

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURUMU
DOĞUMANTASYON MERKEZİ

KAYNAKLI KONSTRÜKSİYONLARIN
BİLGİSAYAR YARDIMIYLA TASARIMI

Mustafa YAŞAR

MAKİNA EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

TEMMUZ 1996

**KAYNAKLI KONSTRÜKSİYONLARIN
BİLGİSAYAR YARDIMIYLA TASARIMI**

Mustafa YAŞAR

**Dumlupınar Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü yönetmenliği uyarınca
Makina Eğitimi Anabilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak hazırlanmıştır**

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Yılmaz AKGÜNEY

Temmuz 1996

Mustafa YAŞAR'ın YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı "Kaynaklı Konstrüksiyonların Bilgisayar Yardımıyla Tasarımı" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeler uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

17.09.1996

Üye : Yrd.Doç.Dr. Yılmaz AKGÜNEY (Danışman)

İMZA

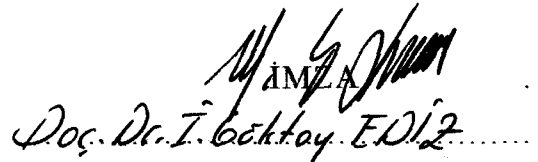

Üye : Prof.Dr. Mustafa BALCI

İMZA


Üye : Doç.Dr. Mahmut GÜLEŞİN

İMZA


Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 24.09.1996 gün ve
12... sayılı karar ile onaylanmıştır.

İMZA

Doç. Dr. İ. Bektaş EDİZ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEŐEKKÜR

Tez konusunun tespiti ve tez çalışmalarındaki yardımlarından dolayı sayın hocam Yrd.Doç.Dr. Yılmaz AKGÜNEY'e Őükranlarımı sunarım.

Deney konusunun tespitinde fikir vermesi açısından sayın Prof. Dr. İrfan YÜKLER'e, tezin yazım ve düzenlenmesi sırasındaki yardımlarından dolayı sayın Hayrettin DÜZCÜKOĐLU'na, Arř.Grv. Őenol AVCI'ya ve diğer mesai arkadaşlarıma teőekkür ederim.



KAYNAKLI KONSTRÜKSİYONLARIN BİLGİSAYAR YARDIMIYLA TASARIMI

(Yüksek Lisans Tezi)

Mustafa YAŞAR

DUMLUPINAR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

1996

ÖZET

Bilim ve teknolojinin gelişmesi, yeni özellikte malzeme sayısını da arttırmakta ve kullanılma alanlarını genişletmektedir. Bu durum gerek yeni kaynak yöntemlerinin bulunması ve gerekse eski ve yeni kaynak yöntemlerinin gelişmesini de hızlandırmaktadır. Gelişen kaynak teknolojisinin iş üzerine uygulanması ne kadar önemli ise, yapılan kaynağın standartlara uygunluğu, dayanım hesabı, dayanım kontrolü, maliyet hesabı gibi konularda o derece önem taşımaktadır.

Bu tez çalışmasında çeşitli dış yüklere maruz kalan kaynaklı konstrüksiyonların dayanımı ve elektrot sarfiyat hesapları yapılmaktadır. Bilgisayar yardımıyla yapılan bu hesaplamalar sayesinde zamandan ve malzeme seçiminde büyük kolaylık sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler :Kaynaklı konstrüksiyon, kaynak hesapları, elektrot sarfiyatı, çelik konstrüksiyonlar.

WELDING CONSTRUCTION DESIGN
USING COMPUTER

(M.Sc. Thesis)

Mustafa YAŞAR

DUMLUPINAR UNIVERSITY

INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

1996

SUMMARY

The number of the materials having new properties has been increasing. Using area of this materials is getting extensive. This matters have given rise to the improving of the new and old welding methods. But, Standard of welding design, stress analysis and cost price are more important than using it.

In this study, strength of some welding structure under the outside force and electrode spent was investigated. It was shown that calculations and material choosing could be easy by computer than the conventional methods.

Key words : welding constructions, welding calculations, electorate spent,
steel constructions

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	v
SUMMARY	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
2.1. Tarihçesi	4
2.2. Çeliğin Üstünlüğü	4
2.3. Çeliğin Sakıncaları	5
2.4. Çeliğin Yapısı	6
2.5. Çeliğin Elde Edilmesi	7
2.6. Çelik Çeşitleri	7
2.7. Zorlanmalar Ve Emniyet Gerilmeleri	8
2.8. Çelik Çeşitleri	9
2.8.1. Yufkaçlama yöntemiyle elde edilenler	10
2.8.1.1 Profiller	10
2.8.1.2. Dikdörtgen kesitli çelikler (lama çelikleri)	11
2.8.1.3. Levhalar	11
2.8.2. Döküm yöntemiyle elde edilenler	12
3. BİRLEŞTİRME VASITALARI	13
3.1. Kaynak Ve Kaynaklı Birleştirmeler	13
3.1.1 Genel bilgi	13
3.1.2. Kaynak metotları	16
3.1.2.1 Kaynak kabiliyeti	16
3.1.2.2 Elektrik ark kaynağı	17
3.1.2.3. TIG (argon ark) kaynağı	19

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

3.1.2.3.1 TIG kaynağının kullanma alanları	21
3.1.2.4. MIG (MAG) kaynağı	21
3.1.2.5. MIG/MAG kaynağının kullanım alanları	24
3.1.2.6. Tozaltı kaynağı.....	25
3.1.2.7. Tozaltı kaynağının uygulama alanları	26
3.1.3. Kaynaklı Bağlantılara Uygulanan Muayene Yöntemleri ...	27
4. KAYNAKLI KONSTRÜKSİYON TASARIMINA GİRİŞ	28
4.1. Başlıca Tasarım Etmenleri.....	29
4.2. Kaynak Boyut Ve Miktarı.	29
4.3. Alt Montaj Guruplarının Kullanılması	30
5. KAYNAKLI KONSTRÜKSİYONLARIN HESABINA GİRİŞ	32
5.1 Kaynaklarda Müsaade Edilebilir Gerilmeler	35
5.1.1. Alın ve dolgu kaynaklarının analizi	36
5.1.2 Kaynaklı birleştirmelerde burkma.....	41
5.1.2 Kaynaklı birleştirmelerde eğilme gerilmesi	46
5.1.3. Köşe kaynaklarının analizi	49
6. UZMAN (EXPERT) SİSTEMLER VE KAYNAK TEKNİĞİNE UYGULAMALAR.....	57
6.1 Hazırlanan Bilgisayar Programının Tanıtımı	61
6.2 Programla Yapılan Çeşitli Uygulama Çalışmaları.....	62
7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	69
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	70
EKLER.....	72

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 3.1 Dolgu kaynağı: a) Rakam, kaynağın büyüklüğünü, ok ise her iki tarafa aynı kaynak yapılacağını gösterir, b) 60 mm aralıklarla, 200 mm çapraz kaynak yapılacağını göstermektedir.....	14
Şekil 3.2 Dairesel kaynak sembolü; tüm çevrenin kaynak yapılacağını göstermektedir.....	14
Şekil 3.3 Alın veya kaynak ağzı açılmış kaynaklar: a) Alın kaynağı, b) V kaynak ağzı açılmış, c) Çift V kaynak, d) Yarım V kaynak.....	15
Şekil 3.4 Özel kaynak ağzı açılmış birleştirmeler: a) T kaynak, b) U ve J kaynak, c) Köşe kaynağı, d) Kenar köşe kaynağı ..	15
Şekil 3.5 Kaynak kabiliyetinin imal usulü, malzeme ve konstrüksiyon açısından ifadesi.....	17
Şekil 3.6 Eriyen çubuk elektrotla kaynak şekli.....	18
Şekil 3.6. TIG kaynağının yapılış tarzı.....	19
Şekil 3.7. TIG kaynağı donanımı blok şeması.....	21
Şekil 3.8. MIG/MAG kaynak donanım şeması.....	22
Şekil 3.9. MIG/MAG kaynak yönteminde ark bölgesi.....	23
Şekil 3.10 Tozaltı kaynak donanımının şematik olarak gösterilmesi.....	26
Şekil 5.1 Genişlik ve yükseklikleri farklı ve sınırlı köşe kaynakları.....	33
Şekil 5.2 a) Geniş açılı köşe dikişi, b) Kesik kenarlı köşe dikişi.....	34
Şekil 5.3 Yuvarlak köşe dikişi.....	35
Şekil 5.4 Tipik bir kaynaklı birleştirme.....	37
Şekil 5.5 Çapraz köşe kaynağı.....	38
Şekil 5.6 Çapraz köşe kaynağının analizi.....	39
Şekil 5.7 Dolgu kaynaklarında gerilim dağılımı.....	40
Şekil 5.8 İki ucundan kaynaklı, bindirme birleştirme.....	41
Şekil 5.9 Momentli bir birleştirme.....	41
Şekil 5.10 Kaynak hesaplamalar için şematik açınım.....	42
Şekil 5.11 İki kenarından kaynak edilmiş dikdörtgen kesitli bir parça, ...	46
Şekil 5.12 Köşe kaynağının alın kaynağı şeklinde gösterilişi.....	50

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 5.13 Köşe kaynaklarında gerilme dağılımı.....	51
Şekil 5.14 Bindirme kaynakların analizi	53
Şekil 5.15 Dik köşe kaynaklarının analizi	54
Şekil 5.16 Simetrik olmayan kesitlerin analizi	55
Şekil 6.1 Eğilmeye zorlanan iki yanlı kaynaklı kiriş	62
Şekil 6.2. K dikişi	65
Şekil 6.3 Kiriş ve köşebentlerin kaynağı.....	66



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklamalar</u>
ε	Birim uzama
τ	Kesme gerilmesi, MPa.
σ	Normal gerilme, MPa.
Σ	Toplam
A	Alan, mm ²
b	Kesit genişliği, mm
D, d	Çap, mm
E	Elastisite modülü, MPa.
F	Sistemi etkileyen dış kuvvetler, N
h	Kesit yüksekliği, mm
I	Atalet momenti, mm ⁴
J	Polar atalet momenti, mm ³
L, l	Uzunluk, mm
M	Moment, N mm
P	Kuvvet, N
r	Yarı çap, mm
t	Kalınlık, mm
V	Kesme kuvveti, N
Z	Kaynak dikişi kalınlığı

1. GİRİŞ

Bilim tarihi incelendiğinde, insanoğlunun karşılaştığı çeşitli tasarım problemlerinden biri olan iki parçanın birbirine birleştirilmesi için çözüm olarak kullandığı alternatifler içinde belki de en eskisi kaynaklı birleştirme ve lehimleme teknikleridir. Yapılan arkeolojik kazılar, lehimlemenin geçmişinin MÖ. 3000'lere, kaynağın ise MÖ. 1400'lere kadar uzandığını göstermektedir. Firavunlar döneminden kalan bazı metal işlerinin üzerinde lehimli birleştirmelere rastlanmıştır. Bilinen en eski kaynak yöntemi olan demirci kaynağı ya da diğer adıyla ocak kaynağı ülkemizin de içinde bulunduğu Ortadoğu'da MÖ. 1400'lü yıllarda yapılmaktaydı.

Endüstri devrimiyle ivmelenen bilimsel ve teknolojik gelişmeler sürecinde birleştirme yöntemleri de payını aldı. Böylece kaynak yöntemlerinde kısa zamanda meydana gelen hızlı bir gelişim süreci de başladı. Geçtiğimiz yüzyılın sonlarında (1885'de) Benardos tarafından geliştirilen karbon elektrot ile kaynakla başlayan gelişim sürecinde iki dünya savaşı ve son 30-35 yıl önemli dönemler olarak karşımıza çıkmaktadır.

Günümüzde de süregelen gelişim sürecinde yapılan araştırmalar iki ana kolda devam etmektedir. Bunlardan birincisi yeni yöntemlerin bulunup geliştirilmesi ikincisi ise mevcut yöntemlerle yapılan kaynağın kalitesinin arttırılmasıdır.

Endüstriyel gelişimini tamamlayan ülke sayısının artışıyla birlikte aynı ürünü imal eden firmaların sayısı da artmış, dolayısıyla ulusal ve uluslararası piyasada firmalar varlığını sürdürebilmek için kıyasıya bir savaşın içinde kendilerini bulmuşlardır. Bu amaç, yani hem üretim yapmak hem bu ürünlere pazarlarda alıcı bulabilmek hem de kazanç elde etmek için tek yol, fiyatı en alt düzeyde tutarken tüketici tarafından tercih edilecek kalitede mamul üretmek ve üretilen her partide hurda sayısında azaltmayı sağlamaktır. Bu ise, ancak hem maddenin eldesinden mamulün üretimine

kadar geçen süreç içinde etkin bir kalite kontrolü ve her bir üretim yönteminde yonteme özgü işlem parametrelerinin uygun seçimi ile mümkün olmaktadır. Günümüzde aynı üründe aynı kaliteyi hedefleyen iki firma için kalite kontrole harcanan meblağ aynıdır. Bunun anlamı maliyeti düşürmek için sadece üretim yöntemine özgü parametrelerin uygun seçilmesi gerektiğidir (Anık, Kaluç, 1991).

Bir kaynak işleminde, daha sonra detaylı bir şekilde görüleceği gibi işlem parametrelerinin sayısı çok fazladır ve bunları uygun biçimde seçmek oldukça önem kazanmaktadır. Bir çok parametre içinde en uygun olanını seçmek gerçekte zor ve dolayısıyla uzun zaman alan bir iş olup imalattan sorumlu her kademedeki çalışanın sorunudur. Karşılaşılabilecek her türlü durum için verilere kısa zamanda veya önceden ulaşmak, doğru olan parametreleri bulup seçmek gerçekte uzun zaman alan ve sorunlara sebebiyet veren işlerdir.

Son 50 yıl içinde doğan ve gelişen bir başka teknoloji dalı ise bilgisayar teknolojisi olup; halen bilgisayarlarda kullanılmakta olan yazılımlar ve programlama dilleri, tasarımdan üretime kadar mühendislerin en büyük yardımcısı olmaktadır. Hazırlanan programlar yardımıyla verilere ulaşmak, uygun olanlarını seçmek kolay ve kısa zamanda mümkün olmaktadır.

Bilgi çağı olarak adlandırılan şu günlerde konuyla ilgili bilgilere en kolay ve hızlı biçimde ulaşmayı sağlayan bilgisayarlar, kaynak işleminde parametrelerin seçimi ve kaynak planlarının hazırlanmasında harcanacak zamanı kısaltmak ve gerekirse yapılacak düzeltmelerde de kolaylık sağlamak amacıyla da kullanılabilir. Bunun için ihtiyaç duyulan, gerek deneysel gerekse pratikte karşılaşılan tecrübeler sonucunda elde edilen verilerdir. Bu veriler hazırlanacak bilgisayar programının adeta kaynağı olup eğer bunlar her bir durum için doğru tespit edilirse programın sonuçları da aynı ölçüde sağlıklı olacaktır (Taylor, 1986).

Bilgisayar yardımıyla yapılan kaynaklı tasarımlar dünyanın bir çok yerinde uygulama sahası bulmuştur.

PC bilgisayarların gelişimi ile 1989 yılında Feder, D., K. İtalya'da kaynak teknolojisinde bilgisayar kullanımı ve çelik yapılarda kaynak konusunda Jarmai, K. Macaristan'da çalışmalarda bulunmuşlardır.

Jahn, C. ve Barash, M. Laser Kiriş Kaynakları için bilgisayar destekli kaynak tasarımı konusunda bir araştırmayı 1990 yılında yapmışlardır.

Lovegrove, G. vd. ABD'de yapılan "3. Uluslararası Yapay Zeka ve Uzman Sistemlerin Endüstriyel ve Mühendislik Uygulamaları" isimli konferansta, "PC tabanlı bilgisayarlarda uzmanlık sistemleri" konulu bir bildiri sunmuşlardır.

1991'de Luis A. ve Mahmoud A. açık kafes giriş sistemlerindeki kaynaklı yerlerin kesme gerilmesinin kontrolünü bilgisayar yardımıyla yapmışlardır.

Yine ABD'de aynı yıllarda Lovegrove vd., Japonya'da Matsumoto vd., kaynak işlemlerinin kontrolünde uzmanlık sistemlerinin kullanılması konusunda incelemelerde bulunmuşlardır.

1993 yılında Galantucci, L.M. nümerik bilgisayarlar yardımıyla demiryollarının kaynağı konusunda bir araştırma yaparak sonuçlarını Metallurgia Italiana dergisinde yayımlamıştır. Aynı yıllarda Zhao, Geoming bilgisayar kullanarak plastiklerin kaynatılması konusunda bir uygulama çalışmasını Çin'de yapmıştır.

2. ÇELİK YAPILAR

2.1. Tarihçesi

Çelik yapı terimi 1925'den beri kullanılmaya başlanmıştır. Bu zamana kadar "Demir Yapı" terimi geçerli olmuş, bunun sebebi de dökme demirin malzeme olarak kullanılmış olmasındandır. Demir malzemesi ilk önce köprü inşaatında kullanılmıştır. Taşıyıcı malzeme olarak çeliğin binalarda kullanılması, köprülerden sonra başlar. Bu konuda asıl gelişme 1. Dünya harbinden sonra daha da hızlanmıştır. 1930'dan sonra kaynak tekniği gelişmiş ve çelik konstrüksiyonlarda tatbik edilmeye başlanmıştır (Ardan, 1988).

2.2. Çeliğin Üstünlüğü

- 1- Ahşap ve betonarmeye nazaran oldukça homojen ve izotrop bir malzemedir, ayrıca mukavemeti de büyüktür.
- 2- Elastisite modülü ahşapta 10000 MPa, betonarmede 21000 MPa, çelikte ise 210000 MPa.'dır. Yani ahşabın 21 katı, betonarmenin 10 katıdır. Bu nedenle daha az sehim yapar ve daha az malzeme sarfi gerektirir.
- 3- İşçiliğin büyük bir kısmı atölyelerde yapılabilir.
- 4- Aynı yükü taşımak için seçilmesi gereken kesit, çelikte betonarmeye nazaran daha küçüktür. Kesit dış ölçüleri belirli bir çelik kolonun taşıma gücü, aynı kesit ölçüleri ve şartlar için yapılan betonarme kolona oranla daha fazladır.
- 5- Kendi zati ağırlığı betonarmeye nazaran az olduğundan sömelleri daha küçük çıkar. Temel zemini sağlam olmayan yerlerdeki

yapılar için bazen sadece bu özellik, taşıyıcı iskelet malzemesi olarak çeliğin seçilmesine sebep olabilir.

- 6- Takviyesi kolaydır, kolayca değişiklikler yapılabilir. Beton-armede bu işlemin sınırları dar, yapılmaları güç hatta bazen imkansızdır.
- 7- Çelik taşıyıcı elemanlar buldukları yapıdan kısmen veya tamamen söküldüklerinde, çıkan malzeme bir başka yapıda hatta değişik şartlarda zayıtsız tekrar kullanılabilir. Böyle bir yapı herhangi bir nedenle yıkılsa ve enkaz haline gelse, yani içindeki çelik malzeme artık kullanılmayacak hurda niteliğinde olsa bile bir değeri mevcuttur.

2.3. Çeliğin Sakıncaları

- 1- Yangında yıkılmaya karşı mukavemetleri azdır. Yüksek sıcaklık derecelerinde çelik mukavemetini kaybeder (600°C de $\sigma_F \approx 0$). Kapalı hacimlerde çıkan yangınlarda, sıcaklığın 500°C 'nin üstüne çıkması halinde çelik bu sıcaklıktan korunmak zorundadır. Örneğin çok katlı yapılarda kolon ve kirişleri beton muhafaza içine almalıdır (pas payı $d = 4$ cm).
- 2- Korozyona karşı mukavemeti azdır. Beton muhafaza içine alınırsa korozyona karşı korunmuş olur. Kaplama ve çeşitli maksada hizmet eden boyalar da kullanılabilir.
- 3- Asit, baz ve tuza karşı mukavemeti çok azdır (Duman, 1986).

2.4. Çeliğin Yapısı

Çelik, demir cevherinden elde edilir. Demir cevheri tabiatta saf olarak bulunmayarak, oksit, hidroksit veya karbonat halinde diğer maddelerle karışık olarak bulunur. Karışımında bulunan zararlı maddelerin belirli bir yüzdeye kadar uzaklaştırılması ve bazı maddelerin de ilave edilmeleri gerekmektedir.

Karışımında bulunan zararlı maddeler, fazla karbon, kükürt, fosfor, arsen, bakır, silisyum, azot vb.. elementlerdir.

İlave edilen maddeler, (krom, bakır, manganez, silisyum, molibden) karbonun, çeliğin mukavemeti üzerindeki tesiri çok büyüktür. Karbon miktarı ağırlık itibarıyla 17/1000 den fazla olursa, çeliğin işlenmesi mümkün olmaz. Diğer zararlı maddelerin ve karbonun, yüksek fırınlarda yüzde miktarlarının azaltılmasına çalışılır. Zararı dokunan maddelerden en başta fosfor gelir. Fosfor çeliğin çok gevrek olmasına ve çabuk kırılmasına yol açar. % 0.02 fosfor ihtiva eden bir çelik yere düşerse cam gibi kırılır ve parçalanır. İkinci zararlı madde kükürttür. Kükürt çeliğin yüksek sıcaklıkta gevremesine ve kırılmasına neden olur. Her ikisinin toplam miktarı 1/1000'den az olması gerekir. Çeliğin elde edilmesi esnasında bazı maddeler ilave edilir.

Bunlardan;

Krom : Mukavemeti artırır.

Manganez : Mukavemeti artırır, ısıl işlemlerini kolaylaştırır.

