

"DİKİŞLİ ve DİKİŞSİZ BORU İMALATI"

Sedat Erden

Yüksek Lisans Tezi

Makina Mühendisliği Anabilim Dalı

1991

Sedat ERDEN'in YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı "DİKİŞLİ ve DİKİŞSİZ BORU İMALATI" başlıklı bu çalışma, Jürimizce Lisansüstü Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

.13../.03../ 1991

Üye : Prof.Dr.Erdoğan FIRATLI

Üye : Yrd.Doç.Dr.Nedret AYDINBEYLİ

Üye : Yrd.Doç.Dr.Nermin KURŞUNGÖZ (DANIŞMAN)

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun **13. MART** 1991  
gün ve **270-23** sayılı kararıyla onaylanmıştır.

**Prof. Dr. Rüstem KAYA**

Enstitü Müdürü

DİKİŞLİ ve DİKİŞSİZ  
BORU İMALATI

Sedat Erden

Anadolu Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca  
Makina Mühendisliği Anabilimsel  
İmalat ve Konstrüksiyon Bilimselinde  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Olarak hazırlanmıştır

Danışman : Y. Doç. Dr. Kerim Kurşunçü

Eylül - 1990

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET .....	iii
ABSTRACT .....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	v
SİMGELER ve KISALTMALAR .....	viii
TEŞEKKÜR .....	ix
1.0- GİRİŞ .....	1
1.1- TANIM .....	1
1.2- BORU ÇEŞİTLERİ .....	1
1.3- BORU NORMLARI .....	2
2.0- DİKİŞLİ BORULAR .....	3
2.1- İMALAT .....	3
2.1.1- Baskı Kaynağı .....	4
2.1.2- Ark kaynağı .....	4
2.1.3- Eindirme Direnç Kaynağı .....	5
2.1.4- Alçak Frekanslı Direnç kaynağı .....	6
2.1.5- Yüksek Frekanslı Direnç Kaynağı .....	8
2.1.6- Endüksiyonlu Direnç Kaynağı .....	9
2.1.7- Gazaltı Kaynağı .....	10
2.1.8- Tozaltı Kaynağı .....	11
2.1.9- Spiral Dikişli Boru Kaynağı .....	12
2.1.10-Gaz Ergitme Kaynağı .....	13
2.1.11- Ergitme ve Baskı Kaynağı .....	14
3.0- DİKİŞSİZ BORULAR .....	15
3.1- İMALAT .....	15
3.1.1- Döküm Yöntemi .....	15
3.1.2- De Lavaud Yöntemi .....	15
3.1.3- Moor Yöntemi .....	16

	<u>Sayfa</u>
3.1.4- Common yöntemi .....	17
3.1.5- Ekstrüzyon Yöntemi .....	18
3.1.6- Haddeleme Yöntemi .....	22
3.1.7- Soğuk haddeleme Yöntemi .....	33
3.1.8- Sıcak Haddeleme Yöntemi .....	40
3.1.9- Mannesmann Yöntemi .....	43
3.1.10-Stiefel Yöntemi .....	49
3.1.11-Erhadt Yöntemi .....	56
3.1.12-Hoeckner Yöntemi .....	65
4.0-BORU İMALATINDA DİĞER İŞLEMLER .....	67
4.1- SON İŞLEMLER .....	67
4.1.1- Baraltma .....	67
4.1.2- Geniçletme .....	69
4.1.3- Kalibrasyon ve Düzeltme .....	72
4.1.4- Boy kesme, Diş açma ve Kaplama .....	83
4.2- KALİTE KONTROLÜ .....	84
4.2.1- Tahribatsız Muayene .....	84
4.2.2- Ultrasonik Muayene .....	85
4.2.3- Endüksiyon Akım Metodu .....	87
4.3- BORU İMALAT YÖNTEMLERİNİN MUKAYESESİ .....	89
4.3.1- Dikişli ve Dikişsiz Boru İmali .....	89
4.3.2- Haddeleme, Ekstrüzyon ve Döküm .....	90
5.0-BORU İMALATINDA YENİLİKLER .....	92
5.1- DÜNYADAKİ DURUM .....	92
5.2- ÜLKEMİZDEKİ DURUM .....	94
6.0-SONUÇ .....	100
7.0-TARTIŞMA .....	101
8.0-ÖNERİLER .....	102
KAYNAKLAR DİZİNİ .....	103
EKLER	

## ÖZET

Mühendislikte, kullanım amacı ve kullanım yerine göre değişik malzemelerden, değişik usullerde boru imalatının önemli bir yeri vardır. Tezimizin esas konusu dikişli ve dikişsiz çelik borulardır. Dikişli boruların yetersiz olduğu yerlerde, daha kaliteli, daha hassas olan dikişsiz çelik borular kullanılır.

Dikişli borunun maliyeti avantaj iken, basınca dayanıklılığı dezavantajdır. Bu nedenlerle iki tip borunun da imalatında dikkat edilecek noktalar çoktur.

Boru imalatında malzeme seçiminden, kalite kontrolü ve kullanıcıya arzına kadar, tasarımcı, metallurjist, imalatçı gibi her dalda kişiler çalışır. Amaç, her yönden kusursuz boru imalatıdır.

Bu tezde: boru çeşitleri, normları, imal usulleri, kalite kontrol yöntemleri ve Dünyadaki durum ile Ülkemizdeki durum, yeni uygulamalarla birlikte araştırılıp işlenmiştir.

## ABSTRACT

It plays a very important role that pipes are manufactured from various materials and in different ways of processes according to the purpose and place of use. The main subject of this thesis is seamy and seamless steel pipes. In the place that seamy pipes are not sufficient seamless steel pipes are used. The cost of seamy pipes is an advantage but failure to pressure is disadvantage. That's why there are alot of points to pay attention in the manufacture of both types.

In the manufacture of pipes a lot of qualified people are employed in a wide range of departments from material supply to quality control, design, manufacture and delivery.

In this thesis , sorts of pipes, the relevant norms, manufacture types, quality control kinds, and the progresses in Turkey and in the world are studied with their new applications.

## ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 - Ark kaynağı uygulaması .....	4
2.2 - Ark kaynağı uygulaması .....	5
2.3 - Bindirme direnç kaynağı .....	6
2.4 - Alçak frekans direnç kaynağı .....	7
2.5 - Yüksek frekanslı direnç kaynak düzeni .....	8
2.6 - Endüksiyonlu Yüksek frekans direnç kaynağı..	9
2.7 - Koruyucu gazaltında kaynak işlemi .....	10
2.8 - Tozaltı kaynağı .....	12
2.9 - Spiral dikişli boru kaynak işlemi .....	12
2.10- Gaz ergitme kaynağı .....	13
3.1 - Savurma döküm De lavaud makinası .....	16
3.2 - Savurma döküm diğer şekli .....	16
3.3 - Commen Yöntemi .....	17
3.4 - Çok az koniklik verilmiş bir malafa .....	18
3.5 - Dibi konik malafa .....	19
3.6 - Burcun ekstrüzyon işleminde durumu .....	20
3.7 - Malafanın merkezlemesi .....	20
3.8 - Kalibre ayarı .....	23
3.9 - İki ve üç yufkaçla haddeme .....	25
3.10- Peşpeşe düzenlenmiş 2 ve 3 yufkaçlı kalibre	26
3.11- Boyuna uzatma ve baskısında ana gerilme ....	27
3.12- Tek motorlu indirgeme tesisat düzeni .....	29
3.13- Elektrik motorlu ve diferansiyel mekanizmalı düzin	30
3.14- Tek trifaze motor, pompa ve diferansiyel ...	31
3.15- Konik dişli çarklı 3 yufkaçlı indirgeme ....	32
3.16- Soğuk hadde tesisatı düzeni .....	35
3.17- Singer hadde tezgahı .....	37



<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.18 - Kaldırma düzenli hadde sistemi .....	38
3.19 - Yufkaçlı hadde .....	39
3.20 - Paralel hadde .....	39
3.21 - Eksantrik iki yufkaç yüzüklü hadde .....	40
3.22 - Analitik olarak yufkaç ve blok ilişkisi .....	41
3.23 - Sıcak hadde yöntemiyle dikişsiz boru imali ....	42
3.23a- Malafa tertibatı ve kısımları .....	43
3.24 - Komple kademeli yufkaçlama tesisatı .....	43
3.25 - Çokgen bir bloğun delinmiş durumu .....	44
3.26 - Bloğun preste zimba ile delinmesi .....	45
3.27 - Kademeli yufkaçlamada bloğun haddesi .....	45
3.28 - Kademeli yufkaçlama işlemi .....	46
3.29 - Kademeli yufkaçlamada işlem sıraları .....	47
3.30 - Komple bir besleme tertibatı ve kısımları .....	48
3.31 - Mannesmann yönteminde klavuzlar ile çalışma ...	49
3.32 - Stiefel yönteminde komple hadde tesisatı .....	51
3.33 - Hadde düzleminin vektör diyagramı hareketi ....	51
3.34 - Stiefel yönteminde eksenler .....	52
3.35 - Stiefel yönteminde 60° konik açı .....	52
3.36 - Stiefel yöntemiyle normal boru imali .....	53
3.38 - Stiefel yönteminde klavuzlar .....	54
3.39 - Stiefel yönteminde yufkaç ölçüsü .....	54
3.40 - Stiefel yöntemiyle yufkaçlamada hız bileşenleri	55
3.41 - Erhardt yöntemiyle boru imali sırası .....	56
3.42 - Erhardt yönteminde yatay presle itme .....	57
3.43 - Erhardt itme tezgahı .....	59
3.44 - Yufkaçlı dönme kalibresi .....	60
3.45 - Şematik olarak itme tezgahı delme hızı .....	61
3.46 - Yatay boru çekme presleri .....	62

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.47 - 3 Konik yufkaçlı çekme mekanizması .....	63
3.48 - 3 Yufkaçlı düzen ve yufkaçlama etkisi .....	64
3.49 - Roeckner yöntemi ile yufkaçlama .....	66
3.50 - Her çift yufkaçtan birinin boru içinde bulunuşu	66
4.1 - Malafa üzerinde çekme .....	68
4.2 - Malafa başı üzerinde çekme .....	69
4.3 - Boruların Erhadıt yöntemiyle genişletilmesi ...	70
4.4 - Boruların eğik yufkaçlama yöntemiyle genişletilişii	71
4.5 - Farklı iki kalibre çeşidi için cidar azalması	72
4.6 - Cidar kalınlığının artışı .....	73
4.7 - Malafa ile soğuk haddelenmiş boru .....	73
4.8 - Dönme kalibrelerinde malafa görünüşü .....	74
4.9 - Malafa ile haddelenmiş blok boşlukları .....	75
4.10 - Yüksek itme imkanları .....	76
4.11 - Malafanın sürtünme kuvveti .....	77
4.12 - Çeşitli taban profilleri .....	78
4.13 - Şematik olarak çarpma tezgahı .....	79
4.14 - Boruların düzgünleştirilmesi .....	80
4.15 - Eğik yufkaçlama tertibatında boru eşitliğı	82
4.16 - Boruların doğrultma presi ile doğrultulması ..	82
4.17 - DIN 2559 a göre boru kaynak ağzı .....	83
4.18 - Ultrasonik muayene metoduyla dikişsiz boruların muayenesi	85
4.19 - Endüksiyon akım metoduyla dikişsiz boru muayenesi	88
5.1 - Ekstrüzyonda boru imalatı ve donatımları .....	95
5.2 - Ekstrüzyon boru imalat aşamaları .....	96
5.3 - Bloğun bobinle tavllanması .....	97

## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

- L : Boy (mm)  
 F : Yüzey ( $\text{mm}^2$ )  
 V : Hacim ( $\text{mm}^3$ )  
 D, d : Çap (mm)  
 R, r : Yarı çap (mm)  
 P : Basınç ( $\text{Kp}/\text{mm}^2$ )  
 G : Normal gerilme ( $\text{Kp}/\text{mm}^2$ )  
 S : Cidar kalınlığı (mm)  
 $G_l$  : Boyuna gerilme ( $\text{Kp}/\text{mm}^2$ )  
 $G_t$  : Teğetsel gerilme ( $\text{Kp}/\text{mm}^2$ )  
 $d_a$  : Dış çap (mm)  
 $d_i$  : İç çap (mm)  
 $\times$   $\epsilon_{\text{max}}$ : max boyca uzama (%)  
 $D_i d$  : İdeal yufkaç dış çapı (mm)  
 $d_m$  : Ortalama boru çapı (mm)  
 $V_o$  : Bloğun giriş hızı (mm/S)  
 $V_l$  : Bloğun çıkış hızı (mm/S)  
 C : Kalibre formu (mm)

## TEŞEKKÜR

İmalât ve Konstrüksiyon Bilim Dalında Yüksek Lisans eğitiminin sırasında ilgimi çeken konulardan birisi "Boru imalatı" idi.

"Dikişli ve Dikişsiz Boru İmalatı" Başlıklı tez çalışmalarım sırasında Yerli, Yabancı, kitap, broşür, katalog, makale ve standartlardan yararlandım.

Konu çok geniş. Uzun zamanımı aldı. Hazırladığım metin, şekil ve tablolar büyük bir hacim oluşturdu. Zamanımızın sınırlı oluşu nedeniyle fazla detaya girmeden bütün imalat yöntemlerinden, bunların kontrolünden, ilgili normlarından sözetmeye çalıştım.

Tez çalışmalarımında, başta anlayış ve desteğini esirgemeyen Sayın Hocam, Y.Doç.Dr. Nermin Kurşungöz olmak üzere MKE ve BORUSAN yetkililerine teşekkür etmek isterim.

## 1.0\_ GİRİŞ

### 1.1- TANIM

Borular, akışkanların naklinde, hava, su gaz gibi gaz veya sıvı haldeki cisimlerin iletimlerinde kullanılmalarının yanısıra, bunlarla enerji üretimi, kuvvet iletiminde de vaz geçilmez elemanlardır. Endüstrilerin bir anlamda kan damarlarıdır.

Konutlarımızda her an musluğu açtığımızda akan su, borularla bize ulaşmakta, kalorifer kazanında ısınan suyun sıcaklığını odamıza borular getirmekte, hidrolikle çalışan ağır iş makinalarının mafsallarına basınçlı yağı borular iletmektedir. Elektrik kablolarını ezilerek büyük kazalardan borular korumakta, pis su ve çevre kirletici sanayi atıklarını borular uzaklaştırmakta, ortadoğu petrolü ile Sibiryaya doğalgazını en ekonomik ve güvenli şekilde borular iletmektedir. (1)

### 1.2- BORU ÇEŞİTLERİ

Yapıldıkları malzeme cinsine göre :

- Çelik borular (kaplamalı ve paslanmaz)
- Plastik borular
- Bakır borular
- Piring borular
- Alüminyum borular
- Beton borular
- Bitümlü borular
- Pişirilmiş toprak borular

Kullanım amaçlarına göre :

Akışkan ileten borular

Enerji ileten borular

Güç ileten borular

Yük taşıyan borular

İzolasyon boruları

Fleksibil borular

Boruların en çok kullanılanları ve tezimizin konusunu teşkil eden çelik borulardır. Zamanımıza kadar en çok kullanılanları bunlar olmuş bundan sonra da böyle olacaktır.

### 1.3- BORU NORMLARI

En çok kullanılanlar akışkan ve güç ileten çelik borular, normlara göre imal edilirler.(9)

Bu normlar şunlardır :

- Genel kullanım amaçlı borular
  - DIN 1626
  - ASTM A53
  - TS 416
- Dişli - Manşonlu Gaz ve Su boruları
  - DIN 2440 - 2441
  - ASTM A120
  - ISO 65
  - TS 301
- Kazan ve Eşanjör boruları
  - DIN 1626
  - ASTM A 178 - 214
  - TS 416
- Profil borular
  - DIN 59411
  - ASTM A 500

## 2.0 - DİKİŞLİ BORULAR

Dikişli borular normal ark kaynak metoduyla imal edildiği gibi otomatik direnç kaynak makinalarında seri olarak da imal edilebilir.

Dikişsiz borular ise haddelene veya ekstrüzyon yöntemleriyle imal edilir. Büyük çap ve uzun boy istendiğinde haddelene yöntemi tercih edilir. Ekstrüzyon yöntemi daha ziyade küçük çap, ince cidar ve kısa boylar ile özellikle demir olmayan metal ve alaşımlardan borular için tercih edilmektedir.

### 2.1- İKALÂT

Sürekli dikişli boru imali düzeltilmiş seriti veya kalın sacı sürekli boyda kaynak edilmeye hazır boru haline ve öngörülen geometriye getirme işlemidir. (2)

İlk önce, imal edilecek boru çapına uygun olarak sac seritler kesilir.

Sac seritlerin genişliği şu genel formülle tayin edilir

$$B = \pi (d + r - s) + a$$

B : Band genişliği (mm)

d : Boru dış çapı (mm)

r : Kalibredeki çap indirgenmesi (mm)

S : Boru et kalınlığı (mm)

a : Kaynak esnasında erimeden dolayı baskı makaralarının yaptığı kayıp (mm)

Boru profillendirilmesi 60 yıldan beri endüstriyel olarak yapılmasına rağmen, şekil değiştirme formu teknik açıdan uygun yöntemlerle ele alınmış değildir.

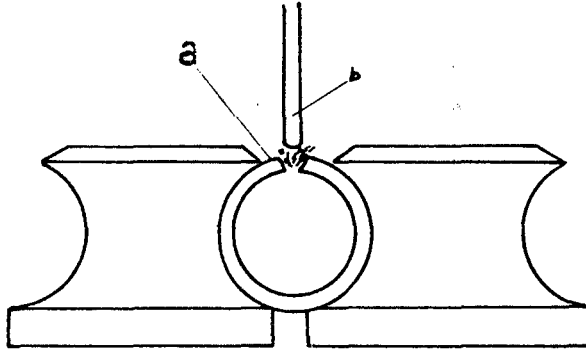
### 2.1.1 Baskı kaynağı

Bu metodla çeşitli direnç kaynak metodlarıyla boru birleşme kenarları erime noktasına kadar ısıtılır ve bu esnada boru, baskı makaralarının arasından geçerken basıncın etkisiyle kaynak edilmiş olur.

### 2.1.2 Ark kaynağı

Bu yöntemlerde ; sağ seritlere boru formu verildikten sonra boru birleşme kenarları bir ark kaynağı yöntemi ile ergitilir ve baskı haddelerinin arasından geçerken bu ergimiş kenarlar birleşerek kaynarlar.

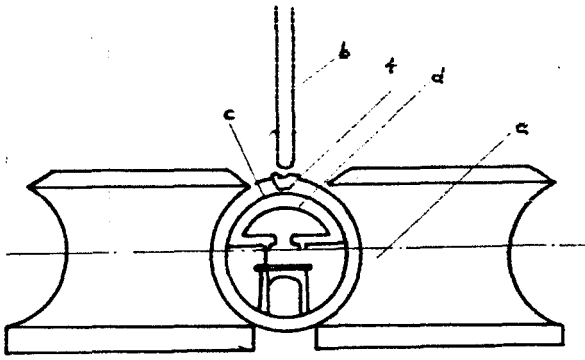
Ergitme işlemi için ark, ya ergimeyen bir elektrodla boru malzemesi arasında oluşturulur ve boru kenarlarının erimesiyle kaynak yapılır veya ergiyen bir elektrodla boru malzemesi arasında oluşturulur. Birleştirme, ilave malzeme ile sağlanır. Şekil - 2.1 ve 2.2 de iki ayrı ark kaynağı uygulaması görülmektedir.



Şekil - 2.1 Ark kaynağı uygulaması (3)

a- Kaynatılmaya hazır boru, b- Ergimeyen grafik elektrod veya tel elektrod





- a- baskı makarası
- b- tel elektrod
- c- kaynak edilen boru
- d- bakır pabuç
- t- ark bölgesi

Şekil - 2.2 Ark kaynağı uygulaması (3)

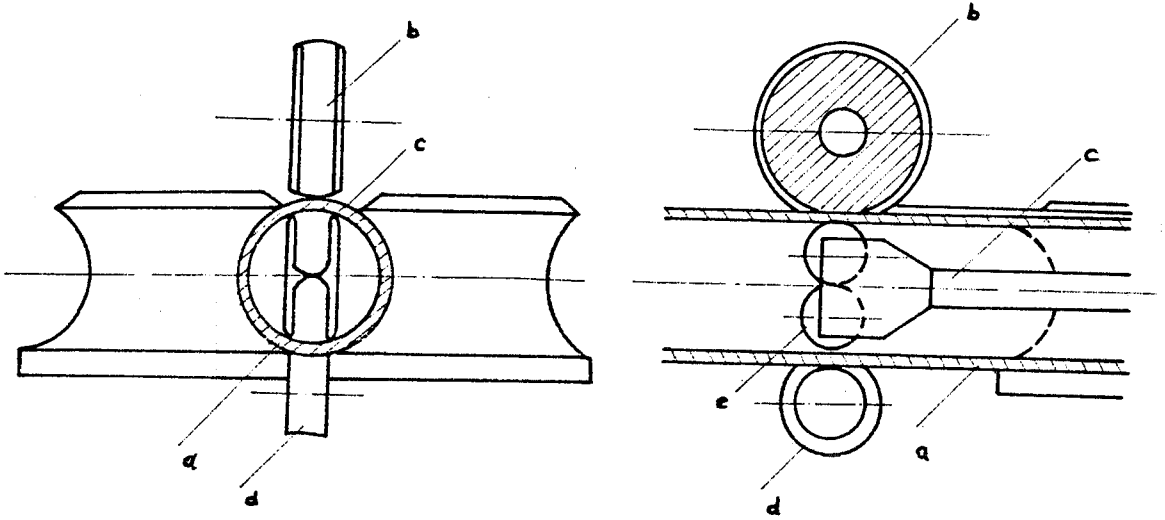
Şekil - 2.1 dekinin aynısıdır. Fakat boru içerisinde su ile soğutulan bakır pabuç vardır. Ergiyen telin bakır üzerine düşmemesi lazımdır. Malzeme ile tel elektrod arasındaki ark, tel elektrodun erimesiyle ve malzeme olarak borunun birleşen kenarlarını kaynatır. Tel elektrod sabit bir noktadan hareket halinde olan borunun birleşen kenarları üzerine eriyerek her iki kenarın kaynamasını sağlar. Dikkat edilecek husus, elektrod parça üzerinde erimeye başladığında havanın oksijeni ile beraber yanmayı oluşturur. Bundan ötürü de kaynak dikişinde oksitlenmelere yol açar.

### 2.1.3 Bindirme Direnç Kaynağı

Şekil -2.3'de görüldüğü gibi şerit halindeki sac, muhtelif kıvrırma makinalarından geçerek birleşecek kenarları boru halinde birbiri üzerine bindirilir. Daha sonra alçak gerilimli ve yüksek akım şiddetli elektrik, borunun içindeki ve dışındaki elektrodla tatbik edilir. Bu suretle iki elektrod arasında kalan borunun birbiri üzerine bindirilen kenarları elektriksel güç ile kaynak derecesinde ( $1400^{\circ}$  C) ısıtılır.

Bu sıcaklıkta aynı zamanda baskı görevini gören elektrodlar her iki kenarı birbirine kaynatırlar. Ancak şerit hazırlanırken bindirilen kenarların oldukça temiz olması gerekmektedir.

Zira elektrodların banda elektrik akımını rahatça geçirmesi, büyük dirençlerle karşılaşmaması gerekir.



Şekil - 2.3 Bindirme direnç kaynağı (3)

- a- Kaynak yapılacak boru, b- Dış elektrod, c- Elektrik akım gelişi  
 d- Mesnet makarası  
 e- Boru içerisindeki elektrod

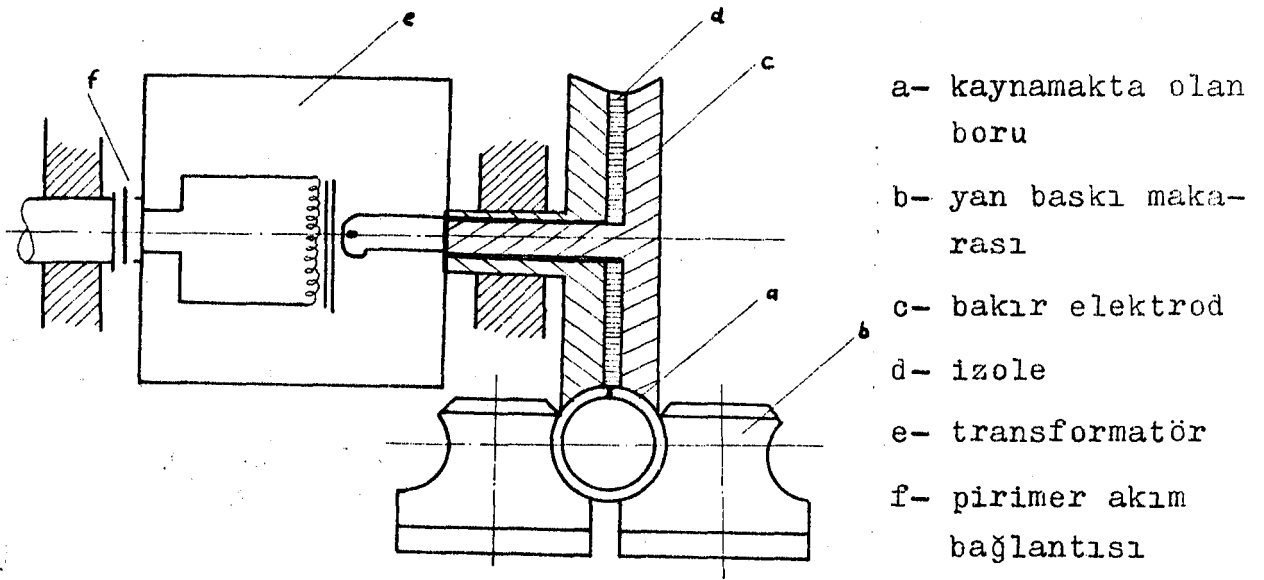
Kaynak akımı, kademeli transformator veya tek fazlı alternatif jeneratörden sağlanır. Son zamanlarda üç fazlı olarak da kaynak transformatorüne bağlanabilmektedir.

