenzit ve onunda getirdiği mikro çatlaklardır. Çeliğin kaynağa uygunluğunu belirlemede zaman-sıcaklık dönüşüm diyagramları, çeliğin 800 °C den 500 °C ye kadar geçen soğuma süresi ve karbon eşdeğerliliği değerleri önemli göstergelerdir. Uygulanabilirlik açısından, karbon eşdeğerliliğinin dikkate alınması, çeliğin kimyasal bileşiminin bilinmesi kaydıyla, en kolay ve en etkili yoldur [30]. Karbon eşdeğeri tamamen çeliğin bileşimi ile ilgili olup, kaynağa uygulanan enerji, kaynak ağzı formu, parçanın geometrisi ve kalınlığı ile ilgili faktörleri içermemektedir. Bunlar soğuma hızını birinci derecede etkileyen ve dolayısı ile de ısının tesiri altında kalan bölgede oluşan mikro yapıyı etkileyen faktörlerdir [30].

Uluslar arası kaynak cemiyetinin karbon eşdeğeri aşağıdaki ifadeyle verilmektedir[8].

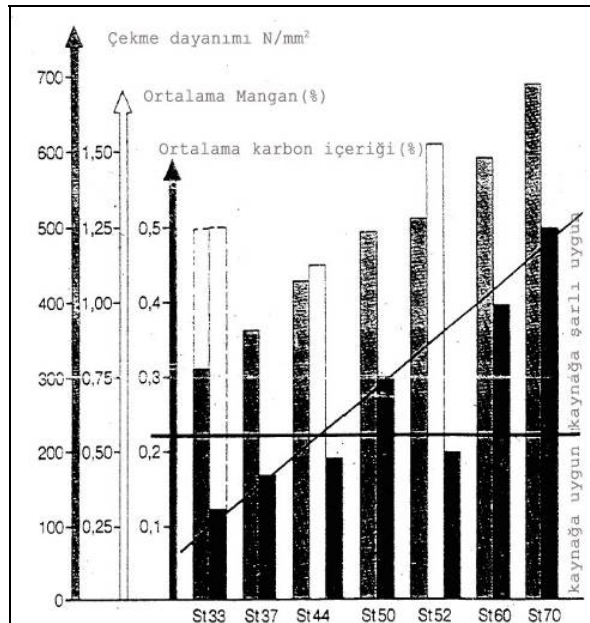
$$\%C = \%C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15} \quad (4.20)$$

Karbon eşdeğeri kullanılarak bir yapı çeliği için gerekli ön tavlama sıcaklığı aşağıdaki çizelgedeki gibidir[8].

Çizelge 4.2. Yapı çeliklerinin karbon eşdeğerleri ve önerilen ön tavlama sıcaklıkları

Karbon Eşdeğeri (%)	Ön tavlama sıcaklığı (°C)
0,45'e kadar	Gerek yok
0,45-0,60 arası	100-200
0,60'dan yukarı	200-350

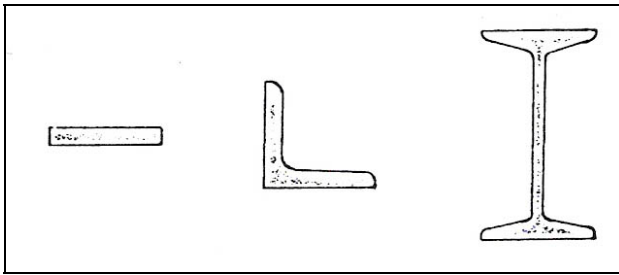
Kaynak dikişlerindeki artık gerilmeler soğuma esnasında meydana gelmekte, parçaların deformasyonuna ve özellikle karbon ve alaşım miktarı yüksek olan çeliklerde çatlaklara yol açmaktadır. Bu gerilmeler değişken veya darbeli zorlanmalara maruz kalan kaynak dikişleri için çok tehlikeli olabilir.



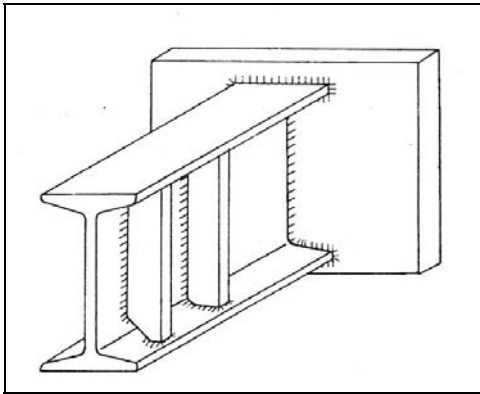
Şekil 4.30. Genel yapı çeliklerinin kaynak olabilme kabiliyeti [24]

#### 4.2.2.Çeliğin üretim şekli ve tasarıma etkisi

Çeliğin üretim şekli tasarımın şekline önemli ölçüde etki etmektedir. Örneğin demiryolu köprüleri ve basınçlı kaplar için ve özellikle 16mm kalınlıklarda gazı alınmadan dökülen çelikler kullanılamaz. Ancak segregasyon bölgesi kesme veya kaynak dikişi bölgesine rastlamaması durumunda özel koşullarda kullanılmasına müsaade edilebilir.



Şekil 4.31. Gazı alınmadan dökülen çeliklerde segregasyon bölgeleri[31]

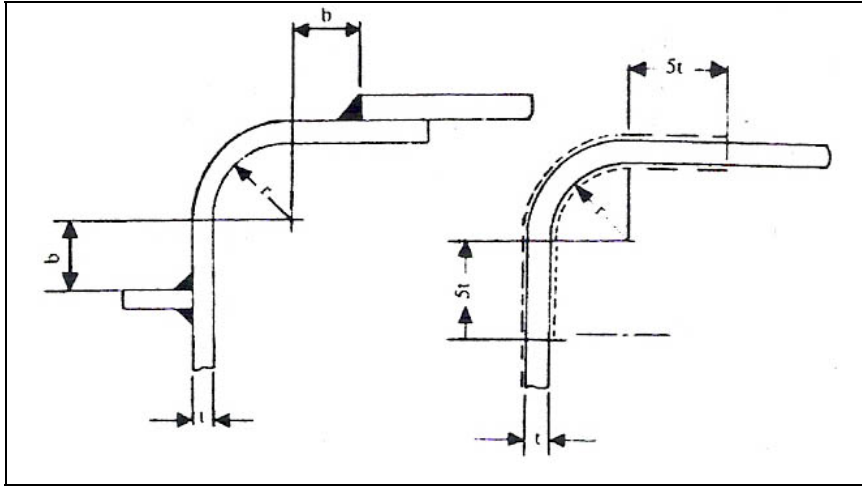


Şekil 4.32. Hadde profillerinin kaynağı[31].

#### 4.2.3. Soğuk şekil değiştirmiş parçaların kaynak tasarımı

Soğuk şekil değiştirmiş parçalarda, kaynak dikişinin soğuk şekil değiştiren kısımlara tesadüf etmesi halinde soğuk şekil değiştiren bölgelerde yeniden kristalleşme sonucu iri taneli bir yapı oluşur ve gevrekleşen parça bu bölgeden kolaylıkla kırılır. Bu durum yalnız alaşımsız ve hafif alaşımlı çeliklerde söz konusudur demir dışı alaşımlar ile yüksek alaşımlı çeliklerde böyle bir durum yoktur [25].

Bu durumu ortadan kaldırmak için kaynak dikişinin şekil değiştiren bölgeden belirli bir uzaklıkta olması gerekir. Şekil 4.32' de görüldüğü gibi (b) mesafesi en az parça kalınlığının 5 katı olmalıdır.



Şekil 4.33. Soğuk şekil değiştirmiş parçalarda kaynak dikişinin yeri[25]

Çizelge 4.3.'de soğuk şekil değiştirmiş parçalardaki yeterli kaynak bölgesinin bilgileri soğuk şekil değiştirme derecesine bağlı olarak verilmiştir.

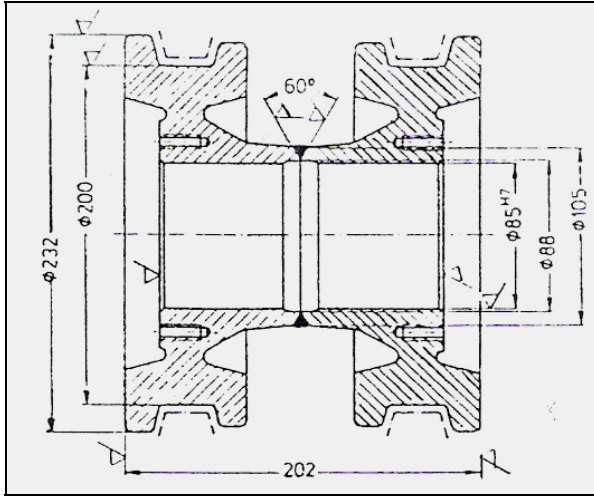
Çizelge 4.3. Soğuk şekil değiştirmiş parçalarda yeterli kaynak bölgeleri [25]

Ergime şekil değiştirmesi (r/t)	Uzama (%)	Yeterli boyutu (mm)	Soğuk şekil değiştirmiş ve normalize edilmiş halde
>10	<1	<b>sınırsız</b>	<b>SINIRSIZ</b>
>3	<14	<24	
>2	<20	<12	
>1,5	<25	<8	
>1,0	<33	<4	
<b>r=iç çap</b>			

#### 4.2.4. Isıl işlem görmüş parçalarda kaynak işlemi

Isıl işlem görmüş parçaların kaynağında temel esasların bilinmesi gerekir. Islah edilmiş (su verme ve temperleme işlemi görmüş) ve ayrışma sertleşmesine tabi tutulmuş malzemelerin kaynaktan dolayı kaynak bölgesinde bir mukavemet azalması

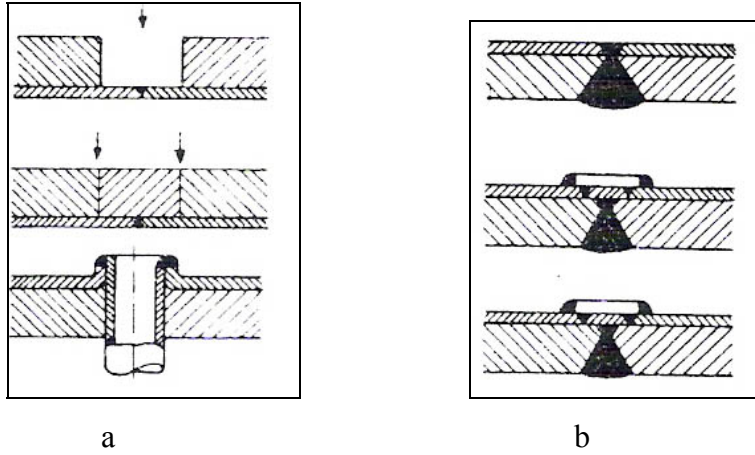
görülür. Diğer taraftan sementasyona tabi tutulmuş, nitrürasyon uygulanmış veya yüzeyi alevle sertleştirilmiş bölgelere kaynak uygulanmaz. Böyle bölgelere kaynak yapma zorunluluğu ortaya çıkarsa, kaynaktaki önce bu tabakanın özellikleri normalize edilmelidir.



Şekil 4.34. Sertleştirilmiş iki kasağın birbirine kaynağı [8]

#### 4.2.5. Kaplı malzemelerde kaynak işlemi

Kaplı çeliklerin kaynak edilmesindeki esas kaplı kısmın sürekliliğinin korunmasıdır aynı zamanda özellikle kaplı kısım ile esas malzeme arasındaki geçişe de dikkat edilmelidir. Tasarım, birleştirme şekli, kaynak ağzının hazırlanması ve uygulanacak kaynak ağzı türü ve kaynak yöntemi bu etkenler göz önünde bulundurularak yapılmalıdır [31].