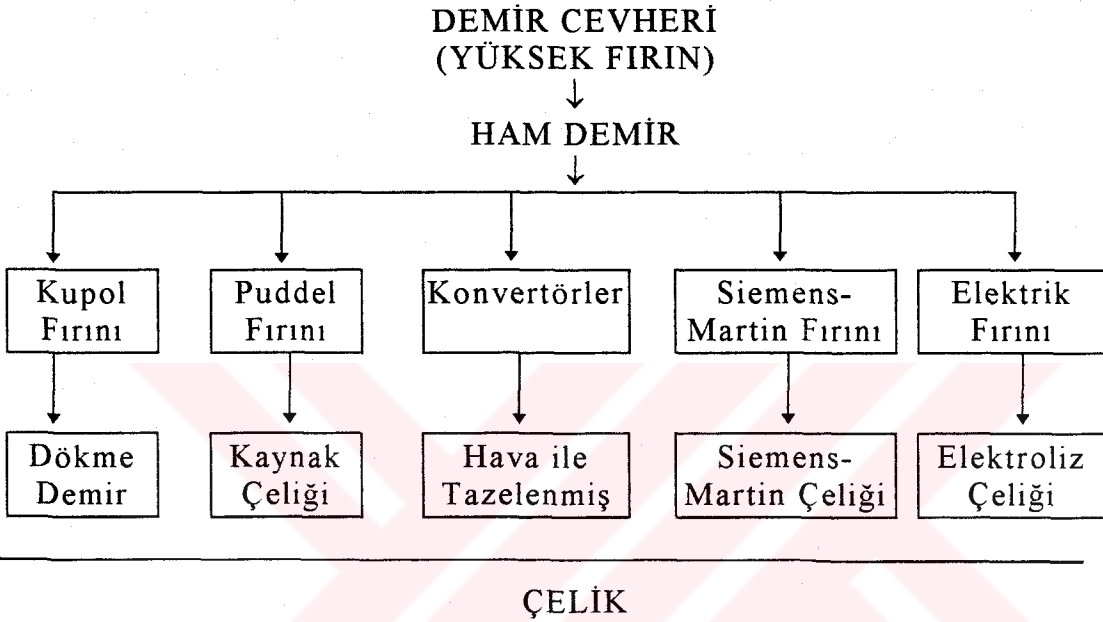
Silisyum : Mukavemeti artırır.

Molibden : Yüksek sıcaklıklarda çeliğin mukavemetini artırır

(Erşen, 1991).

2.5. Çeliğin Elde Edilmesi

Çelik, demir cevherinden iki safhada elde edilir. Birinci safhada demir cevherinden ham demir, ikinci safhada ise ham demirden çelik elde edilir. Bu değişim şekil 2.1’de gösterilmiştir.



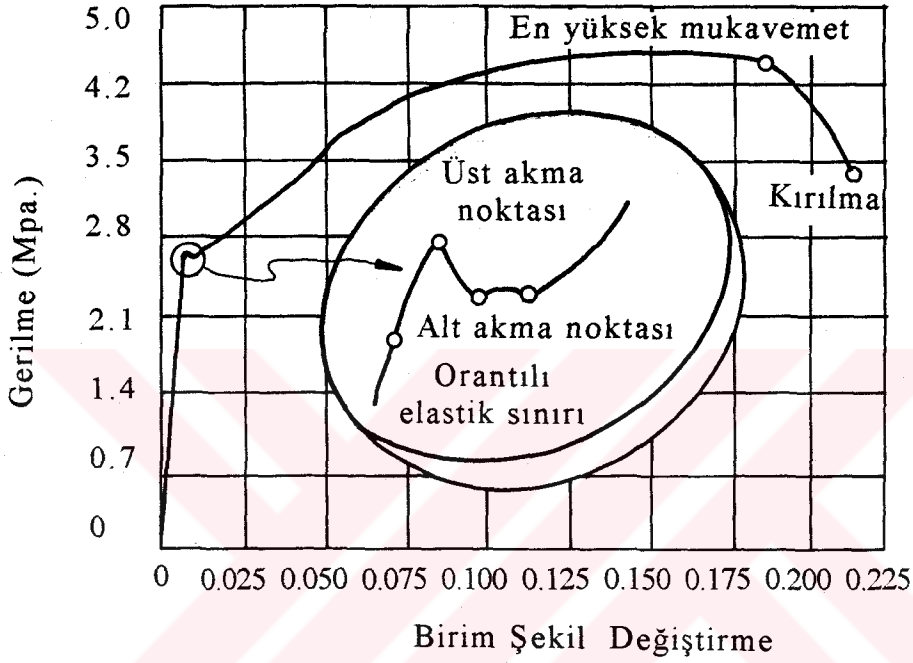
Şekil 2.1 Üretim yöntemlerine göre çelik çeşitleri

2.6. Çelik Çeşitleri

En çok kullanılan çelik cinsi St.37 çeliğidir. (Buradaki 37 sayısı MPa. cinsinden kopma mukavemetini ifade eder). Karabük ve Ereğli Demir Çelik Fabrikalarında imal edilen çelik bu cinstendir. St.00 yapı çeliği olarak isimlendirilen çelik de St.37 niteliğindedir. Yalnız emniyet gerilmesi St.37’den daha düşüktür. Yapılarda kullanılan diğer bir önemli çelik cinsi de St.52 çeliğidir. Yüksek mukavemetli bir çelik olan St.52 çeliği daha ziyade köprü inşaatlarında kullanılır. Bunlardan başka kaynaklı yapılarda kullanılan St.34, St.44 ve ayrıca bulon çelikleri de mevcuttur.

2.7. Zorlanmalar Ve Emniyet Gerilmeleri

Yapı çeliklerinin elastik özellikleri çekme deneyi ile tespit edilir Şekil 2.2'de çekme deneyinde elde edilen gerilme-uzama ($\sigma - \epsilon$) diyagramı görülmektedir.



Şekil 2.2 Gerilme-uzama diyagramı(Jemıs, 1976).

Yapı çeliklerinin uzamaları, elastik sınır (σ_E) aşılmadığı müddetçe elastiktir. Yani yük kaldırılınca eski durumuna döner. Çelik yapıların incelenmesinde $\sigma_E = \sigma_P$ alınabilir. σ ve ϵ arasında doğrusal bir ilişkinin mevcut olduğu bu saha Hook kanununun geçerli olduğu sahadır ve Hook kanunu adını alır.

Gerilme σ_F akma gerilmesi değerine eriştiğinde malzemede büyük plastik deformasyonlar meydana geldiğinden çelikte emniyet gerilmeleri akma sınırına göre tayin edilir.

Tablo-2.1. Emniyet gerilmesi tablosu (çekme, basma ve eğilme için)

Çelik Cinsi	σ_F (MPa.)	σ_{em} (MPa.) (H*)	σ_{em} (MPa.) (Hz†)
St. 37	240	140	100
St. 52	360	210	240

$$E=210000 \text{ MPa.}$$

Tablo 2.2. Emniyet gerilmesi tablosu (kayma için)

Çelik Cinsi	τ_{em} (MPa) (H)	τ_{em} (MPa) (Hz)
St. 37	90	105
St. 52	135	155

2.8. Çelik Çeşitleri

Fırınlarda veya konvertörlerde elde edilen çelik, kalıplara dökülür, sonra kor halinde yufkaçlama tesislerine sevk edilir. Burada profil veya levha halinde şekillendirilerek piyasaya arz edilir. Yufkaçlamada kor halindeki çelik, dönen silindirler arasından geçirilir. Bu suretle hava ve gazdan dolayı meydana gelen boşluklar kapanır. Farklı silindir ayarlamalarıyla yufkaçlamak suretiyle istenilen profiller elde edilir.

Çelik mamulleri iki grupta ele alınır.

- 1- Yufkaçlama ile elde edilenler
- 2- Döküm yöntemiyle elde edilenler

* Rüzgarın basma tesiri vermesi

† Rüzgarın emme tesiri vermesi

2.8.1. Yufkaçlama yöntemiyle elde edilenler.

2.8.1.1 Profiller

1- I Profiller

- a- Normal I profiller (dar başlıklı eğimli profiller)
- b- IPE profiller (orta genişlikte paralel başlıklı Avrupa profiller)
- c- IPE profiller (geniş ve paralel başlıklı profiller)
- d- IPBL profiller (geniş ve paralel başlıklı hafif profiller)
- e- IPBV profilleri (geniş ve paralel başlıklı - kalın başlıklı profiller)

2- U Profilleri

Tek simetri eksenlidir. Bundan dolayı iki profil simetrik bir kesit teşkil edecek şekilde kullanılır.

3- Korniyerler (L Profiller)

Korniyerler eşit ve farklı kollu olmak üzere iki çeşittirler. Korniyerlerin çelik yapılarda kullanılma sahaları oldukça geniştir. Umuymiyetle basma ve çekme çubuğu olarak kullanılırlar. Perçinli birleştirmelerde malzeme kaybını dikkate alarak kalınlığı az olanı seçmelidir. Şartnameye göre taşıyıcı çubuk olarak seçilmesi gereken en küçük kesit perçinli birleştirmelerde L50.50.5 kaynaklı birleştirmelerde L45.45.5'dir.

En küçük ve en büyük profiller;

Eşit kollular için L 20.20.3 - L 200.200.20

Farklı kollular için L 30.20.3 - L 200.100.16 dır.

L profillerin uzunlukları 3 - 15m arasında değişir.

4- T profiller

Bu profiller ekonomik bir kesit sayılmamakla birlikte küçük açıklıklarda cam mertegi olarak kullanıldığı gibi, az yüke maruz kaynaklı kafes kirişlerde üst ve alt başlık çubuğu olarak da kullanılır. Genellikle I profillerden elde edilirler.

2.8.1.2. Dikdörtgen kesitli çelikler (lamba çelikleri)

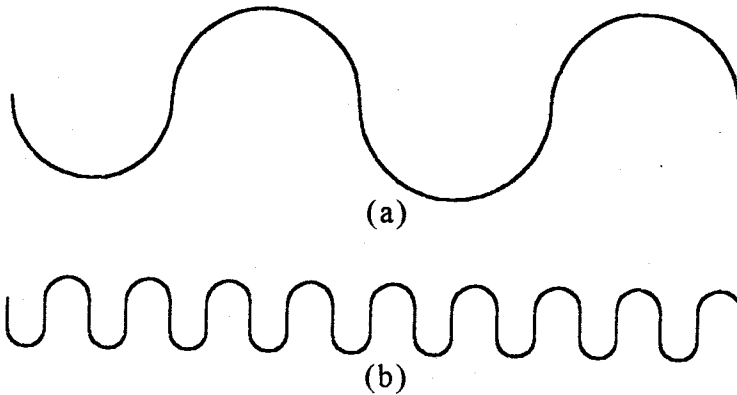
1- Yassı lama çelikleri	(Genişlik)	$b = 8 - 150 \text{ mm}$
	(Kalınlık)	$t = 3 - 100 \text{ mm}$
2- Geniş lama çelikleri	(Genişlik)	$b = 150 - 1200 \text{ mm}$
	(Kalınlık)	$t > 5 \text{ mm}$
3- İnce lama çelikler	(Genişlik)	$b = 10 - 500 \text{ mm}$
	(Kalınlık)	$t = 0,75 - 4 \text{ mm}$

2.8.1.3. Levhalar

1- Düz levhalar	Kaba levhalar	$t > 5 \text{ mm}$
	Orta levhalar	$3 < t < 5 \text{ mm}$
	İnce levhalar	$t < 3 \text{ mm}$

2- Oluklu levhalar (oluklu saclar)

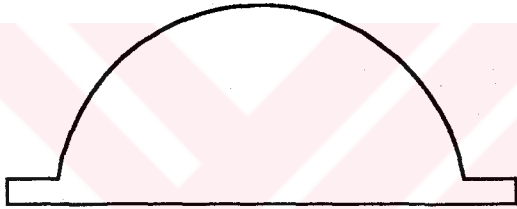
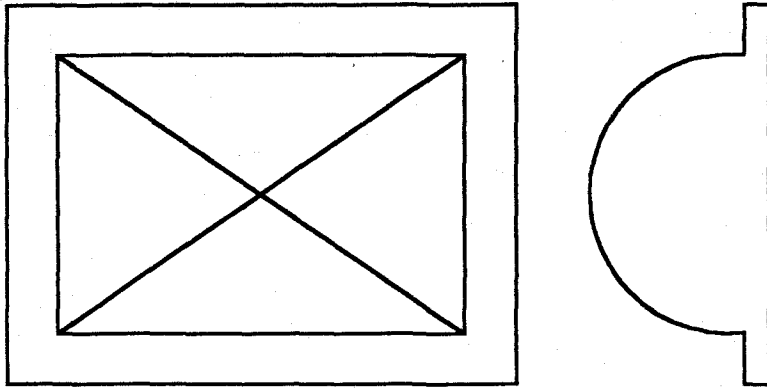
Bunların da muhtelif çeşitleri şekil 2.3'de görülmektedir.



Şekil 2.3 Oluklu levhalar

3- Silindirik levhalar

4- Kubbeli levhalar; bu levhaların kesiti her iki doğrultuda da kemer şeklindedir (şekil 2.4).



Şekil 2.4 Kubbeli levhalar

2.8.2. Döküm yöntemiyle elde edilenler

1- Çelik font: Kalıplara dökülmek suretiyle istenilen parça elde edilir. Mesnet levhası olarak kullanılır. Çelik fontun özellikleri St.52'nin özelliklerine benzer.

2- Su Çeliği: (C3) mesnet ruloları ve mafsal yapımında kullanılırlar.

$$\sigma_B = 500 - 600 \text{ MPa.}$$

$$\sigma_F = 250 \text{ MPa.}$$

3- Gri Font: (GG14) özel mesnet levhası olarak kullanılır.

$$\sigma_{em} \text{ çekme} = 110 - 260 \text{ MPa.}$$

eğilmeye göre;

$$\sigma_{em} = 240 - 440 \text{ MPa. dır(Ardan, 1986).}$$

3. BİRLEŞTİRME VASITALARI

Birleştirmeler iki türlü yapılabilir:

- 1- Sökülebilen birleştirmeler (bulonlu veya cıvatalı birleştirmeler)
- 2- Sökülemeyen birleştirmeler (perçinli veya kaynaklı birleştirmeler)

Birleştirmenin asıl vazifesi, parçalarda meydana gelen gerilmelerin, birleştirilen parçalar üzerine eşit bir şekilde dağılmasını sağlamaktır.

3.1. Kaynak Ve Kaynaklı Birleştirmeler

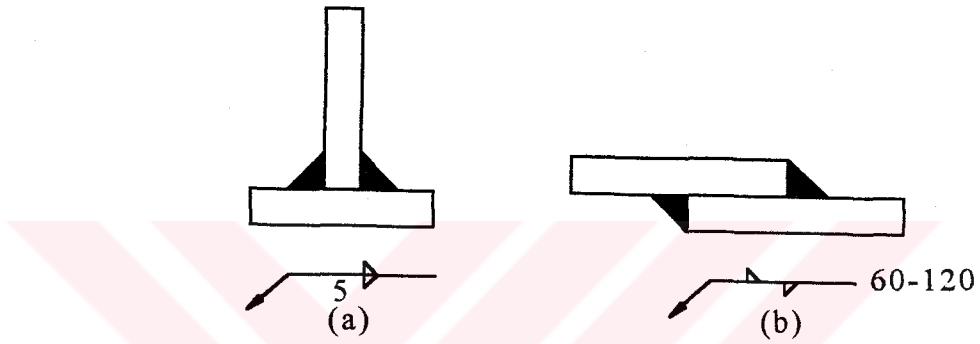
3.1.1 Genel bilgi

Birleştirme vasıtası olarak kaynağın çelik yapılarda kullanılması oldukça yenidir. İlk başlarda yüksek yapılarda, sonra gemi ve daha sonra da köprülerde kullanılmaya başlanmıştır. Aynı veya benzer alaşımli kaynaklı yapıların, perçinli yapılara nazaran en büyük avantajı, malzeme tasarrufu ve estetik bakımındandır. Kaynaklı yapılara, malzeme ve işçilik bakımından perçinli yapılara nazaran çok daha fazla itina göstermek lazımdır. Kaynak için atölye ve tecrübeli personele ihtiyaç vardır.

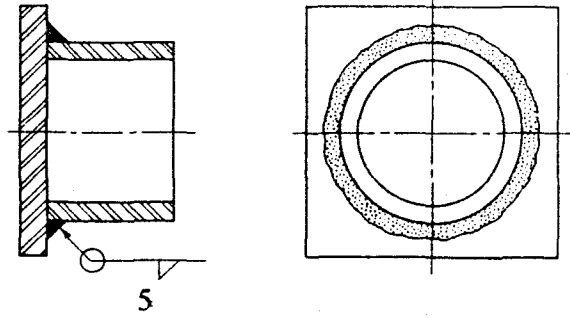
Lehim ve kaynak görünüş bakımından birbirlerine benzeseler de arada çok fark vardır. Lehim ısıtma yöntemiyle yapılır fakat birleştirilen metaller erimez. Ayrıca ilave metal, birleştirdiği metallere tamamen farklı cinstendir. Kaynakta ise çelik malzemenin birleşim yerine ait kenarları ve elektrot, erime derecesine kadar ısıtılarak kaynaşmaları sağlanır. Ayrıca elektrot, kaynatılan parçalarla, benzer özelliklere sahip olması gereklidir.

3.1'den 3.4'e kadar olan şekiller tasarımcılar tarafından çok sık kullanılan kaynak tiplerini göstermektedir. Genel makine elamanları tasarımında kaynaklar doldurma kaynak olarak bilinir, ancak kaynağın gemi

veya çelik konstrüksiyonlar gibi yerlerde tasarımı çok önemlidir. Çünkü aşırı basınca karşı dayanmak zorundadır. Elbette, birleştirilecek parçaların kaynağını daha kolay yapabilmek için çok iyi tasarlanmalı, böylece başarılı bir kaynak yapmak mümkün olacaktır. Eğer yetersiz bir birleştirme veya kesit şekillerinden dolayı alışık olunmayan bir durum ortaya çıkarsa kaynakların dayanımı zayıf olur. Bu nedenle tasarımcı, kaynakları daha rahat yapılacak şekilde parçayı yeniden tasarlar.



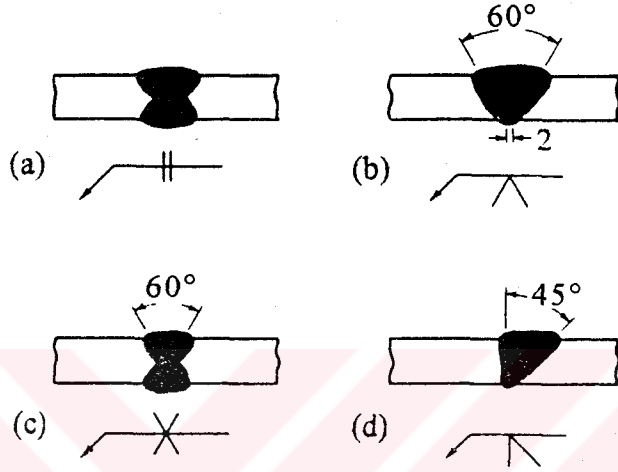
Şekil 3.1 Dolgu kaynağı: a) Rakam, kaynağın büyüklüğünü, ok ise her iki tarafa aynı kaynak yapılacağını gösterir, b) 60 mm aralıklarla, 200 mm çapraz kaynak yapılacağını göstermektedir.



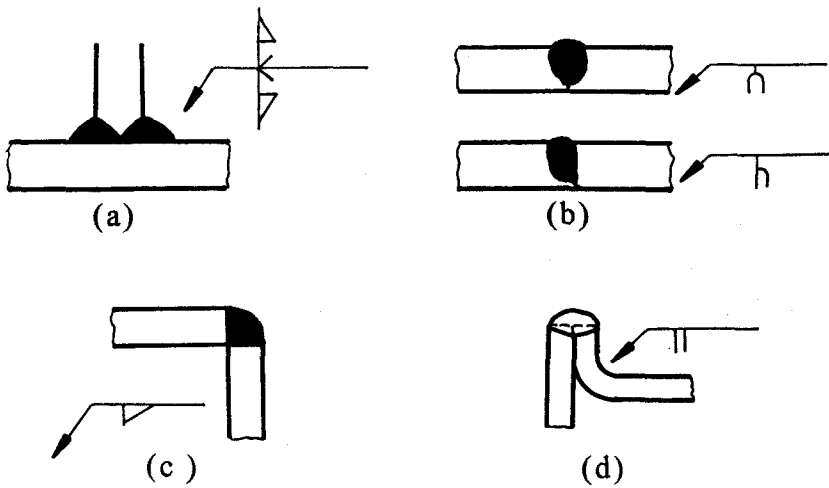
Şekil 3.2 Dairesel kaynak sembolü; tüm çevrenin kaynak yapılacağını göstermektedir.

Diğer bir önemli konu ise, kaynakta ısı problemi. Çünkü ergimeden dolayı kaynak bölgesinin metalurjik yapısında önemli değişiklikler meydana gelmektedir. Üstelik iç yapıda soğumadan sonra arta kalan geril-

meler tehlikeli ve bazen de çatlamalara sebep olmaktadır. Genelde bu artık gerilmeler kaynak sonrasında hafif bir ısıtma ile etkileri azaltılır. Eğer kaynatılacak parça kalın ise, ön ısıtma çok yararlı olur. Kaynaklı parça çok önemli bir yerde kullanılacaksa, parça üzerinde ek bir test yapılarak ne gibi değişikliklerin olduğunu önceden tespit etmekte yararlı olur(Anık, 1991).



Şekil 3.3 Alın veya kaynak ağzı açılmış kaynaklar: a) Alın kaynağı, b) V kaynak ağzı açılmış, c) Çift V kaynak ağzı açılmış, d) Yarım V kaynak



Şekil 3.4 Özel kaynak ağzı açılmış birleştirmeler: a) T kaynak, b) U ve J kaynak, c) Köşe kaynağı, d) Kenar köşe kaynağı

3.1.2. Kaynak metotları

3.1.2.1 Kaynak kabiliyeti

Kaynak, tatbik edileceği malzeme çeşidine göre ele alınır. Kaynağın kısaca tarifi ise, metalik malzemeye ilave metal kullanarak veya kullanmaksızın ısı veya basınç etkisiyle birleştirilmesidir.

Parçalarda kaynaklı birleştirmelerin öneminin anlaşılabilmesi için, diğer imal usulleriyle mukayese edilmesi gerekir. Her ne kadar her usulün üstün olduğu sahalarda varsa da, birlikte çok yakın oldukları sahalarda vardır. İmalat tekniğinde gaye, yalnızca malzemelerin birleştirilmesiyle parça elde edilmesi değildir. Aynı zamanda kaynağı yapılan parçanın çalışma şartlarında bozulmaması ve görevini yerine getirmesi gerekir. Bu sebepten dolayı kaynaklı bağlantılardan da bazı esasları yerine getirmeleri istenir. Söz konusu esasların gerçekleşme derecesi, kaynağı yapılan malzemenin "Kaynak Kabiliyeti" olarak değerlendirilir (Oğuz, 1986).