#### 2.1.4 Alçak Frekanslı Direnç Kaynağı

Bu metotta 50 - 400 Hz.lik çalışma frekansları kullanılır. Kaynak akımı, araları izole edilmiş iki bakır diskten meydana gelen elektrod üzerinden borunun birleşecek iki ağı üzerine iletilir. Bu direnç, kenarların kaynak sıcaklığına kadar ısınmasını sağlar. Faskı makaraları ve disk elektrod vasıtası ile ısınan kenarlar birbirine kaynar. Bu sırada boru malzemesi, içe ve dışa doğru yitilerek dikişi oluşturur.

Borunun % 50 - 80'ini kavrayan elektrodun altındaki bas-kı makaraları, boruya dik olacak şekilde yana doğru ileri geri ayarlanabilirler. Bu suretle boru, ortadan izole edilmiş iki elektrodun tam ortasından tutularak direnç kaynağı sağlanır.

Burada elektrik direnciyle elde edilen ısı, joule kanu-nundan faydalanılarak elde edilir.



Şekil - 2.4 Alçak frekans direnç kaynağı (3)

Kaynak akım, kaynak hızı ile et kalınlığı arasındaki ilişki şu denkleme göre uygulanır :

$$I : 2600 \cdot s \cdot 1,25 \sqrt{V}$$

I : Sekonder akım şiddeti (A)

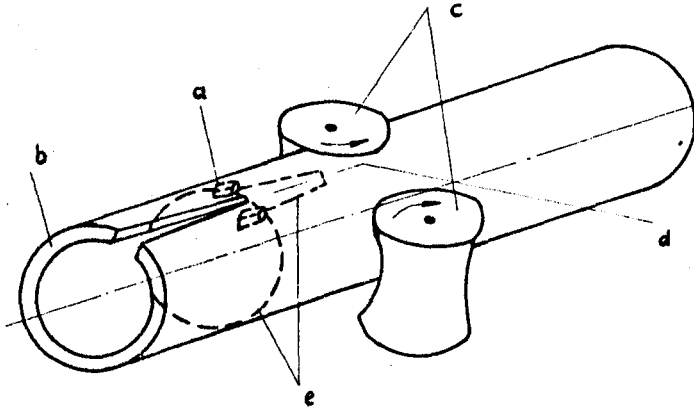
S : Boru et kalınlığı (mm)

V : Kaynak hızı (m/dak)

Bu metotla 5'ina den 500 mm. çapa kadar 0,5 - 8 mm.et kalınlıklarında ve et kalınlığına bağlı olarak 90 m/dak kaynak hızında boru imal etmek mümkündür.

### 2.1.5 Yüksek Frekanslı Direnç Kaynağı

Bu yöntem 1960 yılının başında Almanya'da uygulanmış ve daha ileriki yıllarda alçak frekans direnç kaynağına karşı üstünlük sağlamıştır. Bu yöntemin çöze çarpan özelliği 300-500 Hz'lik yüksek frekans bölgesinde çalışılmasıdır. Böylece alçak frekans direnç kaynağında görülen frekans atlaması efekti bu yöntemde görülmez. (Şekil - 2.5)



Şekil - 2.5 Yüksek frekans direnç kaynak düzeni(2)

- a) Yüksek frekans kontaktörü b) Boru c) Faskı rölesi  
d) Kaynak noktası e) Akım geçişi

Bir generatörden beslenen yüksek frekanslı alternatif akım direkt olarak boruya gönderilir. Ve bir kenarındaki kayar elektrodan kaynak noktasına gider. Oradan diğer kenardaki kayan elektroda döner.(2)

Yüzey efekti ve civar bölge efekti (V) şeklinde birbirine yaklaşan kenarlarda akımın konsantre olmasını çok kolaylaştırır. Böylelikle kaynak sıcaklığına ulaşılmaktadır. Turadan sonra kenarlar beski makaraları tarafından sağlanan basınçla

bastırılır ve kaynak edilmiş olur. Bu yöntemle kaynak işleminde sabit kaynak sıcaklığı bünye değişmesi gibi olayların çok az olması ve çok yüksek kalitede kaynak dikişi sağlanması yalnız çelik saçların kaynağında değil hemen hemen bütün metallerin kaynağında kullanılmasını mümkün kılmaktadır.

### 2.3.6 Endüksiyonlu Direnç Kaynağı

Şekilde görüldüğü gibi kaynak edilecek boru ok (→) istikametinde kaynak dikişine sürülür ve baskı makaraları tarafından beslenen yüksek frekanslı akım endüksiyon bobini etrafında bir elektromanyetik alan meydana getiriyor. Bu manyetik alan boru çevresinde bir akım meydana getirir. Yarığın açık kısmında akım devresi saptırılır. Ve akım (a) kenarı üzerinden (6) noktasına oradanda (b) kenarı boyunca indüktör düzlemine döner.

Sonra borunun arkasından dolaşarak devreyi tamamlar. Yüksek frekanslı akıma özgülü olan yüzey efekti ve civar bölge efekti dolayısıyla akım, kenarların dış yüzeyinde konsantre olarak çıkar. Böylece bu kenarlar ısınır. Baskı makaraları ısınan kenarları birbirine bastırarak kaynamasını sağlarlar.

I- kaynamakta olan

boru

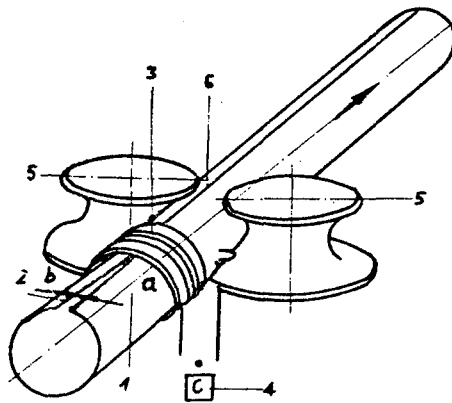
2- boru açık ağzı

3- indüktör

4- generatör

5- basınç röleleri

6- kaynak noktası

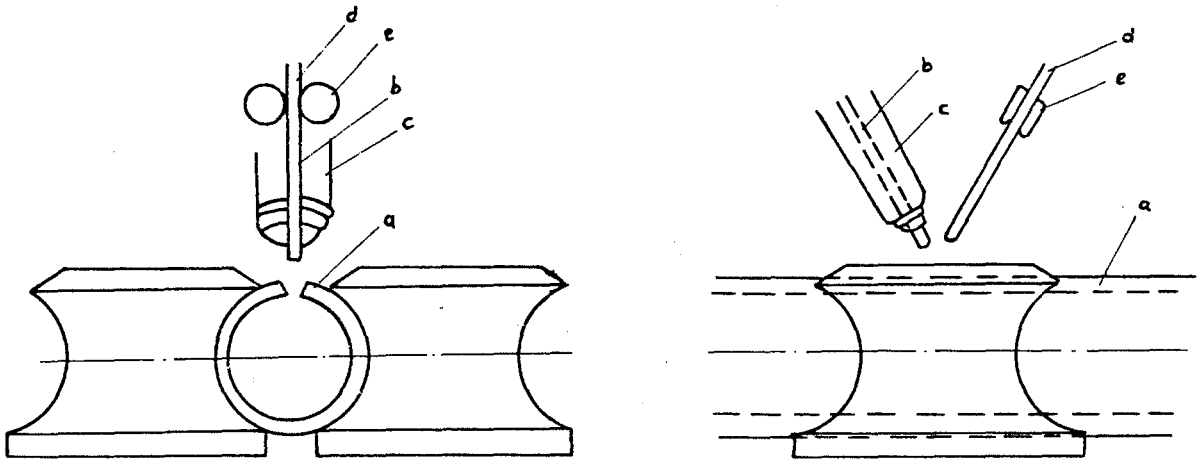


Şekil - 2.6 Endüksiyon yüksek frekans direnç kaynağı (2)

Boru dövdesindeki akım ve güç yoğunluğu düşüktür. Çünkü akım ve güç hayli geniş bir alana yayılır. Birleşme noktasına doğru boru kenarları üzerinde akım yoğunluğunun arttırılması ve keza aynı kısımda metal ısısının etkisinin çoğalması ile ön ısıtma artar. Bu yoğunluk arttırılması daha ziyade her iki kenarda erimeye yardım eder. Erime etkisini arttıran nedenler arasında boru kenarları arasındaki mesafenin azlığı ve frekansın yüksek olması sayılabilir.

### 2.1.7 Gazaltı Kaynağı

Bu kaynak metodunda koruyucu argon gazı altında erimeyen elektrod şekilde görüldüğü gibi doğru akımla kaynak yapılacak boru malzemesi arada ark meydana getirir. Bu suretle ya ilave malzeme kullanılır veya hiç kullanılmadan meydana gelen arkın teşkil ettiği sıcaklık, borunun birleşecek kenarlarını  $1400^{\circ}\text{C}$  civarında ısıtır.



Şekil - 2.7 Boruyucu gaz altında kaynak işlemi (2)

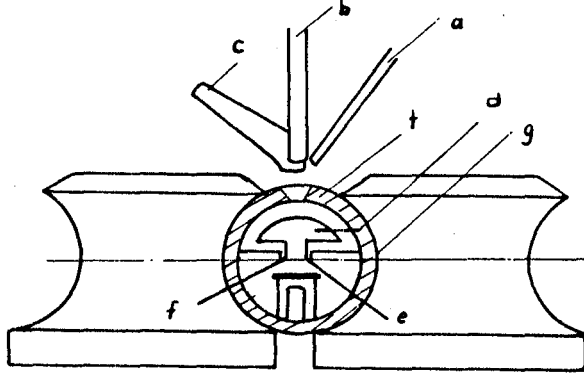
- a- İyileştirilecek boru      b- Tungsten elektrod      c- Koruyucu gazın  
d- Kaynak çubuğu              e- Tel için sevk              verilici  
   makarası

Bu sıcaklıkta erimeye yüz tutan boru birleşme kenarları yan baskı makaralarının presleme kuvvetiyle birbirine kaynatılır. Koruyucu gaz olarak kullanılan argon gazı  $Q_2$  ve  $N_2$ 'nin kaynak esnasında yanarak kaynak dikişi üzerinde yapacağı oksidasyonu önler. Takriben dakikada 3 - 10 litre argon gazına ihtiyaç vardır.

Bu yöntemde çok sağlam kaynak dikişi elde edilir. Şayet ilave malzeme kullanılacaksa, bunun muhakkak kaynak yapılaşık malzemenin alacağı olmasi aynı özellikleri taşıması şarttır. Aksi halde kaynak dikişi ile ana malzeme arasında meydana gelecek özellik farkları kaynağın sağlam veya çok zayıf bir dikiş olmasına neden olur. Bu yöntemle yüksek kaliteli çeliklerin, mesela paslanmaz çeliklerin ve ısıya mukavim alaşımlı çeliklerin kaynağı mükemmel olur.

#### 2.1.8 Tozaltı Kaynağı

Bir elektrik ertitme kaynağı metodu olan tozaltı kaynağında ark örtülüdür. İlave malzeme olarak makaraya sarılmış saf kaynak teli kullanılır. Bu kaynak teli makaralarla ertitme hızına uygun olarak kaynak banyosuna sürülür. Kaynak akımı, tutucu kayan çeneler vasıtasıyla kaynak teline iletilir. Ve boruya bağlanan toprak hattı ile devre tamamlanır. Elektrik arkı ilerleyen kaynak telini ve kaynak ağızlarını ertitir. Dökülen kaynak tozunun bir kısmı ark ısısının etkisi ile erir ve sıvı bir cüruf örtüsü meydana getirir. Bu cüruf örtüsü kaynak banyosunu atmosfer etkisinden korur ve çabuk soğumayı önler. Cüruf, dikiş soğuduktan sonra kolaylıkla dikiş üzerinden ayrılır. Kaynak telinin ve tozunun kimyasal bileşimi, boru malzemesine göre tayin edilir. Şekil-2.8 de tozaltı kaynağı görülmektedir.



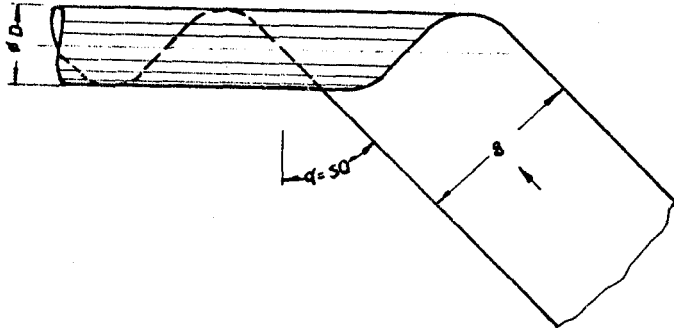
Şekil - 2.8 Tozaltı Kaynağı(4)

- a) Kaynak tozunun sevki    b) Tel elektrod    c) Emme borusu  
d) Lakır pabuç                    e) Soğutma suyu    f) Suyun giriş ve  
g) Kaynatılacak boru    çıkışı

Bu yöntem boru kaynağında tek elektrodla, iki elektrodla ve üç elektrodla **tandem** dizilişiyle kullanılır. İki veya üç elektrodla kaynak işleminde tek elektrodla göre nispeten yüksek ergime gücü sağlanır. Bu ergime gücü kaynak hızını 1:1,4:2 oranında artırır.

#### 2.1.9 Spiral Dikişli Boru Kaynağı

Spiral boru imalinde, sağ istenen boru kesitine göre belli bir açıda sürekli olarak sabit kalan eğrilik yarıçapı ile boş bir silindir olarak sarılır ; Şerit kenarlarının birleşme noktaları bir helis meydana getirir. Şerit genişliğinin boru çapına oranı  $\pi'$  den küçük olmalıdır.



Şekil - 2.9 Spiral dikişli boru kaynak işlemi(4)



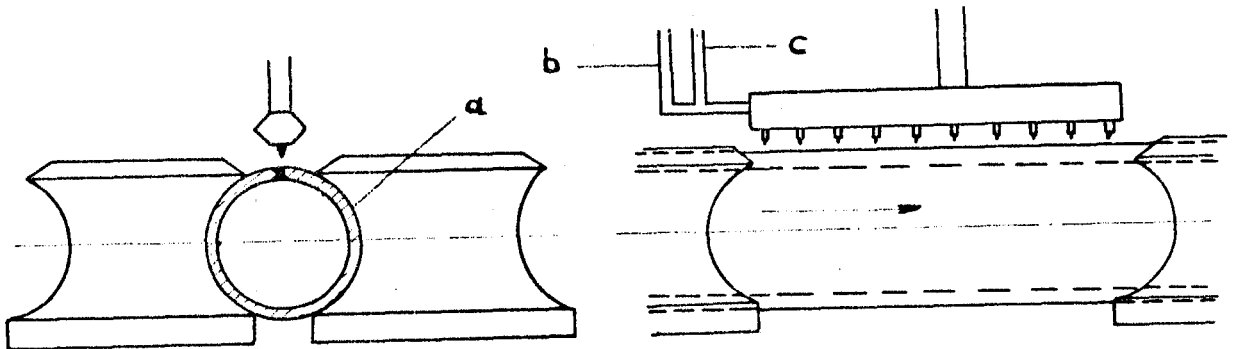
Boru çapını meydana getiren eğim açısı ( $\alpha$ ) pratikte  $50^\circ$  alınır. Bu sınırlamaların dışında boru çapı ile seritin eni arasında başka bir ilgi aranmaz. Böylece büyük çaplı borular oldukça dar seritten imal edilebilir. Bugünkü teknoloji ile çalışılan çap aralığı 100 mm den 3000 mm. ye kadardır. 18 mm. et kalınlığına kadar ana malzeme olarak 2000 mm. enine kadar sıcak çekilmiş sac kullanılır. 25 mm. et kalınlığına kadar uzun ve kalın saclar (20 m'den 30 m'ye boyunda ve 3500 mm. ye kadar genişliğinde) kullanılır.

İşlem olarak sürekli bir bükme, kaynak yapma prosesinde sıcak hadde ürünü enli sac veya kalın sac spiral boru tesisinde şekilde görüldüğü gibi sonsuz bir serit olarak peş peşe kaynaklanır. Düzeltilir. Kenarlara uygun kaynak açısı açılır.

Hareketli bir çekme haddesi bandı  $\alpha$  açısına göre yerleştirilmiş bükme tezgahına iter. Bu tezgah genellikle band gelis düzleminde bulunan üçlü tertip bükme haddesi ile iç ve dış bant makaralarından meydana gelir. Baskı makaraları boru eksenini tesbit eder ve büküm borunun eğimini sağlarlar.

#### 2.1.10 Gaz Ergitme Kaynağı

Form makaralarında boru şekli verildikten sonra birleşecek boru kenarlarının kaynak sıcaklığı oksijen - asetilen aleviyle sağlanır. Şekil - 2.10 da gaz eritme kaynağı ile boru imali görülmektedir.



Şekil - 2.10 Gaz eritme kaynağı(4)

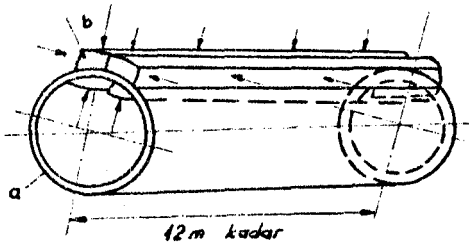
a- Kaynak edilecek boru b- Asetilen girişi c- Oksijen girişi

Kaynak ısı, borunun birleşen kenarlarında oluştuktan sonra yan baskı makaraları boru çevresinden merkezine doğru kuvvetlice bastırır. Bu suretle erimeye yüz tutan kenarlar bu basınç kuvveti altında birbirine kaynamış olur.

Yan baskı makaraları ayarlanabilir şekilde yerleştirilmiş olup birkaç seviye teşkil ederler. Bu yöntemle alacımılı ve alacımatsız kaynağı elverişli bütün çelik boruların kaynağı mümkündür. Kaynak, ilave malzeme kullanılmadan da baskı kaynağı şeklinde yapılır. Kullanılan üfleçler tek bir adet olmayıp aynı hat üzerinde bir çok üfleçlerden teşkil edilmiş bir radyatör grubu şeklindedir. İlk alev üfleçleri borunun birleşen kenarlarının ön tavlamaını sağlar. Sonundaki üfleçler de kaynak sıcaklığını temin ederler. Üfleç sayısı 20 - 100 adet arasındadır. Kaynak dikişinin yapısı dökümdür. Kaynak esnasında kaynak bölgesi bir miktar tav derecesine kadar, küçük çaplı borularda ise her tarafı tavlamaş olur. Boru kaynak işleminden sonra kalibre tezgahlarından geçirilerek silindirik duruma getirilir.

### 2.1.11 Ergitme ve baskı kaynağı (7)

İlk önce borunun birleşecek kenarları üzerine karşılıklı olarak boydan boya yüksek akım ile alçak gerilim ihtiva eden elektrik kontakları yerleştirilir. Akım tatbik edildiğinde iki kenar arasında meydana gelen ark boru kenarlarını eritmeye başlar, ve baskı makaralarının yardımı ile birbirine pres edilir. Kaynak hızı çok yavaştır. Bu yüzden de fazla kullanılmaz. Üfleçin 30 - 60 adet boru 8 - 12 m. boyunda bir saatte imal edilebilmektedir. Ancak büyük çaplı boruların imalinde kullanılmaz. (Boru 400 - 1200 cm. Et kalınlığı 6 - 12 mm.)



Şekil, 2.II Ergitme baskı kaynağı

- a- kaynatılacak boru
- b- boru kenarları sıkma pa-  
buçları ve akım tatbikatı

### 3.0 - DİKİŞSİZ BORULAR

#### 3.1 - İMALÂT

Endüstride ; normal basınçta çalışmalarda dikişli borular yeterli olmakta ve bu tip borular kullanılmaktadır. Fakat gelişen teknoloji ve buna bağlı olarak daha yüksek basınçla çalışma durumlarında dikişli borular yetersiz kalmaktadır. Çünkü yüksek basınç karşısında bu tip borular, kaynak dikişlerinden çatlayıp kırılmakta ve dolayısıyla maddi ve can kaybına neden olmaktadır. Buna bir de zaman ve işçilik kayıplarını eklersek durumun önemini daha iyi kavramış oluruz. Bu nedenle gelişen teknolojiyle, boru imal yöntemleri tekniğinde çalışmalar yapılmış ve daha kalın cidarlı, büyük çapta, eksiz, uzun dikişsiz boru imali mümkün olmuştur.

##### 3.1.1 - Döküm yöntemi

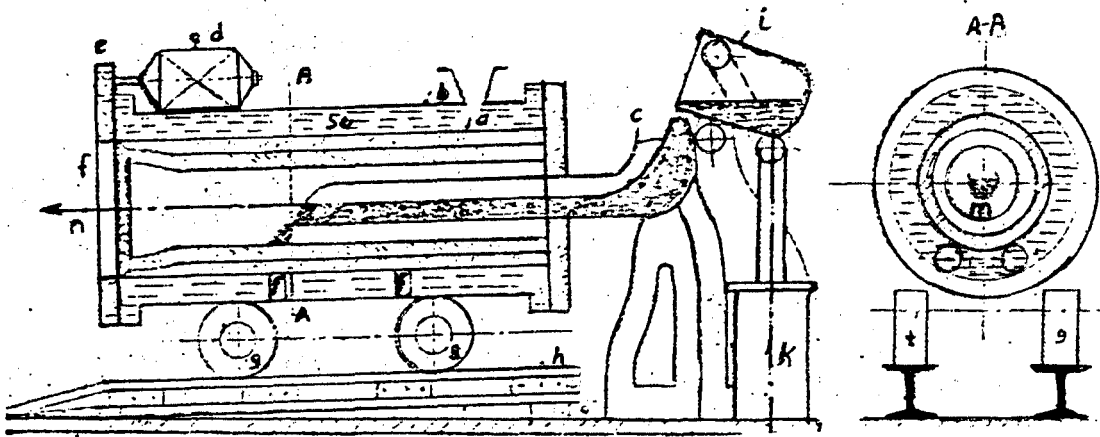
Savurma döküm, maçaya lüzum göstermediğinden boru imaline çok elverişlidir. Son zamanlarda bu dökümle kır dökme ve demir olmayan metallere boru imali eski yöntemin tamamen yerine geçmiştir.

##### 3.1.2 - De Lavaud yöntemi

İçerisinden su geçen (Şekil - 3.1) (b) soğutma kabı içerisinde (a) metalsel kokil kalıbı (f) makaraları üzerinde dönebilir ve (d) elektrik motoru vasıtasıyla (e) dişli çark mekanizması üzerinden döndürülür. (a) kabı (g) tekerlekleri vasıtasıyla hafifçe altı eğik (h) rayı üzerinde hareket edebilir. Sıvı metal, (k) hidrolik tertibatı vasıtasıyla eğilebilen (i) potasının (c) oluğundan dökülür. Kalıbın nihayeti (l) kapak levhasıyla kapatılmıştır. Bu kapak mansonun kumdan yapılmış maçasını taşır. Başlangıçta (c) oluğu kalıbın içerisine geç-

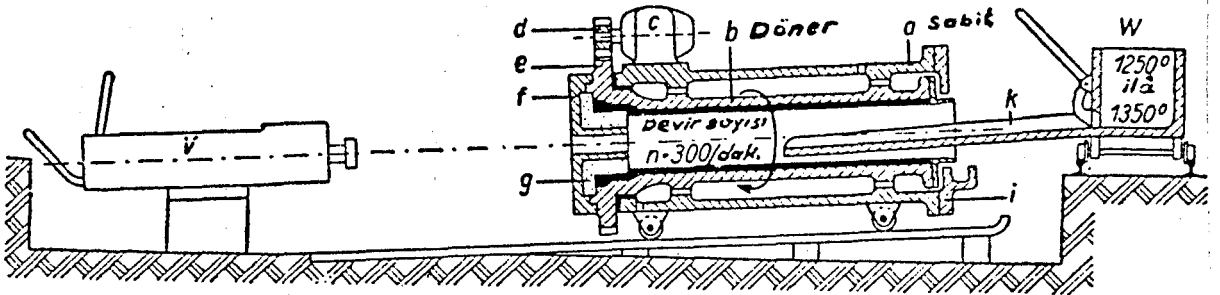
miş vaziyette bulunur. Kalıp dönmeye başladıktan sonra (i) potası tedrici olarak eğilir ve aynı zamanda araba da hareket eder. Akan sıvı metal (m) oluşuna dökülür. Boru kalıptan (n) çekme tertibatı vasıtasıyla çıkarılır.