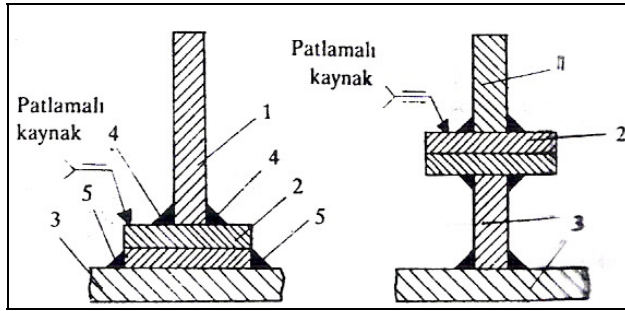
Şekil 4.35. Kaplı çeliklere ait çeşitli birleştirme örnekleri [8]

#### 4.2.6. Farklı malzemelerin kaynağında kaynak tasarımı

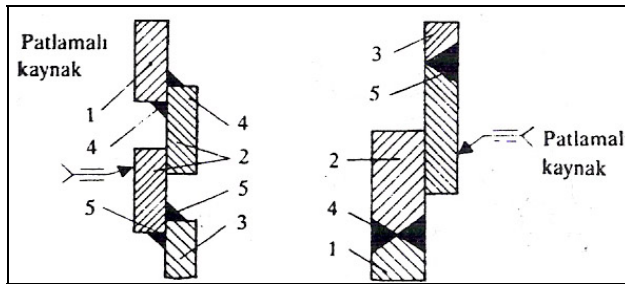
Farklı malzemelerin kaynak edilmesinde kaynak bağlantısından istenen özellikler, malzeme seçimini etkileyen en önemli faktörlerdendir. İki farklı metalin birleştirilmesi için en uygun kaynak yönteminin, en uygun kaynak metalinin seçilmesi oldukça zor bir problemdir [31].

Çünkü kaynak esnasında kaynak banyosunda ilave metal ve esas metal karışımıyla birlikte, iki metal arasında yeni bir bileşik ortaya çıkmaktadır. Bu bileşiğin davranışlarının göz ardı edilmemesi gerekir.

Aşağıdaki şekillerde farklı malzemelerin kaynağına ait örnekler vardır. Şekil 4.34'de patlamalı kaynağa ait farklı malzemelerin kaynak bağlantıları gösterilmiştir. Şekil 4.36. a' da çelik-alüminyum kaynağı Şekil 4.36. b'de Alüminyum-bakır kaynağı bağlantısı gösterilmiştir.



a



b

Şekil 4.36. Patlamalı kaynağa ait farklı malzemelerin kaynağına ait örnekler[31].

1. Al, 2. Kaynak için geçiş parçası, 3.Çelik veya bakır, 4.Al/Al eritme kaynağı, 5. Çelik/Çelik veya Cu/Cu eritme kaynağı
- a) Çelik/Al birleştirmeleri b) Al/Cu birleştirmeleri

#### 4.2.7. Uygun kaynak ağzı tasarımının hazırlanması

Yapılan kaynak işleminin kaynak geometrisi açısından kalitesini belirleyen diğer bir faktör seçilmiş olan kaynak ağzı biçiminin amaca ve uygulamaya uygunluğudur.

Kaynak ağızları hazırlanırken en az dolgu maddesi gerektirecek tarzda tasarlanmalı, örneğin kalın parçaların kaynağında tek taraflı “V” kaynağı yerine “X” kaynağı kullanılmalıdır [12].

Hazırlanan kaynak ağzının, birleştirme yerinin amacına uygunluğu, kaynak kalitesini doğrudan etkileyen bir faktördür. O halde hazırlanan kaynak ağzının kaliteye etkisini anlamak için hangi hususların göz önünde bulundurularak kaynak ağzı tasarımının gerçekleştirildiği incelenmelidir. Yapılan kaynak ağzı tasarımı ne kadar uyulması gereken hususlar göz önüne alınarak hazırlanmışsa yapılacak kaynak amacına o derece ulaşacaktır ve bu kaynak kalitesini doğrudan arttıracaktır.

Kaynak ile birleştirilecek bağlantılar tasarlanırken öncelikle kaynak edilecek malzemenin türüne bağlı olarak bağlantının mekanik özellikleri, kullanılacak elektrodun nüfuziyeti derecesi ve kaynak parametreleri, öngörülen standartlar ve yönergeler, kaynak yerinin konumu, kaynak yerine ulaşılabilirlik, ekonomik koşullar ve iş yerinin olanakları dikkate alınmalıdır [4].

#### Kaynak edilecek malzemenin türü

Kaynak edilecek malzemenin türü kaynak ağzı tasarımını etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Aynı kalınlıklarda olan farklı tür metallerin kaynak ağzıları çok farklı olabilir.

#### Kaynak bağlantısının mukavemeti

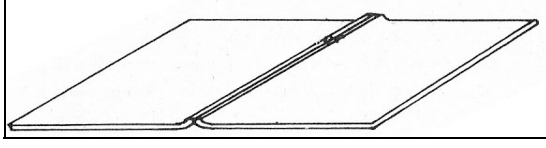
Kaynak bağlantısının mukavemeti, kaynak ağzının tasarımında önemli bir yeri vardır. Önemli olan gerekli mukavemeti sağlayacak kaynak dikişinin en ekonomik ve amaca en uygun bir biçimde olmasıdır.

#### Malzeme kalınlığı

Kaynak ağzı tasarımını etkileyen diğer bir önemli husus ise malzemenin yani kaynak edilecek parçaların kalınlığıdır. Parçaların kalınlığı değiştikçe uygulanacak olan ağız tasarımı farklılaşır. Malzeme kalınlığına göre ağız tasarımına birkaç örnek verilecek olursa;

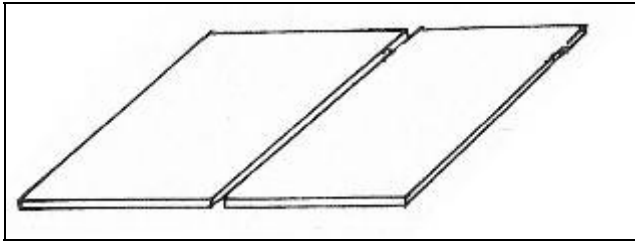
- Kalınlığı 1,2 mm'ye kadar olan metallerin kaynağında kaynak ağzı açmaya gerek yoktur. Metaller kıvrılarak alın kaynağı yapılır (Bkz. Şekil 4.37).





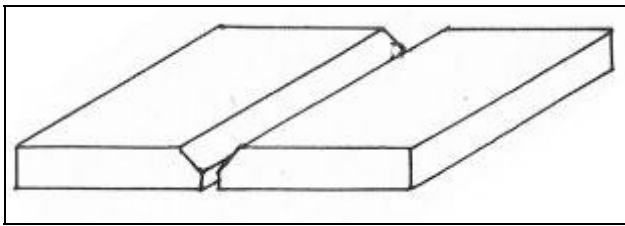
Şekil 4.37. Kıvrık alın kaynağına hazırlık

- Kalınlığı 1,2-5 mm arasında olan metaller, küt alın kaynağı yapılmalı, kaynak edilen parçalar arasında 1-3 mm. Kadar boşluk bırakılmalıdır (Bkz. Şekil 4.38).



Şekil 4.38. Küt alın kaynağına hazırlık[2]

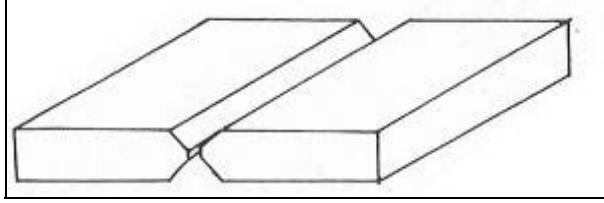
- Kalınlığı 5mm.'den 10 mm'ye kadar olan metallere pah kırılarak, belli bir açı verilerek Şekil 4.39'da görüldüğü gibi kaynak ağzı açılır. Şekilde görülen kaynak ağzı tipine "V" kaynak ağzı da denir. Burada amaç metalin kaynak bölgesinde ergitmeyi tam sağlayarak nüfuziyeti artırmaktır.



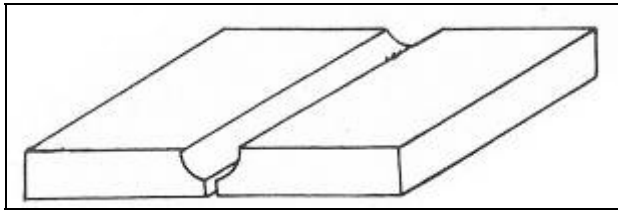
Şekil 4.39. V kaynak ağzı[2]

- Kalınlığı 10 mm – 20 mm arasında olan metallere her iki taraftan açısal pah kırılarak Şekil 4.40'da görüldüğü gibi kaynak ağzı açılır. Bu tip kaynak ağzına "X" kaynak ağzı da denir.

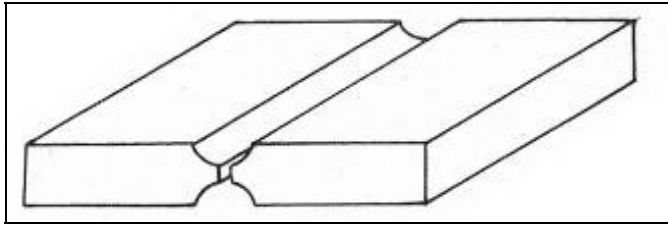
20 mm'den daha kalın parçalara ise tek taraflı “U” yada çift taraflı “U” kaynak ağzı açılır.



Şekil 4.40. X kaynak ağzı[2]



Şekil 4.41. U kaynak ağzı[2]



Şekil 4.42 Çift “U” kaynak ağzı[2]

#### Kaynak elektrodunun nüfuziyet özelliği

Kaynak ağzı tasarlanırken kullanılacak elektrod tipine de dikkat edilmeli. Kullanılacak elektrodun özellikle nüfuziyet özelliği göz önünde bulundurularak kaynak ağzı açılmalıdır.

Bazı durumlarda, normal olarak kaynak ağzı açılarak kaynak edilecek iki parça derin nüfuziyetli bir elektrod kullanılarak hiç ağız açılmadan tek taraftan kaynak edilebilir[4].

### Kaynak edilecek parçanın konumu (kaynak pozisyonu)

Kaynak ağızı açılırken kaynak pozisyonu da göz önünde bulundurulmalıdır. Zira kaynak pozisyonlarının tanımı yapılmış ve belli başlı kaynak pozisyonları belirlenmiştir. Yapılacak kaynak ağızı tasarımı bu kaynak pozisyonlarına uygun olmalıdır.

### Kaynak yerine erişilebilirlik.

Kaynak yerine ulaşılabilirlik kaynak ağızı tasarımını etkileyen önemli unsurlardanır. Kaynak yerine ulaşılabilirlik göz önünde bulundurularak yapılacak ağız tasarımlarında örneğin çift taraflı yapılması gerek bir birleştirme yeri erişilebilirlik zor olduğu için tek taraflı kaynak yapılmak zorunda kalınabilir. Böyle bir durumda gerekli tedbirler alınarak kaynak yapılmalıdır. Örneğin nüfuziyeti fazla bir elektrod kullanılarak bu durum aşılabılır.

### Ekonomiklik

Kaynak ağızı açılması donanım, işçilik ve zaman yönünden ek masraflar getirir. Başta da belirtildiği gibi kaynak ağızı açılırken amaca en uygun ekonomik bir çözüm seçilmelidir.

Açılacak kaynak ağızının belirlenmesinde yukarıdaki hususlar göz önünde bulundurulmalıdır. Ancak bu hususlar göz önünde bulundurulduğu halde yine de birleştirme yerlerinde özellikle personelden kaynaklanan hatalar meydana gelebilir. Bu hatalardan bazılarının kaynak kalitesine etkisi çok ciddi olabilir. Çok pasolu kaynaklarda yapılan kök dikişlerinde meydana gelen hatalar genelde personelin tecrübesizliğinden meydana gelir.