Kaynak edilen metal ve alaşımlar, uygulamada, pek az istisna ile bütün kaynak usullerinde kaynak yerinin, erimeye yakın bir sıcaklığa kadar ısıtılması zorunludur. Burada kaynak tekniğinde kullanılan ısı mabainin, kaynak usulünde etkili olduğunu unutmamak gerekir. Malzemenin yüksek sıcaklıklara kadar ısıtılmasındaki amaç; olumsuz etkileri ortadan kaldırarak gerek kaynak bölgelerinde, gerekse kaynağa komşu bölgelerde, kimyasal ve metalurjik pek çok değişimi en aza indirmektir. Tecrübeli bir kaynakçı, tamamıyla hatasız bir kaynak yapmanın her türlü çelikte imkansız olduğunu iyi bilir. Bazı malzemeler için hiç bir güçlük olmamasına rağmen, hatasız tatminkar bir kaynak kalitesinin sağlanması bakımından özel tedbirlere ihtiyaç vardır. İşte bu durumlarda kaynak kabiliyetinden bahsedilir. Kaynak kabiliyeti milletlerarası kaynak enstitüsü (IIW-IIS) kaynak kabiliyetini şöyle tarif etmiştir;

"Bir metalik malzeme, verilen bir usul ile bir maksat için bir dereceye kadar kaynak yapılabilir. Uygun bir usul kullanarak metalik bağlantı elde edildiği zaman bağlantı yerel özellikleri ve bunların konstrüksiyon bakımından tayin edilmiş bulunan şartları sağlamalıdır". Yukarıda yapılan tariftten de anlaşılacağı gibi kaynak kabiliyeti yalnız malzemeye bağlı bir özellik değildir. Kaynak usulüne ve konstrüksiyona bağlı bir olaydır. Kaynak kabiliyeti deneyinde kaynağa elverişlilik, konstrüksiyon, kaynak emniyeti ve imalatta kaynak yapabilme gelir. Kaynak kabiliyetinin imal usulü, malzeme ve konstrüksiyon açısından ifadesi şekil 3.5'de gösterilmiştir (Anık, 1983).



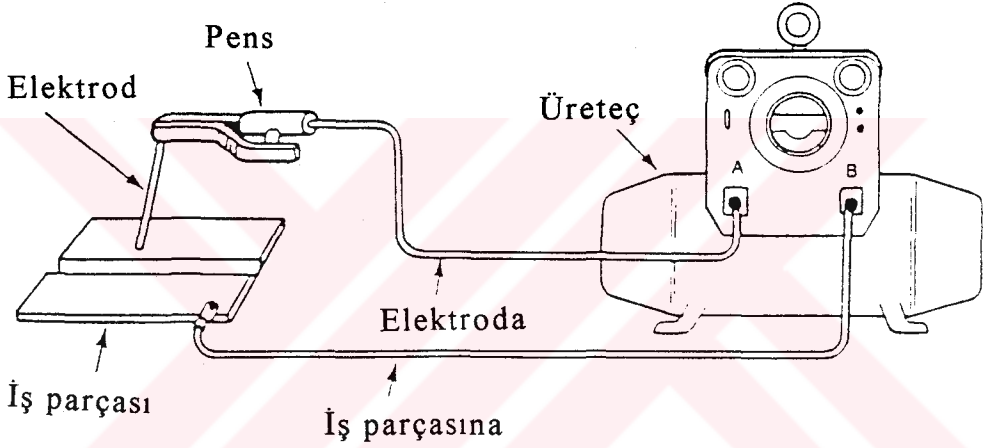
Şekil 3.5 Kaynak kabiliyetinin imal usulü, malzeme ve konstrüksiyon açısından ifadesi

3.1.2.2 Elektrik ark kaynağı

Bir elektrik ark kaynağı tesisatı şekil 3.6' da görüldüğü gibi bir elektrik devresinden ibarettir. Şekil 3.6' da görülen konum devrenin açık konumudur. Burada bir kaynak üreticinin A ve B uçlarına kaynak elektrotu ve yapılacak iş parçası bağlanmıştır. Elektrot iş parçası ile temas etmediği ve aradaki hava boşluğunun elektrik direncinin çok yüksek olduğu için devrede akım hareket etmeyecektir (Anık vd., 1993).

Devre kapatılırsa yani, elektrotun iş parçası ile teması sağlanırsa devreden akım geçer. Devrede bulunan dirençlerin sonucunda devreden

geçen akım nedeniyle bir sıcaklık yükselmesi meydana gelir. Elektrik direnci Elektrot ile iş parçasının temas ettiği yüzeyde değme ideal olmadığı için en yüksek değere ulaşılır. Değme noktası kızarır ve burada meydana gelen iyonizasyon ve metal buharları sonucunda hava iletken hale gelir. elektrotun geri çekilmesi ile akım iletken hale gelen hava içinden akmaya başlar bu sırada parlak ışıklı bir ark görülür. Oluşan bu arkın gücü 0.3-160 kW arasında değişir. Belirli bir Elektrot cinsi için bu güç değeri akım şiddeti ile orantılı artar. Buna göre kaynak da erime gücünün akım şiddeti ile doğru orantılı olarak değiştiğini söylemek mümkündür.



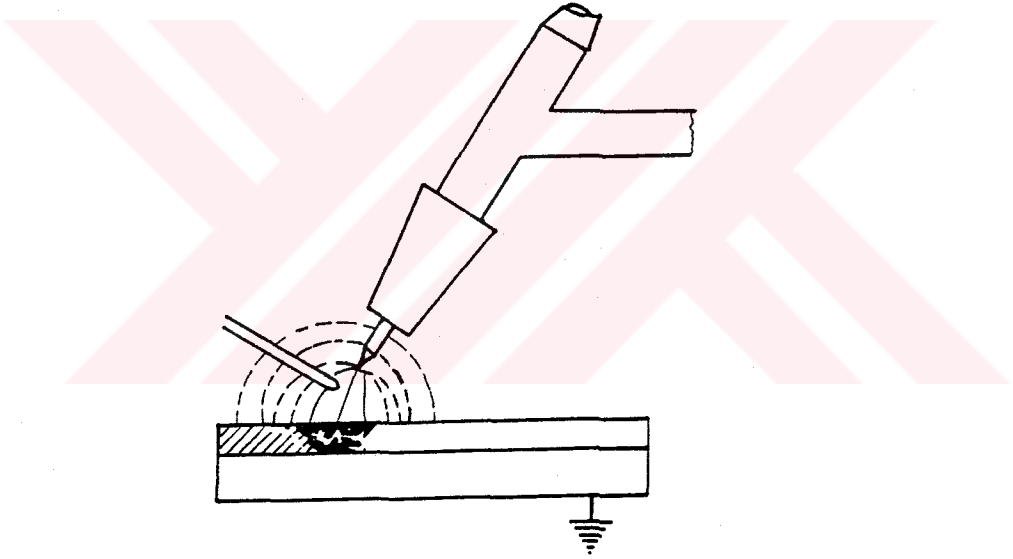
Şekil 3.6 Eriyen çubuk elektrotla kaynak şekli

Kaynak arkının fiziksel olarak açıklamaya çalışılırsa, kaynak arkının aslında kızgın bir katot dan yayılan ve hızla anodu bombalayan elektron demeti olduğu görülmektedir. Bu elektron bombardıman esnasında nötr halinde bulunan moleküller iyonize olarak sıcaklığa yükselmeye Seben olurlar. Elektrik ark kaynağında genelde katot yani negatif kutup elektrotu, anot yani pozitif kutbun ise iş parçasını oluşturmaktadır. Bu şekilde kutuplamaya düz kutuplama adı verilmektedir.

Bu yöntemde ilave metal olarak kullanılan telin üzeri çeşitli amaçlar için bir örtü tabakası ile kaplanmış olup, ark Elektrot ile kaynak edilecek malzeme arasında oluşur(Kaluç, vd., 1991).

3.1.2.3. TIG (argon ark) kaynağı

TIG kaynak metodunda, koruyucu gaz olarak argon gazı kullanıldığından dolayı argon ark kaynağı da denilmektedir. TIG ismi İngilizceden "Tungsten Inert Gas Welding" kelimelerinin baş harfleri alınarak oluşturulmuştur. Ayrıca Almanca da wolframyine tungsten anlamına geldiğinden Avrupada TIG kaynağına WIG kaynağı da denilmektedir. TIG kaynak metodu, 1940-1944 yıllarında A.B.D'de özellikle hava ve uzay sanayinde alüminyum ve magnezyum gibi hafif metal alaşımlarının kaynağı için geliştirilmiş bir kaynak metodudur. Koruyucu gaz olarak da Helyum veya Argon gazı kullanılmıştır. TIG kaynağının çalışma prensibi şekil 3.6'da görülmektedir (Gürcan, 1987).



Şekil 3.6. TIG kaynağının yapılış tarzı

TIG metodunda kaynak için gerekli ısı, ergimeyen tungsten Elektrot ile iş parçası arasında oluşturulan elektrik arkından meydana gelmektedir. Kaynak esnasında ark bölgesine argon gazı gönderilerek korunur. Dolgu teli kaynak yapılacak malzeme kalınlığına ve ağız formuna göre kullanılır.

TIG kaynak metodu geniş kullanım alanına sahiptir. Bazı özel çeliklerin kaynağında kullanılabilirdiği gibi daha çok demir dışı metallerin her

pozisyonda kaynağı yapılabilmektedir. TIG kaynağı ince metallerin kaynağında çok daha başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. TIG kaynağında kaynak banyosu kaynakçı tarafından rahatça ve net bir şekilde görülür. Cüruf tabakası meydana gelmez dolayısıyla Cüruf temizleme ve Cüruf kalıntısı olayı yoktur. Dolgu teli kullanılmadan kaynak ağzı kenarları eğitilerek kaynak yapılabildiği gibi dolgu teli kullanılarak da kaynak yapma imkanı vardır. Dolgu teli kaynak banyosuna yandan verildiğinden sıçrama problemi yoktur.

Bu metot ilk kullanılmaya başlandığı yıllarda A.B.D'inde doğru akımda, Elektrot pozitif kutba bağlanarak kaynak yapılmaya çalışılmıştır. Bu durumda Elektrot aşırı ısınmaya maruz kalmış ve kaynak dikişine tungsten Elektrot parçalarının geçmesi problemi görülmüştür. Bu problem daha sonra tungsten elektrotun negatif kutba bağlanması ile giderilmiştir. TIG kaynağı 1950'den itibaren gittikçe önem kazanarak Amerikan kaynak cemiyetinin klasifikasyonları arasında yer almıştır(Sadtler, 1971)

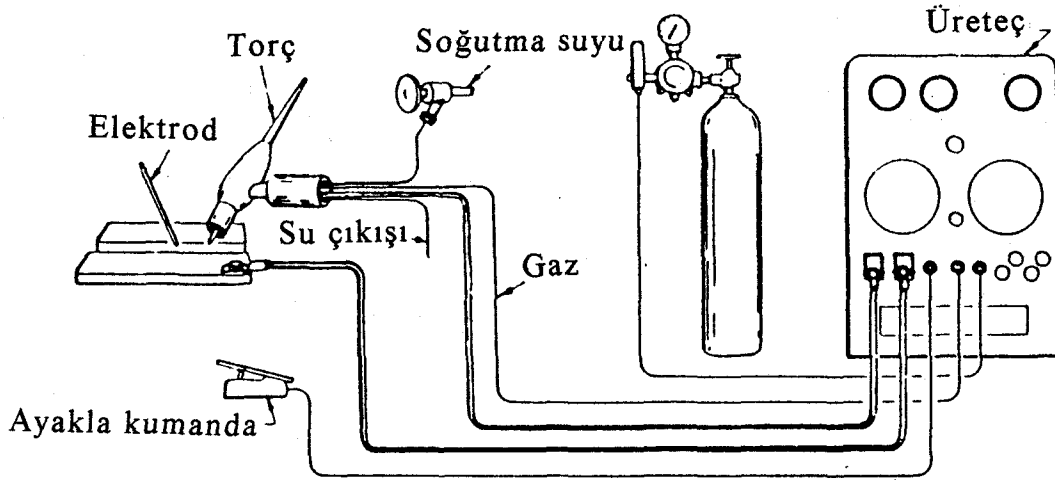
TIG kaynağı için gerekli olan bazı elemanlar şöyle sıralanabilir:

- 1- Kaynak makinası,
- 2- Koruyucu gaz sistemi,
- 3- Bağlantı kabloları,
- 4- Torç,
- 5- Tungsten elektrot.

Genel olarak TIG kaynağında saydığımız elemanlar kullanılmasına rağmen gerektiğinde (ihtiyaç duyulur ise) aşağıda sayacağımız elemanlar da kullanılmaktadır (şekil 3.7).

- 1- Su sirkülasyon sistemi (yüksek amper seviyesinde çalışırken su soğutmalı torçlar için).
- 2- Ayak pedalı (kaynakçı dolgu teli kullandığı zaman akım ayarı için).
- 3- Tel besleme ve ilerleme cihazı (otomatik kaynak için)

4- Yüksek frekans cihazı (alternatif akımda yapılan kaynaklar için).



Şekil 3.7. TIG kaynağı donanımı blok şeması

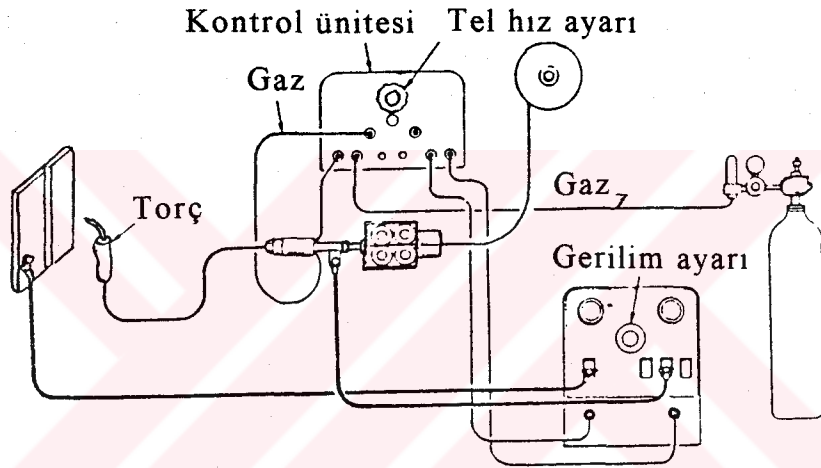
3.1.2.3.1. TIG kaynağının kullanma alanları

TIG kaynağının günümüzde çok geniş kullanım alanı bulunmaktadır. Sanayi boru hatlarının kaynağın da, nükleer güç santrallerinde, gemi, hava ve uzay sanayinde, depolama tankları imalatında, basınçlı kap, kazan ve eşanjör imalatında kullanılmaktadır.

3.1.2.4. MIG (MAG) kaynağı

Metal koruyucu gaz altı kaynak tekniği; koruyucu gaz atmosferi altında, kaynak edilen malzeme ile sürekli gelen tel arasında arkın oluşumu esasına dayanan birleştirme şeklidir. Kaynak yöntemi koruyucu gazın davranışına göre iki ayrı isimle anılır. Asal gazla yapılan korumada MIG (Metal Inert Gas), aktif gazla korumada MAG (Metal Aktif Gas). Her iki gazla yapılan kaynak yönteminde ekipman aynıdır. Yalnız karbondioksit korumalı kaynak metodunda tüp çıkışına bir ısıtıcı ilave edilir. (GMAW4, 1988).

TIG ve MIG kaynağında kullanılan argon gazının pahalı olması dolayısı ile daha ucuza mal edilen gazların kullanılması için yapılan araştırmalar sonucunda en uygun gaz olarak karbondioksit (CO_2) gazı bulunmuştur. Günümüzde koruyucu gaz olarak karbondioksit gazı kullanılarak yapılan MAG kaynak usulü çeliklerin kaynağında üstünlükler sağladığı için geniş kullanım alanına sahiptir. MIG / MAG kaynak usulünü TIG kaynak usulünden ayıran, arkın kaynak yerine otomatik olarak gelen tel ile iş parçası arasında teşekkül etmesiyle ayrılır. MIG / MAG kaynak donanımı şekil 3,8'de görülmektedir (Anık, vd., 1993).

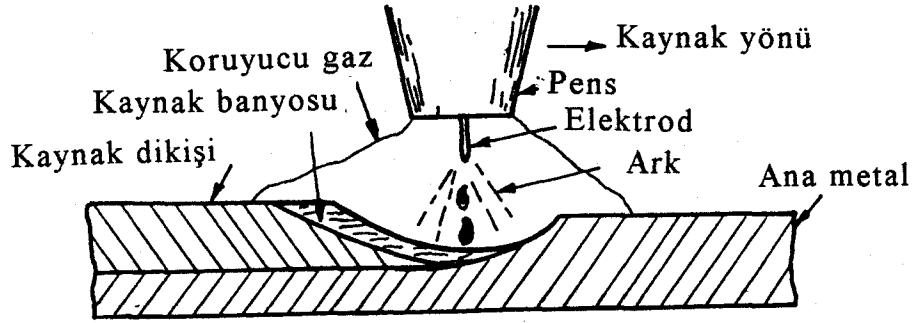


Şekil 3.8. MIG/MAG kaynak donanım şeması

- 1- Doğru akım membaı
- 2- Kaynak torcu
- 3- Tel şeklinde elektrotun hareketini sağlayan tertibat
- 4- Koruyucu gaz tüpü, basınç düşürme manometresi
- 5- Kumanda dolabı
- 6- Torç bağlantı paketi.

Mükemmel bir erime özelliğine ancak yüksek akım yoğunluğu ile çalışıldığı zaman erişilir. Bu akım yoğunluğu da arkın durumuna bağlı olarak 60 - 150 A/mm arasında değişir. Yüksek akım şiddeti derin bir nüfuziyet sağlar. Bu husus 20 mm kalınlığa kadar kaynak ağızı açmadan

kaynak yapma üstünlüğü sağlar. Şekil 3.9'da MIG (MAG) kaynağında ark bölgesi gösterilmiştir.



Şekil 3.9. MIG/MAG kaynak yönteminde ark bölgesi (Sadler'den, 1971)

MIG/MAG kaynağında tel elektroda akımın yüklenmesi, ark bölgesine koruyucu gazın gönderilmesi torcun görevidir. Arkın çok yakında olması nedeni ile özellikle yarı otomatik yöntemlerde operatörün sıcaklıktan mümkün olduğu kadar az etkilenmesi için çeşitli biçimlerde torçlar geliştirilmişse de günümüzde en yaygın olarak kullanılanı, oksisasetilen üflecini andıran biçimde bükülmüş olan türüdür.

Ark sıcaklığından etkilenen torcun sürekli olarak soğutulması gereklidir. Düşük akım şiddetlerinde yapılan çalışmalar da koruyucu gaz akımı gerekli soğutmayı yapabilmektedir. Yüksek akım şiddetlerinde kullanılması halinde (150 - 250 A) su ile soğutma sistemi gereklidir. Su ile soğutma, doğal olarak düşük akım şiddetlerinde de daha iyi bir soğutma yaparsa da, uygulamada torç sızdırmazlığın sağlanması için kullanılan contaların bakım maliyeti yüksek olduğundan pek tercih edilmez (Potapevskii, 1984).

MIG/MAG kaynağında doğru akım kullanılır ve Elektrot genellikle pozitif kutba (ters kutuplama) bağlanır. Böylece derin bir nüfuziyet, hem de oksit tabakasının parçalanması sağlanmış olur. Paslanmaz çeliklerin kaynağında elektrod negatif kutba bağlanır.

Güç kaynağı çoğunlukla redresördür, bazen de elektrikli veya dizel jeneratörlere de rastlamak mümkündür. Güç kaynağı muazzam bir çalışma için kaynak akımındaki sapmalar ne olursa olsun ark voltajı sabit kalacak şekilde dizayn edilmiştir. Bu sabit voltaj tipi karakteristiği kaynakçının dengeli bir kaynak banyosu elde etmesini önemli ölçüde kolaylaştırır. Bu nedenle güç kaynağının en önemli özelliği üzerinden ark akımının değil, voltajın ayarlanmasıdır.

MIG/MAG kaynak makinasında kullanılan torç içinde, tel Elektrot kılavuzunu, akım kablosunu, koruyucu gaz hortumunu ve gerekli hallerde soğutma suyu geliş ve dönüş hortumlarını bir arada tutan metal spiral takviyeli ve kalın hortum ile irtibatlandırılmıştır. Kullanılan tel elektrodun malzemesine göre çeşitli türde kılavuzlar kullanılır, bazı yörelerde bu kılavuzlara spiral veya gayd adı da verilir. Kılavuz, tel ilerleme tertibatından kontrol lülesine kadar tel elektrotun sevk edilmesi görevini üstlenir (Rybakow, 1987).

MIG/MAG kaynağında kullanılan redresörlü kaynak makinası aşırı yüklenmeye ve ısınmaya karşı elektronik olarak koruma altına alınmıştır. Ayrıca sarımda kullanılan yüksek ısıya dayanıklı yalıtım malzemeleri ile mükemmel bir ısı kararlılık ve nem yalıtımı sağlanmıştır. Redresörlü kaynak makinasının arka kısmı torç soğutma suyu birimini ve gaz tüpünü taşıyacak şekilde yapılmış, aynı kısımda dedantör ısıtıcısı ve suyu soğutma pompası için 220 voltluk iki priz bulunmaktadır (Ertürk, 1973).

3.1.2.5. MIG/MAG kaynağının kullanım alanları

MIG/MAG kaynağı ile hemen hemen bütün malzemelerin kaynağı mümkündür. Fakat bazı kaidelere uyulması gerekir.

Alüminyum ve alaşımlarının kaynağında yalnız doğru akım kullanılır ve otomatik olarak ilerleyen kaynak teli, daima pozitif kutba bağlanır. Kaynak ağzının iyi temizlenmesi, dikişte gözenek teşekkülünü azaltır.