Kalıp ısıya dayanıklı molibden çeliğinden, ateşe dayanıklı malzeme ile astarlanmıştır. Oluk uzun ise şeklini değiştirmemesi için invar çeliğinden yapılır. (invar çeliği, ısı uzama katsayısı çok küçük çelik % 35 - 37 Ni)



Şekil - 3.1 Savurma döküm (5)

De Lavauğ Savurma Makinası



Şekil - 3.2 Savurma Dökümün Diğer Şekli (12)

### 3.1.3 - Moor Yöntemi

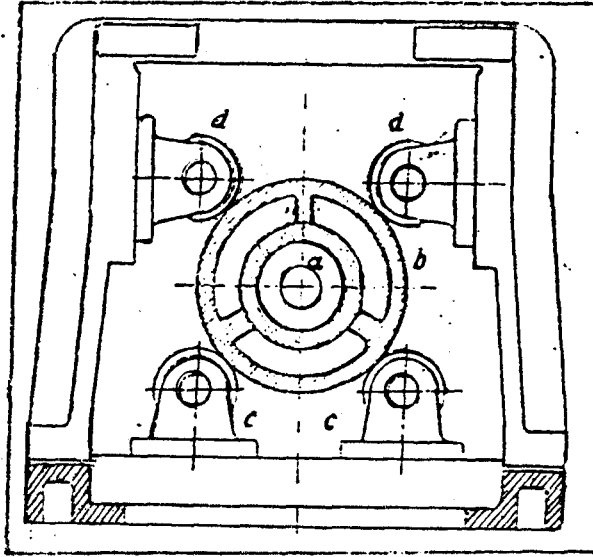
Moor yöntemiyle savurma, kalıp malzemesinin ucuzluğu ve boruların tavlennmesine lüzum kalmaması dolayısıyla De Lavauğ yöntemiyle rekabet etmektedir. Moor yönteminde kullanılan kır

döküm malzeme tavlamaadan sonra yapı değişikliğine uğrar, Karbon, yumuşatma karbonu ve grafik halinde ayrılır. Bu ayrılma tavlama sıcaklığına ve süresine bağlıdır. Tav sıcaklığı 800 - 900° C olmalıdır.

Savurma döküm Yöntemi	Terkibi					Bükme mukavemeti kg/mm <sup>2</sup>	Brinell Sertliği kg/mm <sup>2</sup>
	C	Si	Mn	P	S		
Moor	3,3-3,5	1,0-1,8	0,7	0,7	-		takriben 200

#### 3.1.4 - Cammen Yöntemi

Bu yöntem bilhassa dökme çeliğin savrulmasına elverişlidir. Fazla hızlı soğuma sonunda soğuma kaynaklarının ve kabarcıklarının meydana gelmesine engel olmak için kalıp 150 - 900° C ye kadar ısıtılır. Kalıp malzemesi olarak % 18 - 22 C<sub>r</sub> ihtiva eden çelik kullanılır. Cammen yönteminde kullanılan makina şekil 3.3 de gösterilmiştir.



Şekil - 3.3 Cammen Yöntemi(4)

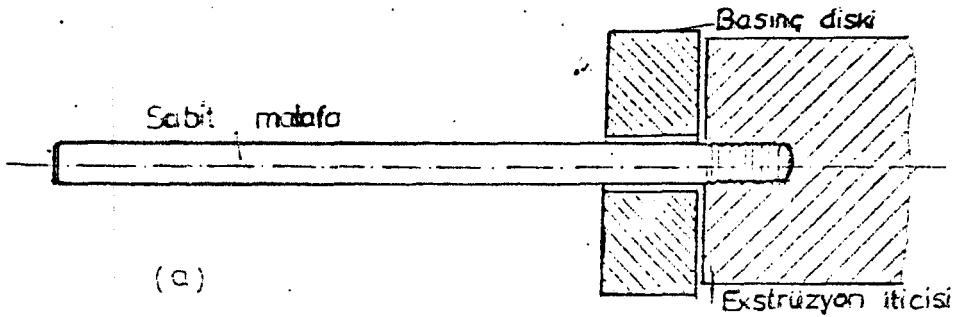
a- kalıp b- kokil taşıyıcı c- yana hareket eden dayanma makaraları d- düşey hareketli kılavuz makaraları

### 3.1.5 - Ekstrüzyon Yöntemi

Sıcak ekstrüzyon gelişmeden önce, piring borular Mannesmann yöntemi ile imal edilirdi. Daha sonra elde edilen bu borular yine haddelme ile inceltirilirdi. Bu imalat tarzının imkansız olduğu durumlarda borular, pahalı olan ve soğuk olarak uygulanan içi boş bloktan veya yuvarlak çubuktan çekme ile elde edilirdi. Piring ekstrüzyonu gerçekleştiğinde kalın cidarlı borular imal edildiğinden ayrıca ilk dönemlerde eksantrikliğin önlenmemesinden dolayı haddelme veya çekme ile inceltme gerekiyordu. Fakat şimdi, presler ve yardımcı araçlar vasıtası ile 1.6mm et kalınlığında borular bile imal edilebilmektedir. Boru imalatı ekstrüzyonun önemli bir dalı olmuştur.

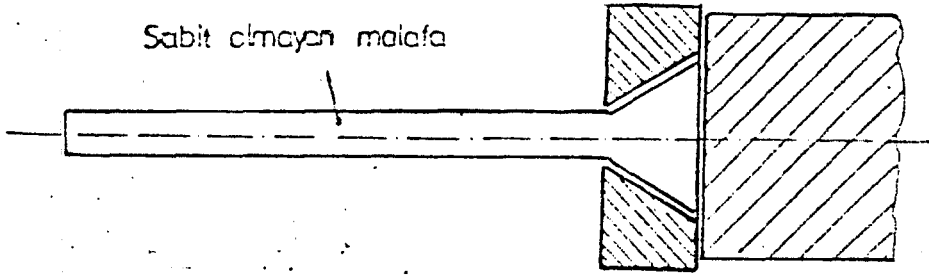
Bu yöntemin esasında bloğun ekseni boyunca geçen bir malafa ve bloğun ucunun geçmesi için matris vardır. Esiñ, sıcak bloğa uygulandığında metal blok matrisden çıkarken bir boru olarak çıkmaya zorlanır. Et kalınlığı, malafa ile matrisin yarıçap farkı olarak bilinir. Pres araçlarının bu iş için düzenlenmesinde bir kaç yol vardır.

1) Çok az koniklik verilmiş bir malafa Şekil - 3.4 de görüldüğü gibi sağlamca veya biraz boşluk kalacak şekilde iticinin sonuna bağlanır. Piston ilerledikçe malafa içi boş blokta matrise karşı ilerler. Ve itici piston basınç vermeden önce matrise girer.



Şekil - 3.4 Çok az koniklik verilmiş bir malafa(4)

2) Malafa kendini matris içinde merkezlemek üzere boşlukta bırakılmış olabilir. Malafa, matristen akan metal tarafından dışarı çekilmemesi için dibi konik bir şekilde genişletilmiş ve basınç diskine geçirilmiştir.

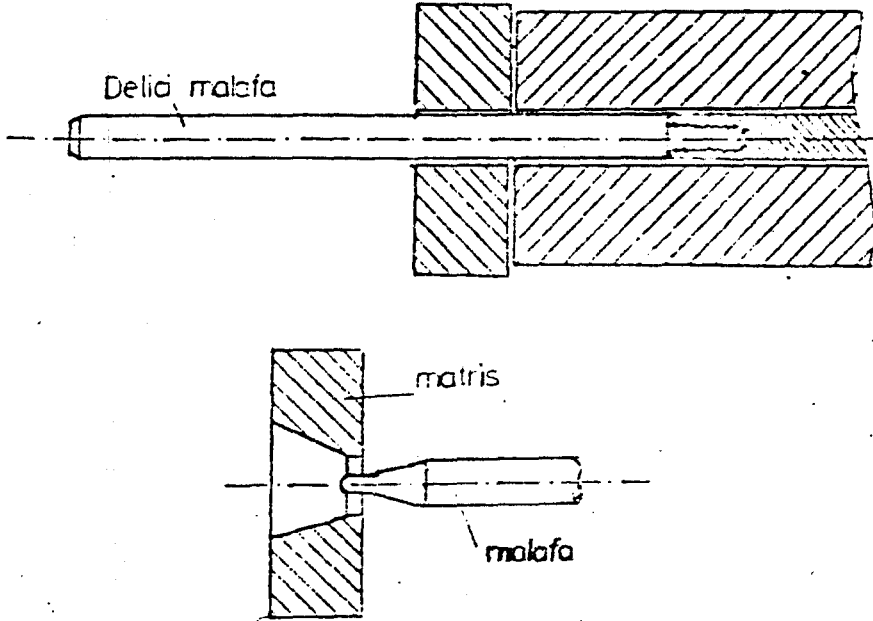


Şekil - 3.5 Dibi konik bir şekilde genişletilmiş ve basınç diskine geçirilmiş malafa(4)

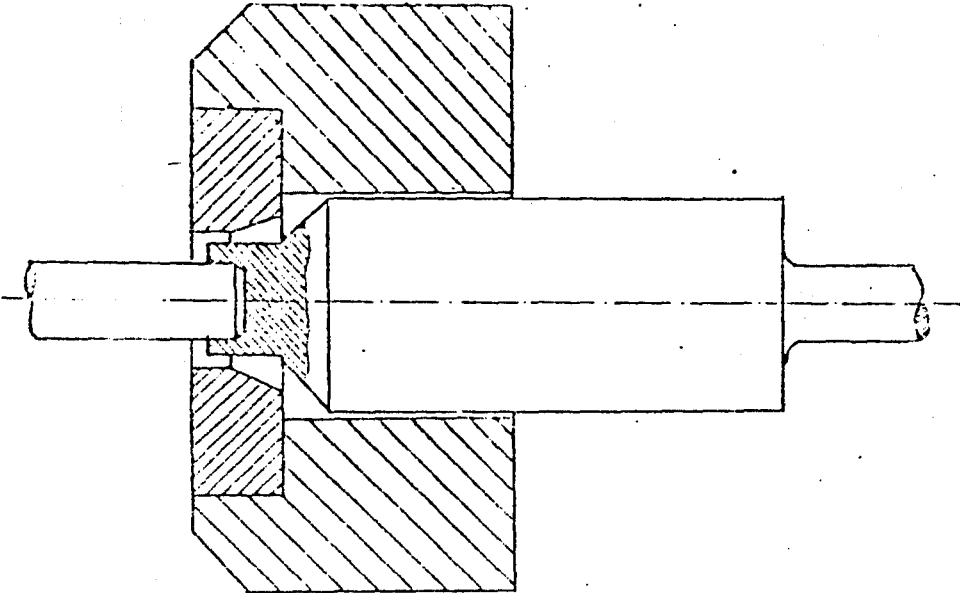
Her iki durumda da malafa itici pistonun hareketi ile matrisin içinden geçerek borunun içinde ilerler. İki durumdan ikinci tip et kalınlığı hassasiyeti bakımından daha iyi bulunmaktadır. Bu tipde % 1 hassasiyet saptanmıştır. Eğer blokta akış, her yerde muntazam ise, yani metal tamamen plastik ise malafa kendini merkezliyecektir.

Sabit malafada ise, eğer akış herhangi bir nedenle muntazam olmazsa, borunun et kalınlığının bozulması bir yana malafaya kırılacak ya da deforme olacaktır.

Boşlukta bırakılmış malafanın başlangıç merkezlenmesi için matris çapına yakın kalınlıkta bir ucu malafaya gömülmüş burç kullanılır. Bu burç, metal ekstrüze edilmeye başlayınca dışarıya itilir.



Şekil-3.6 Burcun ekstrüzyon işlemi sırasında durumu(4)



Şekil-3.7 Malafanın merkezlemesi(4)



Malafanın merkezlenmesinde burç kullanılması görülmektedir. (Şekil - 3.7)

Malafayı başlangıçta dışta merkezler, şartlar iyi değilse merkezleme bozulabilir. Birlikte kullanılan burcun çok yararlı olduğu şüphelidir. Çünkü malafayı ancak başlangıçta dış merkezler. Eğer şartlar iyi değilse merkezleme bozulabilir.

3) Delme, delikli, içi boş blokların hazırlanması çok pahalıya gelmektedir. Ayrıca böyle bloklarda iç boşlukta ısıtmadan dolayı oksidasyon olmakta, bu durum malafa aşınmasına sebep olarak boruların bozulmasına yol açmaktadır. Hızlı ve ekonomik boru yapımı, delme ve bloğun ekstrüze edilmesinin tek işlem olarak yapılmasını gerektirmiştir.

İtici piston üzerine bağlanmış ve ucu delme için şekillendirilmiş bir malafa bu işi pekala görmektedir. Bu malafa önce bloğa dolar ve pres pistonu tesir etmeye başladığında matristen geçerek normal görevini yapar. Fakat böyle çalışan yatay preslerde sabit bir et kalınlığı elde edebilmek istendiğinde, bloğun alıcının aşağısına gitmesi ve eksenden çıkmasından dolayı eksende kaçıklık olabilir. Ve böylece et kalınlığı sabit değerde kalmaz.

Bunun için dikey çalışan preslerde daha iyi netice alınır. Denemelerden sonra delme malafasının başka bir hidrolik sistemle çalışması, itici ile aynı eksende olması düşünülmüş ve yapılmıştır.

Malafa, piston içine çekildiğinde yükleme yapılır. İtici piston bloğu biraz sıkıştırdıktan sonra delme işlemine geçilir. Ekstrüze edilmenin tek operasyon haline getirilmesi ile dışarıdaki bloğa delme esnasında ısıtma işlemi yapılmamaktadır.

Bu işlemin sakıncalarından biri, bazı zamanlarda blokda delme esnasında çatlaklara sebebiyet vermesi ve bunlarında borunun kalitesini bozmasıdır.

Ayrıca delme esnasında malafaya sürülen yağın temizlenmiş olmasıyla ekstrüzyon esnasında yağlama yetersiz kalmaktadır. Sonuç olarak, delme yapabilecek presin konstrüksiyonunda geniş hassasiyet ve dikkat ister.

### 3.1.6 - Haddelme Yöntemi

Haddelme yöntemiyle dikişsiz boru imali, dönel konik yufkaçlar ve malafa kullanılmak suretiyle gerçekleştirilir. Tavlanmış dairesel kesitli blok, eksenlerē paralel veya eğimli olan yufkaçların arasında eğik olarak geçip malafayla delinerek boru şeklini alır. Yalnız Erhadıt yönteminde olduğu gibi bazı durumlarda, prizmatik veya çokgen kesitli bloklar matrisden geçirilerek dairesel kesitli duruma getirilip bir malafayla delinir ve bir tarafı kapalı tüp şekline getirilir. Bir tarafı kapalı olan bu tüp daha sonra itme tezgahında çekme halkalarından geçirilerek delinip kalın cidarlı boru elde edilir.

Elde edilen kalın cidarlı boru değişik yöntemlerle normal cidarlı boru haline getirilir. Eğik haddelme ile orta kalınlıkta cidarlar oluşturulur. Yufkaçlar çalışma anında boru üzerinde sarma yapmamaktadır. Yöntemde yufkaçların devir sayısı, kavrama ve kaldırma sıraların belirlenmesinden sonra bu özelliklerde yapılan çalışmalarla oluşturulan optimum sistemlerde her cidar kalınlığına erişmek mümkündür.(5)

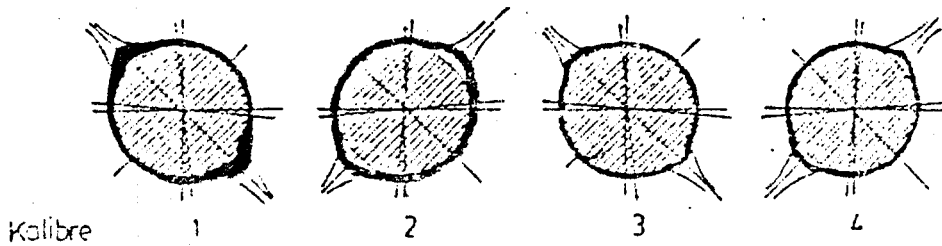
Eğik haddelmede kalibre sırası, en ince cidar kalınlığının kalibre formunu belirleyecek şekilde düzenlenmiştir. Cidar kalınlığı, kalibre çapının sabit olmasına rağmen değişik

malafa çapları ile oluşturulur. Bir malafa topluluğunda 12-16 adet malafa kullanılır.

Son yıllarda yapılan araştırmalar ile sürekli malzeme akışı, uygun kalibrasyon sıraları, yüksek hadde tezgah güçleri ve ekonomik olarak kullanılan sıcak iş çelikleriyle boru haddelemede aşama kaydedilmiştir. Haddeleme esnasında eğer malafa bloğu deliyorsa o takdirde malafa sabit bir hız ile ilerler ama malafa bloğu delip çıkmışsa, o takdirde malafa yalpalamaya başlar. Yufkaçların kademelendirilmesi ile yufkaçlar arasındaki mesafe, değişen haddeleme sistemine ve değişen mekanizmalara göre ayarlanmış olur. Yufkaçların sistemi doğru akım elektrik motoru ile birbirinden bağımsız olarak çalıştırılmıştır. Sistemde işletme gücü olarak  $\sim 800 - 2500$  KW'lık bir güç ihtiyacı doğmuştur.

Sistemdeki toplam uzama katsayısı  $\lambda = 3,5 - 5,0$ 'dir. Bu düşük uzama değeri için daha yüksek uzatma yeteneği olan delme aparatı veya 3 yufkaçlı delme aparatı kullanılır. Bu sistemde, sıcak iş çeliğinden bir malafa vardır. Bu malafanın uzunluğu bloğun uzunluğundan biraz kısadır.

Malafa delme işlemi bittikten sonra son mekanizmaya girer. Kalibrasyon ve yufkaç hızları, malafa ve yufkaçların beraberce aynı kalibrede çalışması için uygun bir şekilde ayarlanmıştır. (Şekil - 3.8)



Şekil-3.8 Kalibrasyon durumu (10)

En son kalibrede malafanın tüm çevresi blok ile sarılmaktadır. Bu nedenle malafa bir çözme mekanizması olmadan bloktan çıkarılamamaktadır. Malafayı bloktan çıkarmak için zincirli çekme sistemi kullanılmaktadır. 200 - 600 KW'lık işletme gücündeki bu sistemdeki zincirlerin 100 - 200 tona kadar kopma dayanımları vardır.

Haddelenmede kullanılan malafanın hızı şu eşitlik ile gösterilmiştir.

$$V_D = V_{u1} \cdot \frac{P_1 \cdot u_1}{\sum_{i=1}^n P_i \cdot u_i} + V_{u2} \cdot \frac{P_2 \cdot u_2}{\sum_{i=1}^n P_i \cdot u_i} + \dots \dots \dots (1)$$

- $V_D$  : Malafanın hızı (mm / s) (kaynak no:13)  
 $V_u$  : Yufkaç çevre hızı (ç/d)  
 $P_i$  : Sistemdeki haddelenme gücü (KW)  
 $u_{1-n}$  : Malafadaki sürtünme katsayısı  
 $I-n$  : Haddelenme Sayısı (I'den n'e kadar)  
 $u_1$  : Ortalama sürtünme katsayısı

Blok hızı aynı zamanda, her yufkacın ve malafa hızının ortalama değeri için değişmektedir. Bu arada yufkacın ve malafanın farklı sürtünme katsayıları göz ardı edilmemelidir.

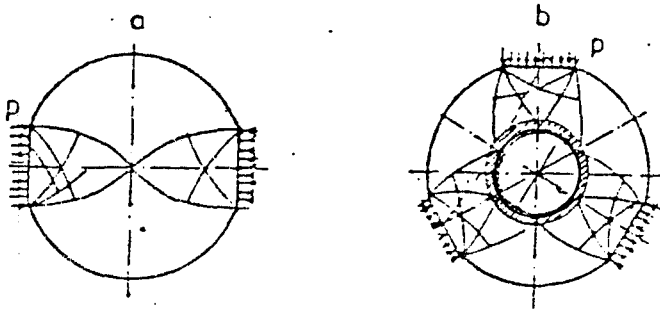
$$V = \frac{V_u \cdot u_1 + V_D \cdot u_2}{2 (u_1 + u_2)}$$

- $V$  : Blok hızı (mm/s)  
 $u_1$  : Yufkaç sürtünme katsayısı  
 $u_2$  : Malafanın sürtünme katsayısı

Normal boru haddelēmelerinde malafa yüzeyindeki ısı  $850^{\circ}\text{C}$  dir. Bu ısı optimum ısı olarak kabul edilir. Bu ısının optimum olması kalibre sisteminin uygun seçilmesindedir. Eğer kalibre sistemi uygun seçilmemiş ise malafa yüzeyindeki bu ısı daha da artabilir.

Malafanın asgari olarak  $800^{\circ}\text{C}$  ısıya ve  $10 \text{ kg/mm}^2$  basınç dayanımına karşı mukavim olması gerekir. Ayrıca söz konusu olan bu malafa çeliklerinin ısıl gerilmelere karşı dayanımının yüksek ve ince taneli yapıya sahip olması gerekir. Çünkü malafa her işlemden sonra yapılan su banyosunu takiben tekrar işleme girer. Bir malafa ile normal olarak  $\sim 5000 - 6000$  haddelēme işlemleri gerçekleştirilir. Kullanılmış malafalar daha sonra  $\sim 4-5$  mm. çaptan küçültülerek daha küçük çaptaki boruların imalinde kullanılırlar.

Tekrar haddelenmiş döküm bloğun işlenmesi zor olduğu için son yıllarda 3 yufkaçlı delme aparatı geliştirilmiştir. Bu yöntem, 3 eşit büyüklükteki yufkaçların arasından yapılan delme işlemidir. Bu yöntemin bir özelliğide merkezde çekme gerilmesinin oluşmamasıdır. Fakat bunun yanında çekme gerilimi, bir dairesel sınır şeklinde olmaktadır. (Şekil - 3.9)



Şekil - 3.9 a) İki b) Üç yufkaçla eğik haddelēmede oluşan kayma çizgisi alanları (6)

Dikişsiz boru haddelenmesinde 2'li veya 3'lü yufkaç sistemini seçmek için şu kriterler dikkate alınır :

1) Düzgün bir cidar kalınlığı elde etmek için bloğun etkisi ;

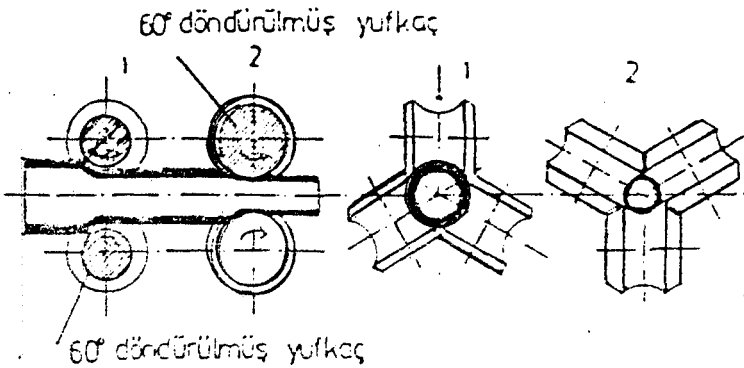
Eğer blok düzgün bir yüzeye sahip ise, o takdirde 2'li yufkaç sistemi tercih edilir. Fakat daha sert yüzeyli bir küüğün haddelenmesi söz konusu olursa o takdirde 3'lü yufkaç sistemi kullanılır.

2) Blok malzemesinin metalurjik yapısı için ,

Normal veya iyi metalurjik özelliklerde 2'li yufkaç sistemi tercih edilir. İyi olmayan metalurjik özelliklerde ise 3'lü yufkaç sistemi kullanılır.

#### Haddeleme Yöntemiyle Elde Edilen Dikişsiz Boruların İndirgeme Teori ve Esasları

Boruların indirgenmesinde, yufkaç devir sayısının uygun seçilmesi ile borulara hesaplanmış bir boyuna uzatma işlemi uygulanır. Böylece istenilen cidar değişikliği sağlanır. Boru indirgeme sistemlerinde  $60^{\circ}$ C açıyla yerleştirilmiş yufkaçlı kalibre kullanılmaktadır. (Şekil - 3.10) da şematik olarak arka arkaya olan 2 adet 3 yufkaçlı kalibre gösterilmektedir.



Şekil - 3.10 Peşpeşe düzenlenmiş olan 2 adet 3 yufkaçlı kalibre (6)

İndirgeme sisteminin haddeleme yöntemine girmesiyle su avantajlar sağlanmıştır.