Kök dikişinin yapıldığı bölgede birçok hata meydana gelebileceğinden, kök dikişi kalifiye bir kaynakçı tarafından yapılması zorunludur [12].

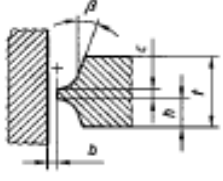
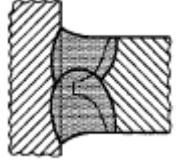
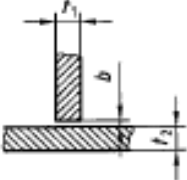
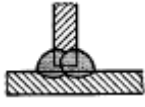
*Kaynaklı birleştirmelerde kullanılan kaynak ağız türleri*

Bir önceki konu başlığında da belirtildiği gibi açılacak kaynak ağız türü belirlenirken birçok etken göz önünde bulundurularak kaynak ağızı açılır. Kaynak ağızı türleri bu hususların karşılanabilmesi için çok çeşitlenmiştir. Kullanılan kaynak ağızı türlerinin hepsine yer verilmeyecektir. Yalnızca sık kullanılan ve örnek olabilecek birkaç kaynak ağızı türü verilecektir.

Çizelge 4.4. Çeşitli kaynak ağız türleri [TS EN 9692-1]

Malzeme Kalınlığı t mm	Kaynak Ağızı tipi	Enine kesit	Kaynak resmi
$\leq 2$	Kenet Alın Kaynağı		
$\leq 4$	Küt Alın kaynağı		
$3 \leq t \leq 12$	Tek Taraftan V Alın Kaynağı		
$> 10$	Küt kök yüzeyli çift taraftan V alın kaynağı		
$> 12$	Tek taraftan U alın kaynağı		

Çizelge 4.4.'ün devamı,

<p>&gt; 30</p>	<p>Çift taraftan J alın kaynağı</p>		
<p><math>2 \leq t_1 \leq 4</math> <math>2 \leq t_2 \leq 4</math></p>	<p>Küt iç köşe kaynağı</p>		

Çizelge 4.4.' de çeşitli kaynak ağız türleri verilmiştir. Çizelgede de görüldüğü gibi malzeme kalınlığına göre uygulanan kaynak ağız tipi değişiklik göstermektedir.


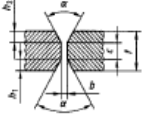


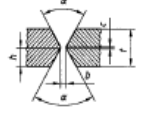
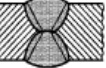

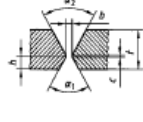

#### Kaynak Ağız Standartları

Teknolojik gelişmelerle birlikte malzemelerin kaynak kabiliyetleri arttırılabilmekte, kaynak imkanları ve endüstriyel uygulamalar (malzeme işleme açısından) sürekli geliştirilmektedir. Bundan dolayı ihtiyaçlar da sürekli olarak değişmekte ve beklenen özellikler artmaktadır. Bu durum çeşitli ve değişik yeni kaynak ağız tasarımları oluşmasına sebep olmuştur. Kaynak tasarımcısı uygun kaynak ağızını belirlerken bir önceki başlıkta bahsedilen faktörleri göz önüne almalıdır. Ancak bu faktörlerin yanında ilgili standartlar hakkında bilgi sahibi olmalıdır. TS EN 9692-1 standardında çeliklerin kaynak yapılırken uyulması gereken standart değer aralıkları ve kaynak gösterimleri belirtilmiştir.

Örnek olarak TS EN 9692–1 kaynak ağızı hazırlığı 3 bölümde sınıflandırılmıştır. Bunlar, tek taraftan kaynak edilmiş alın kaynakları, her iki taraftan kaynak edilmiş alın kaynakları ve tek taraftan kaynak edilmiş iç köşe kaynakları şeklindedir. Bu standartlarda malzeme kalınlıklarına göre kaynak ağızlarında müsaade edilen açı, boyut aralıkları, kök yüzeyi kalınlığı, nüfuziyet derinliği ayrıntılı bir şekilde

belirtilmiştir. Uygun kalitede bir kaynak elde edebilmek için kaynak ağzı hazırlığında bu standartlara uymak gereklidir.

Çizelge 4.5. Her iki taraftan kaynak edilmiş alın kaynakları için kaynak ağzı (TS EN 9692-1)

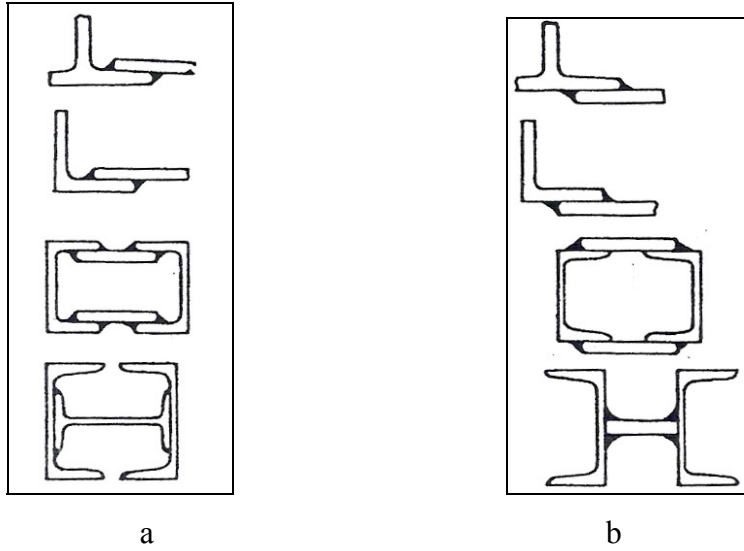
Referans No.	Malzeme kalınlığı t mm	Kaynak ağzı tipi	Sembol (ISO 2553'e göre)	Enine kesit	Boyutlar				Tavsiye edilen kaynak işlemi (ISO 4063'e göre referans no)	Kaynak resmi
					Açı <sup>a)</sup> $\alpha, \beta$	Aralık <sup>b)</sup> b mm	Kök yüzeyi kalınlığı c mm	Nüfuziyet derinliği h mm		
2.4	>10	Küt kök yüzeyli çift taraftan V alın kaynağı			$\alpha \approx 60^\circ$	$1 \leq b \leq 4$	$2 \leq c \leq 6$	$h_1 = h_2 = \frac{t - c}{2}$	111 141	
					$40^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$				13	
2.5.1	>10	Çift taraftan V alın kaynağı			$\alpha \approx 60^\circ$	$1 \leq b \leq 3$	$\leq 2$	$\approx \frac{t}{2}$	111 141	
					$40^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$				13	
2.5.2		Çift taraftan asimetrik V alın kaynağı			$\alpha_1 \approx 60^\circ$ $\alpha_2 \approx 60^\circ$	$1 \leq b \leq 3$	$\leq 2$	$\approx \frac{t}{3}$	111 141	
			$40^\circ \leq \alpha_1 \leq 60^\circ$ $40^\circ \leq \alpha_2 \leq 60^\circ$	13						

Çizelge 4.5. TS EN 9692-1'den alınmış çift taraftan kaynak edilmiş bir alın kaynağı için kaynak ağzı hazırlığı, tavsiye ölçüleridir. Örnek olarak küt kök yüzeyli çift taraftan V alın kaynağı ve çift taraftan V alın kaynağı için sembol, enine kesit, müsaade edilen açı-aralık-kök yüzeyi kalınlığı-nüfuziyet derinliği ölçüleri ve kaynak resmi gösterimi verilmiştir. Tasarım esnasında bu standartlara bağlı kalınarak yapılan planlama, ortaya çıkacak ürün konusunda da kaliteyi artıracak ve sonuçta istenilen kalitede bir bağlantı yapılması için kaynak ağzı hazırlık etkeni önemli derecede olumlu yönde sağlanmış olacaktır.

### 4.3. İmalata Uygun Kaynak Tasarımı

Uygulanacak imalat yöntemi kaynak tasarımı etkileyen önemli faktörlerden biridir. Uygulanacak kaynak ağzı ve dikişlerin planlanması seçilen imalat yöntemine

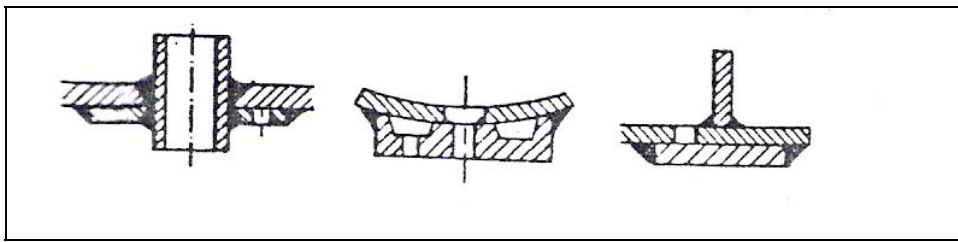




Şekil 4.44. Kaynak yerine ulaşılabilirlik bakımından uygun olan ve uygun olmayan tasarımlar[28]  
a- uygun olmayan tasarımlar b- uygun olan tasarımlar

#### 4.3.1. Kaynaktan sonra ısı işlem görecekt parçaların kaynak tasarımı

Kaynaktan sonra ısı işlem görecekt parçalar kaynak edilecek ise iki parça arasında sıkışan havanın kolayca çıkabilmesi için havalandırma delikleri açılır.

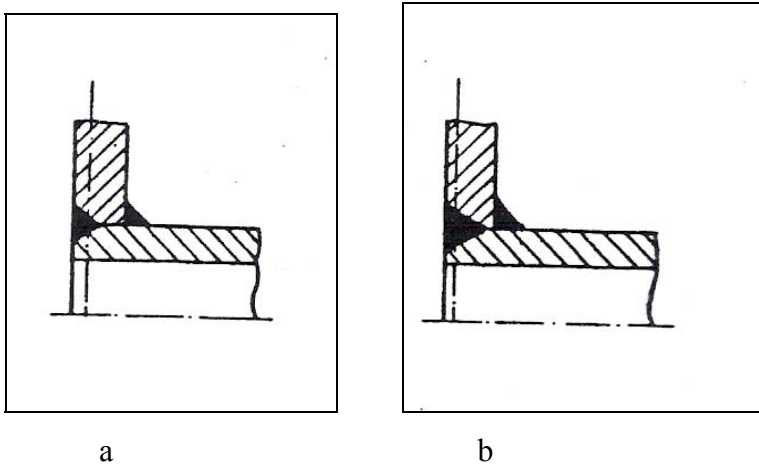


Şekil 4.45. Kaynaktan sonra ısı işleme tabi tutulacak parçalarda, sıkışan havanın kolayca çıkabilmesi için havalandırma delikleri açılan kaynaklı yapılar[8].



### 4.3.2. Kaynaktan sonra talaşlı imalata tabi tutulacak parçalarda kaynak tasarımı

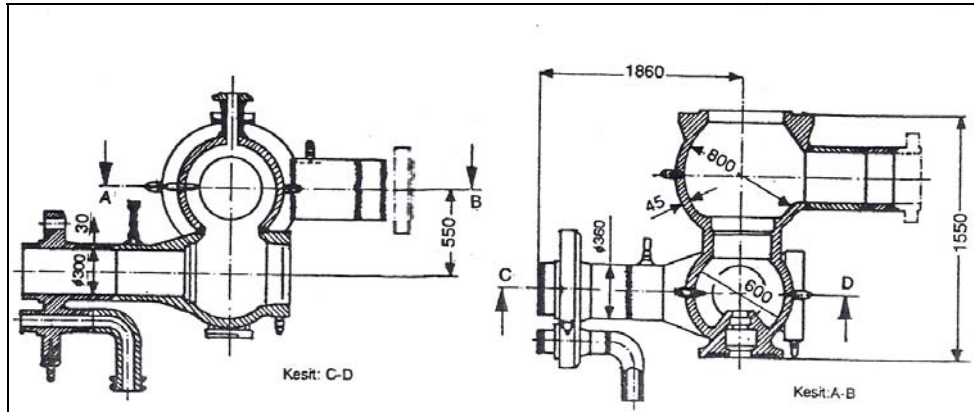
Kaynak işleminden sonra parça talaşlı imalata tabi tutulacaksa kaynaklı bölgenin talaş kaldırma işleminden en az etkilenmesi için uygun tasarım yapılmalıdır. Uygun tasarım yapılmadığı zaman Şekil 4.46.'da görüldüğü gibi kaynak dikiş zayıflayabilir.