Yapılacak kimyasal temizlemelerde zehirli gaz oluşumlarından korunmak için iyi bir havalandırma yapılmalıdır. İnce alüminyum levhaların kaynağında distorsiyonu azaltmak için levhalar puntalanmalı ve geri adım usulü ile kaynatılmalıdır. Günümüz sanayisine iyice yerleşmiş bulunan MIG/MAG kaynağı tamir ve bakım işlerinde de kullanılmaktadır.

3.1.2.6. Tozaltı kaynağı

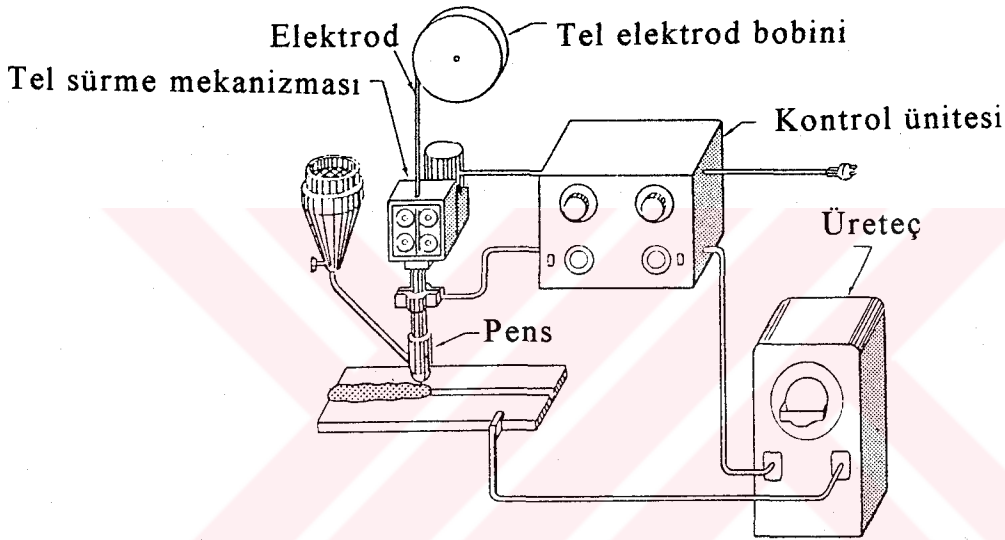
Tozaltı kaynağı ilk defa 1933 yılında A.B.D.'de kullanmaya başlanıp, 1937'den sonra avrupada da uygulama alanına girmiştir. Günümüz de çeşitli türde çeliklerin kaynağı için çok elverişli olan bu yöntem kazan, profil, gemi ve basınçlı kap üretiminde yoğun olarak kullanılmaktadır. Bu kaynak yönteminde, bir bobinden sağılan kaynak teli, bir motorun tahrik ettiği makaralar arasından ve bir memeden geçerek kaynak bölgesine iletilir, gerekli akımı memeden alan tel ile iş parçası arasında oluşturulan ark, ayrı bir kanaldan gelen silikat ve toprak alkali metalleri içeren bir toz tarafından atmosferin olumsuz etkilerinden korunur. Kaynak teli ve iş parçası arasında oluşan arkın sıcaklığın da tel ve esas metalin bir kısmı ergiyerek istenilen birleşmeyi sağlar. Arkın sürekli olarak tozaltında yanması bu yönteme tozaltı kaynağı adının verilmesine neden olmuştur.

Arkın sıcaklığında bir miktar toz ergiyerek Cüruf haline geçer ve kaynak banyosunu örter. Bu Cüruf çok sıcak olan kaynak dikişini ve banyoyu atmosferin olumsuz etkilerinden koruduğu gibi, içerdiği dezoksidasyon ve alaşım elementleri sayesinde kaynak banyosunun dezoksidasyonunun ve kaynak metalinin alaşımlanmasını gerçekleştirir.

Tozaltı kaynak kafası veya ünitesi, toz hunisi, meme, tel ilerleme mekanizması ve ayar kumanda grubu, genellikle özel raylar veya paletler üzerinde hareket eden bir arabaya montaj edilmiştir; bu durumda iş parçası sabit durur ve araba kaynak dikişi boyunca sabit hızla hareket ederek kay-

nağın gerçekleşmesini sağlar. Tozaltı kaynak yönteminde de akım şiddeti, kaynak hızı, ark gerilimi, toz miktarı, birer bağımsız parametre değildir, iyi bir kaynak bağlantısı ancak bunların beraberce ayarlanması sonucu da elde edilir (Anık, vd, 1993).

Tozaltı kaynağında ark otomatik olarak kaynak yerine gelen çıplak bir elektrotla iş parçası arasında meydana gelir. Tozaltı kaynak prensibi şematik olarak Şekil 3.10'da gösterilmektedir (Tülbentçi, 1988/1).



Şekil 3.10 Tozaltı kaynak donanımının şematik olarak gösterilmesi (Sadtlar, 1971)

Tozaltı kaynak yönteminde en büyük avantaj derin nüfuziyet eldesidir. Tek pasoyla 75mm, çift pasoyla 155 mm kalınlıktaki malzemeler kaynatılabilir. Kaynak esnasında tozun görevi kaynak ısısının dışarı çıkmasını önler ve bu nedenle derin nüfuziyet elde edilir. Bu kaynak yöntemiyle yapılan kaynaklar da çarpılmalar azalmaktadır (Tülbentçi, 1988).

3.1.2.7. Tozaltı kaynağının uygulama alanları

Tozaltı kaynak yöntemi birleştirme kaynaklarında olduğu kadar dolgu ve kaplama kaynak işlemlerinde de başarıyla kullanılan bir yöntem-

dir. Birleştirme yöntemi olarak geniş kullanma alanına sahiptir. Basınçlı kap, kazan ve tank imalatında, LPG tüplerinin imalatında, spiral kaynaklı boru imalatında, çelik konstrüksiyon imalatında, otomotiv ve lokomotif sanayinde, gemi inşa sanayinde, her türlü alaşımlı ve düşük alaşımlı çeliklerde, yüksek alaşımlı ve paslanmaz çeliklerde, aşınan metallerin dolgu kaynağında ve ağır atom sanayinde kullanılmaktadır (Külahlı, 1985).

3.1.3. Kaynaklı Bağlantılara Uygulanan Muayene Yöntemleri

Kaynaklı bağlantının kullanma amacını ve özelliğini bozmadan, tahrip etmeden, tüm kaynak bölgesini muayene etmeye imkan tanıyan deneylerdir. Kaynaklı bir dizayndan, istenilen kaynak kalitesinin elde edilmesi için, kaynak dikişlerinin gerek imalat sırasında gerekse imalattan sonra yapılacak tahribatsız muayenesinde, dikişlerin muayene için uygun olması ve dizayn yapılırken bu hususun da özellikle göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

Tahribatsız muayene ile kaynak bölgesinin içindeki hatanın nereden kaynaklandığını belirleyerek, hatanın üretim başlangıcında düzeltilmesi sağlanır. Tahribatsız muayenede herhangi bir iz veya tahribat meydana gelmez. Bu nedenle tahribatsız muayenelerin bitmiş parçalara uygulanmasında herhangi bir sakınca yoktur, parçalar normal olarak kullanılabilir. Günümüzde kaynaklı bağlantıların kontrolü de en fazla tahribatsız muayene yöntemleri uygulanmaktadır, bu muayene yöntemleri;

- 1- Göz ile muayene (görsel muayene),
- 2- Sıvı emdirme (penatran sıvı) yöntemiyle muayene,
- 3- Ultrasonik titreşimler yardımı ile muayene,
- 4- Radyografi (x veya δ) ışınları ile muayene,
- 5- Manyetik parçacık ile muayene.

4. KAYNAKLI KONSTRÜKSİYON TASARIMINA GİRİŞ

Bir kaynaklı makine parçası ya da yapının tasarım sorumluluğunu yüklenmiş olan mühendis çoğu zaman ağır, elverişsiz koşullar altında işe girer. Şöyle ki sınıai malzeme ve komponentler hakkında akademik eğitim ve deneyimi bulunsa bile, kaynaklı tasarıma giren özgül elementler hakkında yeterli bilgiye her zaman sahip olmayabilir. Çeliğin nasıl etkin şekilde kullanılacağını, bir kırığe nasıl pekiştirme bayraklarının yerleştirileceğini, burulmaya karşı koymak için nasıl bir dizayn şekli seçileceğini, amacına hangi kaynaklı birleştirmelerin daha uygun olacağını vb.. bilmesi gerekir. Bunların dışında genellikle mühendis okullarında okutulmayıp kitaplarda bulunmayan, ama buna karşılık büyük pratik değeri olan bir takım uygulamalar hakkında da fikir sahibi olmalıdır.

Kaynaklı çelik tasarım sanatı zaman içinde tedricen, bir oluş sürecinin doğal takipçisi olan hatalarla birlikte gelişmiştir. Kaynaklı çelik konstrüksiyonların tasarımında içine düşülen ve acemilerce sık tekrarlanan en eski hatalardan biri kaynaklı konstrüksiyonu, yerini tutmasının amaçlandığı döküm parçasının dış şekil ve görünüm itibariyle kopyası olarak tasarlamaktır. Döküm parçasını bütün girinti ve çıkıntılarını gereksiz yere aynen kaynakla gerçekleştirme girişiminde çok fazla malzeme ve işçilik sarf edilmiş olacaktır. Tasarımcı ile onun üstündeki makamlar, kaynaklı çelik konstrüksiyonların dökümden farklı olduklarını ve başka türlü görüneceklerini anlamalıdır. Bir güncel kaynaklı çelik konstrüksiyon, kendine özgü bir görünümü olan, bütünleşmiş, işlevsel birimdir.

Bir makine imalat tasarımının esas dürtüsü üretim maliyeti, makine, parça ya da yapıyı daha ekonomik olarak imal edip piyasanın rekabet talebini karşılamaktır. Bu itibarla maliyet, tasarımda her aşamada dikkati nazara alınacak, tasarımcı sadece belirgin üretim maliyetlerini değil, mal-

zeme ve imal yöntemlerinin seçiminde bitmiş ürünün son muayenesi ve yüklenmeye hazırlanmasına kadar tüm hususları hesaba katacaktır.

4.1. Başlıca Tasarım Kuralları

Genel imal kaideleri, özellikle malzeme ve işçilikten tasarruf, standart yarı mamullerin tercihen kullanılması v.b'nin dışında doğruca kaynakla ilgili olan etmenler özetle şunlardır.

- Emniyet katsayısı gerçekçi olacak, çoğu eski konstrüksiyonlarda olduğu gibi aşırı olmayacaktır.
- Güzel görünümün değeri olmakla birlikte bu husus sadece göze görülen yerler için dikkate alınacaktır. Resimlerde bunlar gösterilecektir.
- Bayrakların uygun kullanımı malzemenin asgari ağırlığında rijitlik sağlar.
- Burulmaya çalışan parçalarda kapalı boru kesitleri yada çapraz diyagoneller kullanılmalıdır. Bir kapalı boru kesiti bir açık kesitten bir kaç kat daha iyi olabilir.
- Mümkün olan her yerde yumuşak çelik kullanılmalıdır. Yüksek karbonlu ve alaşımlı çelikler ön ısıtmayı, çoğu kez de son ısıtmayı gerektirip bu işlemler maliyeti arttırır.
- Tasarımda bakım ve tamir imkanları göz önüne alınmalıdır. Örneğin bir rulman mesnedi veya başka bir aşınabilen parça bir kaynaklı kutuya gömülmemelidir(Gray ve Spence, 1992).

4.2. Kaynak Boyut ve Miktarı

Fazla kaynak hem tasarım, hem de üretimde sık rastlanan bir hatadır. Kontrol, tasarımla başlayıp bütün birleştirme ve kaynak işlemleri boyunca sürecektir. Uyulması gereken temel kuralları şöyle sıralayabiliriz.

- Sadece gerektiği kadar kaynak kullanıldığından emin olunacaktır. Aşırı kaynak boyutu pahalı, çoğu kez zararlıdır.
- Tasarımda sadece gereği kadar kaynak yapılacağı belirtilmeli ve tasarımcının kullandığı müsaade edilebilir sınırlar emniyet katsayısını içermelidir. Şöyle ki ayak boyu uzadıkça gerekli kaynak miktarı bunun karesi kadar artar.
- Eşit mukavemette daha kısa ayak boylu uzun köşe kaynakları, kalın aralıklı kaynaklardan daha ucuzdur.
- Bazen, özellikle hafif yük yada yüksüz koşullarda, sürekli ve aynı ayak uzunluğunda kaynak yerine aralıklı dikişler kullanılarak maliyet düşürülebilir.
- Daha öncede belirtildiği gibi kaynağın boyutları en ince levhaya göre belirlenmelidir.
- Bayrak yada bölmeler fazla kaynağı gerektirmezler; bunlarda kaynak ayak boyu ve mümkünse kaynağın boyu kısaltılmalıdır.
- Kaynak miktarını asgaride tutmak distorsiyon ve iç gerilmeleri ve dolayısıyla gerilim giderme ve doğrultma masraflarını azaltır.

4.3. Alt Montaj Guruplarının Kullanılması

Konstrüksiyonun montaj süresini göz önüne getirirken tasarımcı bunu alt montaj guruplarına parçalayacaktır; bu yönde önüne bir kaç alternatif çıkabilir; doğal olarak en az masraflısı seçilecektir. Aşağıdaki hususlar kayda değer noktalardır.

- Alt montaj gurupları işi dağıtır ve aynı anda çok kişinin iş üzerinde çalışmasına imkan verir.
- Alt montaj gurupları kaynağın daha iyi yapılabilmesi için kolaylık sağlar.

- Kaynaklı konstrüksiyon alt montaj gruplarında imal edildiğinde distorsiyon ya da artık gerilme azalır.
- Muayeneler kolaylaşır, yapılan konstrüksiyon da hatalar, giderilmesini imkansız kılacak kadar ilerlemeden tespit edilir.
- Deformasyona uğrayabilecek yerleri önceden kaynak etmek, son montajdan önce herhangi bir doğrultma işlemini kolaylaştırır (Jefferson, 1974).



5. KAYNAKLI KONSTRÜKSİYONLARIN HESABINA GİRİŞ

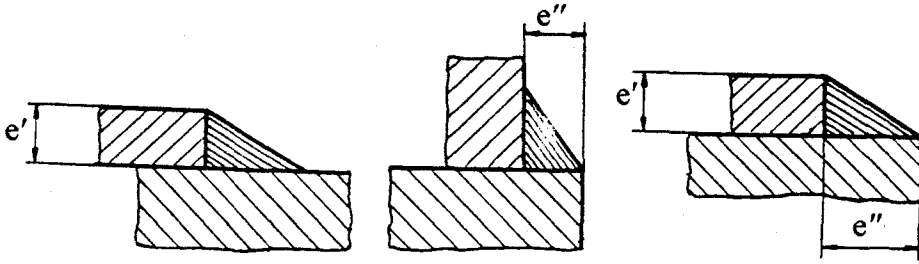
Müsaade edilebilir gerilme düzeyi, bir malzemenin niteliğine bağlı olsun ya da olmasın, belli bir konstrüksiyon sınıfı ve yükleme koşulunda başarılı bir tasarım uygulamasını karakterize eder. Bununla birlikte herkesin her yerde karşılaşılabileceği bir olay da, yükleme, çevre, işçilik, kalite ve malzeme davranışının farklı olabildiği belli bir konstrüksiyon sınıfından bir tavsiye edilmiş değeri, başka bir konstrüksiyon sınıfında aynen kullanmaktır. Böyle bir hatanın en belirgin örneği statik yüklemeye uygun tasarım gerilmelerinin, yükün değişken ve yorulma kırılmalarının olası konstrüksiyonlara uygulanmasıdır.

Kaynak dikişlerinin birim uzunluk başına mukavemeti, bunların enine kesitlerinin şekil ve boyutlarının fonksiyonudur. Buradan da iki temel karakteristiğin, yani kaynak dikişinin enine kesitinin şekli ve ölçüsünün önemi meydana çıkar. Genel olarak dikiş boyutlarının küçüklüğü oranında bu iki karakteristik daha az belirgin olur (Granjon ve Newman, 1986).

Genel bir köşe kaynağında, dikiş yüzeyi dalgalı olup, dalgaların derinliği 1 ila 2 mm iken, dikiş yüksekliğinin 3 ya da 5 mm olduğunu söylemek güçtür. Böyle bir belirsizliğin sonucu olarak da bu dikişin mukavemet hesaplamalarında hata payı %20 - 40 arasındadır. 10 veya 12 mm yükseklikte ki bir dikişte, yüzey dalgalanmaları aynı kaldığından hesabın hata payı azalır.

Doldurmak zorunda oldukları sınırlı köşelere çekilmiş kaynaklarda dikiş kalınlığını bulmak kolaydır. Çünkü e' kalınlığında bir levhayı tamamen kaynak eden bir dikiş, e' 'ye eşit bir yüksekliğe sahiptir (şekil 5.1-a). Aynı şekilde, taşkın bir levhanın, bütün e'' çıkıntısının kaynak dikişinin ayağı bu e'' ye eşit olacaktır (şekil 5.1-b).

Bu nedenlerden dolayı, deney parçası oluştururken; ince dikişlerin mukavemetinin deneysel olarak hassas şekilde incelenmesi istenildiğinde, dikişleri, yükseklik ve ayak olarak birleştirilecek levhaların kalınlığı ve taşkınlıklarıyla sınırlı deney parçaları meydana getirilir (şekil 5.1-c).



Şekil 5.1 Genişlik ve yükseklikleri farklı ve sınırlı köşe kaynakları

Aynı şekilde, konstrüksiyonlarda, mümkün olabildiği kadar, dikişin boyutlarından bir tanesini, yukarıdaki şekillerin bir tanesine uygun olarak tespit etmek gerekir. Böylece kontrol da kolaylaşır. Şöyle ki, 10 mm kalınlığında ki bir levha 10 mm'lik bir dikiş ile kaynak edilirse, istenen 10 mm'ye sahip olup olmadığını görmek kolay olur; oysa ki 10 mm'lik bir levhayı kaynak eden 8 mm'lik bir dikişte aynı kontrolü yapmak çok daha zor olur.

Kaynakçılar tarafından gerçekleştirilen çok sayıda eş deneyde, sapmalar genelde bir ortalamaya göre $\pm \% 7.5$ olarak belirlenmiştir. Oysaki konstrüksiyonlarda genel olarak kullanılan St 37-44 arası hadde ürünlerinin basit çekme mukavemeti ortalama $\sigma_{ort} = 400$ Mpa. dır. Azami sapma $e_{max} = 440 - 400 = 40$ Mpa. dır.

Böyle bir çeliğin imal mükemmelliği, nispî değer olarak;

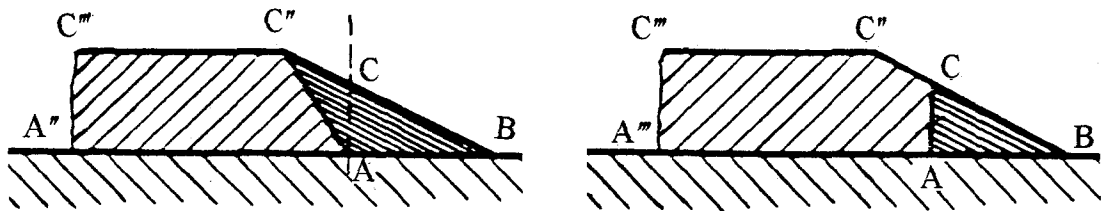
$\varepsilon_{\max} = \frac{e_{\max}}{\sigma_{\text{ort}}} = \frac{40}{400} = \%10$ ile ölçülür. Aynı şekilde ark kaynağının mükemmelliği de $\varepsilon_{\max} = \%7.5$ ile ölçülür.

Buradan çıkan sonuç;

Konstrüksiyon yumuşak çeliğine pratik olarak eşdeğerde bir metal terkeden, örtülü elektrotlarla yapılan ark kaynağı, birleştirilen çelik çubukların imal mükemmelliğine eşit mükemmellikte bir birleşme sağlamaktadır.

Yukarıda kaynak dikişlerinin mukavemetinin, bunların enine kesitlerinin şekillerinin fonksiyonu olduğu görülmüştü. Hesap için, kıyaslama terimi olarak çok sayıda deneysel araştırmanın konusunu oluşturan, dik köşe dikişlerinin mukavemeti alınır.

$C''AB$ şekil 5.2-a'da ki gibi geniş açılı bir köşe dikişi $C''C''AA''$ parçasını birleştirmekte olup şekil 5.2-b'de $C''C''CAA''$ parçasını birleştiren dik köşeli CAB dikişine eşdeğerdedir.



Şekil 5.2 a) Geniş açılı köşe dikişi, b) Kesik kenarlı köşe dikişi

Şekil 5.3'de görülen profil demirleri kanatlarının köşeleri yuvarlatılmış olduğundan bu konu çok önemli olmaktadır. Gerçekten büyük bir yarıçapa sahip bir çubuk boyunca, bunun kenarlarının aşırı bir bölümünü ergitmeden aynı kalınlıkta bir dikiş elde etmek mümkün değildir. Bu da kaynakçıdan üst parçaya bir e_p kadar nüfuziyetin sağlan-

genellikle, yerel akmanın daha az zararlı olduğu bir eğme veya makaslama gerilmesinden daha aşağı düzeyde tutulur.

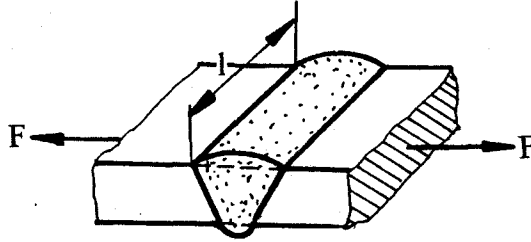
Aynı noktaya etki yapan normal ve makaslama gerilmeleri genellikle “eşdeğer” yada Von Mises gerilmesi olarak birleştirilir. Aykırı olarak tek başına etki yapan makaslama gerilmesine bazen daha yüksek bir eşdeğer gerilmeye yükselme müsaadesi verilir. Örneğin, çelik konstrüksiyon köprülere dair BS 153, eğme gerilmesine ya da bileşik eşdeğer gerilmesine akmanın %66’sına kadar müsaade ediyor; tek başına etki yapan makaslama için eşdeğer gerilmeye de %76’ya kadar izin verilebilir. Doğrudan yada “primer” gerilmeler, öbür yandan akmanın %59’unda tutulur.