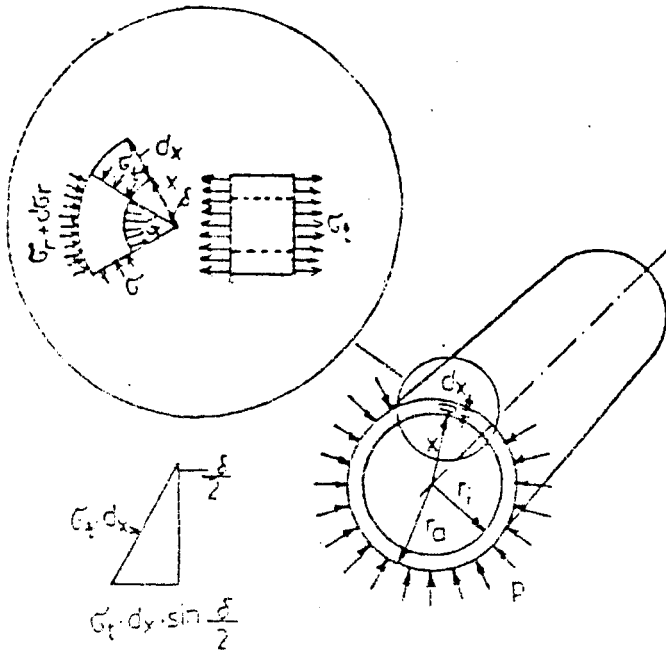
1) Boru ağırlığının artması nedeniyle gerekli olan büyük kalibrelere ihtiyaç kalmamıştır. Zamandan tasarruf sağlanır. Yani sistemin değiştirilmesi için fazla bir zaman gerekmemektedir.

2) Sistemde malafa kullanımı yalnız büyük çaplar için gereklidir. Küçük çaplarda indirgeme, sıcaklık ile olmaktadır.

3) Cidar toleranslarının ve boru yüzey pürüzlülüğünün düzeltilmesiyle istenen ölçüye ulaşılması sağlanmaktadır.

Boruların indirgenmesi sistemi özel bir teori ile gelişmiştir. Bloklardaki uzatma işlemi, borunun çapı, cidar ve boy değişimleriyle bağlantılı olmuştur.

Devir sayısında çalışma alanının kısıtlı olması ile indirgeme sisteminin önemi daha iyi anlaşılır. (Şekil - 3.11) de şekil değiştirme hesaplamalarında temel değerler olan teğetsel gerilme ( $\sigma_t$ ) ve radyal gerilme ( $\sigma_r$ ) dir.



Şekil - 3.11 Boyuna uzatma ve baskısında ana gerilmeler.(6)

Bu ince cidarlı (P) dış basınçlı bir boruda gösterilmektedir. Boru cidarındaki sonsuz küçük bir parça, ( $dx$ ) kalınlığında ve boru merkezine ( $x$ ) mesafesinde ise o zaman merkeze doğru bir kuvvet dengesi gelişir.

$$(1) (\sigma_r + d\sigma_r) \cdot 2(x + dx) \sin \frac{\delta}{2} - \sigma_r \cdot 2x \cdot \sin \frac{\delta}{2} -$$

$$2 \sigma_t \cdot dx \cdot \sin \frac{\delta}{2} = 0$$

veya küçük değerlerin ihmali ile,

$$\frac{-dx}{x} = \frac{d\sigma_r}{\sigma_t - \sigma_r} \text{ olur.}$$

$\sigma_t$ 'nin ( $x$ ) ten bağımsız olduğu kabulü ile integrasyon sonucu ;

$$(2) \ln x + r \ln C = -\ln (\sigma_t - \sigma_r)$$

$$\text{veya } C \cdot x (\sigma_t - \sigma_r) = 1$$

Radyal gerilim ( $\sigma_r$ ) borunun iç tarafından ( $x=r_i$ ) yok olduğu kabul edilirse o zaman,

$$(3) C \cdot r_i \cdot \sigma_t = 1$$

$$C = \frac{1}{\sigma_t \cdot r_i} \text{ bununla birlikte}$$

(kaynak no:13)

$$(4) \frac{\sigma_r}{\sigma_t} = 1 - \frac{r_i}{x} \text{ olur.}$$

İnce cidarlı borularda ortalama radyal gerileme ( $\sigma_{rm}$ )'nin boru cidarının ortasında meydana geldiği kabul edilir.

$$(5) \sigma_r \left( \bar{x} = \frac{r_i + r_a}{2} \right) = \sigma_m \text{ (4) ile (5) no'lu eşitliklerden}$$

$$(6) \frac{\sigma_m}{\sigma_t} = \frac{r_a - r_i}{r_a + r_i} = \frac{s}{d + s} = \epsilon \text{ olur}$$



da : dış çapı (mm)

S : borunun cidar kalınlığı (mm)

$\epsilon$  : borunun cidar tutumunu göstermektedir. (%)

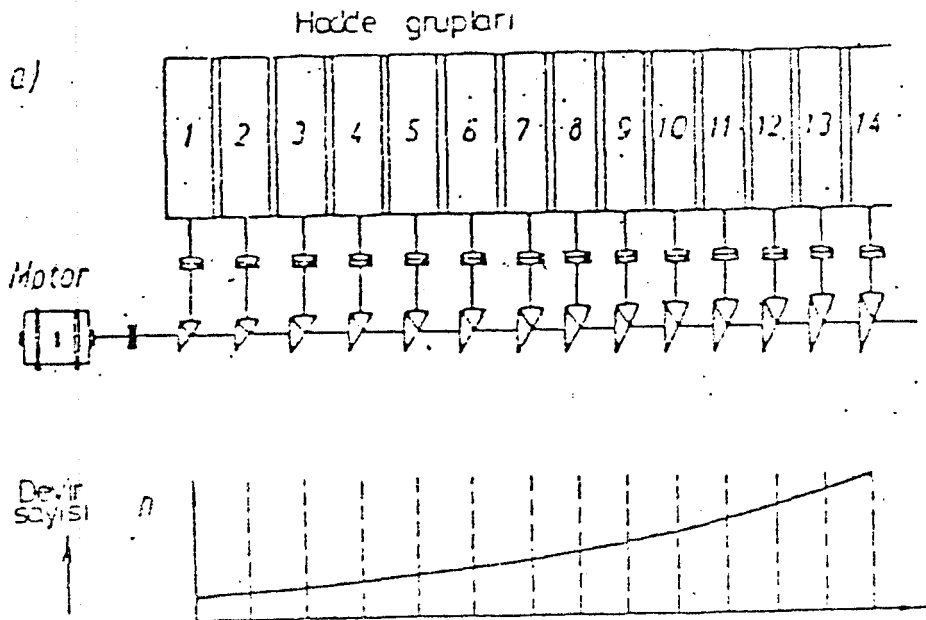
3. temel gerilmelerden boyuna gerilme ( $\sigma_l$ ) ise teğetsel gerilme ( $\sigma_t$ ) ile bağıntılıdır.

$$(7) \sigma_l - \sigma_t = \sigma_A \text{ (akıcılık)}$$

$\sigma_A$  : Boru malzemesinin şekil değiştirme dayanımı gerilmelerin etkisiyle, ( $da_0$ ) dış çaplı ( $s_0$ ) cidar kalınlıklı ( $l_0$ ) boylu kalın cidarlı boru, ( $da_1$ ) dış çaplı, ( $s_1$ ) cidar kalınlıklı ve ( $l_1$ ) boylu daha ince cidarlı boru durumuna indirgenir.

#### İndirgeme Sistemlerindeki Tesisat Düzenleri

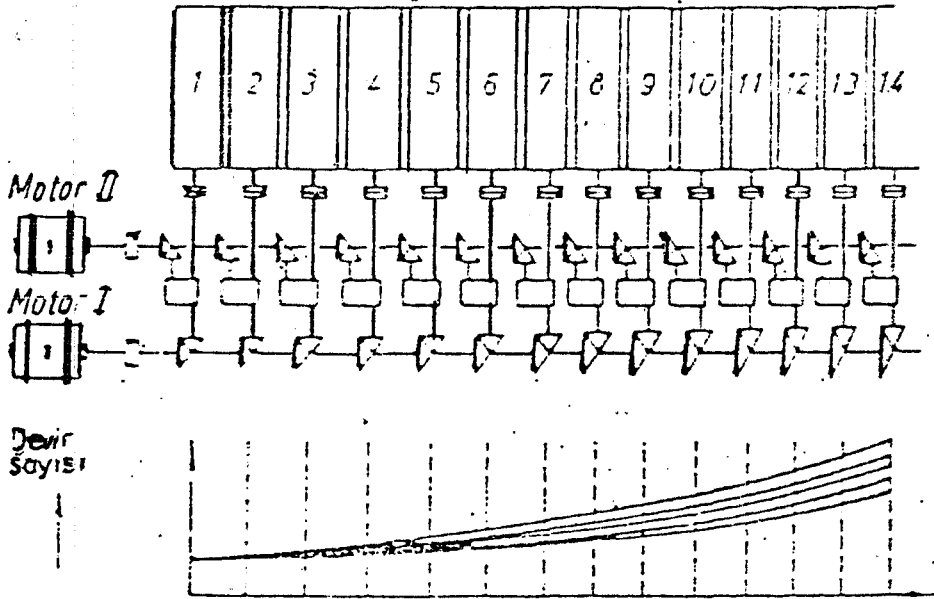
İndirgeme sistemlerindeki haddeme şekilleri değişik olarak düzenlenebilirler. Bir trifaze motor, işletmedeki sistemleri işletir. Böylece yufkaç devir sayısı sabit kalmış olur. (Şekil - 3.12)



Şekil -3.12 Tek motorlu indirgeme tesisat düzeni ve devir sayısı grafiği (3)

Böylece boyca uzama ve çıkış hızı seçilemez. Bundan dolayı ise bu sabit devir sayılı sistem dar bir hadde programı içinde kullanılır. Eğer tüm sistemle belli durumlar içinde çalışılırsa o zaman çözüm olarak 2 elektrik motoru kullanılır.

Bu motorlardan bir tanesi diferansiyel sistem olarak kullanılır. (Şekil - 3.13)

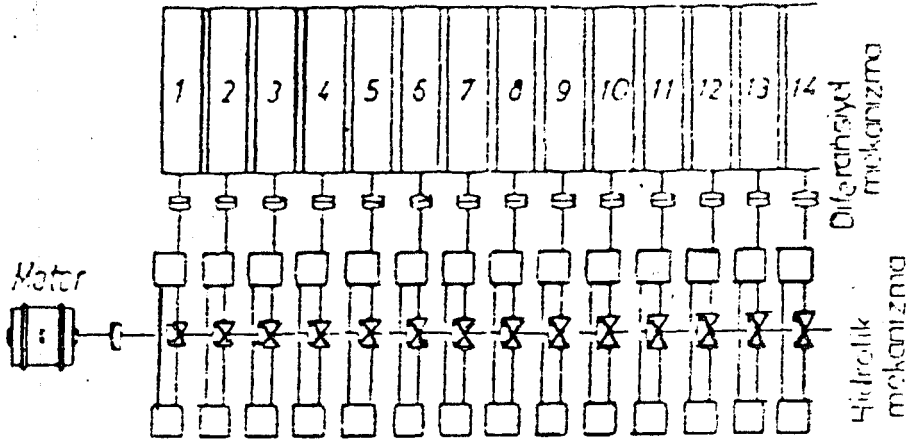


Şekil - 3.13 Elektrik motorlu ve diferansiyel mekanizmalı indirgeme tesisat düzeni ile devir sayısı grafiği (3)

Bu düzenle, hadde sisteminde istenilen değişimi sağlamak mümkündür. Yani cidar kalınlığı değişimi esnasında değişen çekme tutumunun değişimi çok az zaman almaktadır.

Eğer borunun haddeden çıkış hızı da kontrol edilmesi gerekiyorsa o zaman sisteme 2. motorun ilave edilmesi gerekir.

Ayrıca bir sistem, ise diferansiyel sistemi her yufkaç grubunun bağımsız olduğu sistemdir. Tek motor kumandası ile yufkaç devir sayılarını oluşturmamak mümkündür. (Şekil -3.14)



Şekil -3.14 Tek trifaze motor, pompa ve diferansiyel mekanizmalı indirgeme tesisat düzeni ile devir sayısı grafiği. (3)

Bu sistemde bir trifaze motor ile aksenal pistonlu pompa kullanılır. Sabit diferansiyel sistemdeki işletme devir ana milden (tahrik mili) alınan devir sayısını geçtiği için temel devir sayısından % 35 lik sapma olur.

Bu sistem ile öncekilere nazaran daha iyi çalışma şartları sağlanmıştır. Sistemde yeni bir devir sayısı dizisi oluşturmak için mekanik-hidrolik bir sistem ilave yapmak gerekir. Elektrik motorunun tek kumandalı olanları şimdiye dek bahsedilen işletme sistemlerinin en pahalısı olmaktadır.

(Şekil - 3.14) Buna karşın bu işletme sisteminin birçok yararlarında vardır :

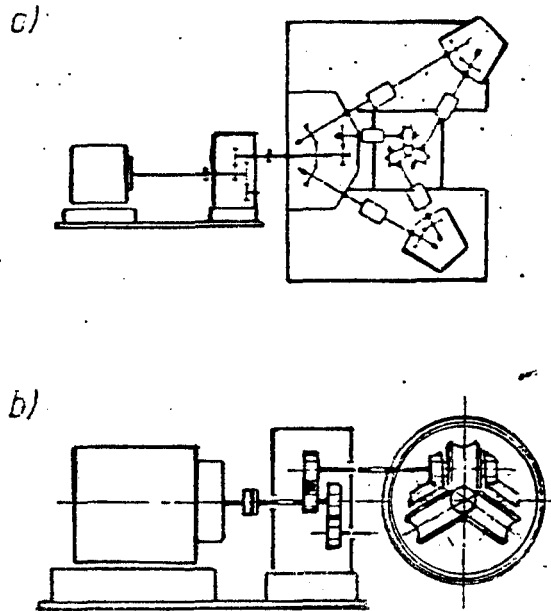
a) Yufkaç devir sayıları için geniş bir öğrenleme alanı oluşturmaktadır.

Devir aralığında  $\pm$  %50 sapma ile ortalama devir sayılarında bir

düzensizlik görülmekte veya 3:1 gibi bir uygulama alanına ulaşılmaktadır. Buna karşın bobin gerilimindeki değişim ile düzende bir verim kaybı söz konusudur. Ayrıca mekanik yüklenmeye karşı bir garanti yoktur. Fazla yüklenme ile motorlar devirden düşerler ve yine kısa zamanda devreye girerler.

İndirgenmiş borunun baş ve son kısımlarında oluşan cidar kalınlığındaki artmaları düşürmek amacıyla hızlı devir sayısı değişimi sağlanabilir. Büyük yufkaç hızlarında gerekli olan tüm ihtiyaçlar kullanılabilir.

Devir sayısı düzenlenmesinde yapılan gelişmeler, çap değişimleri için yapılan devir sayısı değişimlerindeki dijital devir sayısı okuyucuları ve devir sayılarında yapılan önseçim sistemidir. Dönme momenti sistemde veya yufkaç millerinde olmaktadır. (Şekil - 3.15)



Şekil - 3.15 Konik dişli çarklı 3 yufkaçlı indirgeme tesisat düzeni. (9)

Sistemin dağınık olmasından dolayı, konik dişli çarklar yufkaç yataklamasını zorlaştırmaktadır. Bunun için zorunlu ola-

rak mesafe yükseltilir. Ama bu durum, indirgenmiş boruda uçların kalınlaşmasına neden olmaktadır.

Hadde sistemindeki dönme momenti dağılımı sistemde dar bölgede de olsa yinede genelde sık sık bozulma olabilmektedir. Zamanla indirgeme sistemleri gelişti. Şimdi bile 15 m/s çıkış hızlı ve 350 kw gücünde tesisatlar yapılmıştır. Haddelene esnasında devir değişimi ise hala gelişme aşamasındadır. Kalın cidarlı borular için yeni bir kalibrasyon metodu geliştirilmesi tercih edilmektedir.

Ayrıca polygon oluşumu ile uygun kalibrasyon yapılması da istenilmektedir. Diğer yandan ise elektrik motorunun tek kumanda uygulanması ile daha iyi sonuç alınabilir. Fakat yine bunun yerine tevzi çubuğu besleyicisi uygulansa çok daha iyi olmaktadır. Bu şekilde hızlı bobin gerilim düzeni ile blok işletmesi sağlanmaktadır.

### 3.1.7 Soğuk haddelene yöntemi

Soğuk Haddelene Yöntemiyle Dikişsiz Boru İmalinde Genel Esaslar

Dikişsiz çelik boruların imalinde önceleri basit hadde sistemleri kullanılmıştır. Bu sistemlerdeki haddeleme kuvveti soğuk hadde sistemlerine göre çok büyüktür. Fakat soğuk hadde sistemlerini çok yönlü (Üniversal), yüksek devir sayılı hadde sistemleriyle karşılaştırınca dezavantaj bu kez soğuk hadde sistemleri yönündeydi. Çünkü soğuk hadde sistemlerinde, bu hadde sistemlerine göre daha büyük haddeleme kuvvetlerine ihtiyaç duyuluyordu. Bu yüzden çok yönlü hadde sistemlerine göre ekonomik olmaması nedeniyle soğuk hadde sistemleri önceleri yalnızca demir olmayan metallerden dikişsiz boru imalinde kullanılmaktaydı. Zamanla soğuk haddeleme yönteminde de yenilik çalışmaları yapılmış ve bu yöntemde % 80'lere ulaşan blok kesit azalmalarında çekme, yüzey kalitesi düzeltilmesi gibi işlemler olduğu görülmüştür.

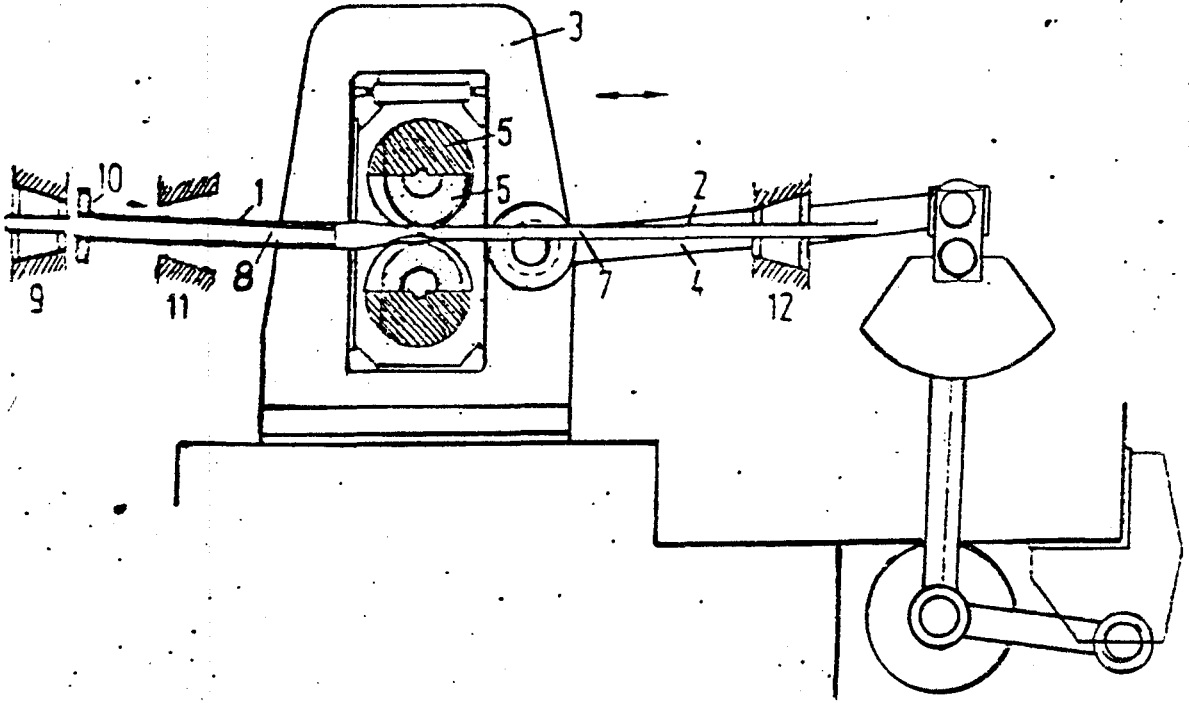
Soğuk haddeme yöntemi yüksek alaşımlı çeliklere 100-600° sıcaklıkta uygulanırsa büyük yarar sağlar. Bunun yanında alaşımsız çeliklere de uygulanabilir. Bu haddeme yönteminde temel olarak gözönünde bulundurulması gereken nokta, yüksek kalkma sayısı ile çalıştırıldığında iyi bir soğutma ile haddeme işleminin gerçekleştirilmesidir. Soğutma işlemi, bir emilsiyon soğutma olduğu gibi yağlama maddesi ile veya özel yağ soğutmaları ile de olabilir. (10)

Soğuk haddeme yönteminde bir soğutma tesisatı yok ise, o takdirde yapılan haddeme işleminden bir yarar beklenemez. Eğer malzeme açısından soğutma söz konusu değilse o takdirde haddemenin devir sayısı düşürülür. (120 d/d) Ayrıca dış ve iç çap farklılıkları azaltılır. Bu durum en belirgin olarak ferritik krom çeliklerinde görülmektedir. Bu çeliklerde haddeme işleminden önce blok, gaz alevi ile ısıtılmaktadır.

Şimdiye dek geliştirilen sıcak haddeme tekniği ve soğuk çekme bilgileri ile dikişsiz borularda üst yüzey kalitesinde istenilen hedefe ulaşılammıştır. Özel malzemedan boru yapım taleplerinin artması ve borularda iyi üst yüzey kalitesinin istenildiği durumlar dikkate alınarak soğuk haddeme tekniği geliştirilmiştir. (Şekil -3.16) Burada blok, her kaldırılıştta, döndürülmekte ve konik bir yufkaç çiftinin kalibresinde haddelenmektedir. Şekilde (1) bloğu, (2) istenilen bitme çapındaki boruyu, (3) bir manivela kolu ve piston kolu ile hareket ettirilen hadde tesisatını (5) Yufkaç yanaklarını (7) Konik malafayı (8) Malafa çubuğunu (10) İtme arabasını göstermektedir.

Malafa, tesisatta aksiyal yönde sabitleştirilmiştir. Hadde sisteminin kalkıp, ilerleme hareketinin oluşması itme arabası sayesinde olmaktadır. Bu esnada bloğun, tutma yanaklarının

(11,12), itme ve çekmeden dolayı aksiyal kayması önlenmektedir. Yufkaçların dönme hareketi yıldız şeklinde düzenlenmiş çentikler ile kremayer dişlisine sabitleştirilmiştir.



Şekil - 3116 Soğuk hadde tesisatı düzeni (2)

Sıcak haddelemedeki bloğu öne alma, öne itme ve dönme hareketini yöneten öne alıcı, soğuk haddelemede yoktur. Kalibre nin yerleştirilmesi ve ölçü programı ile saatte 400 m'lik boru üretimine ulaşılmıştır. Gelişmenin devam etmesiyle 75 mm. blok çapı ile dakikada 180 kez kalkıp-inme hareketi yapılabilmektedir.

Bir soğuk hadde tesisinin verimini, borunun çekme ve itme olayı, etkinlik derecesi ve kalkma sayısı belirlemektedir.

Ürünün itme ve çekilme için değerleri:

Alaşsız ve düşük alaşımlı çelikler her kalkışta 40-50 mm  
 Östenitik Cr-Ni çelikler her kalkışta 25 - 35 mm  
 Ferritik Cr-Al çelikler her kalkışta 15 - 25 mm

## Soğuk Haddelemeyle Dikişsiz Boru İmalinde Özel Yöntemler Ve Kullanılan Hadde Sistemleri

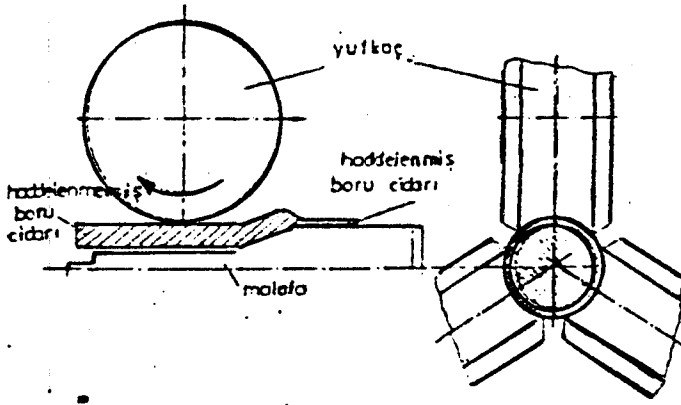
Özel yöntemlerde hadde tesisatı,  $120^{\circ}$  açıyla yerleştirilmiş 3 adet yufkaçtan oluşmuştur. Ve yufkaçların boruyu sıkıştırması için yufkaçlar yaylarla takviye edilmiştir. Eğer yufkaçlar, boruyu yay kuvveti ile sıkıştıramaz ise boru serbest kalır ve istenilmeyen durum olan, borunun ileri itilmesi ve dönmesi gerçekleşmiş olur.