Şekil 4.46. Bir boru flanşının kaynaktan sonra talaşlı işlenmesine uygun olan ve uygun olmayan iki tasarım[8].  
a) uygun olmayan tasarım (kaynak dikiş zayıflamakta) b) uygun olan tasarım

### 4.3.3. Birleşik konstrüksiyonlarda kaynak tasarımı

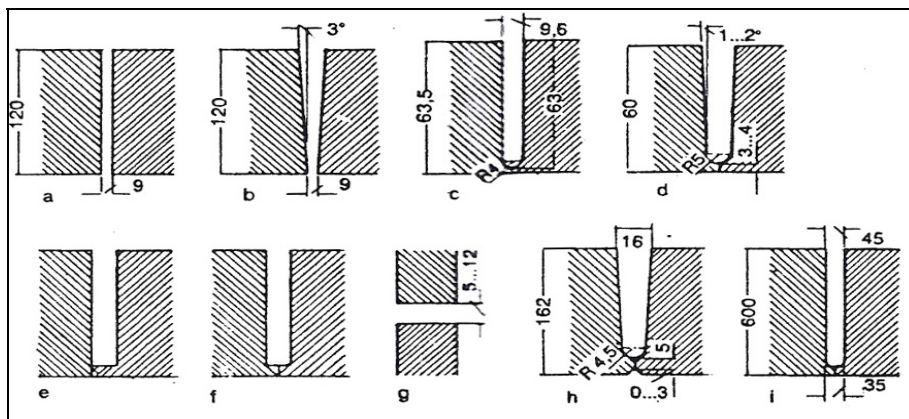
İmalatta dökme ve presleme suretiyle elde edilen parçalar son haline kaynakla birleştirilerek getirilir.



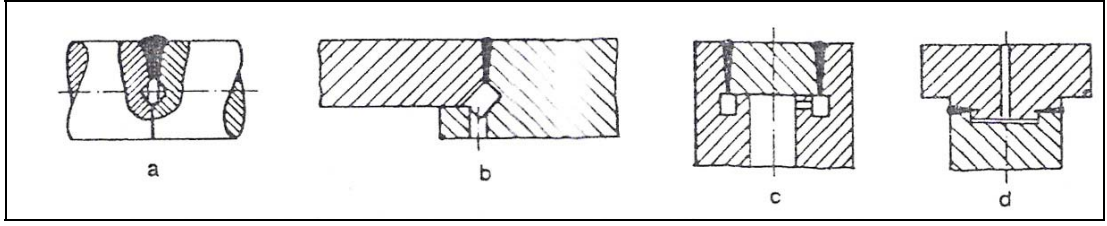
Şekil 4.47 Sıcağa dayanıklı dökme çelikten parçalar halinde imal edilen bir yüksek basınç vanasının gövdesi, kaynakla son haline getirilmiştir (kaynak-döküm birleşik konstrüksiyon) [8].

#### 4.3.4. Kaynak yöntemlerine göre kaynak tasarımı

Gaz, elektrik ark, tozaltı ve gazaltı kaynak yöntemlerinde standartlarda belirlenen tiplerde bilinen kaynak ağızı türleri hazırlanır. Kullanılan kaynak metalinden ekonomi sağlayan ve böylece imalat süresini azaltan dar aralık kaynaklarında hazırlanan kaynak ağızları, bilinen klasik yöntemlerinden farklıdır. Dar aralık kaynağı özellikle kalın parçaların birleştirilmesinde (>80 mm ) kullanılır [24].

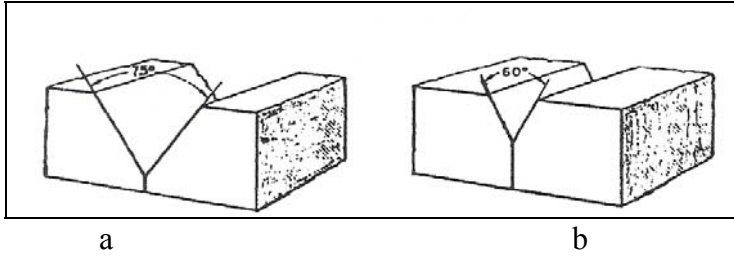


Şekil 4.48. Gazaltı ve tozaltı dar aralık kaynaklarında kullanılan kaynak ağızı şekilleri[31]  
a,b,c,d,e,f) gazaltı kaynağı. g) gazaltı kornis pozisyonu. h,i) tozaltı kaynağı.



Şekil 4.49. Elektron ışın ile yapılan kaynağa ait, kaynak ağzı tasarım şekilleri[31]

Şekil 4.49'da elektron ışın ile yapılan kaynaklara ait çeşitli kaynak ağzı tasarımları verilmiştir. Bu yöntemde ilave kaynak metaline ihtiyaç duyulmamaktadır.



Şekil 4.50. TIG ve Plazma kaynağı için V-alın bağlantı tasarımının karşılaştırılması[4]

a) TIG kaynağı için hazırlanmış V- alın kaynak ağzı b) Plazma ark kaynağı için hazırlanmış V-alın kaynağı

## **5. TASARIMIN KAYNAK KALİTESİNE ETKİSİ**

### **5.1. Kaynaklı Yapılarda Kalitenin Gerekliliği**

Günümüzde işletmecilikte; yoğun rekabet koşulları sonucunda mal ve hizmetlerin kalitesinin sürekli olarak geliştirilmesi zorunluluğu bulunmaktadır. Kalite işletmelerin varlıklarını sürdürebilmelerinin büyüüp gelişebilmelerinin ve belirli bir marka oluşturabilmelerinin temel koşulu olarak görülmektedir [33].

Diğer alanlarda olduğu gibi endüstri alanında da kalitenin önemi tartışılmazdır. Kalite yönetimi ile hizmet ve ürün üreten firmalarda verimin artması, maliyetin azalması, müşteri şikayetlerinin azalması, daha az servis-bakım, maliyet ve zamandan tasarruf ve kaynakların optimum kullanımı gibi getiriler, ürün yada firmanın piyasadaki rekabet gücünü arttırmaktadır [34].

Kaynak endüstrisinde, kalite kavramına önem vererek üretim yapan firmaların diğerlerine göre Türkiye ve dünya piyasasında kendisine daha rahat yer bulacağı da kaçınılmaz bir gerçektir. Bu yüzden kaynaklı üretim yapan firmalar, kalite yönetimi çerçevesinde kaynaklı yapının kalitesine etki eden faktörleri bir bütün olarak ele alarak gerekli çalışmaları yapmalıdırlar.

### **5.2. Kaynaklı Yapılarda Kalitenin Sağlanması**

Kalite yönetimi ile birlikte, sorunlar ortaya çıkmadan önce önlemler alınır ve çözümleri oluşturulur. Sorunlar ortaya çıkmadan önce önlemlerin alınması ve çözümlerin üretilmesi maliyet ve zaman tasarrufu açısından çok önemlidir. Çıkan sorun imalat esnasında ise, sorunu ortadan kaldırmak için her geçen zaman kayıptır. Bu kayıp zaman, seri üretim yapan yerlerde üretim aksamalarına ve hedeflerin gecikmesine sebep olabilir. Bunun yanında sorunun ortadan kaldırılması için yapılan harcamalar mamulün maliyetine yansiyacak bu da ürünün piyasadaki rekabet gücünü azaltacaktır. Kaynaklı yapılar endüstriyel bir ürün olduğu için aynı şartlar kaynaklı yapılar için de geçerlidir. Kaynaklı yapının imalatı esnasında ortaya çıkabilecek

sorunlar iyi tespit edilmelidir. Sorun ortaya çıkmadan önce gerekli tedbirler alınmalıdır. Bu tedbirler imalata uygun bir tasarımla elde edilebilir. (Bu konu tezin Kaynaklı Yapıların Tasarımı bölümünde detaylı bir şekilde ele alındığı için bu bölümde birkaç örnek verilecektir.)

Örneğin;

- Kaynak yerine ulaşılabilirlik açısından kaynak yapılabilme kabiliyetleri iyi düşünülmeli ve tasarım ona göre yapılmalıdır. (Bkz,Şekil 4.42.)
- Kaynaktan sonra işlem görece parçaların göreceği işlem yada işlemler iyi değerlendirilmeli kaynak dikişinin bundan etkilenmemesi sağlanmalıdır. (Bkz. Şekil 4.44)

Çıkan sorun, mamul, müşteriye ulaştıktan sonra oluşur ise, müşteride güven kaybı oluşacaktır, bu da rekabet gücüne ters yönde etki eden en büyük faktörlerdendir. Kaynaklı yapıda müşteriye ulaştıktan sonra ortaya çıkabilecek sorunlar ortadan kaldırılmalı yada en aza indirilmeye çalışılmalıdır. Yapının taşıyacağı özellikler yapı oluşturulmadan önce hazırlanan projelerde belirlenmeli bu müşteri ile üretici arasındaki sözleşmelerde kayıt altına alınmalıdır. Kaynaklı yapılarda çalışma ortamından kaynaklanabilecek sorunlar, yapının gerekli mukavemeti sağlayamaması, korozyona karşı aşırı hassas olması şeklinde olabilir. Bu sorunlarla karşılaşmadan önce kaynaklı yapının çalışma ortamı iyi değerlendirilmeli çalışma ortamına ve şartlarına uygun tasarımlar yapılmalıdır.

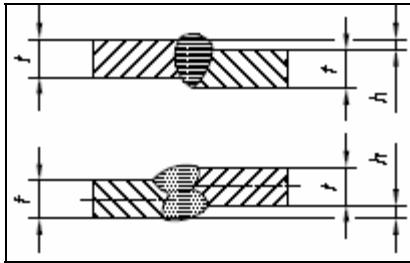
Örneğin, üretilen bir kaynaklı yapı üzerinde bakım yapılacağı zaman sorunlarla karşılaşılabilir. Müşterinin bu sorunla karşılaşmasını önlemek için kaynaklı yapı tasarlanırken bakıma uygun bir tasarım seçilmelidir (Bkz, Şekil 4.18).

Kalite yönetimi ile birlikte ürün ve hizmetlerin yapısına, tasarım yoluyla üstünlük ve kusursuzluk katılır. Üretilen ürünün rekabet gücünün yüksek olması için diğer ürünlerden, belirli özellikleri açısından üstün olması ve diğer ürünlere göre daha

kusursuz olması gereklidir. Bu üstün özellikleri ve kusurlardan arınlık ürüne kalite kazandırır. Ürüne, üstünlük ve kusursuzluk tasarım yoluyla katılabilir. Çünkü kalite yönetiminde prosesler esastır. Kaynaklı yapılara da üstünlük ve kusursuzluk kaynaklı yapının tasarımı yoluyla katılabilir.

Kaynaklı yapılarda karşılaşılan kusurlar TS EN 5817 standardında detaylı bir şekilde verilmiştir. Tezin Kaynaklı Yapılarda Kalite bölümünde açıklandığı gibi ilgili standartta kaynaklı yapının kusurlardan arınlığına göre kaynak kalitesi derecelendirilir. İstenilen kalite seviyesinde kaynak dikişi elde etmek amaçlanıyorsa standartta belirtilen kusur sınırlarına göre hareket edilmelidir. Kusurların oluşmaması için gerekli önlemler alınmalıdır.