Kaynağın bir ince parçada, basma gerilmesi bölgesinde bulunması halinde burkulma sorunu ortaya çıkar ve bu taktirde müsaade edilebilen gerilme teorik burkulma mukavemetinin bir oranı olarak düşünülebilir.

5.1.1. Alın ve dolgu kaynaklarının analizi

Bir alın kaynağı, yüklenmiş komponentle, özellikle tam nüfuziyet bahis konusu olduğu taktirde, bütünleşmiş olarak kabul edilir. Bu itibarla herhangi bir özel analiz sorunu olmaz; komponent analize tabi tutulacaksa, kaynak gerilmeleri bir sonuç olarak ele alınır. Geleneksel ve yanlış olarak “pekiştirme” adı verilen birleşme yerinin fazla doldurulması (dikiş taşkınlığı), birleşme mukavemetine hiç bir şey eklediğinden, göz ardı edilir. Aslında bu, bir gerilme yoğunlaşmasına götürdüğüden, ters etki yapar. Kısmi nüfuziyetli kaynaklarda hesap sadece kaynaklı bağlantı kısmına dayanacaktır. Bir çok standartta, yorulma bahis konusu olmazsa bile, kısmi nüfuziyetli kaynaktan kaçınma öğütlenir. Çünkü bunlar hem kaynak sırasında çatlama eğiliminde olurlar, hem de parçanın çalışması sırasında kırılma tehlikesini arttıırırlar (kısmi nüfuziyetin oluşturduğu çentik etkisi vb..).

Birçok malzemede kaynak metali ile ısıdan etkilenmiş bölgenin mukavemetini ana metalle eşit tutmak mümkün olup bu nedenle alın kaynakları için müsaade edilen gerilmeler ana malzemeler için belirlenmiş değerlerle aynı alınabilir.



Şekil 5.4 Tipik bir kaynaklı birleştirme

Şekil 5.4'de V kaynak ağzı açılmış ve F kuvveti ile yüklenmiş kaynaklı bir birleştirme görülmektedir. Uygulanan yük basma ya da çekme kuvveti olabilir. Burada ortalama gerilmenin formülü:

$$\sigma = \frac{F}{hl} \quad (5.1)$$

şeklinde ifade edilir. Burada, h kaynak dikişinin yüksekliği, l ise kaynağın boyudur. Alın kaynaklarında kesme yükünden dolayı meydana gelen ortalama gerilme ise;

$$\tau = \frac{F}{hl} \quad (5.2)$$

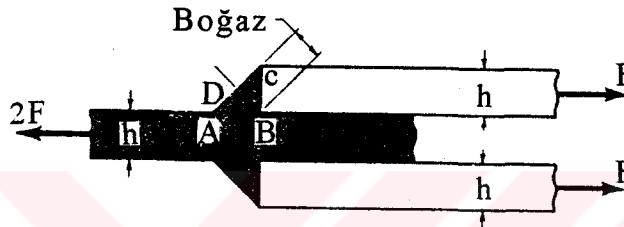
olur.

Şekil 5.5'de bir çapraz köşe kaynağı görülmektedir. Bu gibi kaynakların gerilim dağılımının çözümünde elastikiyet teorisi kullanılsa da başarılı bir sonuç alınamamıştır. Kaynak tasarım mühendisleri pratikte gerilimin büyüklüğüne göre kaynağın büyüklüğünü daha doğrusu DB boğaz alanını esas almışlardır. Şekil 5.6-a'da şekil 5.5'den seçilmiş bir

kesit görülmektedir. Bu kaynaklı birleştirmeyi serbest gövde analizi yöntemiyle çözmek mümkündür. Boğaz alanı $A = hl \cdot \cos 45^\circ = 0,707hl$ dir. Böylece σ_x gerilmesi

$$\sigma_x = \frac{F}{A} = \frac{F}{0,707hl} \quad (5.3)$$

olarak bulunur.



Şekil 5.5 Çapraz köşe kaynağı

Bu gerilmeyi kesme gerilmesi τ ve normal gerilme σ olarak iki bileşene bölmek mümkündür. Formül olarak ifadesi de aşağıdaki gibidir.

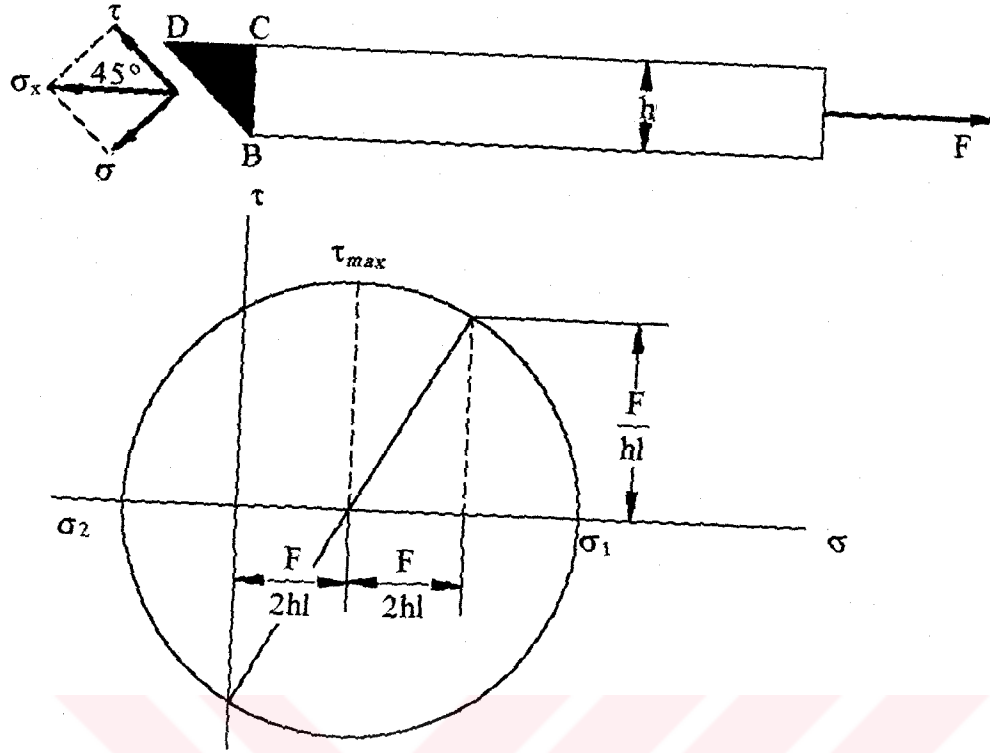
$$\tau = \sigma_x \cos 45^\circ = \frac{F}{hl} \quad \sigma = \sigma_x \cos 45^\circ = \frac{F}{hl} \quad (5.4)$$

Şekil 5.6-b'de ki Mohr çemberi diyagramına konulursa, en büyük gerilme;

$$\sigma_1 = \frac{F}{2hl} + \sqrt{\left(\frac{F}{2hl}\right)^2 + \left(\frac{F}{hl}\right)^2} = 1.618 \frac{F}{hl} \quad (5.5)$$

şeklinde ifade edilir. Maksimum kesme gerilmesi ise

$$\tau_{\max} = \sqrt{\left(\frac{F}{2hl}\right)^2 + \left(\frac{F}{hl}\right)^2} = 1.118 \frac{F}{hl} \quad (5.6)$$



Şekil 5.6 Çapraz köşe kaynağının analizi

Dizaynın amacı boğazdaki kesme gerilmesini ve ayaklardaki normal gerilmeyi birlikte mütalâa ederek sonuca ulaşmaktır. Böylece ortalama gerilme için denklem

$$\tau = \frac{F}{0,707hl} \quad (5.7)$$

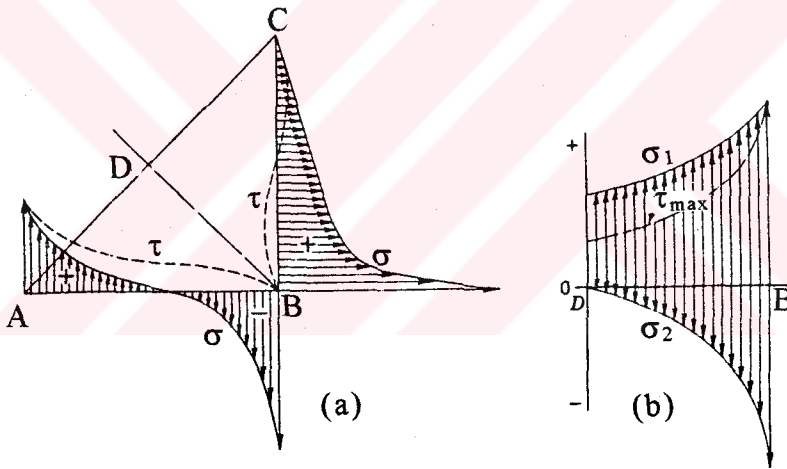
olarak yazılabilir. Normal şartlarda dolgu kaynaklı birleştirmelerde bu formül kullanılır. Burada dikkate değer husus; bulunan kesme gerilmesi 1.27 kat, (5.6) denklemindeki kesme gerilmesi değerinden daha yüksektir.

Bazı deneyler ve analitik sonuçlar denklem (5.7)'nin değerlendirilmesine yardımcı olmuşlardır. Şekil 5.5'deki çapraz kaynak modeli fotoelastik amaçlar için kolayca tasarlanabilir ve balanslı yük şartlarına karşı da avantajlıdır. Norris buna benzer bir model hazırlamış AB ve BC kaynaklarının kenarlarına ait gerilim dağılımını bir rapor olarak sunmuştur. Elde ettiği grafik şekil 5.7-a'da görülmektedir. Burada A ve B

gerilimin yatay ayağını, B ve C ise dikey ayağını oluşturmaktadır. Norrise göre A ve B deki gerilmeleri kesin olarak kontrol etmek mümkün değildir (Norris, 1967).

Salakian ise dolgu kaynaklarında boğazdaki gerilmenin dağılımını şekil 5.7-b'de ki gibi bir grafikte rapor etmiştir. Bu şekil bir parça ilginçtir, çünkü bu resimle boğazdaki gerilmenin ne kadar büyük olduğu görülmektedir. Ayrıca B noktasındaki gerilim yoğunluğunu da göstermektedir.

Not; Gerilim dağılımında, şekil 5.7-a hem kaynak metaline hem de ana metale uygulanabilirken 5.7-b yalnızca kaynak metalini esas almıştır (Salakian ve Claussen, 1965).



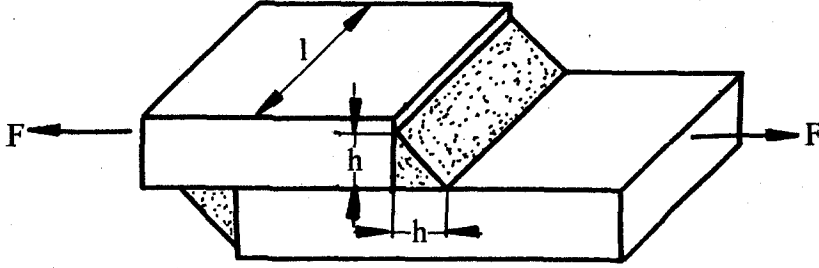
Şekil 5.7 Dolgu kaynaklarında gerilim dağılımı

Şekil 5.8'deki gibi paralel dolgu kaynaklarında kesme gerilmesinin boğaz boyunca varlığı daha net olarak anlaşılabilir. Çünkü burada iki kaynak bulunmakta ve toplam alanı $A = 2(0,707hl) = 1.414hl$ dir. Böylece ortalama kesme gerilmesi;

$$\tau = \frac{F}{1.414hl} \quad (5.8)$$

şeklinde ifade edilir.

Şunu da unutmamak gerekir ki kuvvet dağılımı kaynak boyunca uniform olmayacaktır (Shigley, 1986).



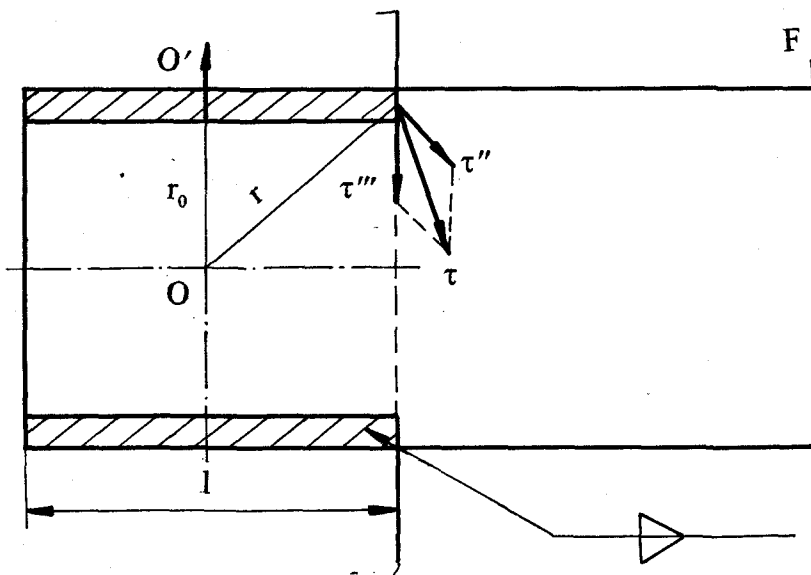
Şekil 5.8 İki ucundan kaynaklı, bindirme birleştirme

5.1.2 Kaynaklı birleştirmelerde burkma

Şekil 5.9'da bir ucu ankastre edilmiş bir kaynaklı konstrüksiyon görülmektedir. Kaynağın uç kısmında daima var olan bir kesme kuvveti V ve moment M vardır. Kesme kuvveti kaynakta ilk gerilmeyi meydana getirir ve aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$\tau' = \frac{V}{A} \quad (5.9)$$

Burada A kaynağın boğaz alanıdır.



Şekil 5.9 Momentli bir birleştirme

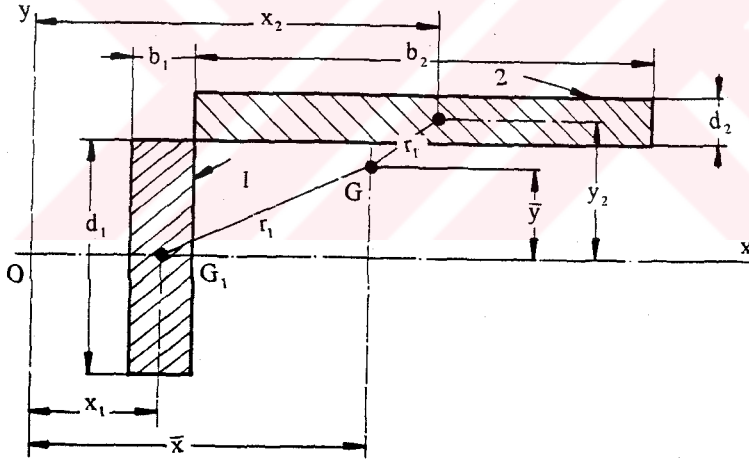
Moment kuvveti kaynakta ikinci kesme veya burkulma gerilmesini meydana getirmektedir. Bu ikinci kesme gerilmesi,

$$\tau'' = \frac{Mr}{J} \quad (5.10)$$

olur. Burada, r kaynak grubunun ağırlık merkezinin, kaynaktaki kesme kuvvetinin meydana geldiği noktaya uzaklığıdır. J ise kaynak grubunun verilen merkeze göre polar atalet momentidir. Eğer kaynağın büyüklüğü biliniyorsa, bu denklem çözülebilir ve maksimum kesme gerilmesi bulunur. Şekil 5.10'da bir kaynak sistemi görülmektedir. Kaynak boğaz alanı bir dikdörtgen şeklinde kabul edilmiştir. 1 nolu kaynağın boğaz genişliği $b_1 = 0,707h_1$; 2 nolu kaynağın boğaz genişliği $d_2 = 0,707h_2$; burada h_1 ve h_2 kaynağın yüksekliğini ifade etmektedir. Her iki kaynağında boğaz alanı;

$$A = A_1 + A_2 = b_1 d_1 + b_2 d_2 \quad (5.11)$$

ile ifade edilir. Bu alanı denklem (5.9)'de kullanılabilir.



Şekil 5.10 Kaynak hesaplamalar için şematik açılım.

Şekil 5.10'da ki x eksenini 1 nolu kaynağın ağırlık merkezinden (G_1) geçmektedir. Bu eksen için atalet momenti;

$$I_x = \frac{b_1 d_1^3}{12} \quad (5.12)$$

olur. Benzer şekilde G_1 eksenine paralel olan y ekseninde atalet momenti

$$I_y = \frac{d_1 b_1^3}{12} \quad (5.13)$$

şeklindedir. Böylece 1 nolu kaynağın kendi ağırlık merkezi için toplam polar atalet momenti aşağıdaki gibidir.

$$J_{G_1} = I_x + I_y = \frac{b_1 d_1^3}{12} + \frac{d_1 b_1^3}{12} \quad (5.14)$$

Benzer şekilde 2 nolu kaynağın kendi ağırlık merkezi için toplam polar atalet momenti ise;

$$J_{G_2} = I_x + I_y = \frac{b_2 d_2^3}{12} + \frac{d_2 b_2^3}{12} \quad (5.15)$$

dir. Aslında kaynak grubunun ağırlık merkezine göre (G) işlem yapılmalıdır. Bu amaçla

$$\bar{x} = \frac{A_1 x_1 + A_2 x_2}{A} \quad \bar{y} = \frac{A_1 y_1 + A_2 y_2}{A} \quad (5.16)$$

denklemleri yazılabilir. Şekil 5.10'dan yararlanarak G_1 in G'den uzaklığı olan r_1 'i bulmak için;

$$r_1 = \sqrt{(\bar{x} - x_1)^2 + \bar{y}^2} \quad (5.17)$$

denklemini kullanılabilir. Aynı kuralla G_2 'nin G'den uzaklığı olan r_2 ise;

$$r_2 = \sqrt{(y_2 - \bar{y})^2 + (x_2 - \bar{x})^2} \quad (5.18)$$

olur. Bundan sonra, kaynak grubunun polar atalet momentini bulmak için paralel eksenler teoremi;

$$J = (J_{G_1} + A_1 r_1^2) + (J_{G_2} + A_2 r_2^2) \quad (5.19)$$

kullanılır. Bu toplam 5.10 denkleminde yerine konulur. Hesaplama için r uzaklığı mutlaka belirlenmeli ve G noktasındaki moment (M) hesaplanmalıdır.

Eğer işlem geriye doğru yapılırsa, yani kesme gerilmesi verilirse

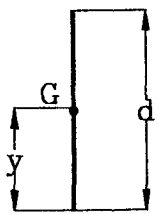
kaynağın büyüklüğünü bulmak mümkündür. Fakat genelde yapılan işlem, kaynağın büyüklüğü verilir ve buna göre polar atalet momenti (J), kaynak alanı (A) hesaplanır. Sonra τ' ve τ'' gerilmeleri hesaplanarak bileşke gerilmesi bulunur. Eğer maksimum gerilme çok büyük bulunursa kaynağın büyüklüğü artırılarak tekrar hesaplama yapılır. Bir kaç denemeden sonra optimum sonuç bulunur.

Eğer (5.14) denkleminde dikkat edilirse, denklemin ikinci terimi olan b_1^3 ve (5.15) denklemin birinci terimindeki d_2^3 kaynağın genişliğidir. Bu her iki terimin değerleri çok küçük olduğundan ihmal edilebilir. Bunun faydası dolgu kaynağını bir çizgi olarak düşünülmesini sağlar. Bu durumda polar atalet momenti, birim polar atalet momentine eşit alınır. Kaynağın bir çizgi olarak kabulü kaynak kalınlığı ne olursa olsun birim polar atalet momenti aynıdır. Dolgu kaynağının boğaz genişliği $0,707h$ olduğundan, birim polar atalet momenti ile kaynağın atalet momentini arasında;

$$J = 0,707hJ_u \quad (5.20)$$

bağıntısı vardır. Birim genişliğe sahip bir alan için J_u değeri klasik metotlarla bulunur. Polar atalet momenti için transfer formülü şekil 5.9'da gösterildiği gibi kaynağın bir grup içinde olması halinde kullanılır. Tablo 5.1'de çok yaygın olarak kullanılan kaynak şekilleri için birim polar atalet momenti ve kaynak boğaz alanları verilmiştir (Shigley, 1986).

Tablo 5.1 Burulmaya çalışan kaynakların özellikleri

Kaynak	Kaynak Alanı	G'nin Yeri	Birim Polara Atalet Momenti
	$A = 0,707hl$	$\bar{x} = 0$ $\bar{y} = d/2$	$J_u = d^3/12$

Kaynak	Kaynak Alanı	G'nin Yeri	Birim Polara Atalet Momenti
	$A = 1,414hd$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$J_u = \frac{d(3b^2 + d^2)}{6}$
	$A = 0,707h(b + d)$	$\bar{x} = \frac{b^2}{2(b+d)}$ $\bar{y} = \frac{2bd + d^2}{2(b+d)}$	$J_u = \frac{(b+d)^4 - 6b^2d^2}{12(b+d)}$
	$A = 0,707h(2b + d)$	$\bar{x} = \frac{b^2}{2b+d}$ $\bar{y} = d/2$	$J_u = \frac{8b^3 + 6bd^2 + d^3}{12} - \frac{b^4}{2b+d}$
	$A = 1,414h(b+d)$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$J_u = \frac{(b+d)^3}{6}$
	$A = 1,414\pi r$		$J_u = 2\pi r^3$

5.1.2 Kaynaklı birleştirmelerde eğilme gerilmesi

Şekil 5.11-a'da bir ucundan ankastra edilmiş, alt ve üst kenarlarından kaynakla sabitlenmiş bir konstrüksiyon görülmektedir. Bu kirişin serbest gövde diyagramına bakılacak olursa, kesme kuvveti reaksiyonu V ve moment reaksiyonu M 'dir. Bu kaynak üzerindeki ilk kesme gerilmesi;

$$\tau = V/A \quad (5.21)$$

olur.