Sistemde ayrıca silindirik bir malafa da kullanılır. Malafa uygun bir hızla bloğa girer. Eğer malafanın bu hızı, ön boru ve cidarı incelemek boru arasında ihmal edilirse o zaman cidar incelmeye ve dolayısıyla çap azalması gerçekleşir. Max. cidar incelmeye  $2,5 \text{ mm}$  ; çap azalması ise  $1 \sim 5 \text{ mm}$ . dir.

Bu yöntemde ; yufkaçların hızı  $100-150 \text{ d/d}$ , ilerleme miktarı her kalkışta  $8 \text{ mm}$ , verim ise saatte  $30-60 \text{ m}$ . borudur. Bu sistemlerle boru imalinde en çok kullanılan malzeme yüksek alaşımlı çeliklerdir. Şekil - 3117 de bir çeşit Singer hadde tezgahı görülmektedir. Bu tezgah da yine 3'lü yufkaç mekanizmasından oluşmuştur. Sistem sağa-sola hareket ettiriləbilinir. Bu sistemin en önemli özelliği ; bloğun ilerlemesi esnasında malafanın bloğu delerken genişletmeyi amaç edinmesidir. Oluşan bu genişleme daha sonra yufkaçlar tarafından yok edilir. Yufkaçların geriye gitmesi ve bloğu serbest bırakmasıyla, ilerleme esnasında blokta  $60^{\circ}$ 'lik bir dönme olur.

Genişlemenin oluşması için, cidar kalınlığının daha büyük olması gerekir. Dış ve iç çapta artış olurken cidar kalınlığında düşme olur. Bu sistemle çok düzgün yüzeyli ve ölçüsünde boru üretimi gerçekleştirilir. Sistemdeki dakikadaki kalkma sayısı  $150$  ve her kalkıştaki ilerleme miktarı  $1 \text{ mm}$ 'dir.

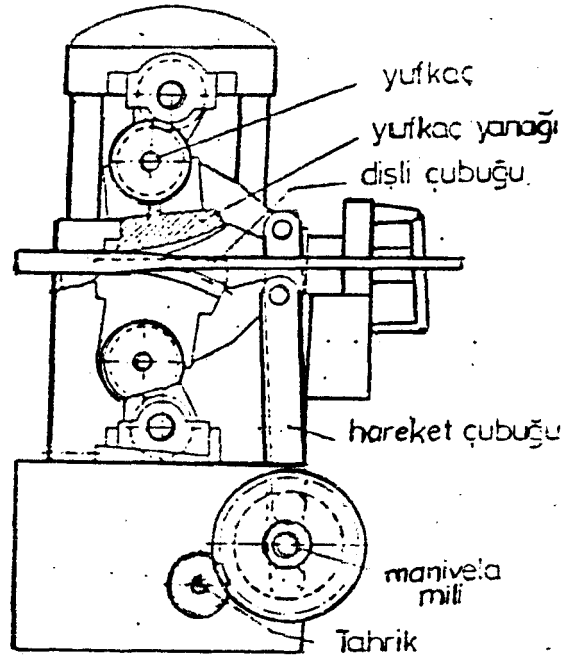




Şekil - 3.17 Singer hadde tezgahı(5)

Yufkaç verimi ise saatte 15 - 20 m. borudur. Son yıllarda yapılan yeni denemeler ile şekil-3.18'deki gibi bir hadde sistemi geliştirilmiştir. Bu sistemde bir kaldırma düzenine bağlı olan manivela kolu ile yufkaç yanaklarına sarkaç hareketi yaptırılır. Sistemde yufkaç yanakları sabit duran kramayer dişlisine geçmiştir. Yufkaç ağzının boru üzerinde yuvarlanması ve konik bir malafa ile haddelendirme işlemi gerçekleşir. Borunun ilerleme ve dönme hareketi haddelendirme işleminin başlangıç ve bitiş yerlerindeki ölü noktalarda gerçekleşmektedir. Böylece yufkaç çapı büyütülmüş olur. Bu şekilde çalışan kalibre hattının yuvarlanma eğimi boruya daha yakın olur. Ve bu nedenle boru ile kalibre arasındaki ilerleme azalır.

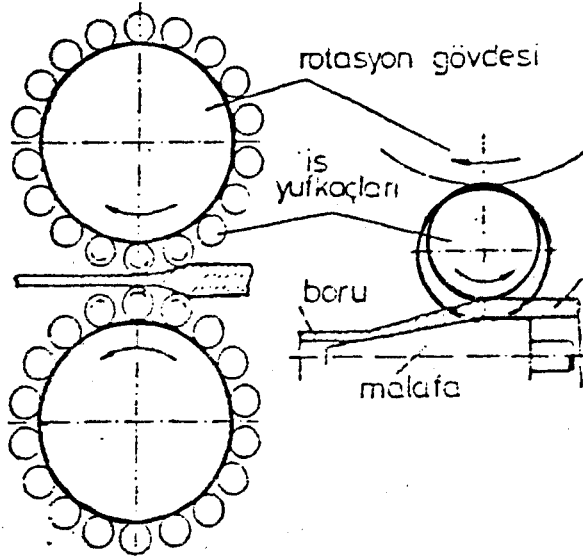
Sakıncalı yanı ise, gerekli haddelendirme kuvvetinin artması ve bu kuvvetin sisteme iletilmesidir. Konstrüktif düzenlemelerle, devir sayısında yükselme sağlanmasına karşın haddelenecek blok gücünde sınırlama olmaktadır. Verimin yükseltilmesi için bloğun geliş ve gidis hareketi düzenleri ek bir donatım ile takviye edilmelidir.



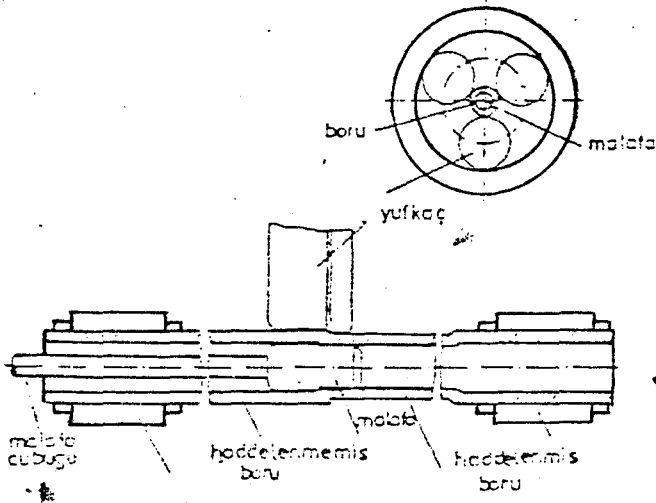
Şekil - 3.18 Kaldırma düzenli hadde sistemi (5)

Şekil - 3.19 de görülen sistemde ortadaki rotasyon gövdesinin etrafında dolayan eşit çaptaki bir çok yufkac haddeleme işlemi yapmaktadır. Bu sistemle, normal yufkac düzenlerinde olduğu gibi yufkaçların aynı anda bloğa giriş yapmasına gerek yoktur. Burada kalın cidarlı boru yufkaçlara serbest olarak girmeli, döndürülmeli ve ilerletilmelidir.

Daha önceki metodlarda borunun yufkaçlardan çıkış yönü haddenin eksenine dik oluyordu. Bir de borunun yufkaçlardan çıkış yönünün hadde eksenine paralel olduğu bir yöntem vardır. Bu yöntem "akıcı dönme" yöntemi de denilmektedir. (Şekil - 3.20) Bu yöntemde blok ilerletme yarığına konur. Ve çekme gerilimi oluşturulur. 3 adet kalibrasyon yufkacı sürekli olarak bloğun üzerinde silindirik bir malafa ile çalışırlar. Paralel duran yufkaçlara devamlı olarak bir itme uygulanır. Bu esnada boru döndürülmez. Bu yöntem ince cidarlı büyük çapta borular ve şekil verme zorluğu olan metallere boruların imalinde kullanılırlar.

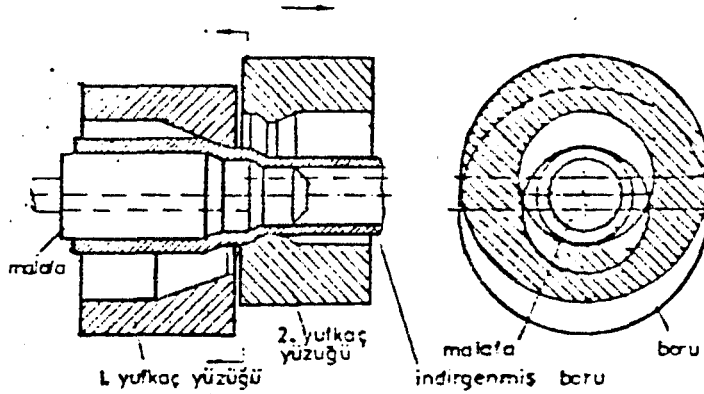


Şekil-3.19 Yufkaçlı hadde (5)



Şekil-3.20. Paralel hadde (5)

Bu yöntemde çok ince cidar kalınlıklarında, küçük iç çap toleranslarında ve iyi üst yüzey kalitelerinde boru imali mümkündür. Sistemin verimi szatte 30-60 m. borudur. Soğuk haddeleme yöntemlerinde rotasyonlu yufkaç yüzükleride boruyu dıştan çekme kuvvetiyle etkileyerek borunun çap ve cidar kalınlığını değiştirebilmektedir.



Şekil - 3.21 Eksantrik iki yufkaç yüzüklü hadde sistemi

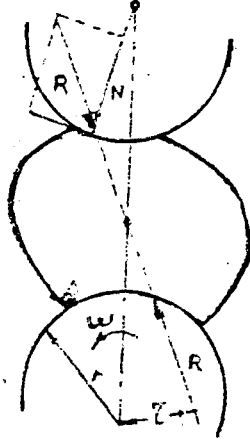
Şekil - 3.21 de birbirine bağlı olarak düzenlenmiş eksantrik iki yufkaç yüzüğü, silindirik bir malafa üzerinde borunun çap ve cidar kalınlığını indirgemektedir. Bu sistem titan boruları için kullanılmaktadır.

### 3.1.8 - SICAK HADDELEME YÖNTEMİ

Mannesman Yöntemiyle Kalın Cidarlı Foru İmali :

Sıcak haldeki tavlanmış blok, eksenleri birbirine dolaşısıyla bloğun eksenine göre eğik bulunan iki yufkaç arasından geçerken, bloğun kalibrenin darlaşan tarafına doğru hareket ettiren kuvvetler elde edilebilir. Bu suretle yufkaçlama sürekli olur. Yufkaçlama sırasında bloğun yufkaçlara değen kısımlarında basma gerilmeleri, orta kısımlarında ise yan doğrultuda sıdretli kayma gerilmeleri ve uzunluğu doğrultusunda, uzatmada olduğu gibi çekme gerilmeleri meydana gelir. Bu iki etki altında

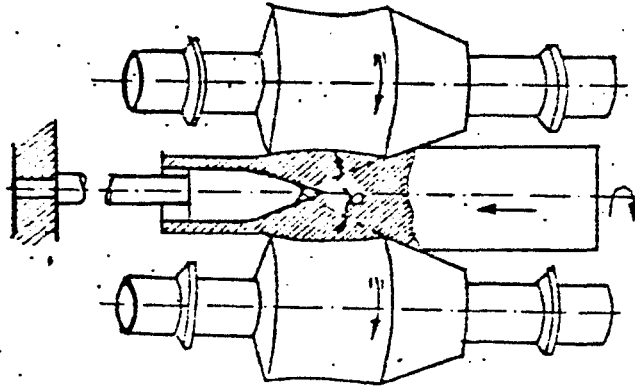
bloğun orta kısımlarında önce çatlaklar ve sonra bunlar açılarak bir boşluk meydana gelir. Yan dövmede her vuruştan sonra biraz döndürülen blokların orta kısımlarında da aynı nedenle boşluk meydana gelir. Malafa başı bloğun ortasında boşluğun teşekkül etmeye başladığı yerde bulunur. Bu suretle boşluk teşekkülü kolaylaştığı gibi cidar kalınlığının her tarafta aynı ve iç yüzeyleri düzgün olması sağlanır. Malafa başına üçüncü bir yufkaç gözüyle bakılırsa dışardaki yufkaçlar ve malafa başı bir trio haddesi teşkil ederler. Borunun yufkaçlarla malafa başı arasındaki kısımları, bir trio haddesinde kalibreler dışında orta yufkaça sarılan ve helis hareketi yapan bir şerit gibi düşünülebilir.



Şekil - 3.22 Analitik olarak yufkaçlar ve blok arasındaki ilişki(12)

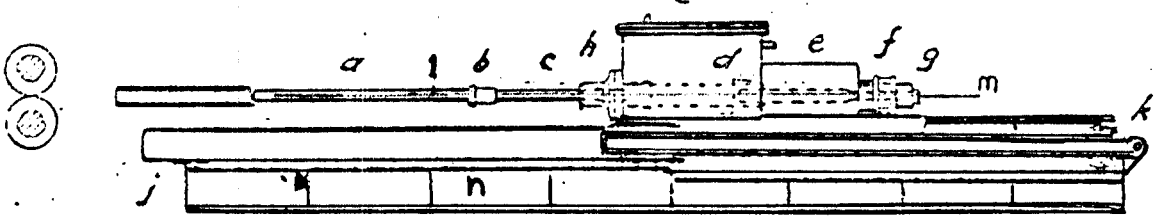
Pratikte ekonomik nedenlerle eğik hadde tesisatlarının türlü çapta ve türlü malzemeden boruların imaline elverişli olması istenir, bunun için yufkaçların eğikliğinin boru çapına göre ayarlanabilmesi gerekir. Stiefel yönteminde yufkaçların bloğa değen kısımları arasındaki çap farkı büyük olduğundan, blok malzemesinin yüzeyinde sürtünme dolayısıyla şiddetli zorlamalar

meydana gelir. Bu yüzden Stiefel yöntemi çeşitli malzeme için elverişli değildir. Diğer yandan bu yöntemde yufkaçların eğikliğinin ayarlanabilmesi için karışık mekanizmalara ihtiyaç vardır. Bu nedenle bu gün kalın cidarlı boruların imalinde daha ziyade Mannesmann yöntemi kullanılır. Bu yöntemde blok, Şekil - 3.23 de görüldüğü gibi konik, eksenleri birbirine göre az eğik ve aynı yönde dönen iki yufkaç ve bir malafa vasıtasıyla boru şeklini alır.



Şekil - 3.23 Sıcak hadde yöntemiyle dikişsiz boru imali (5)

Yufkaçlar hadde ayağı içerisinde dönebilen tamburlar içerisine yataklanmıştır. Bu tamburlar, şeklin sağında görülen vidalı miller vasıtasıyla döndürülerek yufkaçların eğikliği ayarlanabilir. Blok, yufkaçların arasına cetveller vasıtasıyla verilir. Aşağıdaki cetvel, kamlarla yukardaki vida vasıtasıyla kaldırılıp indirilebilir. Yufkaçlar, içerlerinde yatakları tamburlarla birlikte bir elektrik motoru ve iki sonsuz vida mekanizması vasıtasıyla ayarlanır. Şekil - 3.23'de malafa tertibatı şematik gösterilmiştir. (n) gövdesi üzerindeki (k) kazağına



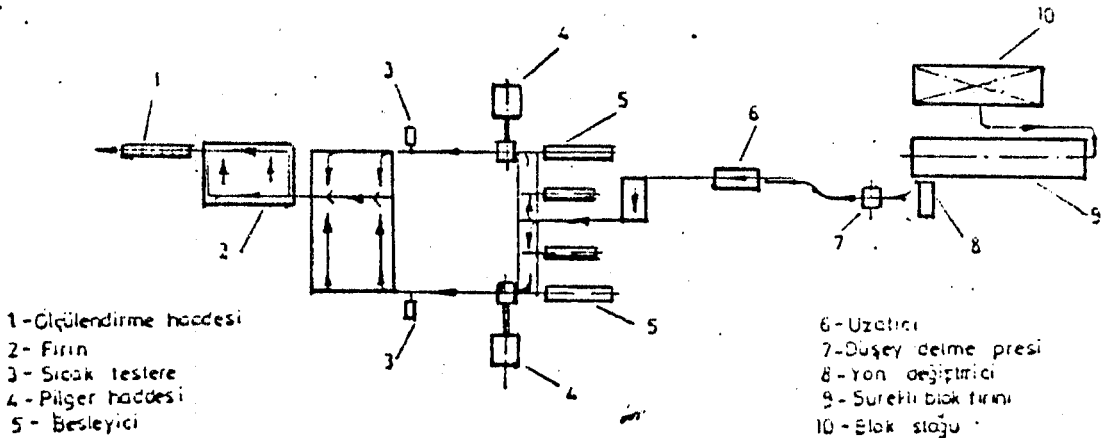
Şekil - 3.23 a Malafa tertibatı ve kısımları (5)

bağlı olan malafa çubuğu (a) gövde üzerinde (b) yatağı ve (c) kapağı içerisindeki (b<sub>1</sub>) burçları vasıtasıyla klavuzlanmıştır.

İçi boş olan malafa çubuğunun içerisine (l) borusu geçer, ve boruya (m) borusundan su verilerek malafa çubuğu soğutulur. (c) kapağı (d) ekseni etrafında dönebilen bir manivela ve (e) hidrolik silindiri yardımıyla kaldırılabilir.

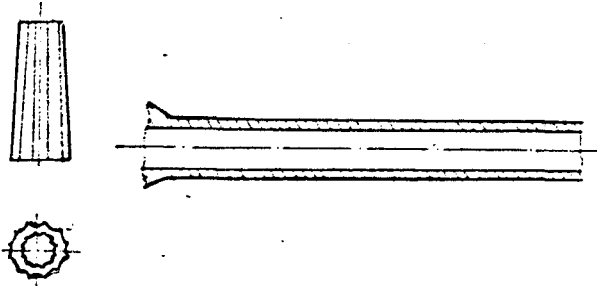
### 3.1.9 Mannesmann Yöntemi ile normal cidarlı boru imali

Eğik haddeleme yöntemi, dikişsiz boru imalinde kullanılırken bu yöntem ile ince cidarlı boru imalinde zorluklar çıktı. Bunun üzerine malzemeyi tüm olarak değilde adım adım haddeleme denendi. Her haddeleme işleminden sonra yufkaç 90° dönüp tekrar eski durumuna geliyordu. Uygulanan bu yöntem ile başarı elde edildi. Şekil -3.24e komple kademeli yufkaçlama tesisi şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil - 3.24 Komple kademeli yufkaçlama tesisi (5)

Pilger haddeleme de denilen kademeli yufkaçlama yönteminde yarı mamül, hadde ürünü dairesel kesitli kütük veya çokgen profildir. (Şekil - 3.25)



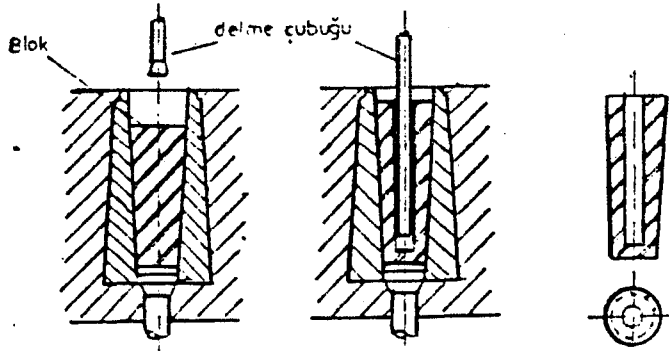
Şekil - 3.25 Çokgen bir bloğun delinmiş durumu(5)

Normal cidarlı hale getirilmesi istenen kalın cidarlı borular kesitin alınması işlemine geçmeden önce bir fırın içerisinde 6 - 10 saat arasında 1300°C'de tavlanylrlar. Mekanik değiştirici ile sıkıştırma, su fışkırtma ve rampa yöntemleri kullanılarak delme presine giderler. Delme presleri, yatay veya dikey hidrolik, 1000 ton kapasiteli preslerdir.

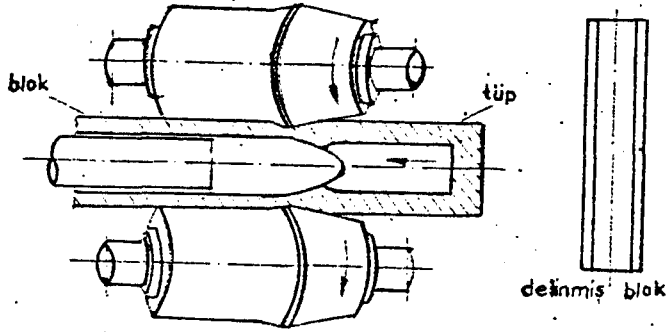
Prese geliste, delik kütük bir kol tertibatı vasıtasıyla konteynere kaldırılır. Ortasındaki zimba ile kütüğün orijinal çapının yarısı ölçüsünde delik açılır. Zimba, kütük yaklaşık bir tarafı kapalı tüp durumuna gelince durur, zimba geri çekilir. (Şekil - 3.26)

Tesisatta ayrıca, tüp halindeki kütükleri uzatmada kullanılan uzatıcılar vardır. Uzatıcı, bir çift fiçli şekilli yufkaçlar ile üst ve alt kaideler veya boşta olan yufkaçlardır. (Şekil - 3.27) Tesisattaki deliği, tüpün deliğinin çapını istenilen çapa göre büyütür. Yufkaçlar ise dış ölçüyü kontrol ederler.





Şekil - 3.26 Bloğun preste zımba ile delinme aşamaları (5)

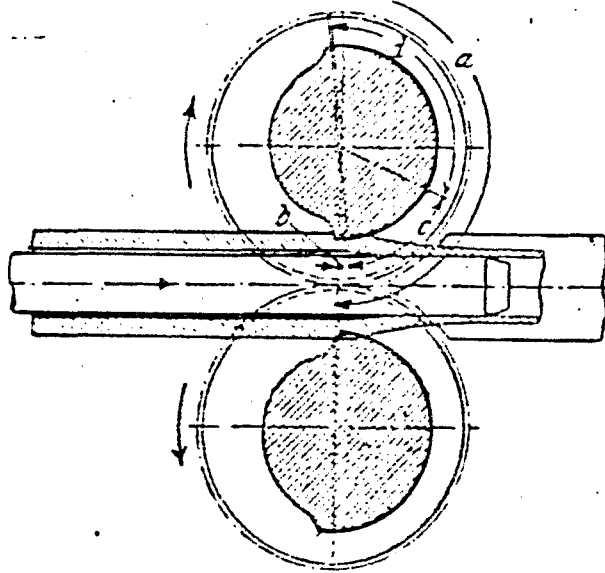


Şekil - 3.27 Kademeli yufkaçlamada bloğun haddelenmesi (5)

Kütük, haddeye besleyici tarafından taşınır ve kilitle-  
nir. Besleyici, piston mekanizmasının ön tarafında bir sapa  
sabitlenmiştir. Kütüğün sıcaklığı  $\sim (1050 - 1100^{\circ}\text{C})$  Bes-  
leyici, bir kızak üzerinde gidip gelen büyük bir arabadır.  
İçindeki subaplarla alıştırılmış hidrolik şahmerdanlar tara-  
fından ileri - geri hareketi uygulanır.

Piston, yufkaçlarla alıştırılması için bir su denge tertibatıyla, hava tarafından sıkıştırılarak ileri doğru itilir ve durdurulur. Pistonun geri hareketi yufkaçlarla uygulanır. Piston ileri hareket ettiği zaman yufkaçlar dönmek için serbesttir.

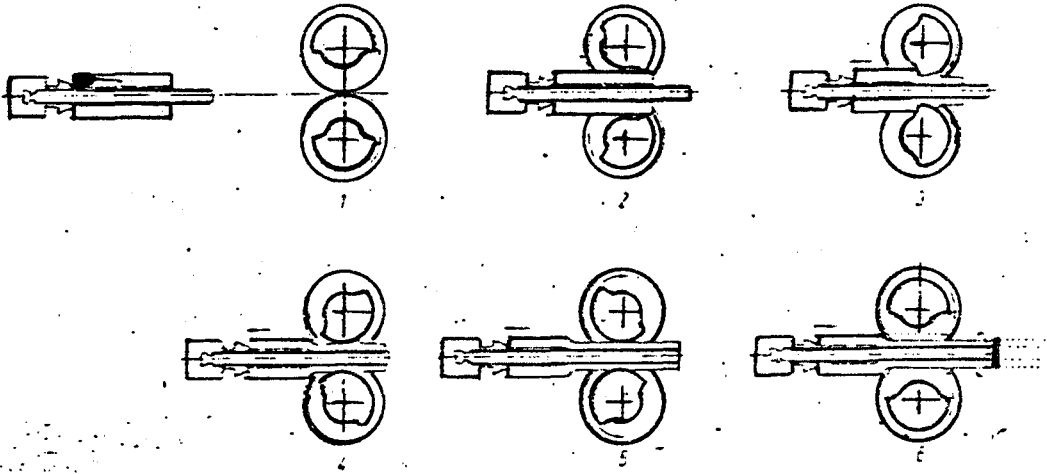
Fakat piston geriye çekildiğinde yufkaçlar sabitlenmiştir.