Örneğin, TS EN 5817'ye göre Şekil 5.1'de doğrusal kaçıklık olarak tanımlanan kusurda,  $h \leq 0,25 t$ , aralığı için D kalite seviyesi,  $h \leq 0,15t$ , aralığı için C kalite seviyesi ve  $h \leq 0,1 t$ , aralığı için B kalite seviyesi belirlenmiştir.



Şekil 5.1. Kaynaklı bir yapıda doğrusal kaçıklık kusuru

Şekil 5.1.'deki kusurun oluşma sebebi parçaların proje aşamasında yanlış konumlandırılmasından (distorsiyonların hesap edilememesinden olabilir) veya kaynak işlemi sırasında kaynak personelinin hatasından kaynaklanabilir. Bu kusur yapı oluşturulmadan önce hazırlanan projeden kaynaklanıyorsa tasarım hatası vardır, tespiti yapılır. İlgili standartta görüldüğü gibi kusurun sınırları belirlenmiştir.

Kaynak işlemi sonucunda istenen kaynak kalitesine ulaşmak için ilgili standartlara bağlı kalınarak bütün tasarım öğeleri amaca uygun şekilde yapılandırılmalıdır. Oluşabilecek kusurlar için gerekli önlemler proje aşamasında alınmalıdır. Aksi halde

tamir yoluyla kusur giderilerek maliyet artmasına sebep olunabilir yada yapının tümünden vazgeçilmesine kadar gidebilecek istenmeyen sonuçlar ortaya çıkabilir.

Ortaya çıkan yada çıkabilecek sorunlar ve kusurlar her durumda kaynak kalitesine doğrudan etki edecektir. Bu etki bazen kusur sınırları içerisinde olup yapının amacına uygunluğundan dolayı görmezden gelinebileceği gibi yapının tamamından vazgeçirebilecek kadar büyük bir etki de olabilir.

Görüldüğü gibi bir kaynaklı yapının aynı amaçla üretilmiş diğer bir kaynaklı yapıya göre daha üstün ve kusurlardan daha arınık olması yani daha kaliteli bir yapıya sahip olması isteniyorsa bu, tasarım yoluyla gerçekleştirilebilir.

## 6. TARTIŞMA

### 6.1. Kaynaklı Çelik Yapılarda Kalite Kavramının Tartışılması

Günümüzde kalite kavramı giderek daha da önemini kazanmaktadır. Küreselleşmeyle beraber bütün alanlarda olduğu gibi endüstriyel üretim yapan firmaların rekabet koşullarının giderek zorlaştığı açık bir gerçektir. Piyasada tercih edilen ürünlerin tercih sebeplerinin başında, maliyet ve ürün-hizmet kalitesi gelmektedir. Bu sebeplerden dolayı endüstriyel üretimde de rekabet gücü yüksek ürünler üretmek için uluslararası kalite şartlarına uygun üretim yapmak, giderek zorunlu hale gelmektedir. Bununla beraber insanoğlunun ilk çağlardan beri doğaya karşı koyma savaşı halen sürmektedir. Deprem, sel ve fırtına gibi doğal afetlere karşı dayanıklı yapıların oluşturulması, su altında veya daha olumsuz koşullarda çok uzun yıllar özelliğini kaybetmeden görevini yerine getiren yapıların meydana getirilmesi, gelişen teknoloji sayesinde mümkün olmaktadır. Günümüzde dayanıklı yapıların oluşturulmasında çok büyük oranda çelik yapılar kullanılmaktadır. Bu yapıların oluşturulması esnasında kullanılan malzemenin cinsinden birleştirme türüne kadar yapıyı oluşturan tüm elemanlar yapının dayanımı etkiler.

Çelik yapılar, hafif ve esnek olduğundan deprem etkilerine karşı önemli ölçüde avantaj sağlaması, kalitesinin sürekli denetim altında olması. Fabrika koşullarında standartlara uygun ölçü ve değerlerle üretilmesi, her türlü hava şartlarında inşa edilebilir olması, statik hesaplamadaki hata payının düşüklüğü, kalifiye işçilik gerektirdiğinden uygulamadaki hataların minimum olması, geniş açıklıkları kolonsuz geçme imkânı olduğundan istenilen sistemin düşük maliyetlerle oluşturulması ve geniş tasarım imkânı sunması gibi avantajlarından dolayı giderek yapılarda daha fazla kullanım alanı bulmaktadır. Bu avantajlar, çelik yapıların ile diğer yapı türlerine olan üstünlüklerindedir. Çelik yapıların birbirlerine göre üstünlükleri ise yapının kalitesi ile anlatılabilir. Tüm bu avantajların gerçekleşme oranı çelik yapıların kalite olgusu içinde düşünülebilir. Bu unsurlara bakıldığında birçok unsur tasarım ve üretim esnasındaki işlemler kapsamında incelenecek unsurlardır. Bu



yüzden gerekli kalitenin sağlanması için tasarım ve üretim esnasında gerekli tedbirlerin alınması ve bu süreçlerin iyi yapılandırılması gerekir.

Çelik yapıların birleştirilmesinde ise, uygulama alanlarına göre cıvata, perçin ve kaynakla birleştirme birbirlerine göre üstünlükler gösterebilir. Ancak kaynaklı birleştirmelerde birleşim yeri esas malzeme gibi davranış gösterir. Çeliklerin kaynakla birleştirilmesi, bu açıdan diğer birleştirme türlerine göre üstün bir özelliği olarak görülür.

Kaynaklı çelik yapıların kalitesini etkileyen birçok faktör vardır. Çelik yapıdan beklenen en temel özellik, optimum seçeneklerle gerekli mukavemeti sağlamasıdır. Gerekli mukavemeti sağlaması ancak amaca en uygun tasarımı yapmakla mümkün olur. Kalite; ürün-hizmetten beklenen özelliği karşılayabilme düzeyi ise, çelik yapının kalitesi ise çelik yapıdan, başta mukavemet olmak üzere diğer beklenen özellikleri karşılayabilme düzeyidir. Bu düzey ise ilgili standartlarla sınırlandırılmıştır. Çelik yapının oluşturulmasında kaynak ile birleştirme yöntemi kullanılmış ise kaynak işlemi sürecindeki etkenler de çelik yapının kalitesine etki edecektir.

## **6.2. Kaynak Yöntemlerinin Kaynak Kalitesine Etkisinin Tartışılması**

Kaynaklı birleştirmenin diğer birleştirme yöntemlerine göre en önemli üstünlüklerinden biri birleştirme bölgesinin esas malzeme gibi davranmasıdır. Bunu sağlamak için kaynak esnasında uygun kaynak yöntemi seçilmelidir. Kaynak yöntemlerinin kaynak kalitesine etkisindeki farklılığın en büyük sebebi kaynak esnasındaki ısı yoğunluk farkıdır. Bu ısı yoğunluğun etkili olmasının sebebi kaynak esnasında, yüksek ısının parçaların metalürjik yapısında neden olduğu değişikliktir. Bu değişiklik kaynak yöntemlerine göre çok farklılık göstermektedir. Isı yoğunluğu yüksek olan kaynak yöntemleri sayesinde kaliteli kaynaklı yapılar oluşturulabilmektedir. Ancak maliyet faktörü göz önüne alındığında, karşılaştırılan kalite düzeyini verebilecek kaynak yöntemi seçilmelidir. Ayrıca seçilen malzeme de

kaynak yöntemi seçiminde önemli etkisi vardır. Uygulanacak malzemeye göre kaynak yönteminin seçilmemesi istenilmeyen sonuçlara sebep olabilir.

Örneğin; 1 ila 4 mm arasındaki kalınlıklardaki alüminyum malzemelerin tek pasolu alın kaynağı veya tek pasolu köşe kaynağı; 12 mm'ye kadar et kalınlığına sahip malzemelerin çift operatör ile aynı anda yukarıdan aşağıya kaynağı. Daha fazla kesit kalınlıklarının TIG yöntemi ile kaynak yapılması, MIG yöntemine kıyasla düşük ısı yoğunluğu nedeniyle ekonomik değildir. Çünkü düşük kaynak hızına sahiptir ve çok pasolu kaynaklarda çok büyük ısıdan etkilenen bölge yaratır. TIG kaynağının çok iyi boşluk doldurma kabiliyeti ve gözenek oluşma riskinin daha düşük olması nedeniyle özellikle kaynağın arkasından kapatma pasosu yapılamayan kalın kesitli malzemelerde, kök pasoların kaynağında kullanılır (örneğin; boru hattı kaynaklarında), kaynaklı birleştirmedeki diğer pasolar MIG kaynak yöntemi ile yapılır [35].

Kaynak yöntemlerinin otomasyona uygunluğu da kaynak kalitesine etki eden diğer bir unsurdur. Teknoloji ilerledikçe kaynak yöntemleri daha da gelişmiş ve kaynak yöntemleri, otomasyona uygun hale getirilmeye çalışılmıştır. Bunun en büyük sebeplerinden biri, kaynak esnasında ve sonunda istenmeyen durumları ortadan kaldırarak amaca daha uygun kaynak dikişleri elde etmektir. Bu, yapılan kaynağın kalitesini büyük oranda artırmıştır. Günümüzde üretilecek parça sayısının artması ve bu durumun aksine üretim sürelerinin kısaltılması dolayısıyla kısa zamanda çok parça üretilmesi gereği doğmuştur. Aynı zamanda kaynak hatalarının önüne geçmek ve ayrıca işçilik maliyetlerini düşürmek amacıyla otomasyona uygun kaynak yöntemlerinin kullanımı kaçınılmaz olmuştur. Firmalar aldıkları siparişleri en kısa zamanda ve en kaliteli biçimde üretebilmek için bu yöntemle üretim yapmalarını gerektirmektedir.

### **6.3.Kaynakçının ve Kaynak Prosedürünün Kaynak Kalitesine Etkisinin Tartışılması**

Kaynak kalitesine etki eden diğer önemli bir faktör ise kaynakçılar ve hazırlanan kaynak planlarıdır (WPS). Kaynak işlemi, elektrod üreticilerin ve kaynak prosedürü

şartnamesi (WPS, Welding Procedure Specification) tarafından belirlenen parametrelere uygun şekilde yapılmalıdır. Örneğin, kaynak pozisyonu, elektrod çapı, kaynak akım türü, akım değeri veya tel sürme hızı, voltaj aralığı, kaynak hızı ve elektrodun is parçasına olan mesafesi (ark boyu) WPS’de belirtilmiş olmalıdır. İstenilen düzeyde kaliteli bir yapının oluşturulması için WPS’de belirlenen değerlerin dışına çıkılmamalıdır. Bunu sağlamak ise kaynakçının eğitimi ile doğrudan ilgilidir. Kaynakçının çalışacağı alana uygun eğitim almış olması ve tecrübesi bu parametreleri doğru bir şekilde uygulamasına olanak verir. Bunu sağlamak için kaynakçı sertifikalandırma uygulamaları ile kaynakçıların yeni uygulamalar konusundaki yeterlilikleri sürekli geliştirilmelidir.

Kaynakçıların kaynak işlemi esnasındaki rahat çalışma imkanları kaynak kalitesine etki eden diğer bir unsurdur. Çelik yapı tasarlanırken bu faktör de göz ardı edilmemelidir. Kaynakçıların kaynak bölgelerine rahat ulaşımı sağlanmalı, kaynak işlemini hiçbir olumsuzluktan etkilenmeden gerçekleştirebilmelidir. Kaynakçılar uygun is güvenliği kıyafetleri giymeli, kaynak bölgesini daha rahat görmeyi sağlayan ve kaynak ısınlarının zararlı etkilerini önleyen özel kaynak camına sahip kaynak maskeleri kullanmalıdırlar. Bas maskelerinin kullanılması kaynak yaparken kaynakçının iki elini de serbestçe kullanabilmesi açısından avantajlıdır. Ayrıca kaynak ısınları ile otomatik kararan ‘solarmatik’ maskeler, kaynakçının arkı yanlış noktadan başlatması ve ilerde çentik etkisi yaratacak kötü başlangıç noktaları oluşturma risklerini de ortadan kaldırır. Tüm bunlar daha kaliteli bir kaynak dikişi elde etmek için kaynakçı açısından alınması gereken tedbirlerdendir.