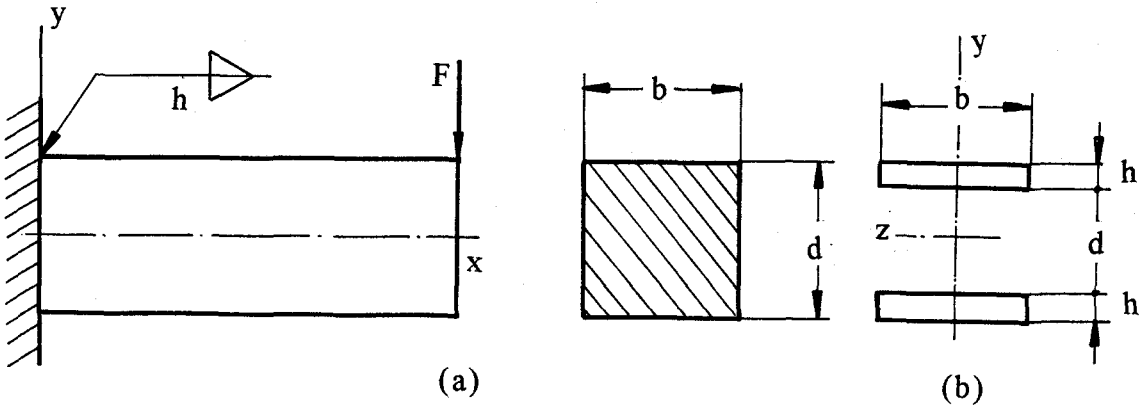
Moment (M) kaynakta, eğilme gerilmesi (σ) meydana getirir. Kesin olmamakla birlikte, kaynağın gerilme analizi, pratikte kaynağın alanı ile bağlantılı olarak hesaplanır. Şekil 5.11-b'deki gibi kaynakları bir çizgi gibi kabul edilirse, birim polar atalet momenti bulunur.

$$I_u = \frac{bd^2}{2} \quad (5.22)$$

Buradanda kaynak kesiti için atalet momenti

$$I = 0,707h \frac{bd^2}{2} \quad (5.23)$$

bulunur.



Şekil 5.11 İki kenarından kaynak edilmiş dikdörtgen kesitli bir parça,

Normal gerilme ise;

$$\sigma = \frac{Mc}{I} = \frac{M(d/2)}{0,707bd^2h/2} = \frac{1.414M}{bdh} \quad (5.23)$$

şeklinde ifade edilir.

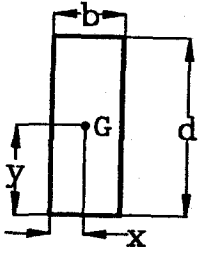
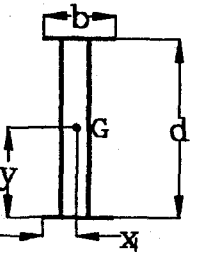
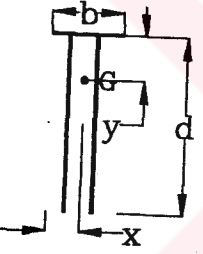
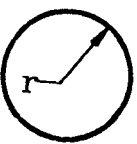
(5.23) denklemindeki atalet momentini bulmak için kullanılan d , iki kaynak arasındaki uzaklıktır. Eğer atalet momentini, iki kaynağı dikdörtgen olarak kabul ederek bulunsaydı; kaynak merkezleri arasındaki uzaklık $(d + h)$ olacaktı. Bu durumda atalet momenti daha büyük çıkacak ve gerilme değeri daha küçük bulunurdu. Böylece, kaynağı bir çizgi olarak kabul etmek, sonucu fazla etkilemediği gibi, belki de gerilim dağılımında daha emniyetli bir sonuca da ulaşılmaktadır (şekil 5.7).

Gerilimin bileşenlerinden σ ve τ eğilme gerilmesi için bulunabilir. Bulunan bu değerler Mohr çemberinde yerlerine konulacak olursa esas gerilmeler veya en büyük kesme gerilmesini bulmak mümkün olacaktır. Daha sonra uygun hata teorisi uygulanarak emniyetli veya emniyetsiz olduğu kontrol edilebilir. Büyük belirsizliklerin, kaynak gerilmelerinin analizinde olmasından dolayı, daha tutucu olan maksimum kesme gerilmesi teorisi genelde tercih edilir.

Tablo 5.2'de çok yaygın olarak karşılaşılan eğilmeye zorlanan kaynaklı tasarımlar için, özelliklerini belirten bir liste sunulmuştur (Shigley, 1986).

Tablo 5.2 Eğilmeye zorlanan kaynakların özellikleri

Kaynak	Kaynak Alanı	G'nin yeri	Birim Atalet Momenti
	$A=0,707hd$	$\bar{x} = 0$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^3}{12}$
	$A = 1,414hd$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^3}{6}$
	$A = 1,414hb$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{bd^2}{2}$
	$A = 0,707h(2b + d)$	$\bar{x} = \frac{b^2}{2b+d}$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^2}{12}(6b+d)$
	$A = 0,707h(b + 2d)$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = \frac{d^2}{b+2d}$	$I_u = \frac{2d^3}{3} - 2d^2\bar{y} + (b+2d)\bar{y}^2$

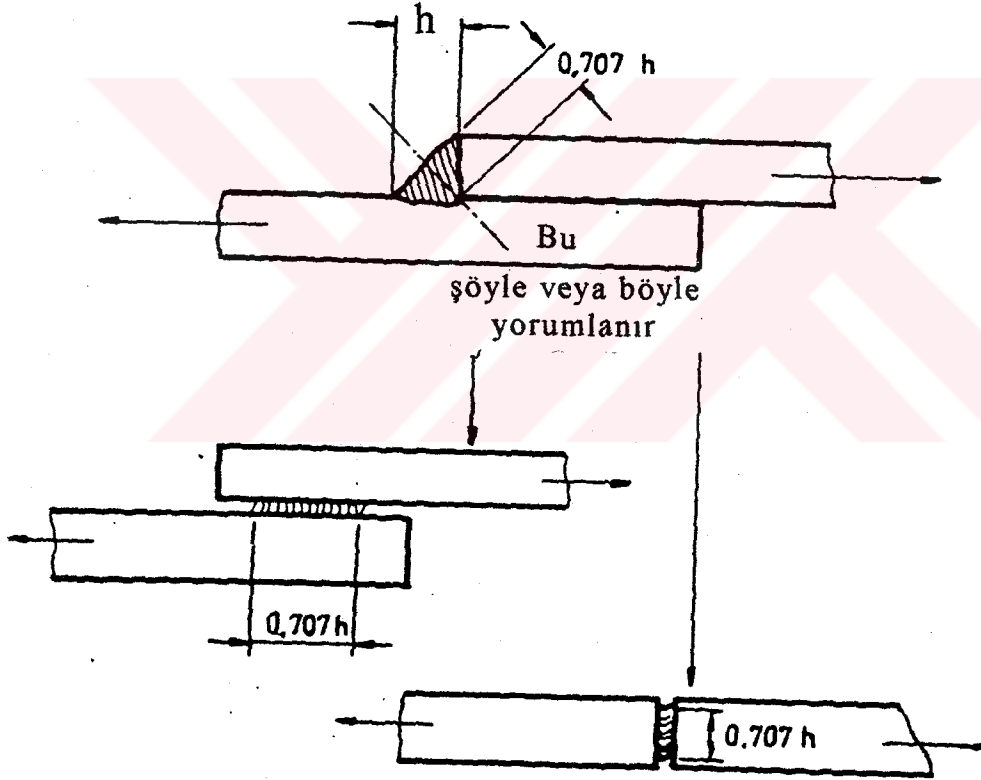
Kaynak	Kaynak Alanı	G'nin yeri	Birim Atalet Momenti
	$A = 1,414h(b + d)$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^2}{6}(3b + d)$
	$A = 0,707h(b + 2d)$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = \frac{d^2}{b + 2d}$	$I_u = \frac{2d^3}{3} - 2d^2\bar{y} + (b + 2d)\bar{y}^2$
	$A = 1,414h(2b + d)$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^2}{6}(3b + d)$
	$A = 1,414\pi r$		$I_u = \pi r^3$

5.1.3. Köşe kaynaklarının analizi

Alın kaynaklarının aksine köşe kaynakları, karakterleri itibariyle komponentle bütünleşmezler ve yüklemeye bağlı bir şekil ve yöne sahiptirler. Bu sonuçlar ise basit gerilme analizlerine izin vermezler.

Köşe kaynakları için bir çok pratik tasarımda iki birleştirici varsayıma gidilir. Bunlardan birincisi gerilmelerin kaynak kesit alanına bağlı olarak hesaplanmalarıdır. Bunun için asgari kesit, yada "boğaz" düzlemi, temsili alan ya da referans alanı olarak seçilir. 45° köşe kaynakları için boğaz alanı ($\cos 45^\circ \times$ ayak uzunluğu \times kaynak uzunluğu) ile verilir.

İkinci varsayım, boğaz düzleminin yükle yada komponentin düzlemiyle açı teşkil etmeyip ona paralel veya dik olduğudur. Böylece köşe kaynaklı birleştirme, bağlantı alanının, boğaz alanı tarafından temsil edildiği bir alın kaynağına benzetilir (şekil 5.12).



Şekil 5. 12 Köşe kaynağının alın kaynağı şeklinde gösterilişi

Bu yaklaşımın çok doğru olmayışı, müsaade edilen gerilmenin düşürülmesiyle kabul edilir hale gelir. BS 153 ve benzeri çelik konstrüksiyonlara dair normlarda bir köşe kaynağı için müsaade edilebilir gerilme, akma mukavemeti hiç dikkate alınmadan 1000 GPa. olarak belirlenmiştir. Bu değer yorulmaya tabi yük taşıyan kaynaklar için daha da dü-

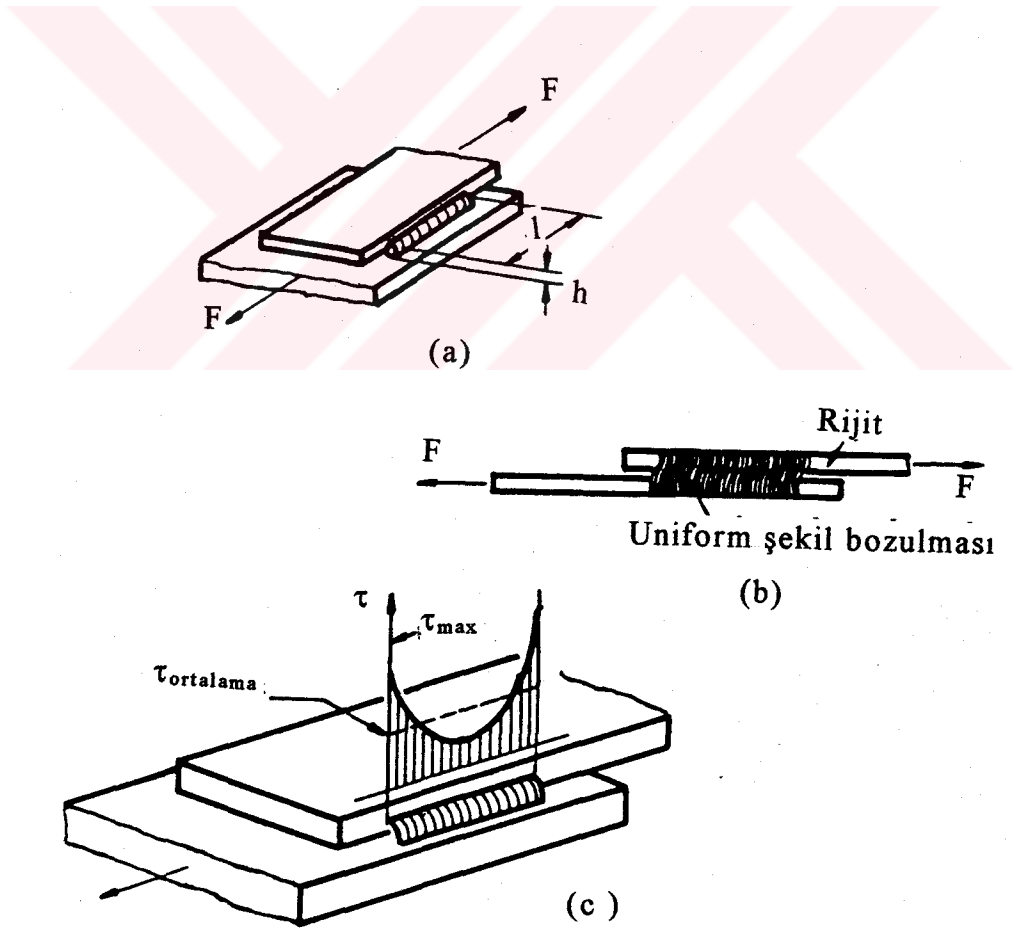
şürülebilir. Normal gerilme ile makaslama arasındaki ayırım, yukarıdaki ilk varsayım dolayısıyla, burada bahis konusu değildir (Giachino vd., 1984).

Bu prensipleri aşağıda bir kaç örnekle açıklanacaktır.

Örnek 1: Köşe kaynaklarına paralel yük (Şekil 5.13-a)

Kaynak düzlemindeki küçük eğme momentinin etkisi ihmal edilerek ve makaslama gerilmesinin kaynak uzunluğu boyunca uniform olduğu varsayılarak denklem (5.8)'deki gibi hesaplanabilir.

$$\tau_{ortal.} = \frac{V}{2h10.707} \quad (5.8)$$



Şekil 5.13 Köşe kaynaklarında gerilme dağılımı.

Uniform gerilme varsayımı bazı tartışmaları gerektirir. Levhaların kaynaklara göre kalın olmaları halinde bunların rijit oldukları kabul edilir (şekil 5.13-b). Fakat levhaların göze görünür ölçüde şekil değiştirmeleri halinde, yükün daha büyük bir oranı, şeklin bozulmasının yüksek olduğu kaynak uçlarının yakınına intikal ettirilerek şekil 5.13-c'de görülen makaslama gerilmesi dağılımı oluşacaktır.

Azami gerilmenin kaynağın uç kısımlarında meydana gelmesi bir talihsizliktir. Çünkü bu bölgeler genellikle kaynak ucunun şeklinden ileri gelen küçük ölçüde gerilim yükselticilerini ve dur/başla kusurlarını içerir. Bu nedenle kaynağa kısa olarak köşeyi döndürmek ve levhaların uç yüzeylerine uzatmak önerilir (ASM, 1991).

Örnek 2: Bindirme birleşme - uç köşe kaynakları (şekil 5.14-a).

Eğilmeyi ihmal ederek ve gerilim dağılımını da uniform farzederek, ortalama makaslama gerilmesi denklem (5.8)'deki gibidir.

$$\tau = \frac{V}{2 h l 0,707} \quad (5.8)$$

Uç köşenin, her iki levhanın tüm genişliğini kaplaması halinde gerilmenin genişlik boyunca değişmesi için bir neden yoktur. Kaynak daha kısa ise, gerilme modeli muhtemelen bir kademeli genişlikte levhanınkine benzeyecektir, yani orta bölgede uniform, uçlarda ise gerilme maksimum olacaktır.

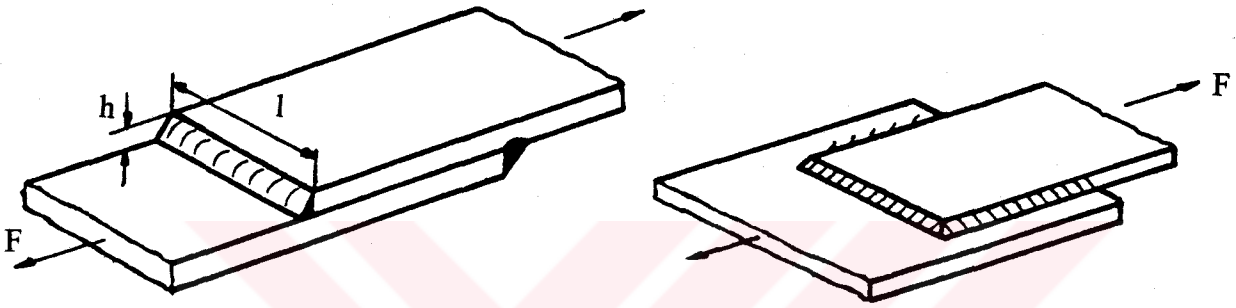
Örnek 3. Çepeçevre kaynak (şekil 5.14-b).

Ortalama makaslama gerilmesi

$$\tau = \frac{V}{\sum 0.707 h l} \quad (5.24)$$

şeklinde ifade edilir.

Yorulma deneyleri sonuçlarından azami gerilmenin levha köşelerinde meydana geldiği görülür. Her ne kadar yuvarlatılmış köşeler kaynakçıya yardımcı olmakta ise de, azami gerilmeyi fazla azalttığı sanılmamaktadır. Yan köşelerden, uç köşelere ne oranda yük intikal ettiğine dair elde kesin bir bilgi yoksada örnek 1'den, kalın uç kaynaklarının azami gerilmeyi azlatmakta yardımcı olduğu düşünülebilir. .



Şekil 5.14 Bindirme kaynakların analizi

Örnek 4: Köşe kaynaklarının eğilme ve makaslanması (şekil 5.15)

Kaynak düzleminde ciddi bir eğilme momentinin var olması halinde değişik düzlem içi ve düzlem dışı makaslama gerilmeleri ortaya çıkacaktır (boğaz düzleminin kaynak düzlemine dik olduğu varsayımıyla).

Eğilmeden dolayı azami düzlem dışı makaslama gerilmesi kaynak uçlarında belirir;

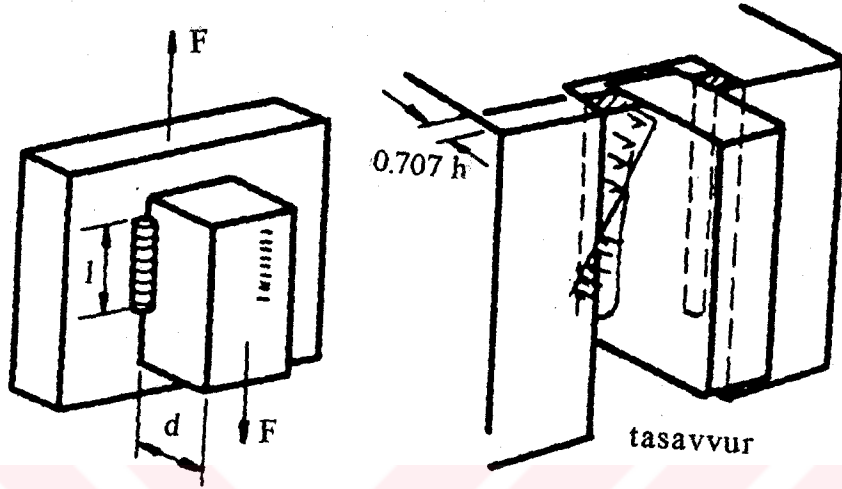
$$\tau_{eğ} = F d \frac{y}{I} \quad (5.25)$$

olup, burada I , kaynak grubunun ikinci alan momenti, y ise A alanının ağırlık merkezinin nötr eksene mesafesidir.

Boğaz düzleminin, birleşme düzlemi içinde 45° döndüğü farzedilecek olursa, eğilmeden dolayı normal gerilmesi aşağıdaki denklem

ile ifade edilir.

$$\tau_{eğ.} = F d \frac{12}{2 \cdot 0.707 h l^3} \frac{1}{2} \quad (5.26)$$



Şekil 5.15 Dik köşe kaynaklarının analizi

Düzlem içi makaslama gerilmesi dağılımı, eğilme tarafından bozulmuş olup bu dağılım merkezde azami noktaya ulaşır, uçlarda ise sifıra düşer. Klasik mukavemet formüllerinden

$$\tau_{max.} = \frac{F A \bar{y}_{max.}}{b I} \quad (5.27)$$

bulunur. Burada b, genişliktir. Buna göre maksimum kayma gerilmesi

$$\tau_{max.} = \frac{F 2 \cdot 0.707 h (1/2) (1/4)}{2 \cdot 0.707 h (2/12) 0.707 h l^3} = \frac{3F}{4 \cdot 0.707 h l} \quad (5.28)$$

olur.

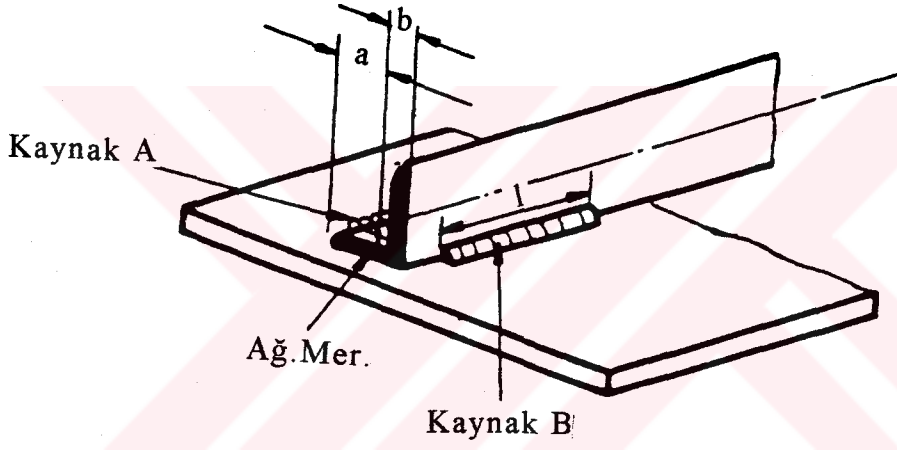
Nötr eksenden herhangi bir y mesafesinde düzlem içi ve dışı makaslama gerilmelerinin aynı kesit alanına etki yaptıkları ve dolayısıyla vektörel olarak toplanacakları varsayılırsa

$$\tau_{\text{toplam}} = \sqrt{\tau_b^2 + \tau_s^2} \quad (5.29)$$

yazılabilir.

Eğilme gerilmelerinin bir normal gerilme gibi ele alınması halinde, gerilmelerin birbirine eklenmesinin sadece Mohr dairesinin yardımıyla yapılabilir. Bununla birlikte sonuçtaki sayısal fark, diğer hususlardaki büyük hatalara göre önemsiz kalmaktadır (Gray ve Speance, 1991).

Örnek 5: Simetrik olmayan kesitlerin bağlantısı (şekil 5.16)



Şekil 5.16 Simetrik olmayan kesitlerin analizi

Kafes konstrüksiyonlar (kirişler) çoğu kez, komponentler arasındaki bağlantılar pimle yapılmış gibi analiz edilir. Bu varsayım, sistemi statik olarak dengede olduğunu kabul etmektir. Kaynaklı birleştirmeler kullanıldığında; bağlantı dönmeyecek ve buna bağlı diğer elemanların aksinel olarak yüklendiğinde, sistem eğilmeyecek şekilde tasarlanması gerekir.