Şekil - 3.28 Kademeli yufkaçlama işlemi (6)

Kademeli yufkaçlama yönteminde hadde tesisatı iki yufkaç sisteminden oluşmuştur. (Şekil - 3.29) Yufkaçlar, malzemenin geçiş yönün tersine yerleştirilmiştir. Yufkaçların yarısı haddeleme için, diğer yarısı ise bloğu ileri itme ve döndürmesi için düzenlenmişlerdir. Bir tarafı preste delinen blok, eğik hadde de cidar incelmesine tabi tutulduktan sonra silindirik bir malafaya geçirilir. Malafanın boyunun, bloktan uzun olması gerekir. Malafa, iç çapı belirliyor. Bir ilerleme sistemi ile malafa blok yavaş yavaş yufkaçların arasına sürülür. Belli bir zamanda yufkaçların boş olan kısmının müsaade ettiği oranda, blok yufkaç eksenine seviyesinde ilerler. Yufkaçların dönmesiyle konik kalibreler ile ince cidarlı barın haline getirilir.

Yufkaçların dönmeye devam etmesiyle kalibrelerdeki boş kısmı geldiği için boru serbest kalır. Ve malafayla blok haddelendirme için ilerler. Buna ileri gidiş hareketi denmekte ve bu hareket ile malafayla blok  $90^\circ$  döner. Böylece, önce yufkacın boş kısmında olan boru yufkacın hareketiyle kalibre işlemine girer. Ve böylece borunun daireselliği korunur. Bu olay her yufkaç dönmesinde meydana gelmektedir. Bu esnada boru adım adım ilerlemekte ve haddelenmektedir. Borunun son kısmı uzatılmamakta, malafa borudan çıktıktan sonra boru kesilmektedir.



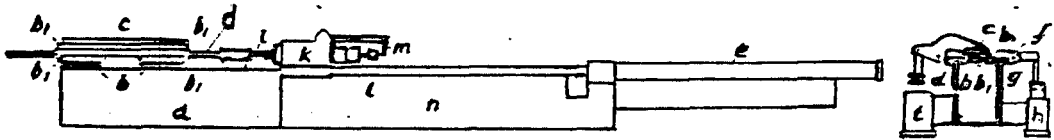
Şekil - 3.29 Kademeli yufkaçlamada işlem sıraları(6)

Kademeli Yufkaçlama Yöntemlerinde Kullanılan Besleme Tertibatı

Şekil - 3.30 da görülen besleme tertibatında, (d) malafası (b) kilidi vasıtasıyla (c) piston çubuğuna bağlıdır. Yufkaçlar tarafından kavranan boru malafayı ve piston çubuğunu sola doğru hareket ettirir. Bu sırada (d) pistonu (e) ilerletme silindrinde bulunan basınçlı havayı dışarı çıkarır ve (f) vidası, (g) somunu bir yönde döndürür. Yufkaçlar boruyu serbest bırakınca (e)

silindirindeki basınçlı hava (d) pistonunu sola doğru hareket ettirir. Piston kursununun sonuna doğru, (h) fren silindirdeki su ve yağ karışımı, ön taraftaki kısımda sıkışarak malafayı frenler ve bu suretle çarpmayı önler. Malafa ilerlediği sırada (f) vidası (g) somununu ters yönde döndürmek isterse de somunun üzerindeki mandal dişlisine takılan bir yaylı mandal bu dönmeye engel olduğundan (f) vidası dönmek zorunda kalır ve malafayı da birlikte döndürür. Kursun sonunda malafa  $90^{\circ}$  dönmüş bulunur.

Yufkaçlama başladığı zaman (j) silindirdeki basınçlı su tedrici olarak dışarı bırakılır. Sonuçta kendisinde bir basınçlı su silindiri olan ve basınç altında bulunan (k) dalma pistonu ilerleyerek tertibatı taşıyan kızıağı sağa doğru hareket ettirir. Yufkaçlamanın sonunda (j) silindirine basınçlı su verilmek suretiyle (k) pistonu ve dolayısıyla malafa geriye çekilerek borudan çıkarılır. Bu sırada tesbit edilen boru, yukarıya kalkan bir masa üzerinde kalır ve alınır.



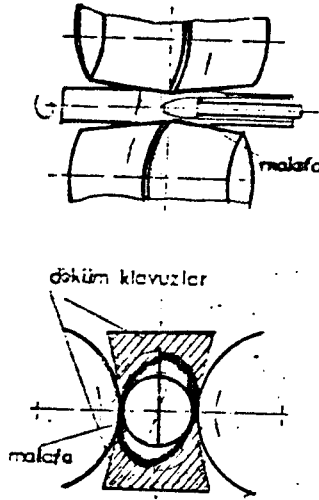
Şekil - 3.30 Komple bir besleme tertibatı ve kısımları

Her borunun yufkaçlanmasından sonra malafa soğutulmak üzere çıkarılır ve tertibata soğutulmuş bir malafa takılır. Yufkaçlanacak kalın cidarlı boru, haddenin önünde yukarıya kalkan bir (n) masası üzerine konur ve tesbit edilir. Bundan sonra malafa ileriye sürülerek boruya geçirilir ve yufkaçlama başlar. Borunun malafa kilidi tarafındaki sonu yufkaçlanamadığından başlangıçtaki

kalinlığını korur. Bu kısım sonra kesilir ve monşonlu boru imalinde presle monşon haline konur. Kademeli yufkaçlama yöntemi ile 40 - 600 mm. çapında, 2 - 8 mm. cidar kalınlığında ve 30m ye kadar uzunlukta borular bir tavlama ile imal edilebilmektedir

Mannesmann yönteminde yufkaçlardaki yarıklar, dairesel klavuzlar ile kapatılmıştır. (Şekil - 3.31) Mannesmann yöntemi de stiefel yöntemi gibi uzunlamasına basınca maruz kalır.

Giriş yerinden itibaren itme basıncı ile tüm blok işlenir. Böylece şekil değiştirmede her taraftan eşit olarak basınç gelir. ve malafa ucunda boşluk oluşumu önlenir. Bu yöntem ile öne itme derecesi düzelir, ve böylece haddelene zamanı azalır. Mannesmann yöntemi kalın cidarlı boru imali için uygun değildir. Çünkü sürtünme kuvvetleri kaldırıldığına göre daha iyi çekme durumu oluşmaktadır.



Şekil - 3.31 Mannesmann yönteminde klavuzlarla çalışma(3)

### 3.1.10 Stiefel Yöntemi

Blok, eksenleri birbirine paralel, aynı yönde dönen ve konik iki yufkaç vasıtasıyla yufkaçlanırsa, normal kuvvetlerin ve

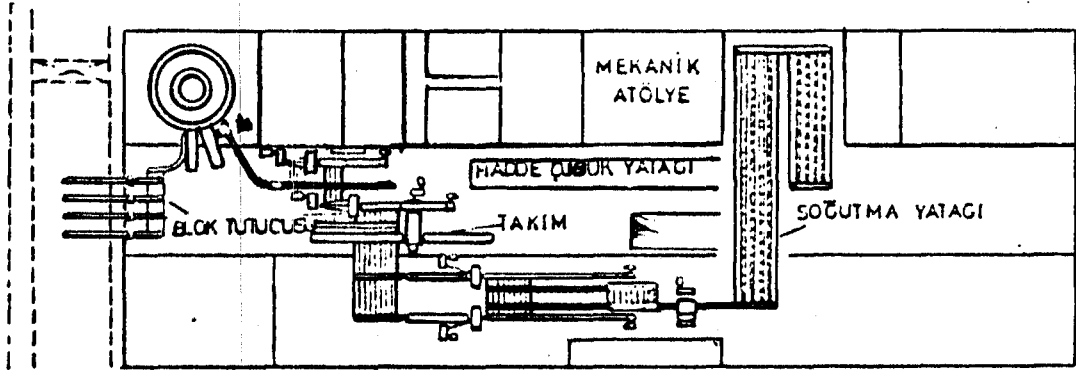
sürtünme kuvvetlerinin bileşkeleri birbirleriyle dengede bulunur. Bu halde sürtünme kuvvetleri yufkaçların dönüş doğrultularıyla bir açı teşkil eder. Bu açı, konik yüzeylerin eğikliği arttıkça büyür ve eğiklik açısı  $90^{\circ}$  olunca sürtünme kuvvetinin yufkaçların dönüş doğrultusundaki bileşeni olan  $T' = N \cdot \mu \cdot \cos \alpha$  sıfır olur. Ve sonuçta yufkaçlama devam edemez. Fakat  $\alpha$  açısı  $90^{\circ}$  den küçük olsa da, yufkaçlama sürekli olmaz. Çünkü sürtünme kuvvetinin aksenal bileşeni, bloğu kalibrenin genişleyen tarafına doğru sürükler. Aynı zamanda bloğun çapı da malzemenin aksenal doğrultudaki akışı dolayısıyla küçülür ve sonuçta şekil değiştiren kuvvetler küçülerek sıfır olur.

Pilger yönteminin ortaya çıkmasıyla ilk defa eksiz ince cidarlı borular haddeden geçirildi. Fakat kalın cidarlı boruları ince cidarlı borulara dönüştürmede başka yöntemler arandı. Pilger metodunun önemini kaybetmemesi için kalın cidarlı boruların bir kaç kat halinde iki yufkaçlı hadde de uzatıldığı bilinirdi. Bu haddeleme prosesinde bir çok yuvarlak kalibre bir yufkaçın üzerinde yan yana getiriliyordu.

İnce cidarlı boruları elde etmek için en önemli şartlar, delik delme aletinde bu kadar ince cidarlı boruları elde etmek ve 2 - 3 yufkaç darbesiyle sıkıştırıcı üzerine tamamlanmış borular halinde haddelemektir. İsviçre asıllı mühendis Ralf Stiefel bu metodu daha da genişleterek düzeltti ve sonuca vardı.

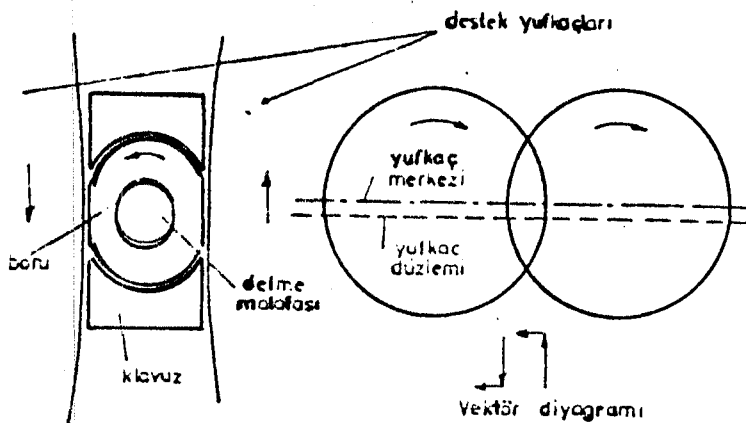
Stiefel, masiv blokların delik delme işlemleri üzerine çalışma yaparak delik delme makinasını yaptı. Ve ilk defa Amerika'da boruları eğik haddeleyen makinaları yaptı. Eğik haddenin yufkaç kalibresini mümkün olduğu kadar kapalı hazırladı ve sevk etme işlemini haddenin çok yakınına getirmeyi ve bu suretle delik delme aparatını daha da geliştirmeyi başardı. Delikli blok-

ların genişlemesi önleildi ve madde akımı doğrultusuna mecbur edildi. Bu karar haddenin durumu ve dış formu için tedbirli bir karardır. Şekil -3.32 Kalibrenin delme haddehanesindeki uygulamasını, hadde tanziminin şemasını göstermektedir.

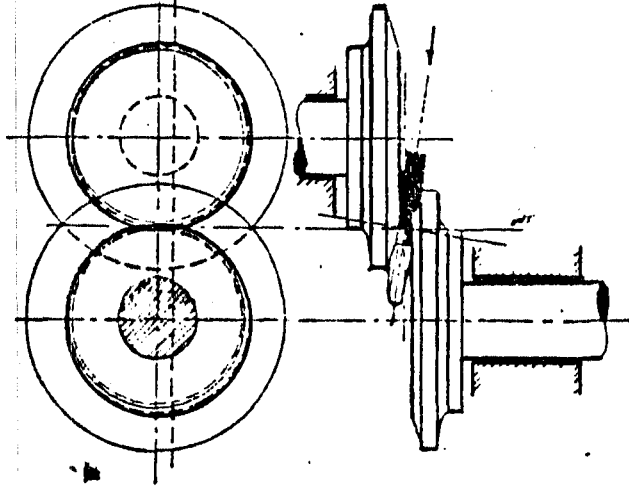


Şekil - 3.32 Stiefel yönteminde komple hadde tesisatı yerleşim düzeni(3)

Şekil - 3.33 de hadde düzlemi (seviyesi) nin hadde merkezinin altında durduğu ve vektör diyagramında hareket oluşumu görülmektedir.

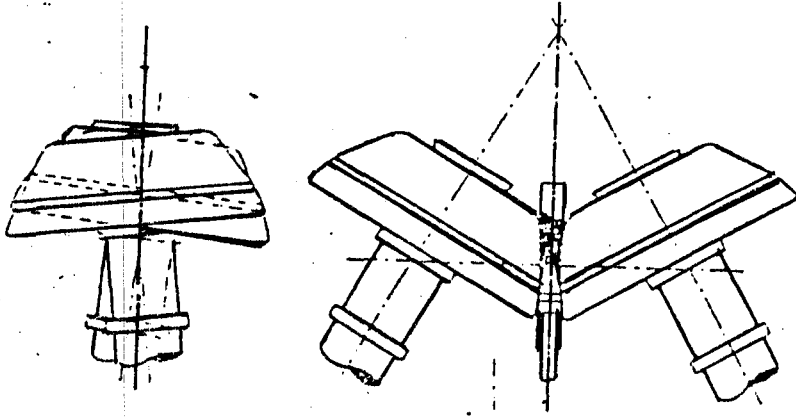


Şekil - 3.33 Hadde düzleminin hadde merkezinin altında olması ve vektör diyagramındaki hareket oluşumu(3)



Şekil - 3.34 Stiefel yönteminde eksenleri birbirine paralel yufkaçlarla haddelme işlemi (3)

Stiefel'in ortaya çıkardığı delik delme haddesi büyük boruları imal etmekte yetersiz kaldı. Stiefel, iki konik ve eksenleri birbirine eğimli yufkaçları olan konik delme haddesini geliştirdi. (Şekil - 3.35)



Şekil - 3.35 Stiefel yönteminde eksenleri arasında  $60^{\circ}$  lik açı olduğu konik yufkaçlarla haddelme işlemi(3)

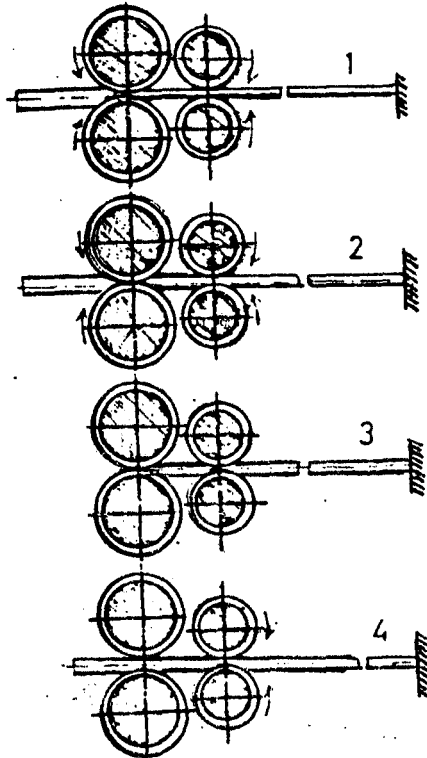


Konik delme haddesi teknik olarak tam bir başarıydı. Fakat çalışma ortamının dar olması nedeniyle yetersiz kaldı. Kusursuz delme işlemi için değiştirilebilen bir eğik konumun olması bu yöntem için büyük avantaj sayılırdı. Bu talepler, ne delik delme makinası, ne de konik delme makinaları tarafından uygun bir şekilde yerine getiriliyordu.

Stiefel yönteminin esasında, dönüş yönleri aynı olan ve eksenleri birbirine paralel veya eksenleri arasında  $60^\circ$  lik açı olan yufkaçlar kullanılır.

Silindirik, tavllanmış blok bir düo haddesinden eğik olarak geçer. Malafa başı çapının en büyük kısmı yufkaç eksenlerinden geçen düzlem üzerinde bulunur. Yufkaçlama sırasında borunun ya iç çapı ya da dış çapı sabit kalır. Birinci halde yufkaçlar üzerinde gittikçe küçülen çapta bir çok kalibreler bulunur.

(Şekil - 3.36)

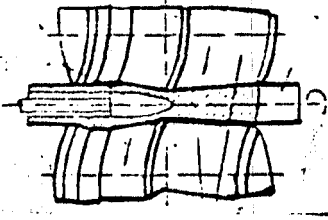


Şekil - 3.36 Stiefel yöntemiyle normal cidarlı boru imali(3)

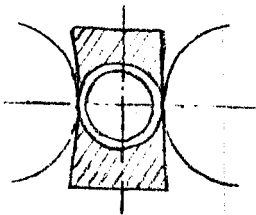
Malafa başının çapı değişmez. İkinci halde boru yalnız bir kalibre vasıtasıyla yufkalanır, ve her geçişten sonra malafa çubuğuna gittikçe büyüyen çapta malafa başları takılır. Stiefel yönteminde döküm klavuzları ile çalışır. En önemli parçası delme konileri ve açma konileridir. (Şekil - 3.37) Delme konisinde delme işlemi, dairesel bloğun çapraz haddelenmesiyle olur.

Delme işlemi esnasında blok merkezinde çekme gerilimi oluşur. Bu gerilim düşey olarak yufkağların blok kenarlarına temas eden bölümlerinde basınç gerilimi oluşmasıyla meydana gelmektedir. Malafanın ucunda boşluk oluşması istenilmeyen bir durumdur. Bundan dolayı malafa ucunda boşluk durumunu engellemek için malafanın ucundaki kısma bastırılmaya çalışılır.

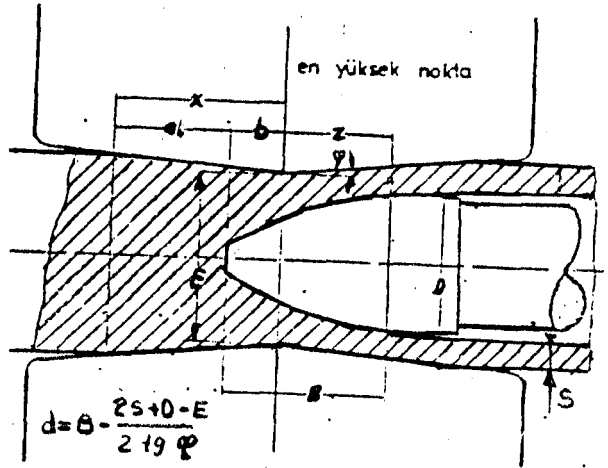
Şekil - 3.39 da daralma ölçüsü (E) yufkağın en yüksek noktasında mümkün olduğunca küçük seçilir. (Blok çapının % 87-92 si)



Şekil 3.37 Delme Konileri (4)



Şekil - 3.38 Stiefel yönteminde döküm klavuzları ile çalışma (4)



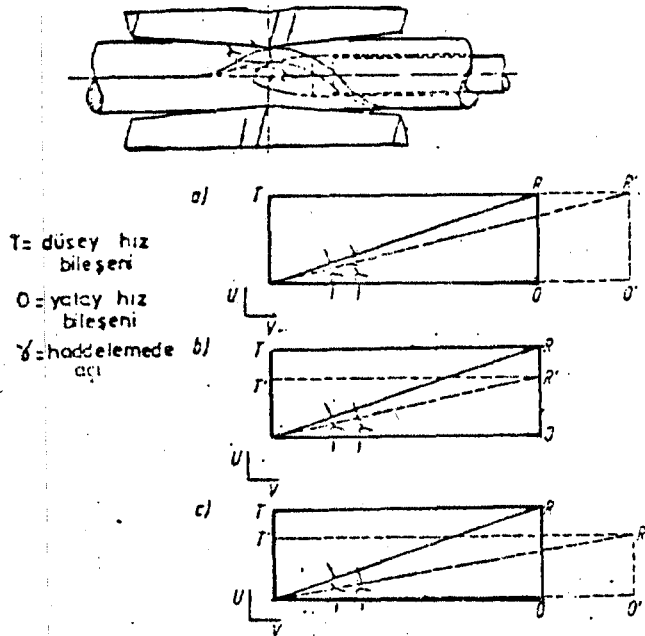
Şekil -3.39 Stiefel yönteminde yufkağlarda en yüksek nokta ve daralma ölçüsü (4)

Önceden belirlenen başka bir ölçüde (a) dır. Aralık olarak malafa ucu ile bloğun yufkacı bıraktığı yer olarak belirlenir.

Blok, malafanın ucuna gelmeden evvel tam bir dönme yapmalıdır. Böylece dengeli olması şartı sağlanmış olur. (a) ölçüsü, malafa ile ilk kalibre arasında en yüksek uzaklık 70 - 120 mm. olduğu anda oluşur. Bu şekilde de bazen malafanın ucunda boşluk oluşması önlenemez. Bunun için genel bir ölçü değeri vermek pek uygun olmaz. Çünkü bu etken, çeliğin saflık (alaşım) durumuna da bağlıdır.

İkinci istenilmeyen durum ise bloğun dönmesi esnasında yufkaçdaki yarıklardan dolayı blokta bir malzeme akımının oluşmasıdır. Bu akım, bloğun ginişten yufkaç çapının en yüksek noktasına kadar genişlemesi ve aniden daralması ile olmaktadır. Bu şekilde bloğun dönme yönünde aniden döndüğü görülür. Genişletme konisinde köşe hızlarının küçülmesi, dönmeye aksi yönde etki eder. Bloğun dönmesiyle, blok kesitinde teğetsel basma gerilimi olmakta ve bu gerilmeler blok kenarında maksimuma ulaşmaktadır. Dönmeyi önlemek amacıyla delme ve genişletme konilerindeki açılar  $2,5 - 3^{\circ}$  azaltılır, çalışma yufkaçların eğim açısı ise  $10 - 12^{\circ}$  büyütülür.

Şekil - 3.40 iki etkenin nasıl oluştuğu görülmektedir.

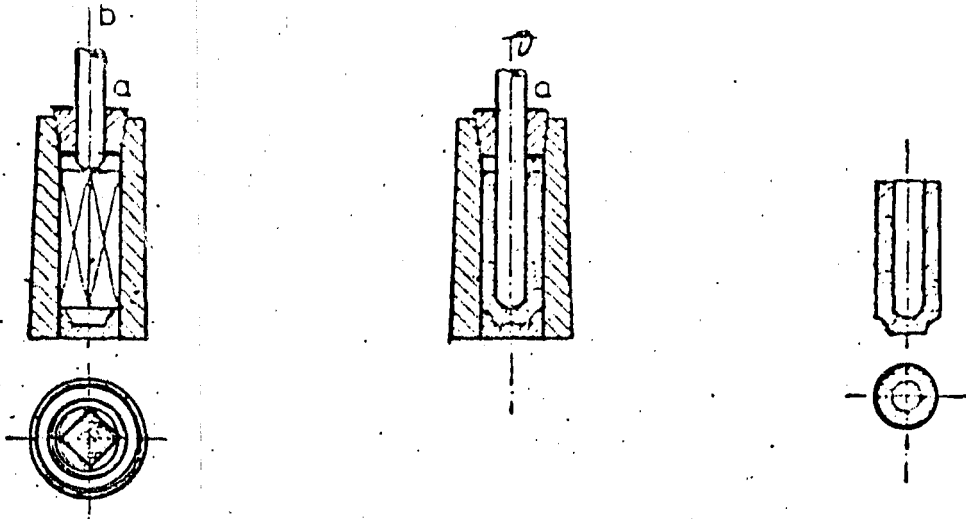


Şekil - 3.40 Stiefel yöntemiyle yufkaçlamada düşey yatay hız bileşenleri ve haddedeleme esnasında açı ilişkisi(4)

- (a) da yufkaç eğim açısının büyümesiyle oluşan etki
- (b) de azaltılan yufkaç konikliği
- (c) de iki durumun etkilenmesiyle oluşan durum

### 3.1.11 Erhadıt Yöntemi

Kalın cidarlı boruların imalinde kullanılan bir yöntemdir. İlk defa Erhadıt tarafından kullanılan bu yöntemde dört köşe bir blok şekil - 3.41 de görüldüğü gibi çapı bloğun köşegenine eşit bir basma kabı içerisinde kesiti blokla basma kabı arasındaki segmentlerin toplam yüzeyine eşit bir (b) malafası vasıtasıyla delinir. Malafayı (a) klavuz halkası merkezler. Bu yöntemde blok tamamıyla delinmez. Elde edilen bir tarafı kapalı kalın cidarlı boru Erhadıt itme yöntemi ile normal

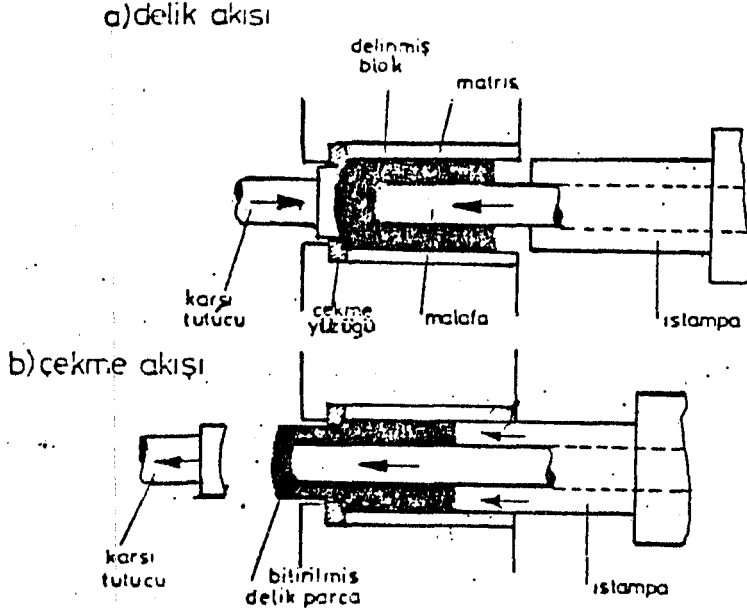


Şekil - 3.41 Erhadıt yöntemiyle boru imalinde işlem sıraları(12)

cidarlı boru haline getirilir. Erhadıt yöntemi yalnız dairesel kesitli bloklara değil, pres gücünün yettiği kadar prizmatik veya çokgen kesitli bloklara da uygulanabilir.