#### **6.4. Malzemenin Kaynak Kalitesine Etkisinin Tartışılması**

Kaynak yapılacak malzemenin kaynak kabiliyeti kaynak kalitesini etkileyen diğer bir faktördür. Oluşturulacak bir yapıdan istenilen özellikler çok çeşitli olabilir (ağırlık, mukavemet, korozyona dayanımı vs.). Eğer bu yapı kaynaklı bir yapı olacak ise malzemenin kaynak kabiliyeti de göz önünde bulundurulmalıdır. Milletlerarası Kaynak enstitüsüne göre kaynak kabiliyeti, bir metalik malzeme verilen bir usul ile bir maksat için bir dereceye kadar kaynak yapılabilir ve uygun bir yöntem kullanarak

kaynaklı metalik bağlantı elde edildiği zaman, bağlantı yerel özellikleri ve bunların konstrüksiyona tesirleri bakımından tayin edilmiş bulunan şartları sağlamasıdır.

Kaynaklı çelik yapılarda kullanılan çeliklerin kaynak kabiliyeti çeliklerin üretim şekline ve içindeki alaşım oranlarına göre değişiklik gösterir. Bu yüzden değişik yöntemlerle oluşturulmuş çeliklerin ya da içindeki alaşım oranları farklı olan çeliklerin kaynağında farklı yöntemler daha iyi sonuçlar verebilmektedir. Örneğin; çeliklerde kaynak olabilme kabiliyeti karbon ve alaşım miktarına bağlıdır. Karbon ve alaşım miktarı az olan çelikler kolayca kaynak edilebilir. Karbon veya alaşım miktarı arttıkça, kaynak olabilme kabiliyeti azalır; bundan dolayı bu türlü çelikler özel tertibat ve elektrotlar kullanılarak kaynak edilebilir. Çeliğin üretim şekli de kaynak kabiliyetini etkilemekte bu da tasarıma etki etmektedir. Örneğin; demiryolu köprüleri ve basınçlı kaplar için ve özellikle 16mm kalınlıklarda gazı alınmadan dökülen çelikler kullanılmaz.

### **6.5. Tasarımın Kaynak Kalitesine Etkisinin Tartışılması**

Kaynaklı çelik yapılar oluşturulurken genel konstrüksiyon esaslarına uyulması gerekmektedir. Bu esaslar bir konstrüksiyonda genel olarak hangi özelliklerin beklendiği konusunda bir yol göstermektedir. Aynı zamanda bu esaslar tasarım esasları olarakta tasarımcıya kaynak planı hazırlarken ışık tutmaktadır. Bu esaslara uyulmadan hazırlanan bir plan sonucunda ortaya çıkan yapının kaliteli bir yapı olması beklenemez. Bir yapı çok değişik şartlar için tasarlanmış olabilir. Ancak en temel düzeyde genel tasarım esaslarına uyularak bir yapı oluşturulması gerekmektedir. Genel tasarım esasları; mevcut zorlanmalara uygunluk, kaynak dikişlerinin tahribatsız muayenesine uygunluk, seçilen malzemeye uygunluk, tamir ve bakıma uygunluk ve mekanizasyon ve otomasyona uygunluk şeklindedir. Örneğin; kaynaklı birleştirme tasarlanırken, kaynaktan sonra sistemin yada malzemenin bakım ve tamirine olanak sağlayabilmelidir. Bu ekonomiklik ilkesi ile de doğrudan ilişkilidir. Tamir ve bakımın zorluğu periyodik bakımlar sırasında veya olası arıza durumlarında zaman ve para kaybına yol açar.

Tasarımı sadece yapı elemanlarının birbirlerine pozisyonu olarak almak tasarımın kaliteye etkisini açıklamakta yetersiz kalır. Bu yüzden kaynak işlemleri bir bütün olarak alınmalıdır. Bu bağlamda, kaynaklı yapının tasarımı diğer başlıklarda incelenen malzeme, kaynakçı-kaynak planı ve kullanılan kaynak yöntemi ile beraber anılmalıdır. Kaynakta istenilen standartlarda kaliteyi sağlamak için tüm bu bileşenler amaca en uygun şekilde bir araya getirilmelidir.

## 7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

### 7.1. Sonuçlar

1. Çelik yapılar birçok avantajı sebebiyle yapı sektöründe yaygın bir uygulama alanı bulmaktadır.
2. Çelik yapıların birbirlerine göre üstünlüğü yapıların kalite farkları ile ölçülebilir.
3. Çelik yapıların kalitesini yapıda kullanılan çeliğin cinsi ve çeliğin birleştirilmesinde kullanılan birleştirme yöntemi ve yöntemin unsurları belirler.
4. Birleştirmede kullanılan kaynak yöntemi sonucunda ortaya çıkan kaynak dikişinin kalitesi çelik yapının kalitesini doğrudan etkiler.
5. Kaynak dikişlerinin kalitesinde, kaynakla birleştirme yönteminin tüm unsurları etkilidir.
6. Kaynakla birleştirme yönteminin tüm unsurları (kaynak parametreleri) kaynak planlarında detaylı bir şekilde gösterilirse istenilen düzeyde kaliteli dikiş elde etmek mümkün olur.
7. Kaynak kalitesine etki eden faktörler, kullanılan kaynak tekniği, ilave malzeme- esas malzemenin kaynak kabiliyeti, parçaların birbirine göre konumları-kaynak ağızları ve kaynak işlemini gerçekleştiren kaynakçının yeterliğidir.
8. Çelik yapıların birleştirilmesinde kullanılan kaynak yöntemi sonucu ortaya çıkan yapının kaynak kalitesi, yapılan muayeneler sonucu çıkan sonuçların ilgili standartlara göre değerlendirilmesiyle belirlenir.

9. Kaynaklı yapıların kalite dereceleri ilgili standartlarla (TS EN ISO 5817) belirlenmiştir. Bu standartlarda kalite dereceleri B, en üst kalite seviyesi, C, orta kalite seviyesi, D, düşük kalite seviyesi şeklindedir.
10. Kaynak personeli kaynak parametrelerindeki tercihiyle kaynak kalitesine doğrudan etki eder. Personelin bu alandaki bilgi ve deneyimi kaynak kalitesini etkiler.
11. Seçilecek kaynak yönteminin, yapının amacına ve imalata uygunluğu kaynak kalitesini doğrudan etkileyen faktörlerdendir.
12. Kaynak yöntemlerinin kaynak kalitesine etkisindeki farklılığın en büyük sebebi kaynak esnasındaki ısı yoğunluk farkıdır. Bu ısı yoğunluğun etkili olmasının sebebi parçaların metalürjik yapısında neden olduğu değişikliktir.
13. Kaynaklı yapı projesi hazırlanırken yapının tasarımını belirleyen öğeler, genel tasarım esasları, seçilen malzemenin cinsi ve imalat çeşididir.
14. Endüstriyel üretimde kalite yönetimi ile elde edilen ürünlerin rekabet gücü kalite yönetiminin getirdiği avantajlardan dolayı daha fazladır.
15. Kalite yönetimi ile imal edilecek kaynaklı yapılarda sorunlar ortaya çıkmadan önce önlemler alınır ve çözüm üretilir. Bu, zaman ve maliyet açısından üreticiye kar sağlar.
16. Kalite yönetimi ile üretilecek kaynaklı bir yapıya tasarım yoluyla üstünlük ve kusurlardan arınlık katılabilir.
17. Bir kaynaklı yapının aynı amaçla üretilmiş diğer bir kaynaklı yapıya üstünlüğü ve kusurlardan arınlığı o ürünün rekabet gücünü daha da arttıracaktır.

18. Kaynaklı yapılarda kullanılacak malzeme türü, tasarıma doğrudan etki eden bir faktördür.

## 7.2. Öneriler

1. Kaynak tasarımcısı, kaynaklı yapı oluşturma sürecini yapılandırılırken, sonuçta oluşacak kaynak dikişinin amaca ve standartlara uygun, yani kaliteli bir dikiş olması için alternatif olanaklar içinden en uygun tercihleri yapmalıdır.
2. Kaliteli bir Kaynaklı yapının oluşması için, yapının oluşma süreci (proses), ile ilgili yazılı kalite planları hazırlanmalıdır. Bu planlar ilgili standartlara(TS EN ISO 3834) bağlı kalınarak yapılmalıdır.
3. Ortaya çıkacak kaynaklı yapıdan beklenen kalite seviyesi imalattan önce belirlenmelidir. Kalite derecesi belirlenirken ilgili standartlara bağlı kalınmalıdır.
4. Kaliteli bir kaynaklı yapının sağlanması için kaynak parametrelerine karar verecek kaynak personelinin yeterli bilgi, tecrübe ve yeteneğe sahip olması gereklidir.
5. Kaynaklı yapının oluşmasında seçilecek kaynak yöntemi mevcut şartlarda gerekli kaliteyi sağlayabilecek en uygun yöntem olmalıdır. Ekonomiklik ilkesi gereği yeterli kaynak kalitesine ulaştırabilecek kaynak yöntemi tercih edilmelidir.
6. Kaynak yöntemi belirlenirken ısı yoğunluğun parçalar üzerindeki etkisi göz önünde bulundurulmalıdır.
7. Tasarlanan kaynaklı yapı, genel tasarım esaslarına, seçilen malzemeye ve imalata uygun olmalıdır.



8. Kaynaklı yapının maruz kalacağı yükler iyi hesaplanmalıdır. Yapıya yüklenecek gerilmeler, dikiş yerlerinin tespiti, dikiş çakışmaları, kuvvet akış çizgileri ve çentil etkisi gibi mukavemeti etkileyen unsurlar göz önünde bulundurularak tasarım yapılmalıdır.
9. Tasarlanan kaynaklı yapı, tahribatsız muayene yöntemlerine uygun olmalıdır.
10. Kaynaklı yapı tasarlanırken kaynak işlemi esnasındaki distorsiyonlar göz önünde bulundurulmalı ve gerekli önlemler alınmalıdır.
11. Tasarlanan kaynaklı yapı, herhangi bir arıza durumunda en az masrafla tamir edilmeye ve bakıma uygun olmalıdır.
12. Tasarlanan kaynaklı yapı, imalat yöntemlerine uygun olmalıdır. Seri imalat gerektiriyorsa mekanizasyon ve otomasyon şartları göz önünde bulundurularak tasarım yapılmalıdır.
13. Tasarım yapılırken kullanılacak esas ve ilave malzemelerin kaynak esnasındaki ve genel özellikleri iyi bilinmelidir.
14. Kaynak yerine ulaşılabilirlik kaynak işleminin kaliteli olmasına doğrudan etkili olduğu için kaynaklı yapı tasarlanırken kaynak yerine ulaşılabilirlik göz önünde bulundurulmalıdır.
15. Çeliğin üretim şekline göre tasarım yapılmalıdır. Örneğin gazı alınmadan dökülen çeliklerin kaynağında kaynak dikişinin segregasyon bölgesine gelmemesine dikkat edilmelidir.
16. Soğuk şekil değiştirmiş parçalarda kaynak tasarımı yaparken kaynak dikişinin şekil değiştiren kısma gelmemesine dikkat edilmelidir.