Bu tasarımın şartları aşağıda belirlenmiştir.

- 1- Kaynaklı bağlantı noktalarının yer değiştirmesi (şekil bozulması değil) aynı olacaktır.

2- F yükü, kesitin ağırlık merkezine uygulanacaktır.

Statik denge kuralından;

$$F = F_A + F_B \quad (5.30)$$

olur. Buradan da;

$$F_A = \frac{F b}{a+b}; \quad F_B = \frac{F a}{a+b} \quad (5.31)$$

şeklinde ifade edilir. Bu ifadeler eşitlendiğinde

$$F_A a = F_B b \quad (5.32)$$

olur. Bu sonuca göre A kaynağının makaslama gerilmesi

$$\tau_A = \frac{F b}{a+b} \frac{1}{0.707 h_A l_A} \quad (5.33)$$

olur. Aynı şekilde B kaynağındaki makaslama gerilmesi ise;

$$\tau_B = \frac{F a}{a+b} \frac{1}{0.707 h_B l_B} \quad (5.34)$$

şeklinde dir. Buradan da kaynak uzunlukları

$$\frac{a}{b} = \frac{l_B}{l_A} \quad (5.35)$$

oranında olacaktır (Oğuz, 1991).

6. UZMAN (EXPERT) SİSTEMLER VE KAYNAK TEKNIĞİNE UYGULAMALAR

Uzman sistemler, çözümleri yeterince zor olduğu için uzman kişilere gereksinim duyulan problemlerin çözülmesinde bilgi ve karar verme işlemlerini uygulayarak sonuca ulaşan bilgisayar programlarıdır.

Uzman sistemler, konvansiyonel bilgisayar sistemlerinden oldukça farklıdır. Bu farklar:

- 1- Uzman sistemler, öğüt veren uzman bir kişi gibi bilgileri sunar (örneğin muhtemel seçeneklerden doğru olanının seçilmesi gibi).
- 2- Bu seçeneğin tercih nedenini açıklayabilir.
- 3- Bilgileri veri şeklinden çok, kurallar şeklindedir.
4. Konvansiyonel programlar, veri ve algoritmadan meydana gelirken, uzman sistemler; bilgileri, kurallar ve karar bölümlerinden oluşmaktadır (Lucas, 1987).

Uzman sistemler, genelde BASIC, Pascal veya C dilleriyle yazılmaktadır. Prolog ve Lisb isimli programlarda Amerika ve İngiltere'de yaygın olarak kullanılmaktadır (Taylor, 19886).

Kısacası, uzman sistem, esasen bir uzmanın sahip olabileceği özel bilgileri içeren bir programdır.

Uzman sistem, 3 temel kısımdan oluşur; bilgi tabanı, karar mekanizması ve kullanıcı ortamı (Dorn ve Majunder, 1989). Bilgi tabanı kısmi konvansiyonel veri tabanından farklı olarak, veriler ve kurallardan meydana gelir. Bilgi tabanı dinamik ve statik olmak üzere iki grup bilgidir oluşur. Statik bilgi, bilgi tabanına programcı tarafından önceden yerleştirilmiş olan bilgileri, dinamik bilgi ise, uzman sistemin çalışması esnasında kullanıcı tarafından bilgileri içerir. Bu kısımda pek çok bilgi depo-

lanmaktadır. Karar mekanizması, gerçekler ve kuralların ne zaman ve nasıl uygulanacağına karar veren bir organdır. Kullanıcı ortamında; bilgilere ulaşılması, işlemlerin irdelenmesi ve elde edilen çözümün belirtilmesi sağlanmaktadır. Kısaca, problemi çözmek isteyen kullanıcı ile uzman sistem arasındaki iletişimi sağlamaktadır.

Diğer teknolojik alanlara göre kaynak, değişken sayısının çok olduğu, bunların birbirlerini çok etkilediği ve aralarındaki etkileşimin daha az kesin olduğu karmaşık bir işlemdir. Kaynak işleminde, kullanılan malzemenin fiziksel, kimyasal, mekanik ve termomekanik özellikleri dikkate alınmalıdır. Yine kaynak işleminde, metalurjik özellikler, işlem parametreleri, kalite ve emniyet istekleri, üretim ortamı, prodüktivite ve maliyetlerde dikkate alınmalıdır. Bu çok karmaşık bilgilerin elde edilmesi için uzun yıllar eğitim ve tecrübe gerektirmektedir. Bu nedenle, kaynak işlemi için gerekli ve ancak uzman kişilerin sahip olabileceği bilgilerin bilgisayarda depolanması ve kullanılması oldukça önemlidir (Dorn ve Majunder, 1988).

Uzman sistemin, kaynakta daha çok, malzeme, kaynak yöntemi ve kaynak parametrelerinin seçimi gibi uygulama alanları vardır.

Bir sistemin geliştirilmesinde belli başlı adımlar; problemin tanımlanması, kavramların ve tanımların ortaya konulması, sistemin formülize edilmesi, sistemin geçerliliğinin kontrolü ve sistemin yeniden gözden geçirilmesidir.

Sistemin gelişimi safhasında yukarıdaki adımlardan sonra koşullara uygun bir uygulama bir kez tanımlandıktan sonra, tasarım kriterleri düşünölmeye başlanabilir. Bir rehber olarak uzman sistemlerin tasarımında şu adımlar uygulanabilir; kullanıcı gereksiniminin belirlenmesi, uzman sistemlerin uyumu, mevcut bilgilerin değerlendirilmesi, ilave bilginin uz-

manlardan veya kitap ve dergilerden bilgisayar için anlamlı olacak şekilde sunulması, uygun programlama dili ve bilgisayarın seçimi.

Kullanıcı taleplerinin tam ve açık olarak belirlenmesi sistemin tüm işleyişi ve uygun programlama dilinin seçimi ve uzman sistemin bir öğretici mi yoksa bir araç olarak mı kullanılacağı sistemin düzenlenmesi bakımından önemlidir. Günümüz endüstrisi, uzman sistemlerinde her iki özelliğinde kombinasyon halinde olduğu unutulmamalıdır.

Bir uzman sistemin tasarımında diğer önemli bir noktada programın yazımıdır. Bunun için iki farklı yöntem uygulanabilir. Biri Prolog, Lisb gibi yapay zeka programlama dillerinin veya BASIC, C gibi başka yüksek dereceden bir programlama dilinin kullanımı, bir diğeri de karar verme mekanizmaları önceden hazırlanmış, bir takım uzman sistem paket programlarının kullanılmasıdır. İkinci yöntem, son yıllarda sağladığı bir takım avantajlardan dolayı bir çok uygulama alanında birinciye tercih edilmektedir. Fakat yüksek seviyeli programlama dilinin kullanımında, kara mekanizması dahil bütün mekanizmaları programcı oluşturduğundan, bunlar ile daha esnek ve amaca daha uygun uzman sistemler elde edilebilir.

Uzman sistem, konvansiyonel kaynak yöntemlerine uygulanmış ve aşağıda bunlarla ilgili bazı örnekler verilmiştir.

1- Kaynak parametrelerinin tayini

- WELCON (Osaka Üniversitesi)
- WELDSELECTOR (Amerikan Kaynak Enstitüsü)
- WELDSPEC (TWI)
- PROCED (SWEC)

2- Kaynak hatalarının bulunması:

- WELDEX (Batelle)

- WDEFECT (SWEC)

3. Robot kaynağı:

- ADAPTIWELD (ATI)

- ASSIST(CMU) (Polat, 1992).

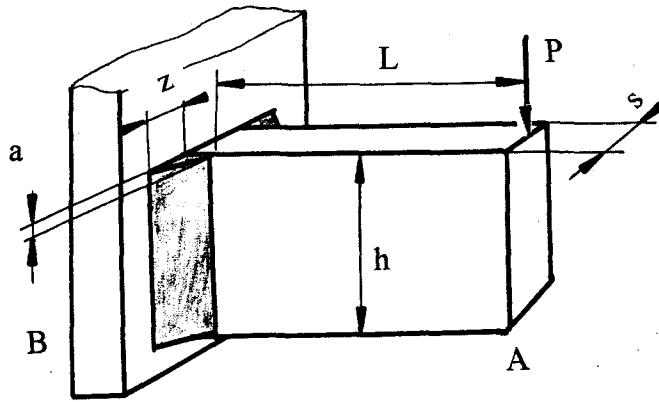


olarak ne kadar kullanıldığı verilirse program elektrot sarfiyat miktarını adet ve paket olarak vermektedir.

Genel makine elemanları için kaynak hesaplamalarında, program önce malzeme için emniyet katsayısını ister. Daha sonra kullanılacak malzemenin akma gerilmesinin bilinip bilinmediğini sorar. Eğer cevap hayır olursa malzeme seçim menüsüne gider. Burada 288 çeşit çelik cinsine ait TSE, DIN ve AISI normu, akma ve kopma mukavemetleri verilmektedir. Buradan kullanılacak malzemenin seçilmesi istenir. Seçilen malzemenin akma gerilmesini kabul ettikten sonra uygulanan yükü, yükün kaynak noktasına uzaklığı, kullanılacak malzemeye ait geometrik özelliklerini ve eğer biliniyorsa kaynağa ait kalınlık ve uzunluğun girilmesi istenir. Verilen değerlere göre kaynağa ve malzemeye ait tüm hesapları yapar. Sonucu ekrandan veya yazıcıdan almak mümkündür.

6.3 Programla Yapılan Çeşitli Uygulama Çalışmaları

Örnek 1



Şekil 6.1 Eğilmeye zorlanan iki yanı kaynaklı kiriş

Malzeme İçin Emniyet Katsayısı $EMK = 2$

MALZEMENİN AKMA DAYANIMINI BİLİYORMUSUNUZ E/H

6.2 Hazırlanan Bilgisayar Programının Tanıtımı

Hazırlanan bilgisayar programı; IBM uyumlu, DOS 4.01 ve üzeri, 80286 işlemcili makinalarda çalışacak şekilde Quickbasic 7.1 dili kullanılarak hazırlanmıştır.

Program ,bir ana ve 3 alt menüden oluşmuştur. Alt menülere geçiş ana menüden seçilmek suretiyle mümkün olmaktadır.

Ana menüde 4 başlık bulunmaktadır; bunlar genel makine elemanları için kaynak hesapları, inşaatlarda kullanılan çeşitli yapı tasarımı için kaynak hesapları, çelik köprü yapımında kullanılan kaynak hesapları ve elektrot sarfiyat hesapları menü başlıklarıdır.

Alt menülerden, genel makine elemanları için kaynak hesapları menüsünde; eğilmeye, basılmaya, çekilmeye, burulmaya ve bileşik gerilmeye çalışan kaynaklı tasarımların hesapları yapılmaktadır.

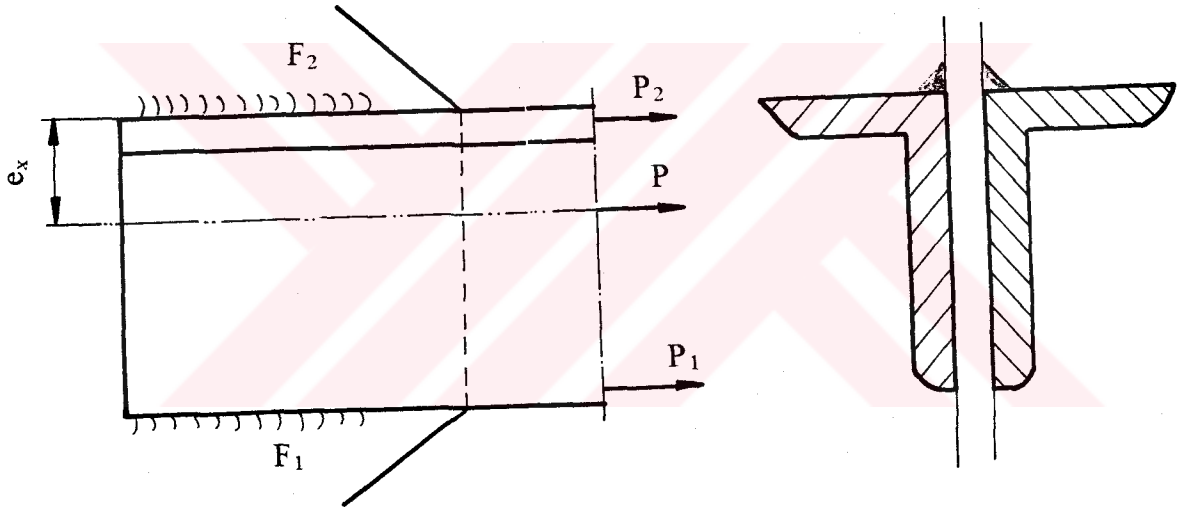
Inşaatlarda kullanılan çeşitli yapı elemanlarının kaynağında ise çeşitli kafes kirişlerin, çatı hesaplarının ve üç boyutlu gerilmeye maruz kalan elemanların kaynak hesapları yapılmaktadır. Çelik köprü kaynak hesapları menüsü şimdilik yapılmamıştır.

Elektrot sarfiyat hesapları menüsünde ise program kullanıcıdan, elektrotun verimini, ortalama koçan kaybı boyunu ve kullanılan elektrotun özgül ağırlığını ve bir pakette kaç elektrot bulunduğunu istemektedir. Bu değerler girildikten sonra ekrana tüm kaynak ağız şekillerinin bulunduğu bir menü çıkmaktadır. Menüden seçilen kaynak ağız şekline göre parçanın kalınlığı, ağız açısı ve kaynak boyu gibi bazı değerlerin girilmesi istenir. Girilen bu değerlere göre elektrotun bıraktığı metalin ağırlığı bulunmaktadır. Bulunan ağırlığa göre hangi elektrot cinsinden yüzde

3.25 * 450 mm'LİK ELEKTROTTAN 113 ADET KULLANMIŞSINIZ
 3.25 * 450 mm'LİK ELEKTROTTAN 1.1219 PAKET KULLANMIŞSINIZ
 4 * 450 mm'LİK ELEKTROTTAN 124 ADET KULLANMIŞSINIZ
 4 * 450 mm'LİK ELEKTROTTAN 1.2344 PAKET KULLANMIŞSINIZ
 5 * 700 mm'LİK ELEKTROTTAN 20 ADET KULLANMIŞSINIZ
 5 * 700 mm'LİK ELEKTROTTAN .1944 PAKET KULLANMIŞSINIZ

DEVAM ETMEK İSTİYORSANIZ <E> TUŞUNA BASINIZ
 ÇIKMAK İÇİN HERHANGİ BİR TUŞA BASINIZ

Örnek 3: Kiriş ve Köşebentlerin Kaynağı



Şekil 6.3 Kiriş ve köşebentlerin kaynağı

Malzeme İçin Emniyet Katsayısı EMK = 2

MALZEMENİN AKMA DAYANIMINI BİLİYORMUSUNUZ E/H H

MALZEME BİLGİLERİNİN BİRİMLERİ				(N/mm ²) (MPa.)	
NO	TSE NOR.	DIN NOR.	AISI NOR.	AKMA DAY.	KOPMA DAY
1	Fe33	St 33		185	405
2	KFe37-2	USt 37-2	A570Gr.33	235	410
3	Fe37-2	Fe37-2		240	435

MALZEMENİN AKMA DAYANIMINI GİRİNİZ (N/cm²) $\sigma_{ak}= 30000$

MALZEMENİN EMNİYETLİ AKMA DAYANIMI (N/cm²) $\sigma_{em}= 15000$

UYGULANAN YÜK (N) F= 10000

YÜKÜN KAYNAK NOKTASINA MESAFESİ (cm) (L=200

KAYNAK EL İLEMİ YAPILDI (E/H) e

A PARÇASININ KALINLIĞI (S cm) 1.8

B PARÇASININ KALINLIĞI (cm) 1.8

A PARÇASININ YÜKSEKLİĞİ (h cm) 30

Kaynak Dikişi İçin Emniyet %'si (%)65

KAYNAK DİKİŞ BOYU, BİLMİYORSANIZ <ENTER>LE GEÇİNİZ (cm)(h=

KAYNAK DİKİŞ KALINLIĞI, BİLMİYORSANIZ <ENTER>LE GEÇİNİZ (cm)(a=

KAYNAK DİKİŞ GENİŞLİĞİ, BİLMİYORSANIZ <ENTER>LE GEÇİNİZ (cm)(Z=

ÇIKTILAR

Kaynağa Uygulanabilir Yük	: 10000 N
Kaynağın Dayanım Momenti	: 205.1288 N/cm ³
Kaynağın Atalet Momenti	: 2737.612 N/cm ⁴
Kaynağın Eğilme Momenti	: 2000000 Ncm
Kaynağın Eğilme Gerilmesi	: 9750 N/cm ²
Malzemenin Eğilme Gerilmesi	: 15000 N/cm ²
Kaynağın Kesilme Gerilmesi	: 216.8702 N/cm ²
Kaynağın Bileşik Gerilmesi	: 9752.412 N/cm ²
Kaynağın Dikiş Genişliği	: 1.22 cm
Kaynağın Dikiş Kalınlığı	: 0.8637 cm
Kaynağın Boyu	: 26.69 cm

Anamenüye dönmek için ESC tuşuna basınız.

Örnek 2 Elektrot Sarfiyat Hesapları Menüsü

Koçan Kaybı (50 mm içi <ENTER>(mm) =

Elektrot Verimi (%110 için <ENTER> (%))=

Özgül ağırlık (Demir İçin <ENTER> (g/cm³)=
BİR PAKETTE 100 ELEKTROT OLDUĞUNU KABUL
EDİYORMUSUNUZ (E/H) E

A = ALIN KAYNAĞI
D = DOLGU KAYNAĞI
K = K DİKİŞİ
U = U DİKİŞİ
X = X DİKİŞİ
V = V DİKİŞİ
Y = Y DİKİŞİ
IK = İÇ KÖŞE DİKİŞİ
UU = ÇİFT U DİKİŞİ
YU = YARIM U DİKİŞİ
YV = YARIM V DİKİŞİ
YY = YARIM Y DİKİŞİ

BAŞA DÖNMEK İÇİN B

SONA GİTMEK İÇİN S GİRİNİZ

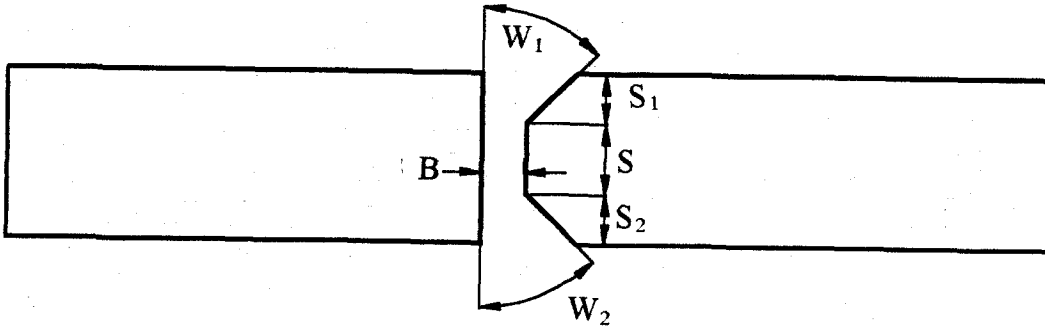
KAYNAK METALİ AĞIRLIĞI BİLİNİYORSA İSE G GİRİNİZ

A,D,K,U,X,V,Y,IK,UU,YU,YV,YY,B,S VEYA G OLARAK
TERCİHİNİZİ YAPINIZ ? K

K DİKİŞİ

K'NIN AĞIZ YÜKSEKLİĞİNİ GİRİNİZ S1(mm) =10

K'NIN ALT AĞIZ YÜKSEKLİĞİNİ GİRİNİZ S2(mm) =10



Şekil 6.2. K dikişi

K'NİN ORTA KALINLIĞINI GİRİNİZ $S(\text{mm}) = 10$

İKİ PARÇA ARASINDAKİ MESAFEYİ GİRİNİZ $B(\text{mm}) = 3$

K'NİN ÜST AĞIZ AÇISINI GİRİNİZ $W_1(\text{DER.}^\circ) = 45$

K'NİN ALT AĞIZ AÇISINI GİRİNİZ $W_2(\text{DER.}^\circ) = 45$

DİKİŞ BOYUNU GİRİNİZ $L (\text{m}) = 10$

Ne kadar elektrot kullanılacağını öğrenmek istiyormusunuz (E/H) e

Kaynak metali Ağırlığı = 10.71592

Elektro Miktarını Hesaplamak İçin Hangi Elektrottan

% ne Kadar Kullandığınızı Lütfen Belirtiniz

2.5*250 mm elektrottan ne kadar kullandınız % olarak (%) =

2.5*350 mm elektrottan ne kadar kullandınız % olarak (%) =

3.25*350 mm elektrottan ne kadar kullandınız % olarak (%) =

3.25*450 mm elektrottan ne kadar kullandınız % olarak (%) = 30

4*350 mm elektrottan ne kadar kullandınız % olarak (%) =

4*450 mm elektrottan ne kadar kullandınız % olarak (%) = 50

5*450 mm elektrottan ne kadar kullandınız % olarak (%) =

5*700 mm elektrottan ne kadar kullandınız % olarak (%) = 20

6*450 mm elektrottan ne kadar kullandınız % olarak (%) =

% OLARAK KALAN 0

MALZEME BİLGİLERİNİN BİRİMLERİ				(N/mm ²) (MPa.)	
NO	TSE NOR.	DIN NOR.	AISI NOR.	AKMA DAY.	KOPMA DAY
4	Sfe37-2	RSt 37-2	A570Gr.36	235	410
5	Fe44-2	St 44-2	A570Gr.40	275	505
6	Fe50-2	St 50-2	A570Gr.50	295	585
7	Fe60-2	St60-2		335	665
8	Fe70-2	St70-2		365	795
9	KFe34-2	USt34-2		190	360
10	SFe34-2	RSt34-2		190	360
11	Fe37-2	St37-2		220	370
12	Fe37-3	St37-3	A284Gr.D	235	410
13	Fe42-2	St42-2		240	450
14	Fe44-3	St44-3	A573Gr.70	275	505
15	KFe35-2	USt35-2	1010	215	390
16	SFe35-2	RSt35-2		215	390
17	Fe35-2	St35-2		215	390

ARADIĞINIZ MALZEME LİSTEDE VARMI (E/H) E

Malzeme No sunu Giriniz 6

MALZEMENİN EMNİYETLİ AKMA DAYANIMI (N/cm²) $\sigma_{em} = 14750$

UYGULANAN YÜK (N) F= 20000

F KUVVETİNİN ÜST MESAFEYE UZAKLIĞI (cm) (ex=2

KAYNAK EL İLEMİ YAPILDI (E/H) e

A PARÇASININ KALINLIĞI (cm) 1

B PARÇASININ KALINLIĞI (cm) 1

A PARÇASININ YÜKSEKLİĞİ (cm) 6

Kaynak Dikişi İçin Emniyet %'si (%)65

L2 KAYNAK DİKİŞ BOYU, BİLMİYORSANIZ <ENTER>LE GEÇİNİZ (L2= 16
L1 KAYNAK DİKİŞ BOYU, BİLMİYORSANIZ <ENTER>LE GEÇİNİZ (L1= 10
L2 KAYNAK DİKİŞ KALINLIĞI, BİLMİYORSANIZ <ENTER>LE GEÇİNİZ (a=
L1 KAYNAK DİKİŞ KALINLIĞI, BİLMİYORSANIZ <ENTER>LE GEÇİNİZ (a=

Sonuçlar Y/E e

ÇIKTILAR

Malzemenin Eğilme Gerilmesi	14750 N/cm ²
L2 Kaynağı İçin Kesilme Gerilmesi	9587.5 N/cm ²
L1 Kaynağı İçin Kesilme Gerilmesi	9587.5 N/cm ²
L2 kaynak Dikiş Kalınlığı	.1434 cm
L1 kaynak Dikiş Kalınlığı	.1347 cm
L2 Kaynağın Boyu	16 cm
L1 Kaynağın Boyu	10 cm
L2 Kaynağının Alanı	1.39 cm ²
L1 Kaynağının Alanı	0.6953 cm ²

Ana Menüye Dönme İçin ESC Tuşuna Basınız

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

1- Sonuçlar

Bu çalışmada hazırlanan tez ve bilgisayar programında:

- 1- Kaynaklı konstrüksiyonların mukavemeti ve elektrot sarfiyat hesaplamaları, daha net ve daha kısa zamanda gerçek sonuçlara ulaşacak şekilde tasarlanmıştır. Ele alınan konular genel makine elamanlarında ve konstrüksiyon tasarımlarında çok kullanılan kaynaklı birleştirmelerdir.
- 2- 288 çeşit malzemenin TSE, DIN, AISI normları karşılaştırmalı olarak sıralanmış, oda şartlarındaki akma ve kopma mukavemetleri verilerek kaynaklı birleştirmelerde kullanılacak çelik seçiminde kolaylık sağlanmıştır.
- 3- Konstrüksiyon esnasında kullanılacak elektrot sarfiyatını önceden hesaplanarak ekonomik yönden tasarımcıya yardımcı olmaktadır.