Erhardt yönteminde bloğun baştan başa delinmesi de sağlanabilir. Bunun için basma kabının içerisine biraz kömür kırığı atılır, kömürün yanmasıyla hasil olan gazlar bloğu bir miktar yukarıya doğru hareket ettirdiğinden malafa bloğu tamamıyla delebilir. Yuvarlak bloklar da malafa ile delinebilir. Bu halde malzeme basma kabının içerisinde yükselir, ve sonuçta boru parçasının boyu bloğun boyundan uzun olur. Delme yönteminde düşey hidrolik presler kullanılır. Deliğin merkezde olabilmesi için presin klavuzları sıhhatli olmalıdır. Sütunlu preslerde sütunlar aşındığından presin sıhhati zamanla azalır.

Bu nedenle delmede klavuz kızakları ayarlanabilen presler kullanılır. Şekil - 3.42 de yatay pres ile itme işlemi görülmektedir.



Şekil - 3.42 Erhardt yönteminde yatay presle itme işlemi(12)

Pres istampasına bağlı delme malafasından delik parçayı itme halkalarından geçirmek suretiyle istenilen çapta boru imal edilir. Uygun aletlerle beraber delik parça malafadan

alınır. Bu çekme işlemi cidar kalınlığına göre içi boş cisim üzerinde çeşitli sıcaklıklarda tekrarlanır. Bu yöntemle bugün bile kalın cidarlı, boyutları, 1000 mm. iç çaplı 8 m.ye kadar boru imal edilir.

Delme işlemi için kuvvet ihtiyacı :

Dairesel kesitli bloğun kesiti  $F_0$ , malafanın kesiti  $F_1$  ise ortası delik silindir şeklindeki parçanın uzunluğu teğetsel ve radyal doğrultulardaki şekil değişimleri

$$\psi_l = L_n \frac{L_1}{L_0} = L_n \frac{F_0}{F_1 - f} \quad \psi_t = L_n \frac{2 \pi x_1}{2 \pi x_0}$$

$$\psi_r = - (\psi_l + \psi_t) = L_n \frac{F_1 - f}{F_0} + L_n \frac{x_0}{x_1} \quad \text{olur} \quad (\text{kaynak no:13})$$

Hacim sabitliği dolayısıyla

$$\pi \cdot x_0^2 \cdot L_0 = \pi \cdot x_1^2 \cdot L_1 - f L_1$$

olduğundan burada  $x_0$ 'ın değeri ve  $F = \pi x_1^2$

Yukardaki denklemlere konursa,

$$\psi_t = \frac{1}{2} \ln \frac{F}{F + f} - \frac{1}{2} \ln \frac{F_0}{F - f}$$

(kaynak no:5)

$$\psi_r = -\frac{1}{2} \ln \frac{F}{F - f} - \frac{1}{2} \ln \frac{F_0}{F_1 - f}$$

elde edilir. Delmede en büyük şekil değişmesi radyal doğrultuda olduğundan

$$A = \int_f^F d F_1 L_1 \cdot \sigma_A \psi_r = (F_1 - f) L_1 \cdot \sigma_A [\psi_{rm}] = F_0 L_0 \sigma_A [\psi_{rm}]$$

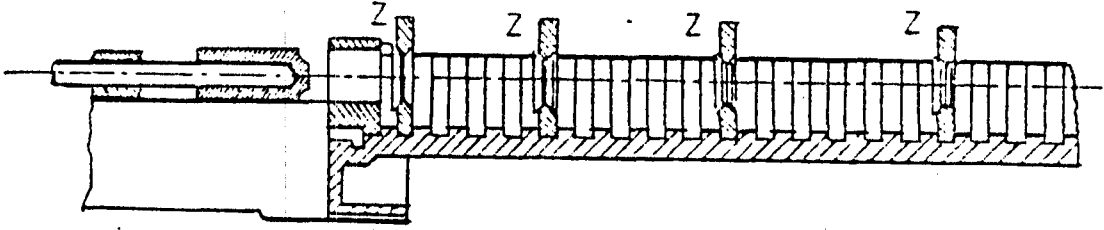
olur. Burada  $\psi_{rm}$  ortalama radyal şekil değişmesidir. Bunun değeri

$$\psi_{rm} = -\frac{1}{F_1 - f} \int_f^F \psi_r \cdot dF = -\frac{1}{2} \left[ \ln \frac{F_1}{F_1 - f} + \frac{F_1}{F_1 - f} \cdot \ln \frac{F_1}{f} + \ln \frac{f}{F_1 - f} \right]$$

bulunur. Buradan delme kuvveti  $P = E_0 \cdot K \cdot \psi_{rm}$  bulunur.

Erhardt Yöntemi ile Normal Cidarlı Boru İmali :

Erhardt yöntemi ile elde edilen bir tarafı kalın cidarlı borular yine Erhardt tarafından geliştirilen itme tezgahı vasıtasıyla normal cidarlı borular haline getirilir.



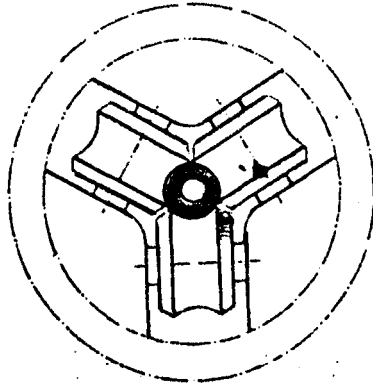
Şekil - 3.43 Erhardt itme tezgahı(12)

Bu tezgahta kalın cidarlı boru malafa üzerinde olduğu halde gittikçe darlaşan (z) çekme halkalarından geçirilir. Bu suretle cidarı incelen boru, düzgülleştirme haddesinden geçirilerek genişler ve malafayı serbest bırakır. Erhardt yöntemi ile 50 -230 mm. çapında ve 12 m'ye kadar uzunlukta borular 3 m/sn'ye kadar hızla çekilebilmektedir.

Son zamanlarda çekme halkaları yerine 3 veya daha fazla yufkaçlı kalibreler kullanılmaktadır. Bu suretle sürtünme ve aşınma azalır. Halkalar için yapılan temizleme ve yağlama işleri büyük kısmıyla ortadan kalkar.

Dönme Kalibreleri :

Şekil - 3.44 de sepete benzer olan 3'lü dönme kalibreleri görülmektedir. 120° lik açıyla 3 yufkaç yerleştirilmiştir. Sadece delik parça üzerinde dönme ile oluşan sürtünme kuvvetleri sayesinde dönme kalibreleri oluşmaktadır.



Şekil - 3.44 Yufkaçlı dönme kalibresi(2)

Donatılarını dökme çeliktendir ve taşıyıcı yivler üzerine donatım yatağı yerleştirilir. Hadde oynak yerleri kapanır ise  $60^{\circ}$  ile bu sistem gerçekleştirilir. Daha büyük sayıdaki donatılar için sabit yufkaçlar öngörülmüştür. Tunlar çekme veya çalışma kalibreleri olarak kullanılır. Bir kalibre sırasında-ki 2. veya 3. kalibreler oran kalibresi oluyor. Tunlar o şekilde yapılmıştır ki gerektiğinde merkeze doğru konular böylece işlem esnasında tam bir cidar ayarı yapılabilir. Dönme kalibreleri ile birlikte itme tezgahlarındaki yüzey kaliteleri iyileştirilebilir. Ve sistemdeki yatak boyunu uzatmadan daha uzun boylar elde edilebilmiştir.

#### Montaj ve Çalışma Şekli :

Belli bir uzunluktaki kremayer üzerinde hareket eden tahrik dişlisi ile doğru akım motorunun bitiminde ise itme işlemi için gerekli olan shaft mili sağlamlaştırılmıştır. Bu boş olan uçta malafaya uygun olan oluk düzeni vardır. Bu şekilde itme işlemi sırasında malafanın emin bir ilerlemesi olur.

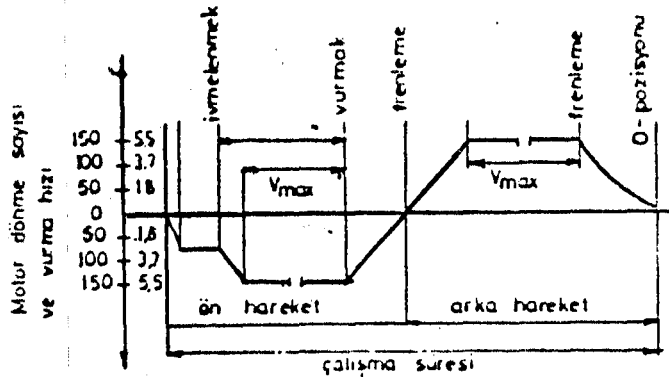
Birbirine bağlı olan sehpa yatağı ve dişlinin mil desteğinin arasında bir de alıcı masa vardır. Bunun üzerinde  $1250^{\circ}\text{C}$  ısıtılmış olan ve presten gelen delinmiş blok dinlendirilir. sehpa yatağında düzenlenmiş olan silindir çerçeveleri vardır.



Bugün itme halkalarının yanında yuvarlak kalibre tesisatı vardır. Delinmiş blok alıcı masa üzerine konduktan sonra itme tesisatı ile itme işlemine başlanır. Malafa azaltılmış bir hızla işlemine başlar. Dairesel kalibrelerden geçen delik parça çevre hızlarının gittikçe artması sonucu cidarların inceltilmesi ve boyun uzaması ile işlem biter.

İtme Tezgahının Çalıştırılması :

Elektrotekniğin ilerlemesi ve otomasyon sayesinde dakikada 5 bloğa şekil verilmektedir. Şekil - 3.45 de şematik olarak itme tezgahının gidip gelme sayısını sabit olan delme hızıyla birlikte göstermektedir.(4)



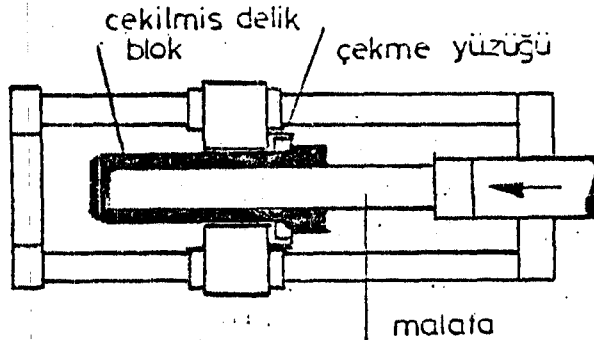
Şekil - 3.45 Şematik olarak itme tezgahının gidip gelme sayısının sabit olan delme hızıyla ilgesi(4)

Yeni yapılan sistemlerle 16 m'ye kadar boru boyunca ulaşmaktadır. Fakat delme presine sınırlı malzeme konduğu için artan cidar kalınlığı ile hacim sabitliği esassından dolayı bu boru boyu azalmaktadır. Her dikişsiz boru imalatı belirli geometrik büyüklüklere bağlıdır. Bu da bloğun hacmine bağlı olarak uzunluğu

belirlemektedir. Bu işlem, presteki delinmiş bloğun uzunluğu (L) ve malafa çapı (d) ile ilgilidir. Delme oranı  $\frac{L}{d} : \frac{6}{1}$  ila  $\frac{8}{1}$  arasındadır. (İtme ile mamül üretiminde) Genelde  $\frac{6}{1}$  den büyük olma durumunda ise pres sadece uygun bir metod için geçerlidir.

Eğer delmede bir değişiklik meydana geliyorsa o zaman malafada bir gevşeme ve cidar kalınlığında bir değişim gözlenebilir.  $\frac{L}{d}$  oranının 8 den büyük olma durumunda ise çokgen veya dairesel blok kesitlerinde cidar kalınlığı artar. Prizmatik bloğa karşı dairesel kesitli bloğun kullanılması sadece malzeme hacminin fazla oluşu ile kıyaslanmaz. Bundan dolayı delme oranına bağlı kalınmalıdır. Delmede başka bir oran ise matrisin içinin veya delik çapının (D) malafa çapına (d) oranıdır. Prizmatik bloklar genelde  $\frac{D}{d} = 2$  oranı kullanılır. Bu durumda ise itme ile delik oluşturulur. Ama bunun yanında blok kenarının radüsü, kenar uzunluğunun % 15'i olup bu oran geçilirse malzeme, matrisi dolduramaz ve boş bir delme oluşur. Ama oranın altında kalırsa o zaman malzeme matristen taşar ve delik çapı büyür. Giren malzeme hacminin yükselmesi ile belli bir D/d sınırına kadar mevcut hacmin artması, presin çekme işini artırmaktadır.

Şekil - 3.46 da büyük malzeme hacmi koymak için kombine edilmiş yatay boru çekme presi görülmektedir.

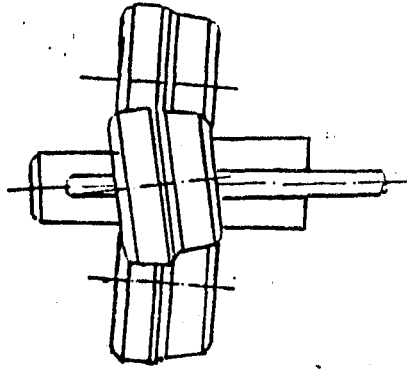


Şekil - 3.46 Yatay boru çekme presi(4)

Bu presle, delme tutumları pek değişmiyordu. Ama büyük D/d oranlarına ulaşıyordu. İşlem esnasında blok, hidrolik olarak çalışılan karşı dayak ile desteklenir. Delme işlemi bittikten sonra matrisin arkasında oluşturulmuş olan itme halkalarından geçirilir ve boyu 1,5 - 1,6 kat uzar.

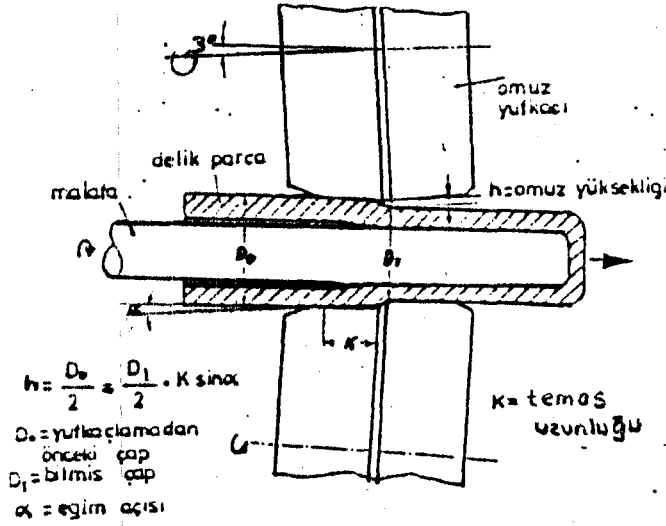
#### Erhad Yönetiminde Üçlü Yufkaçlamanın Kullanılması

İtme tezgahları, 3 yufkaçlı çekme mekanizması ile iyileştirilebilir. Şekil - 3.47 de 3'lü yufkaçlama mekanizmasının temel prensibi görülmektedir. 3 adet konik yufkaç, simetrik olarak merkez etrafında boru eksenine doğru eğimli olarak düzenlenmiştir. Delik parçanın öne akışı daha kolay olsun diye delik parçanın merkezine doğru hareketli olarak yataklanmış destekler yufkaç mekanizmasının girişini değiştirmiştir.



Şekil - 3.47 3 konik yufkaçlı çekme mekanizması(4)

Şekil - 3.48 de üst üste duran yufkaçlar basit olarak gösterilmiştir. Yufkaç merkezindeki eğime omuz denilmektedir. Yatay düzlemdeki  $3^{\circ}$  lik açı ile beraber omuz öncesi (K) mesafesi delinmiş bloğu kavrar ve aynı anda oluşan dönme ile yufkaçlar arasına çeker. Yufkaç çapının büyümesi ve malafanın ilerlemesi ile belli bir süre ve yerde istenilen cidar kalınlığına erişmiş olunur.



Şekil - 3.48 3 Yufkaçlı düzende omuz yüksekliği ve yufkaçlamaya etkisi (4)

Omuz yüksekliği (h) nin değişmesi ile istenilen boyutlara erişilir. Omuzun en yüksek noktasında yufkaç kenarları belli bir uzunlukta paralel çalışırlar. Burada yüzey düzleştirilir. Malafa malzemedan çıkarılır. Yufkaçlar, delinmiş bloğu serbest bıraktıktan sonra bir karşı yatak sistemine bağlı zincir mekanizması ile tekrar malzeme almak için eski yerine dönerler. Tüm bu işlemler, itme tezgahında olduğu gibi elektriksiz kumandalı otomatik olarakda yapılabilir.(4)

Malzemenin işlenişi :

Omuz yüksekliği (h), geometrik olarak saptanmış ve delinmiş bloğun giriş çapı  $D_0$ , Kalibre çapı  $D_1$ , omuz öncesi temas mesafesi  $K$  ve giriş açısı  $\alpha$  ya bağlıdır. İnce cidarlı bloklarda  $D:S$  8:1 çap - cidar kalınlığı küçük olur. (9 mm'nin altında)

Buna karşın kalın cidarlı delik bloklarda daha büyük omuz yüksekliği ile çalışır. Delinmiş bloğun giriş çapının tutumuna göre boru itme tezgahında durum 5:1 olabilir. Toplam durum için 90 mm malafa çapı için 12,5 omuz yüksekliği kullanılır. Temas uzunluğu 80 mm olunca kusursuz bir işlem olur.

3'lü yufkaçlamanın dışında bir yöntem ile 4:1 den 12:1 lik bir oran durumu için yufkaçlar koni biçimli çelik borularla işlem görürler. Hareketli olan giriş tutucusu,  $25^{\circ}$  kadar diğer sabit tutucuya karşı hareket ettirilebilir. Böylece giriş çapı ( $\alpha$ )  $8^{\circ}$  yükseltilir. Bunun yanında itme hızında D:S oranına ve malzemenin kalitesine bağlıdır. Kalın cidarlı borular eğer alaşımsız çelikten imal edilmiş ise  $6^{\circ}$ 'nin üzerinde bir açıyla blok yufkaçlamanın girişinden geçirilir. Delme presi ve 3 yufkaçlı mekanizmanın birleşmesi boru itme tezgahına şu avantajları kazandırmıştır.

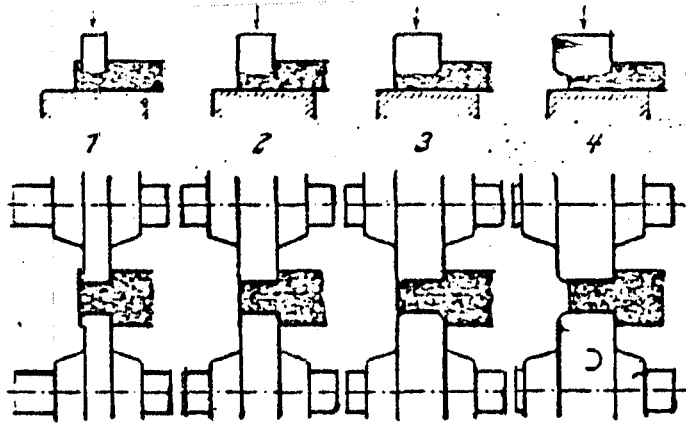
- 1/ Giriş malzeme hacminin artması
- 2/ Cidar kalınlığında bir düzenlik
- 3/ Yüzey kalitesinin artması

Blok hacminin artması ile birlikte daha büyük çaplı malafa ile çalışılabilir, ve boy uzar. Başka bir durumda ise bu yöntem sadece kritik nokta olan 8:1'e kadar müsaade eder.

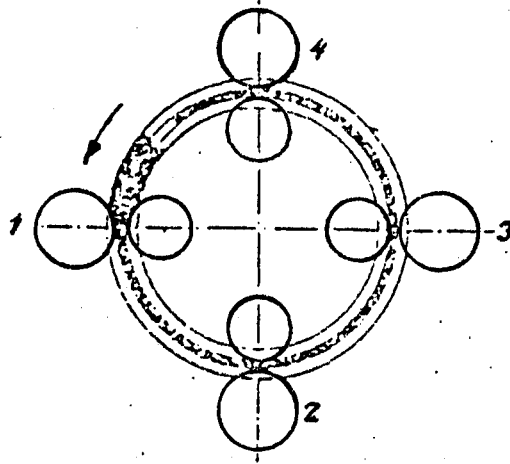
### 3.1.12 Roeckner Yöntemi

Yüksek basınçlı buhar kazanlarında, su kuvvet tesisatında kimya sanayiinde kullanılan dikişsiz boruların imalinde Roeckner yöntem kullanılır. Bu yöntemde önce, ortalama çapı imal edilecek borunun ortalama çapına eşit fakat daha kalın cidarlı bir içi boş çelik blok dökülür. Ve sonra dört eğik yufkaç arasından geçirilerek yufkaçlanır. Şekil - 3.49 da bu yufkaçlamanın prensibi ve dövmedeki karşılığı görülmektedir. Dövmede, uzaltma doğrultusunda ilerleyen vuruşların, bu doğrultuda genişleyen takımlarla yapıldığı düşünülürse, şekildeki uzaltma tarzı meydana gelir.

Yufkaçlamada her çift yufkaçtan biri şekil - 3.50 de görüldüğü gibi, borunun içerisinde bulunur. **Yufkaçlardan içte o-**



Şekil - 3.49 Roeckner yöntemi ile yufkaçlamanın prensibi ve serbest uzaltma mukayesesi



Şekil - 3.50 Her çift yufkaçtan birinin borunun içerisinde bulunması (10)

-lanlar örs ödevini görür. Yufkaçların eksenleri borunun eksenine göre eğik durumda bulduklarından boru, yufkaçlar arasındaki eksenini doğrultusunda ilerler. Sonuçta boru bir helis eğrisine göre yufkaçlanır.

## 4.0 - BORU İMALATINDA DİĞER İŞLEMLER

### 4.1 - SON İŞLEMLER

#### 4.1.1 - Daraltma

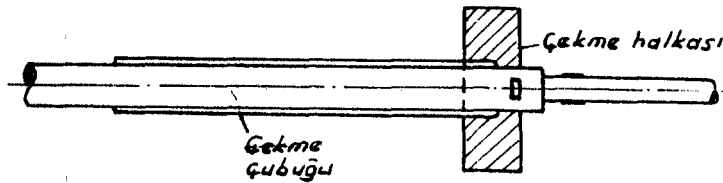
Dikişsiz borulara daima malafa üzerinden şekil verilmektedir. Bir malafanın çapı ne kadar küçük olursa, şekil verme sırasında o kadar ısınır. Ve dolayısıyla mukavemeti de o kadar azalır. Bu nedenle dikişsiz boru imalinde 40 mm den küçük çapta malafa kullanılmaz. Daha küçük çapta borular yufkaçlama veya çekme suretiyle darlaştırılır. Yufkaçlama suretiyle darlaştırmada boru, birbirini takip eden yuvarlak kalibreli düo haddeleri vasıtasıyla malafasız ve sürekli olarak yufkaçlanır. Bu haddelere redükleme haddeleri denir.

Bir haddedeki alış, yani birbirini takip eden iki kalibrenin çapları arasındaki fark, ne kadar küçük olursa cidar kalınlığındaki artış da o kadar az olur. Yufkaçlama sırasında malzemenin kalibre aralığına yığılarak burada çapak teşkil etmemesi için türlü haddeler birbirine göre  $90^\circ$  değişik durumda bulunur. Yufkaçların devir sayısı borunun uzamasına göre gerekenden daha çok artırılır. Bu suretle boru, yufkaçlama sırasında çekme zorlaması görür. Fakat borunun orta kısımları baş kısımlarına göre çok çekildiğinden cidar kalınlığı borunun orta kısımlarında baş kısımlarındakine göre az olur. Son zamanlarda düo haddeleri yerine göre dört yufkaçlı haddeler kullanılmaktadır. Düo haddeleri ile, 60 mm çapında bir borunun çapını 30 mm'ye düşürmek için 20 haddeli bir tesisata ihtiyaç olduğu halde, dört yufkaçlı haddeler kullanılması halinde 16 haddeli bir tesisat yeter.