17. Isıl işlem görmüş parçaların kaynak edilmesi gerekirse, ısıl işlem görmüş bölgeler bertaraf edildikten sonra kaynak edilmelidir.
18. Kaplı malzemeler kaynak edilirken kaplı kısmın sürekliliğinin korunmasına özen gösterilmelidir.
19. Kaynak ağızları hazırlanırken, sivri uçlu ve dar açılı birleştirmelerden kaçınılmalıdır.
20. Kaynak ağızları hazırlanırken ilgili standartlara bağlı kalınmalıdır.
21. Kaynaklı yapılar tasarlanırken parçaların kaynaktan sonra göreceği işlemler göz önünde bulundurulmalıdır. Kaynaktan sonra ısıl işlem görececek parçalarda gaz çıkış delikleri bırakılmalı, talaşlı işlem görececek parçalarda talaş kaldırma işleminden sonra dikişin zayıflamamasına dikkat edilmelidir.
22. Kaynaklı imalatla üretilen bir ürünün rekabet gücünün olması için gerekli kalite yönetimi ilkelerine uygun bir imalat yapılması gerekmektedir.
23. Kaynaklı imalatta kalite için sorunlar ortaya çıkmadan önce gerekli tedbirler alınmalı ve çözümler üretilmelidir.
24. Kaynaklı bir yapıya üstünlük ve kusurlardan arınıklık katılmak isteniyorsa bu, kaynaklı yapı oluşmadan önce projelendirme aşamasında tasarım yoluyla sağlanmalıdır.
25. Tasarımın kaliteye etkisinin daha iyi incelenmesi için deneysel çalışma ile yeni bir çalışmanın yapılması gereklidir.

## KAYNAKLAR

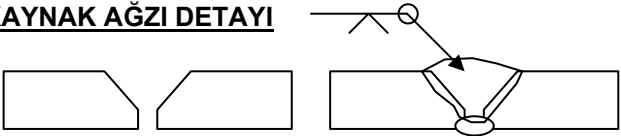
1. Öztürk, Z., “Çelik Yapılar”, *Birsen Yayınevi*, İstanbul, 15 (2002)
2. Ertürk, İ., “Oksi-Asetilen Kaynağı”, *Başbakanlık Basımevi*, Ankara, 13-22, 68-76 (1989).
3. Akkurt, M., , “Makine Elemanları”, *Birsen Yayınevi*, İstanbul 1,61,88 (1990)
4. Kaluç, E., “Kaynak Teknolojisi El Kitabı”, *Türkiye Makine Mühendisleri Odası* Yayın No:2004/356, Kocaeli, 42-49, 221-224, 307-315, 326-331 (2004)
5. Ertürk, İ., “Gazaltı Kaynak Teknikleri”, *TC Halk Bankası Yayınları* , Ankara,6-33 (1990).
6. “TIG and plazma welding”, *Abington publishing*, England, 9 (1990).
7. Cerit, A., “Makine Mühendisliği El Kitabı” , *TMMOB yay nlar* , Ankara, 2. cilt 786-789 (1976).
8. Anık, S, “Kaynak Teknolojisi El Kitabı”, *Ergör Matbaası*. 19-22, 234,246 (1983)
9. Çalık, A., “Farklı Metallerin Elektron Işın Kaynağı ile Birleştirilmesi”, Doktora Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü* Isparta. 45 (2002)
10. İnternet : Türk İstatistik Enstitüsü “TS EN ISO 9001 Kalite Yönetim Sistemi Belgelendirme Süreci Yol Haritası”  
<http://www.tse.org.tr/Turkish/KaliteYonetimi/9000bilgi.asp> (2007).
11. Gour, L.M.’Den Eryürek, İ. B., Bodur, H. O., Dikicioğlu, A., “Kaynak Teknolojisinin Esasları”, *Birsen Yayınevi*, İstanbul, 133-145, (1996)
12. Külekçi, M. Kemal, Ertürk, İ. , “Tasarımın Kaynak Kalitesine Etkisi”, *Uluslararası Kaynak Teknolojileri Sempozyumu Bildiri Kitabı*, İstanbul, 1,2,5 (1998)
13. Durgutlu, A., “Ark Kaynağı Yöntemlerinde Kaynak Hızının Mikroyapı ve Nüfuziyete Etkisinin İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi , *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1-22 (1997).
14. Kılınçer, S., “Düşük Karbonlu Çeliklerin Toz Altı Kaynak Yöntemi İle Kaynak Edilebilirliğinin Ve Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 54-65 (1998).
15. Eryürek, H., “Kaynak banyosunun katılaşması”, Sayı:1, *Kaynak Dünyası Dergisi*, İstanbul, 11-13 (1988).

- 16.Çidem, Y. “Kaynakta Tasarım Esasları ve Bilgisayar Yardımı İle Kaynak Tasarımı”. Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 11-16 (2000)
- 17.Akkurt, M., “ Makine Elemanları”, **Birsen Yayınevi**, İstanbul, 1,231-255 (1997)
- 18.Rothbarth, A. H. “Mechanical Design And System Handbook”, **Mcgraw-Hill International Book Company**, Singapore, 26-24 (1986)
- 19.Filiz. İ. H., “Problems On The Design Of Machine Elements”, **Gaziantep Üniversitesi Basımevi**, Gaziantep,105-118 (1986)"
- 20.Black, H. P. Adams, E. O. “Machine Design”, **Mcgraw-Hill International Book Company**, Tokyo, 167-171 (1981)
21. Shigley, E.J., Mischke, R.C., “Mechanical Engineering Design”, **Mcgraw-Hill Publishing Company**, New York 386-402 (1989)
- 22.Tülbentçi., K. “Malzemelerin Kaynak Kabiliyeti”, **Gedik Holding Kaynak Dünyası**, Kasım 1989 , İstanbul, 7-10, (1989)
- 23.Akkurt, M., Makine “Tasarımında Mukavemet Hesap Yönteminin Esasları”, **Makine ve Metal Teknolojisi**, 100, 52-55,(2000)
- 24.Anık, S., Anık S.E. ve Vural, M., “1000 Soruda Kaynak Teknolojisi El Kitabı”, **Birsen Yayınevi**, İstanbul,1,14 (1993)
- 25.Anık, S., “ Malzemeye Uygun Kaynaklı Dizayn Esasları”, **Kaynak Dünyası**, 1,17-23 (1992)
- 26.Avcioğlu, E., “C 1070 ve C 1080 çeliklerin kaynaklanabilirliğinin araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 67 (2000).
- 27.Atkins, M., “Atlas of continuous cooling transformation diagrams for engineering steels”, **American Society for Metals**, U.S.A., 8 (1980).
- 28.Anık, S., “Kaynak tekniği”, Cilt 3, **İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası**, İstanbul, 4 (1981).
- 29.Arslanbenzer, E, “304 Kalite Çeliğin 1020 karbon çeliğine kaynak edilebilirliğinin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 17-52 (2000).

30. Anık, S., “Karbon eşdeğeri ve kaynak yeteneğindeki yeri”, *Kaynak Dünyası Dergisi*, İstanbul, 2: 22-24 (1988).
31. Anık S. , “Farklı Malzemelerin Kaynağı”, *Gedik Holding Kaynak Dünyası* (1998)
32. Tülbentçi, K., “Makine Mühendisliğinde Çelik Konstrüksiyon Uygulamaları”, *SEGEM*, Ankara 7, (1987)
33. Tekin, M., “Toplam Kalite Yönetimi”, *Selçuk Üniversitesi Yayınları*, Ankara, 7, (2004)
34. Ç, Canan., “Toplam Kalite Yönetimi ISO 9000 Kalite Güvence Sistemi”, 2.Baskı *Beta Yayınları*, İstanbul, 13 (2001)
35. Oğuz, B., “Demir Dışı Metallerin Kaynağı”, *Oerlikon yayını*, İstanbul 56 (1990)

**EKLER**

## EK - 1 Kaynak Talimatı (WPS) Örneği

<b>TARİH</b> : 21/5/2001 <b>REVİZYON</b> : 0 <b>SAYFA</b> : 1/1		<b>KAYNAK TALİMATI</b> <b>(WPS)</b>										
		<b>WPS NO: POAS-WPS-001</b>										
<b>KAYNAK TASARIMI (QW-402)</b> <b>Kaynak ağızı tipi</b> : V <b>Kaynak ağızı açısı</b> : 70° <b>Kök Açıklığı</b> : 1.6± 0.8 mm <b>Topuk payı</b> : 1.6± 0.8 mm <b>Altlık</b> : Yok				<b>KAYNAK YÖNTEMİ</b> : ÖRTÜLÜ ELEKTROD EL KAYNAĞI <b>KAYNAK AĞZI DETAYI</b> 								
<b>ANA METAL (QW-403)</b> <b>Malzeme formu</b> : Boru <b>Malzeme Standardı</b> : ASTM A106 Gr B, API 5L <b>Diğer malzeme std.</b> : ASTM A106 Gr B, API 5L <b>P No : 1 Gr. 1 to P No : 1 Gr. 1</b> <b>Notlar</b> : Bu kaynak talimatı tüm karbon çelik boruların kaynağında kullanılabilir. (Bkz. Çap+Kal)				<b>POZİSYON (QW-405)</b> <b>Kaynak pozisyonu</b> : Tüm kaynak pozisyonları <b>Kaynak ilerleme yönü</b> : Yukarı doğru <b>GEÇERLİLİK KAPSAMI</b> <b>Kalınlık sınırları</b> : 14.2 mm'e kadar <b>Çap sınırları</b> : 6 inç ve üzerindeki borular								
<b>DOLGU MALZEMESİ (QW-404)</b> <b>AWS Sınıfı</b> : E 6010 + E 7018 <b>SFA Spekt. No. &amp; F No</b> : SFA 5.1 F3 + F4 <b>A No veya Kimyasal analiz</b> : A1 <b>Kaynak malzemesi markası</b> : - <b>Kaynak dolgusu</b> : Kök paso +Dolgu <b>Elektrod/Tel çapı</b> : 2.5 + 2.5, 3,25, 4,0				<b>ISIL İŞLEM (QW-406, QW-407)</b> <b>Ön ısıtma</b> : Gerekli değil <b>Ön ısıtma sürekliliği</b> : Gerekli değil <b>Ara paso sıcaklığı</b> : En fazla 250 C° <b>Kaynak sonrası ısıtma işlemi</b> : Yok <b>PWHT sıcaklık ve süre</b> : Yok <b>Notlar</b> :								
<b>GAZ (QW-408)</b> <b>Koruyucu Gaz</b> : <b>Altlık gazı</b> :		<b>Tipi</b> Yok Yok		<b>Karışım %</b> Yok Yok		<b>Akış Hızı</b> Yok Yok						
<b>ELEKTRİKSEL ÖZELLİKLER (QW-409)</b>												
<b>Kaynak Pasosu</b>		<b>Kaynak Yöntemi</b>		<b>Kaynak Metali</b>		<b>Akım</b>		<b>Gerilim Değerleri</b>	<b>Kaynak Hızı</b>			
				<b>Sınıfı</b>		<b>Çapı</b>		<b>Tipi</b>	<b>Kutbu</b>	<b>Aralık</b>	<b>Gerilim Değerleri</b>	<b>Kaynak Hızı</b>
(1) Kök Paso		ELK		E 6010		2.5		DC	+	70-90	22-24 V	5-10 cm/dk
(2) Dolgu		ELK		E 7018		2.5		DC	+	70-90	22-24 V	5-10 cm/dk
(3) Dolgu+Kapak		ELK		E 7018		3.25		DC	+	100-140	22-26 V	7-15 cm/dk
(4) Dolgu+ Kapak		ELK		E 7018		4.00		DC	+	130-190	22-26 V	7-15 cm/dk
<b>KAYNAK TEKNİĞİ (QW-410)</b> <b>Düz veya salınlı dikiş</b> : Düz ve salınlı <b>Orifis/Fincan çapı</b> : - <b>Kontakt meme-Parça mesafesi</b> : - <b>Çoklu veya tek elektrod</b> : Tek elektrod <b>Tungsten Elektrod Tipi</b> : - <b>Tungsten Elektrod çapı</b> : - <b>Çoklu veya tek paso</b> : Çoklu paso <b>Başlangıç ve arapaso temizliği</b> : Taş ve tel fırça temizliği <b>Kökün arkadan temizlenmesi</b> : 16" ve daha yukarı çaplı kısa mesafeli açık borularda uygulanabilir.							<b>HAZIRLAYAN</b>		<b>KONTROL EDEN</b>		<b>ONAY</b>	
<b>ADI SOYADI</b>		Yüksel B. AYDIN		Yüksel B. AYDIN		Mustafa EDİPOĞLU						
<b>TARİH</b>		21/05/2001		22/05/2001								
<b>İMZA</b>												