Netice olarak bu tez çalışması ve hazırlanan bilgisayar programı; kaynaklı konstrüksiyonların tasarımında, malzeme seçiminde ve elektrot sarfiyat hesaplarında kullanıcıya her yönüyle büyük kolaylık sağlamaktadır.

2. Öneriler

Bilgisayar yardımıyla tasarımda genel amaçlı konstrüksiyonlar ele alınmıştır. Bu konstrüksiyonların tamamen kişilere bırakılması halinde dizayn açısından daha esnek tasarımlar meydana getirebilir.

Konstrüksiyonlar, hesaplamalara göre çizilerek tasarım daha güzel olabilir veya sonuçlara göre optimizasyon yapılarak tekrar tasarım yapılabilir.

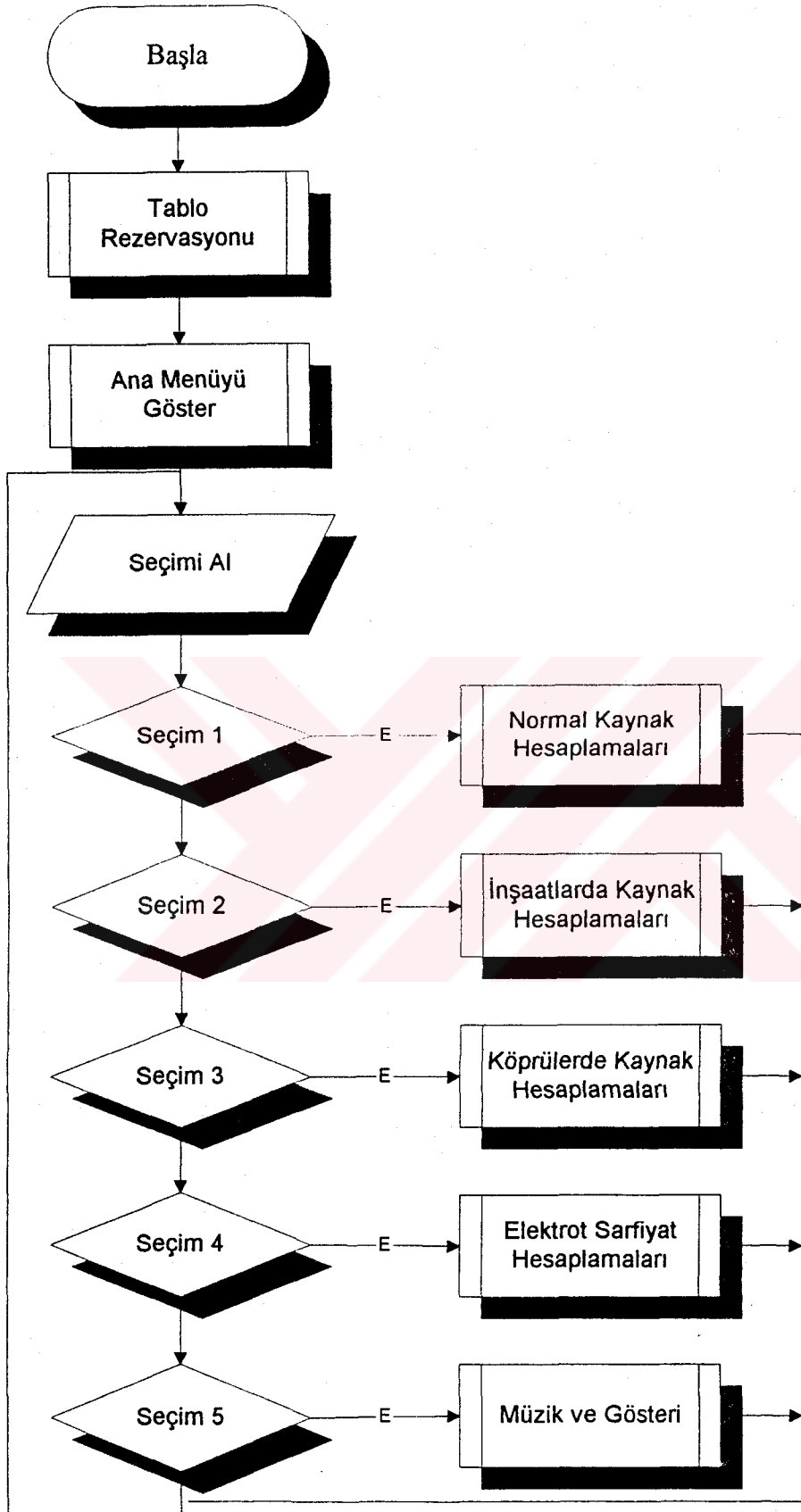
KAYNAKLAR DİZİNİ

- Anık, S., 1983, Kaynak tekniği cilt I, İ.T.Ü.
- Anık, S., 1991, Kaynak teknolojisi, İ.T.Ü.
- Anık, S., ve Vural, M., 1993, 1000 soruda kaynak tekniği, Birsen yayınevi
- Anık, S., ve Kaluç, E., ve Tülbentçi, K., 1991, Örtülü elektrot ile elektrik ark kaynağı, Gedik Holding Basım Yayın ve Halkla İlişkiler Servisi
- Ardan, F., 1986, Çelik yapı elemanları, İ.T.Ü.
- Ardan, F., 1988, Kaynaklı çelik yapılar, İ.T.Ü
- ASM, 1991, Metals Handbook Vol. 6, Welding and brazing, Ohio
- Dorn, L., Majunder, S., 1989, Expert system for welding weldex system for computer aided optimization of welding technology schweissen und schneiden, pp. 40
- Duman, N., 1986, Çelik yapılar ders notu özetleri, İ.T.Ü
- Ertürk, İ., 1994, MİG / MAG kaynak yönteminde kaynak parametrelerinin sıçrama kayıplarına etkilerinin incelenmesi, Doktora Tezi, G.Ü.
- Erşen, N., 1991, Çelik yapılar ve çözümlenmiş problemler, Birsen yayınevi, İstanbul
- Galantucci, L.M., 1993 Numerical computer aided technique to design rails flash welds, Metallurgia Italiana v 85
- GMAW4, 1988, Shielding gases, Welding design fabrication
- Gray, T.G.F. ve Spance, J., 1992, Rational welding design, Butterworks.

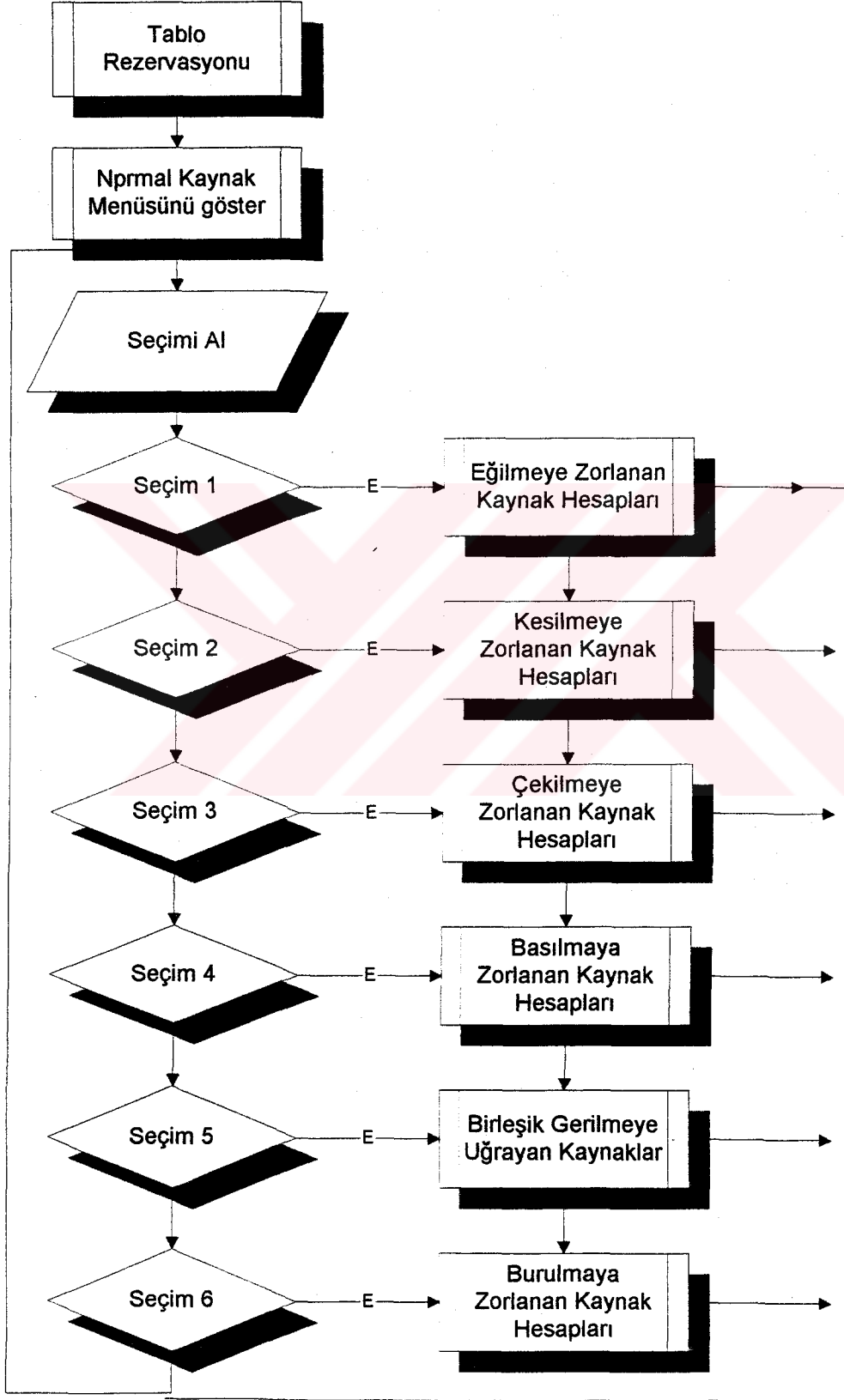
KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Gronjon, H., ve Newman, R.P., 1986, Fatigue of welded assemblies, IIS /IIW
- Gürcan, M., 1987, TIG kaynağı, SEGEM yayınları
- Jefferson, T.B., 1974, The welding encyclopedia, Illinois
- Külahlı, M.E., 1988, Gedik kaynak dünyası.
- Lucas, W., 1987, Micro computer systems, software and expert systems for welding engineering, welding journal, pp. 19-30
- Matsumoto, Yoji, 1992, Expert systems for welding procedure control, KOBELCO technology review n 13
- Norris, C.H., 1967, Photoelastic investigation of stress distribution in transverse fillet welds, Welding J., vol. 24, pp. 557s.
- Oğuz, B., 1986, Ark kaynağı, Orlikon yayınevi
- Potadevskii, A., 1984, Types of metal spatter in CO₂ welding, Automatic welding.
- Reybekow, V., 1986, Arc and gas welding, Moscow.
- Salakian, A.G., ve Claussen G.E., 1965, Stress distribution in fillet welds, Welding J., vol. 16, pp. 1-24
- Shigley, J.E., 1986 Mechanical engineering design, McGraw-Hill
- Taylor, W.A., 1986, Expert system to generate arc welding procedures, Metal Construction
- Tülbentçi, K., 1988, Az karbonlu ve alaşımlı çeliklerin kaynak teknikleri, SEGEM yayınları, Ankara.
- Zhao, Geoming, 1993 Applications of the computer technology to welding of plastics, Chine mechanical engineering v4

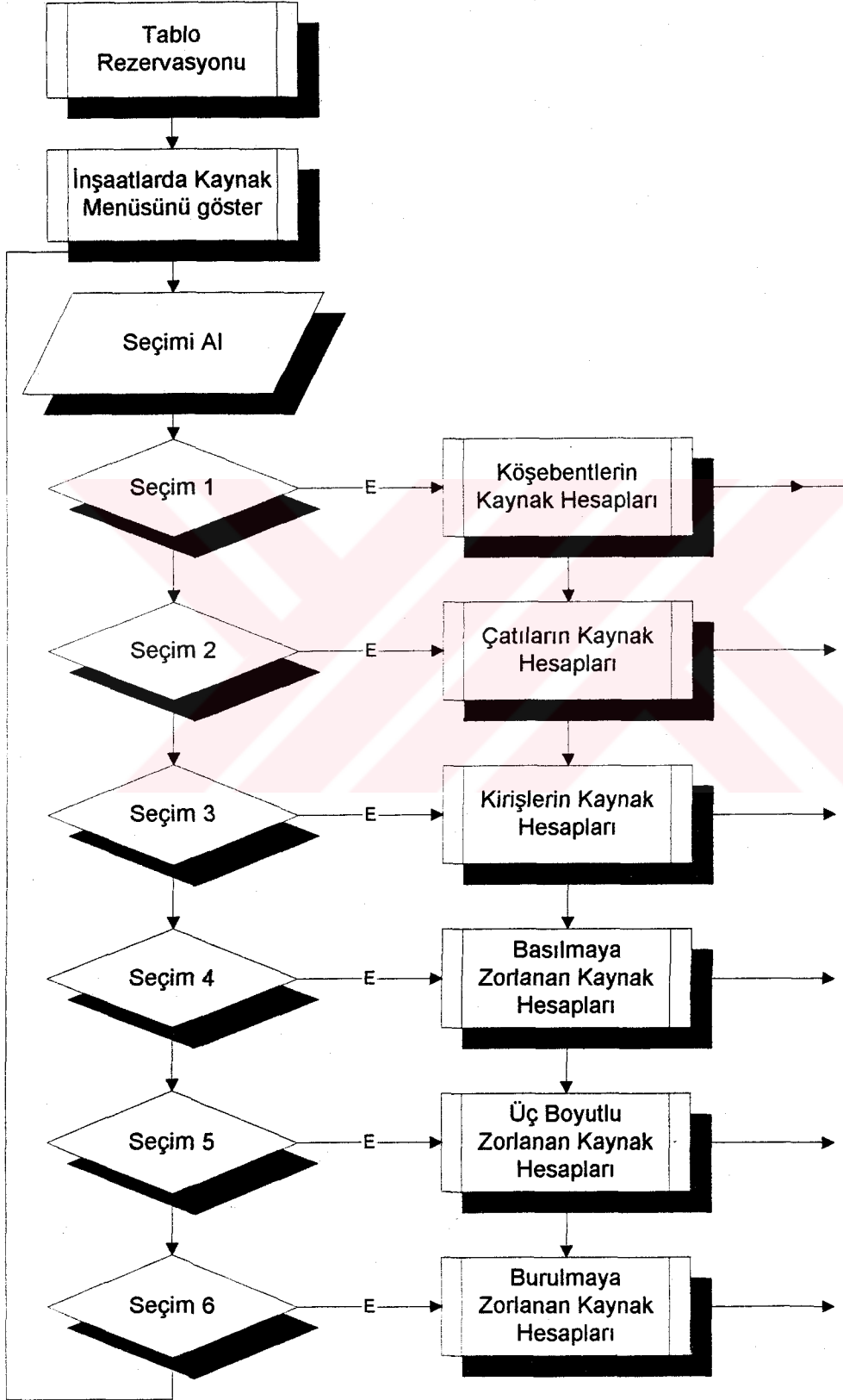
Ek 1- Bilgisayar akış diyagramı



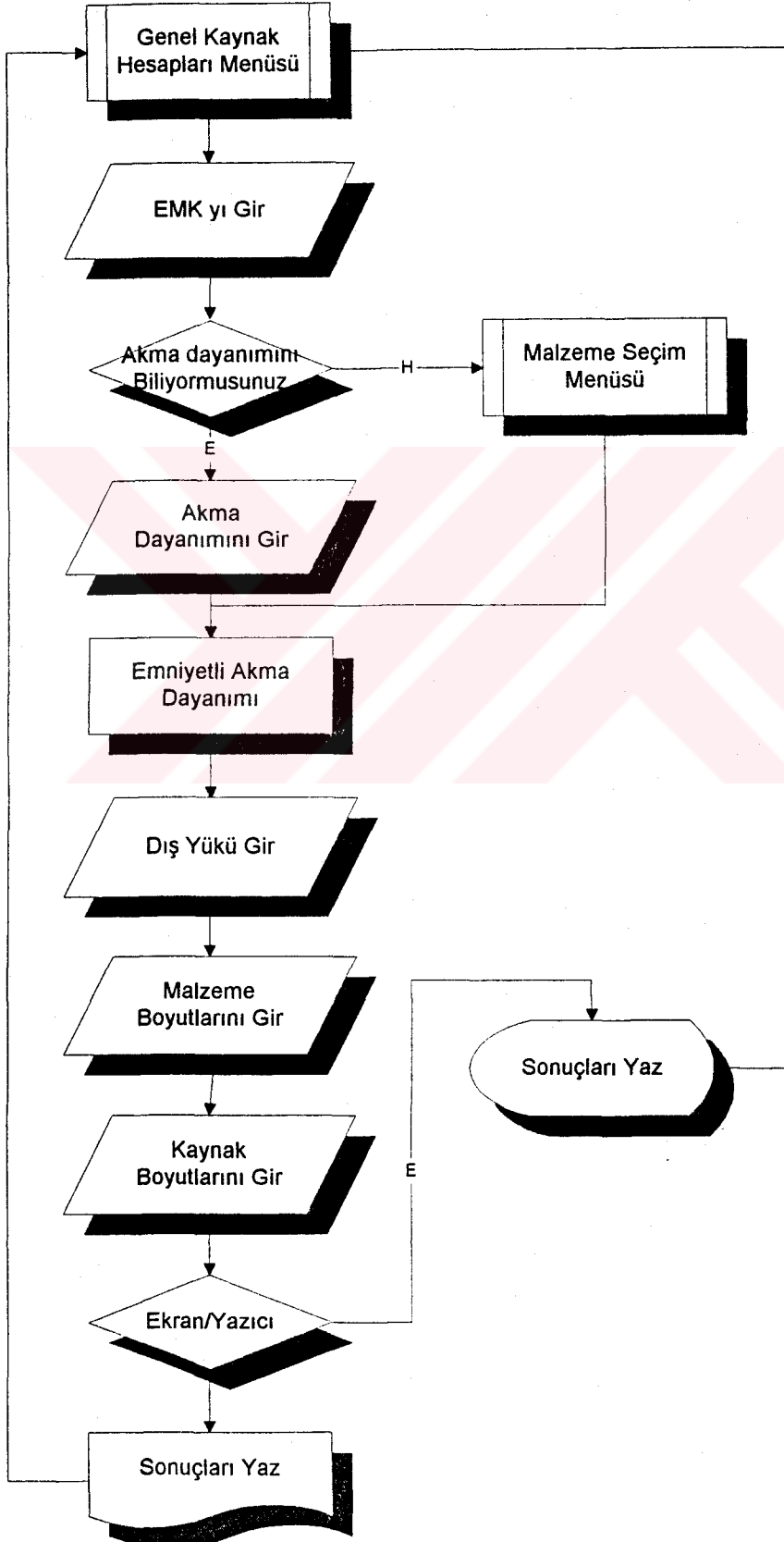
Normal Kaynak İşlemleri menüsü



İnşaatlarda Kaynak Hesapları



Ek 1- Bilgisayar akış diyagramı

Eğilmeye Zorlanan
Kaynaklar

Elektrot Sarfiyat Hesapları