EK – 2 Kaynakta kalite çek listesi

### KAYNAKTA KALİTE ÇEK LİSTESİ

FAKTÖR	SORUMLU
1- Levha Şartnameye Uygunmu	Satınalma
2- Levha Doğru Gruplandımı	Depo
3-Çelik Kaynak edilebilirmi	Tasarımcı
4- Kaynak Yöntemini Kim Tavsiye etti	Müşteri-Kaynak Müh.
5-Bir WPS (Kaynak Planı)Hazırlandımı	Kaynak Müh.
6-Prosedür Denetlenip Onaylandımı	Kaynak Müh
7-Doğru Elektrot Belirlendimi	Tasarımcı- Kaynak Müh
8-Elektrodlar Muhafaza Edildimi	Depo(kaynakçı)
9-Bağlantı Montajı Doğru Yapıldımı	İmalat Atelyesi-Tekniker
10-Ön Tav Doğru Uygulandımı Tekniker	Kaynak Atelyesi-
11-Elektot Kurutuldumu	Kaynakçı
12-Kaynak İşlem Sırası Doğru Takip Edildimi	Kaynakçı
13-Kontrol için muayene yöntemi belirlendimi	Tasarımcı-Müşteri
14-Kaynaklar kontrol edildimi	Kaynak Müh.
15-Yapılan kontrol işlemi yeterlimi	Kaynak Müh
16-Sonraki imalat için tavsiyeler	Kaynak Müh-Kaynakçı



EK-3 TS EN ISO 5817 Standardı ön kapağı



**TÜRK STANDARDI**  
TURKISH STANDARD

**Bu standard metni 20 Şubat 2007 tarihli TSE Teknik Kurul toplantısında kabul edilerek yürürlüğe girmiş olup metin üzerindeki redaksiyonel düzeltmeler devam etmektedir.**

**TS EN ISO 5817**  
Revizyon

ICS 25.160.40

---

**KAYNAK – ÇELİK, NİKEL, TİTANYUM VE BUNLARIN  
ALAŞIMLARINDA ERGİTME KAYNAKLI (DEMET  
KAYNAĞI HARİÇ) BİRLEŞTİRMELER - KUSURLAR İÇİN  
KALİTE SEVİYELERİ**

Welding – Fusion-welded joints in steel, nickel, titanium and their alloys (beam welding excluded) - Quality levels for imperfections

---

**TÜRK STANDARDLARI ENSTİTÜSÜ**  
Necatibey Caddesi No.112 Bakanlıklar/ANKARA

EK-4 TS EN ISO 3834-1 Standardı ön kapağı



**TÜRK STANDARDI**  
TURKISH STANDARD

**TS EN ISO 3834-1**

Mart 2008

ICS 25.160.10

---


**METALİK MALZEMELERİN ERGİTME KAYNAĞI İÇİN  
KALİTE ŞARTLARI -  
BÖLÜM 1 : KALİTE ŞARTLARININ UYGUN SEVİYE SEÇİMİ  
İÇİN KRİTERLER**

Quality requirements for fusion welding of metallic materials -  
Part 1: Criteria for the selection of the appropriate level of  
quality requirements

---

**TÜRK STANDARDLARI ENSTİTÜSÜ**  
Necatibey Caddesi No.112 Bakanlıklar/ANKARA

EK-5 TS EN ISO 3834-2 Standardı ön kapağı

	<b>TÜRK STANDARDI</b> TURKISH STANDARD
<b>TS EN ISO 3834-2</b> Haziran 2007	
ICS 25.160.10	
<hr/>	
<b>METALİK MALZEMELERİN ERGİTME KAYNAĞI İÇİN KALİTE ŞARTLARI - BÖLÜM 2 : KAPSAMLI KALİTE ŞARTLARI</b>	
Quality requirements for fusion welding of metallic materials - Part 2: Comprehensive quality requirements	
<hr/>	
<b>TÜRK STANDARDLARI ENSTİTÜSÜ</b> Necatibey Caddesi No.112 Bakanlıklar/ANKARA	

EK-6 TS EN ISO 3834-3 Standardı ön kapağı



**TÜRK STANDARDI**  
TURKISH STANDARD

**Bu standard metni 06 Mart 2008 tarihli TSE Teknik Kurul toplantısında kabul edilerek yürürlüğe girmiş olup metin üzerindeki redaksiyonel düzeltmeler devam etmektedir.**

**TS EN ISO 3834-3**

ICS 25.160.10

---

**METALİK MALZEMELERİN ERGİTME KAYNAĞI İÇİN  
KALİTE ŞARTLARI -  
BÖLÜM 3 : STANDARD KALİTE ŞARTLARI**

Quality requirements for fusion welding of metallic materials -  
Part 3: Standard quality requirements

---

**TÜRK STANDARDLARI ENSTİTÜSÜ**  
Necatibey Caddesi No.112 Bakanlıklar/ANKARA

EK-7 TS EN ISO 9692-1 Standardı ön kapağı



**TÜRK STANDARDI**  
TURKISH STANDARD

**TS EN ISO 9692-1**

Mart 2005

ICS 25.160.40

---


**KAYNAK VE BENZER İŞLEMLER – KAYNAK AĞZI  
HAZIRLIĞI İÇİN TAVSİYELER – BÖLÜM 1: ÇELİKLERİN  
ELLE METAL-ARK KAYNAĞI, GAZ KORUMALI METAL-  
ARK KAYNAĞI, GAZ KAYNAĞI, TİG KAYNAĞI VE DEMET  
KAYNAĞI**

Welding and allied processes – Recommendations for joint  
preparation – Part 1: Manual metal-arc welding, gas shielded  
metal-arc welding, gas welding, TIG welding and  
beam welding of steels

---

**TÜRK STANDARDLARI ENSTİTÜSÜ**  
Necatibey Caddesi No.112 Bakanlıklar/ANKARA

EK-8 TS EN ISO 9692-2 Standardı ön kapağı

	<b>TÜRK STANDARDI</b> TURKISH STANDARD
<b>TS EN ISO 9692-2</b> Nisan 2004 (EN ISO 9692-2/AC:1999 Dahil)	
ICS 25.160.40	
<hr/>	
<b>KAYNAK VE BENZER İŞLEMLER – KAYNAK AĞZI HAZIRLIğI – BÖLÜM 2: ÇELİKLERİN TOZALTI ARK KAYNAğI</b>	
Welding and allied processes – Joint preparation – Part 2: Submerged arc welding of steels	
<hr/>	
<b>TÜRK STANDARDLARI ENSTİTÜSÜ</b> Necatibey Caddesi No.112 Bakanlıklar/ANKARA	

## EK-9 ISO 3834-2, ISO 3834-3, veya ISO 3834-4'ün seçimindeki yardımcı kriterler

ICS 25.160.10

TÜRK STANDARDI

TS EN ISO 3834-1/Mart 2008

**Ek A**  
**(Bilgi için)**

**ISO 3834-2, ISO 3834-3, veya ISO 3834-4'ün seçimindeki yardımcı kriterler**

No	Unsur	ISO 3834 - 2	ISO 3834 - 3	ISO 3834 - 4
1	Şartların gözden geçirilmesi	Gözden geçirme gerekir		
		Kayıt gerekir	Kayıt gerekebilir	Kayıt gerekmez
2	Teknik incelenme	İncelenme gerekir		
		Kayıt gerekir	Kayıt gerekebilir	Kayıt gerekmez
3	Taşeronluk	Mamul, hizmetler ve/veya faaliyetlerin özel taşeronluğu için bir imalatçı gibi işleme tabi tutmak. Bununla birlikte kalite için son sorumluluk imalatçıda kalır.		
4	Kaynakçılar ve kaynak operatörleri	Vasıflandırma gerekir.		
5	Kaynak koordinasyon personeli	Gerekir		Özel şart yok
6	Muayene ve deney personeli	Vasıflandırma gerekir.		
7	İmalât ve deney teçhizatı	Koruyucu elbiseler ve güvenlik teçhizatı ile birlikte; hazırlık, işlem uygulama, kaynak, nakil, kaldırma faaliyetleri için gerektiği şekilde uygun ve mevcut		
8	Teçhizat bakımı	Bakım ve ürün uygunluğunu sağlamak için gerekir.		Özel bir şart yok
		Dokümanite edilmiş plânlar ve kayıtlar gerekir.	Kayıtlar tavsiye edilir.	
9	Teçhizatın tanımı	Liste gerekir		Özel bir şart yok
10	İmalât plânlaması	Gerekir		Özel bir şart yok
		Dokümanite edilmiş plânlar ve kayıtlar gerekir.	Dokümanite edilmiş plânlar ve kayıtlar tavsiye edilir	
11	Kaynak prosedürü şartnameleri	Gerekir		Özel bir şart yok
12	Kaynak prosedürlerinin vasıflandırılması	Gerekir		Özel bir şart yok
13	Sarf malzemelerin parfi deneyi	Gerektiğinde	Özel bir şart yok	
14	Kaynak sarf malzemelerinin depolanması ve kullanılması	Tedarikçinin tavsiyelerine uygun olarak bir prosedür gerekir		Tedarikçinin tavsiyelerine uygun olarak
15	Esas malzemenin depolanması	Çevre etkisinden koruma gerekir, Depolama sırasında tanımlı işaretleri muhafaza edilmelidir.		Özel bir şart yok

EK-9'un devamı

ICS 25.160.10

TÜRK STANDARDI

TS EN ISO 3834-1/Mart 2008

No	Unsur	ISO 3834 - 2	ISO 3834 - 3	ISO 3834 - 4
16	Kaynak sonrası ısı işlemleri	Mamul standardı veya şartnamelere uygun şartları yerine getirerek teyit etme. Prosedür, kayıt ve mamulde kaydın izlenebilirliği gerekir.	Prosedür ve kayıt gerekir.	Özel bir şart yok
17	Kaynak öncesi, esnası ve sonrası muayene ve deney	Gerekir		Gerektiğinde
18	Uyumsuzluk ve düzeltici faaliyetler	Kontrol önlemleri tamir ve/veya düzeltmeler için uygulanmış prosedürler gerekir.		Uygulanmış kontrol önlemleri
19	Ölçme, muayene ve deney teçhizatının kalibrasyonu ve geçerlik süresi	Gerekir	Gerektiğinde	Özel bir şart yok
20	İşlem esnasında tanımlar	Gerektiğinde		Özel bir şart yok
21	İzlenebilirlik	Gerektiğinde		Özel bir şart yok
22	Kalite kayıtları	Gerektiğinde		



## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : TAŞÇI, Mürsel  
Uyruğu : T.C.  
Doğum tarihi ve yeri : 16.08.1982 Sivas  
Medeni hali : Bekar  
Telefon : 0 (505) 8050990  
e-mail : [murseltasci@gmail.com](mailto:murseltasci@gmail.com)

### Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Gazi Üniversitesi/Endüstriyel Tekn. Eğt. Böl.	2005
Lise	Aydın/Söke Ziraat Teknik Lisesi	2000

### İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2005-2008	MEB/Tokat	Teknoloji ve Tasarım Öğretmeni

### Yabancı Dil

İngilizce

### Hobiler

Satranç, Voleybol, Bilgisayar teknolojileri.