Redükleme haddeleri ile boruların yalnız çapı küçültülebildiği halde soğuk çekme yöntemiyle cidar kalınlığıda azaltılabilir.

Çekme işi bir çekme tezgahı üzerinde yapılır. Ve borular çekme halkalarından içi boş olarak veyahut da bir malafa başı üzerinde olmak üzere çekilir. Birinci halde boruların yalnız çapı, ikinci halde ise hem çapı ve hemde cidar kalınlığı küçülür.

Çekme suretiyle profilli, yani yuvarlaktan başka profilde borularda imal edilebilir. Bu halde çekme deliği borunun profilindedir. Şekil- 4.1 de malafa üzerinde çekme görülmektedir.



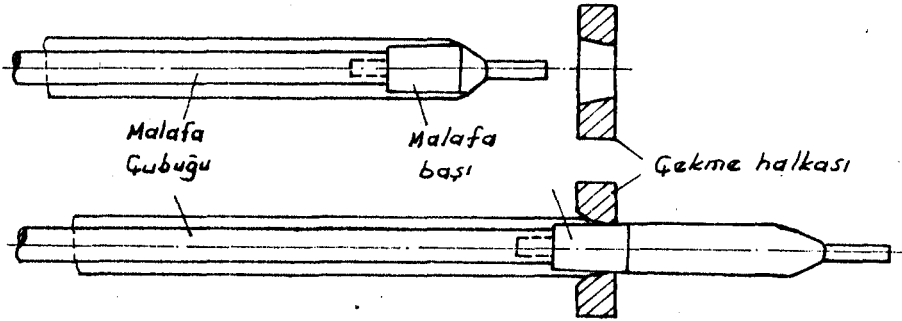
Şekil - 4.1 Malafa üzerinde çekme (4)

Bu yöntemde çekilecek profil ve halka ile malafa arasındaki boşluktan geçmek zorunda kalarak borunun cidarı inceler. Çekmeden sonra malafa, borudan yine çekme tezgahı üzerinde çekilerek çıkarılır. Şekil -4.2 görülen malafa başı üzerinde çekmede, malafa başı, malafa çubuğu vasıtasıyla çekme halkasının içerisine tutulur. Ve boru, çekme halkası ile elde edilen malafa başının aralığından çekilir. Bu yöntem ile elde edilen borular daha sıhhatlidir. Ve bisiklet, otomobil ve uçak imalinde kullanılır.

Borular çekilmeden önce uçları kalıplarla dövülerek çekme için gereken şekle konur. Çekme halkalarının korunması için boruların üzerindeki hadde kavı (oksit tabakası) giderilir. Bu amaçla borulara sülfirik veya hidroklorik asit eriyiği ile dekapaj yapılır ve üzerlerinde kalan asit kireç-



li su ile ntrletirilir. Çekme sırasında, bilhassa malafa baı üzerinde çekmede malzeme sertletiğinden (soğuk sertleşme) gerekirse borulara yeniden billurlatırma tavlaması ve yeniden dekapaj yapıldıktan sonra çekmeye devam edilir. Çekme halkaları yağ ve grafit karışımı ile yağlanır.



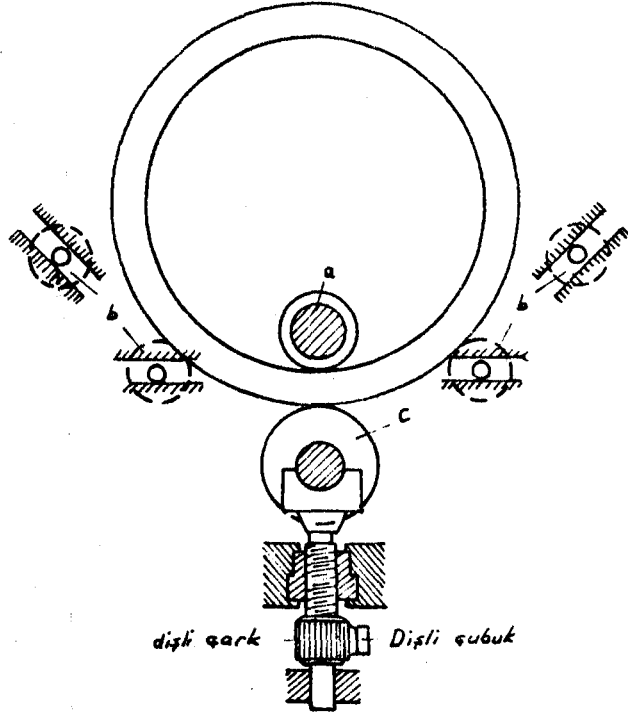
Şekil - 4.2 Malafa baı üzerinde ekme(4)

#### 4.1.2 - Geniletme

Mannesman, Stiefel ve Erhardt tesisatı, boru çapı büyüdükçe pahalı olur. İşletme masrafı da boru çapı ile büyür. Bu nedenle bu yöntemlerle birlikte, boruları sonradan geniletme yöntemleride aranmı ve geliştirilmiştir. Bugün başlıca  geniletme yöntemi kullanılmaktadır.

- 1/ Erhardt yöntemi
- 2/ Eğik yufkaçlama yöntemi
- 3/ çekme yöntemi

Erhardt yöntemi ile geniletme ekil - 4.3 de görülmektedir.



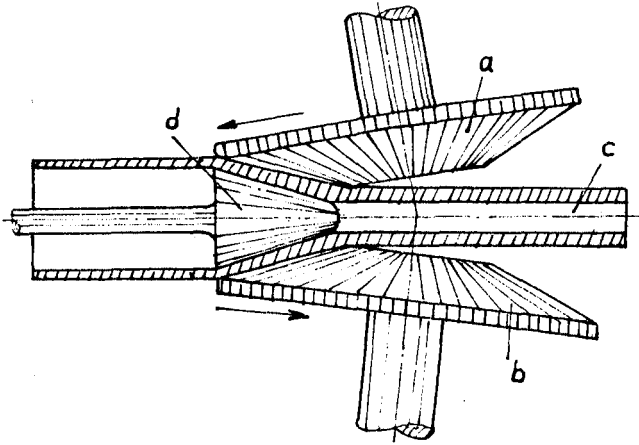
Şekil - 4.3 Boruların Erhardt yöntemi ile genişletilmesi(4)

(a) Üst yufkaç, (b) Klavuz ruloları, (c) Alt yufkaç

Bu yöntem ile yufkaçlamada boru, bir düo haddesi vasıtasıyla yufkaçlanan ve iki adet üst yufkacın üzerinde birleşmiş bir levha gibi düşünülebilir. Boru, haddeye konulacağı zaman (a) üst yufkacı hidrolik bir tertibatla yana çekilir ve boru, (b) klavuz ruloları üzerine konur. (a) yufkacı, hareketini (c) yufkacından dişli çarklar vasıtasıyla ve bir kaymalı kavrama üzerinden alır. Bu nedenle üst yufkacın devir sayısı, borunun çapı büyüdükçe değişebilir. Yufkaçlama sırasında yalnız alt yufkaç ayarlanır. Borunun çapı büyüdükçe cidar kalınlığı azalır. Uzunluğu yaklaşık sabit kalır. Uzun boruların yufkaçlanmasında üst yufkacın eğilmemesi

için çapının büyük olması gerekir. Bu nedenle Erhardt yöntemi küçük çapta boruların genişletilmesine elverişli değildir.

Eğik yufkaçlama yöntemi ile her çapta boruların genişletilmesi mümkündür. Bu yöntemde boru, şekil - 4.4 de görülen tarzda iki veya üç konik veya hiperbol şeklinde yufkaç



Şekil - 4.4 Boruların eğik yufkaçlama yöntemi ile genişletilmesi(4)

vasıtasıyla ve bir malafa üzerinde genişletilir. Boru çapı değişince yufkaçların ve malafanın şekli de değişir. Az sayıda boruların genişletilmesinde boruların bir malafa başı vasıtasıyla basit şekilde genişletilmesi daha ekonomiktir.

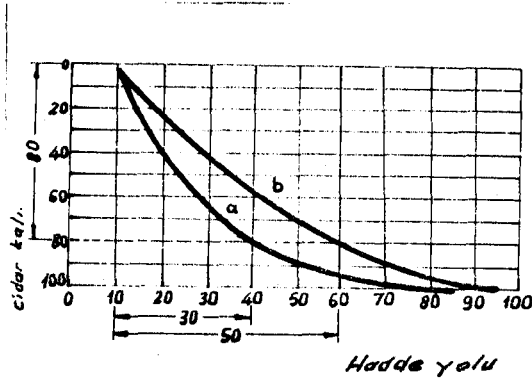
Az miktarda genişletme soğuk olarak yapılabilir. Fazla genişletmelerde boru tavllanır. Genişletme sırasında boru, putrellerle yapılmış bir yatak üzerine bağlanır ve malafa başını taşıyan çekme çubuğu, bir çekme arabası vasıtasıyla çekilir. Araba, zincir vasıtasıyla iki tarafta bulunan vidalı millerle veyahutda hidrolik olarak hareket ettirilir. Çekmeden sonra malafa başı özel bir araba vasıtasıyla tekrar baş tarafa götürülür. Büyük çaplı borular, içeri-

lerinden yatay hidrolik presler vasıtasıyla ve itme suretiyle malafa başı geçirilerek genişletilir. Malafa başı ile genişletmede borular kısalır. Çekme usulünde bu kısalma % 100, genişletme için % 10'dur. Basma usulünde ise %30 ve daha fazla olabilir.

#### 4.1.3- Kalibrasyon ve Düzeltme

Soğuk haddede kalibrasyon işlemi, çoğu zaman birbirinden farklı anlam taşımaktadır.

Şekil - 4.5 de iki kalibre çeşidi için cidar azalması gösterilmektedir. (a) eğrisi yaklaşık olarak % 30'a göre hadde yoluna % 80 cidar formunu vermektedir. (b) eğrisinde ise yaklaşık olarak % 50 hadde yoluna, % 80 cidar formuna erişilmektedir. Eğrinin eğimi ise, malafa ile hadde kalibrasyonu arasındaki mesafe farkıdır.



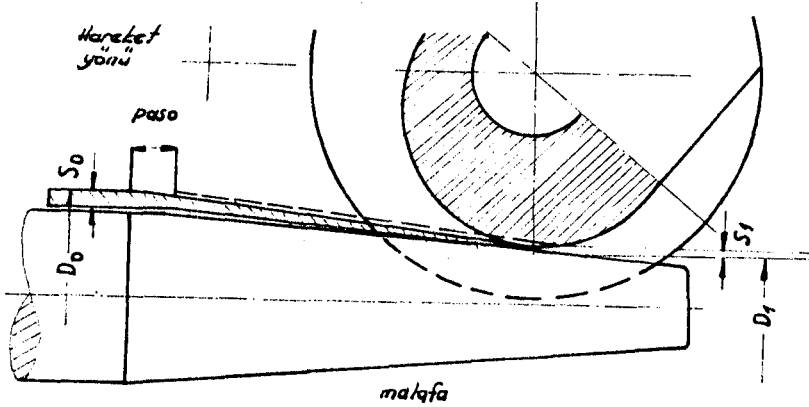
Şekil - 4.5 Farklı iki kalibre çeşidi için cidar azalması.(4)

Bu kalibrede eğim oluşmasının nedenleri şunlardır :

(a) kalibrasyonu çok ince cidar kalınlığından, (b) ise çok fazla kalın cidardan dolayı bu hadde programı uygulanır.

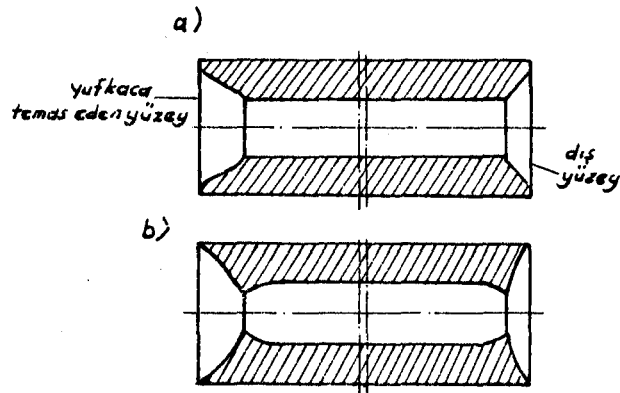
Bu metotta yufkaçların her geri çekilişinde blok 60°'lik bir dönme yapar.

Çap  $D_0$  dan  $D_1$ 'e düşerken yuvarlanma eğimi de azalır. Bu esnada  $D_1$  iç çap oluşana kadar malafa üzerinde şekil almaya zorlanmaksızın boş şekil verme sağlanır. (Şekil - 4.6)



Şekil - 4.6 Cidar kalınlığının artışı(4)

Bu metotta önlenemeyen boş şekil verme işlemi değişik durumlarda kullanılan kalibrelelere etki etmektedir. (Şekil-4.7) de (a) da malafa ile soğuk haddelenmiş boru (b) de malafa olmadan haddelenmiş boru görülmektedir.



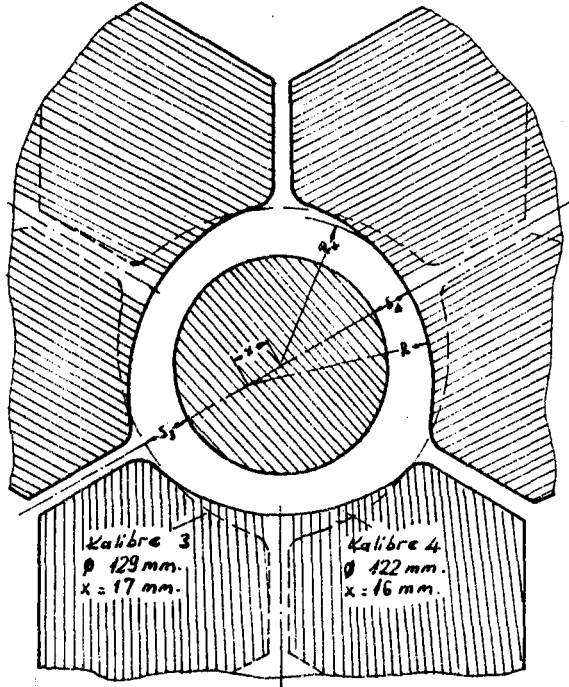
Şekil - 4.7 a) Malafa ile soğuk haddelenmiş boru  
b) Malafa olmadan haddelenmiş boru

## Erhardt Yönetiminde Kalibrasyon İşlemi

Delinmiş blok, 3'lü yufkaçlama mekanizmasında uzatılıp denkleştirildikten sonra itme tezgahında çekilir. Pürüzsüz bir itme olayını gerçekleştirmek için, dönme kalibrelerinin istenilen ölçüde ayarlanması ve bu ayarlanma içinde yataklama için her şey göz önünde bulundurulmalıdır. Tüm bu büyüklüklerin hesaplanması ve bir dizi haline getirilmesi işine de itme tezgahının kalibrasyonu denir.

Dönme kalibreleri için şekil verme ve kesit alma :

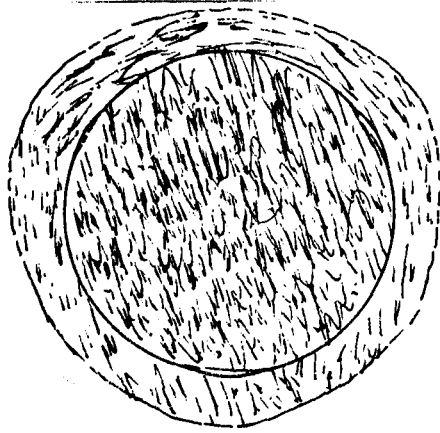
Şekil - 4.8 de iki tane üst üste olan kalibreler görünmektedir, ortasında ise malafanın kesiti görünmektedir.



Şekil - 4.8 Dönme kalibrelerinde 3 ve 4 no'lu kalibrelerin ölçüleriyle ve malafayla görünüşü.(4)

Yufkaç yarıklarında malzeme akışını önlemek amacıyla kalibreler dairesel değil, daha çok oval yapılmaktadır. Bunun için kalibrenin yarıçapı olan ( $R_k$ ) dan belli bir  $x$  mesafesi, kalibre merkezinden itibaren alınırsa o zaman görüldüğü gibi ( $R$ ) yarıçapı oluşur. Formun düzensiz oluşu, malzemenin yufkacın oynak yerinde malafanın ansızın alınması vede merkeze yöneltmiş olması nedeniyle basınç kuvvetini yufkaç yanlarına doğru alır. Şekil - 4.9 da malafa ile haddelenmiş olan blokta boşluklar görülmektedir. Genelde bugün 3'lü dönme kalibrelerinde kesitlerdeki azalma % 30 kadar indirilmiştir.

Bu azalma, logaritmik form değişikliği olarak ifade edildiğinde ise, ortalama çentik değişimlerinde çalışma kalibrresi % 20 - % 40 arasındadır.



Şekil - 4.9 Malafa ile haddelenmiş olan blokta oluşan boşluklar(4)

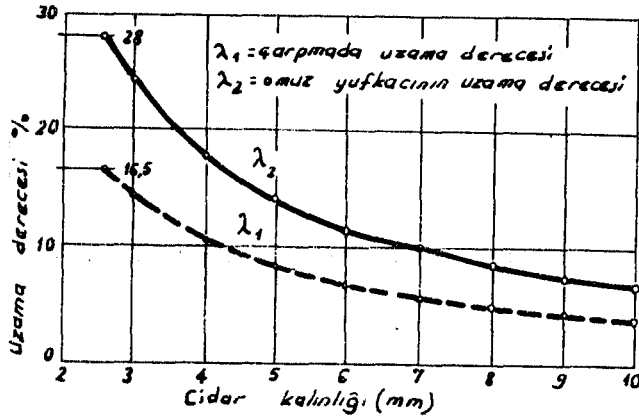
Daha yüksek form değişiklikleri işletme için yararlı değildir. 4'lü dönme kalibreleri ile yapılan denemelerde form değişikliği % 60'ı bulmaktadır. Ama buna rağmen içi boş bloklarda kırılma olmamaktadır. Bu deneme sonuçları, sadece yüklenme ve form değişim tutumlarını değil, bunun yanında bir çok dönme kalibresinde oluşan itme işlemini de kapsamaktadır.

Form değiştirme hızları, 50~60 sn- yani, deneme esnasında oluşan hızdan 50 defa büyüktür. Ama önemli olan sonuçta göre Őekil değiştirme alanlarında Őekil bozulma derecesinin % 60 olmasıdır. Őekil değişiminin artması ile birlikte bu derece dūřmektedir.

Form değişimi mekanizmasıyla da ilgilidir. Delinmiş bloğun cidar kalınlığı S ve malafa çapı d nin tutumu da form değişimini etkilemektedir. s/d nin küçük olması durumunda ( $S/d \approx \sim 0,04$ ) entik form değişimi en yüksek % 30 luk değerle sınırlanmıştır.

İtme imkanları ve itme işlemi sırasında malafanın işleme girmesi :

Şekil 4.10'de yüksek itme imkanları görölmektedir. Boru kesitine bağlı olarak değişen itmelerde 16,5 : 1 değerine ulaşılır. Ama itme tezgahının iyileştirilmesiyle bu değer 28 : 1'e yükselir. Bu ince cidar kalınlığı içinde form değişimindeki



Şekil - 4.10 Yüksek itme imkanları, çarpmada çekme derecesi, cidar kalınlığı ile olan ilişkisi(4)



mukavemet ve malzemenin plastisitesi göz önüne alınır. Bu sınır mesafesi için malafa çapının önemi büyüktür.

Bu sınır cidar kalınlığı için amprik bir değer vardır.

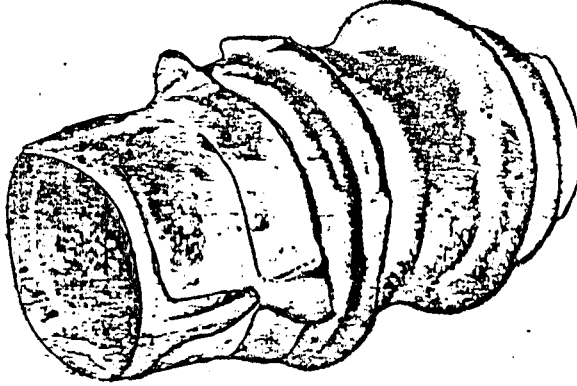
$$S_{\min} = 0,03 d$$

$$S_{\min} = \text{sınır cidar kalınlığı}$$

$$d = \text{malafa çapı}$$

Çok uygun çalışma şartlarında bu değer geçilebilir.

Bunun içinde çok uygun yufkaç çapları kullanılır. Sıcak çekme işlemi esnasında bir malafa kullanılması, kalibreleme işlemi, şekil değiştirme teorisini ve alet kullanma ile ilgili konularda en uygun durumunu sağlamalıdır. Şekil - 4.11 de malafanın sürtünme kuvveti ile bloğa girmesi ve malzemenin akışı görülmektedir.



Şekil - 4.11 Malafanın sürtünme kuvveti ile bloğa girmesi ve malzemenin akışı

Malzeme yüksek akma direncinde yufkaç yarıklarına girer sağlam bir yufkaç dikişi olur. Sonunda malafa ile blok arasındaki sürtünme, malzemenin katlanmasına neden olacak derecede büyük olur. Yufkaçların arkasında ise malzeme kopukluk oluşur ve katlanmış olan blok mekanizmanın içinde kalır. Daralan kısmı itme yönünü göstermektedir.

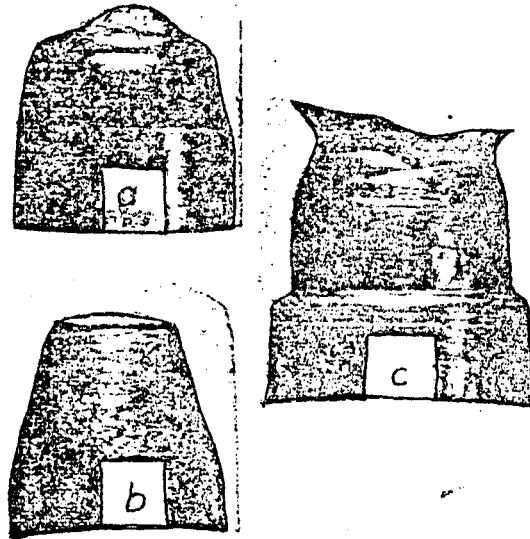
Hatasız bir itme olayı malafanın durumuna bağlıdır. Malafa ve blok arasında düzenli bir sürtünme durumu için şunlar göz önünde bulundurulmalıdır.

- 1 - Malafanın ısısı, aynı zamanda malafa ile blok arasındaki ısı farkı
- 2 - Malafanın yüzey durumu
- 3 - Malafanın yağlanması
- 4 - Malafanın kaliteli malzemedendir olması

Bu durumun optimizasyonu çok zordur. Aynı zamanda toplam malzeme giderlerinin % 50'sini oluşturmaktadır.

#### Külçe Tabanın Oluşması :

Kalibreleme esnasında birinci iskeletde olan delinmiş bloğun tabanına meydana gelen çarpma kuvvetinden oluşan sürtünme, daha önce kabul edilen sürtünme katsayısından çok veya az olabilir. Borunun gittikçe artan uzamasıyla malafanın sürtünme kuvveti çarpma kuvveti olarak bloğa geçer. Eğer malafanın sürtünme kuvveti ve şekil verme kuvveti eşit ise o zaman tabandaki kuvveti kaldırır. Şekil - 4.12 de çeşitli taban profilleri görülmektedir.



Şekil - 4.12 Çeşitli taban profilleri



Bu sistem, 3 adet döner yufkaç, delme presi ve indüksiyon bobini esasına göre çalışan tavlama fırınından oluşmuştur.

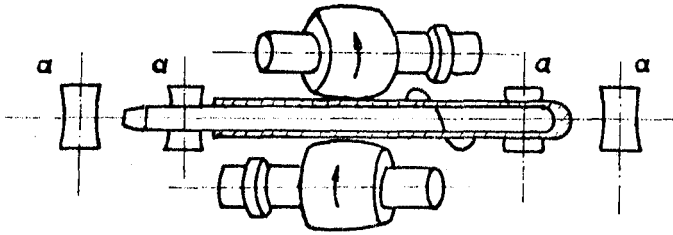
Fırın gücü 600 KW'dir, ve delinmiş blok  $80 \sim 90^{\circ}\text{C}$  sıcaklığa 20 saniyede ulaşmaktadır. Sonradan ısıtma, yüksek alaşımlı çeliklere uygulanmıştır.

Yeni bir sistem olarak, doğrultma makinası gibi çalışan bir mekanizma vardır. Bu sistem 6 adet hiperbolik kalibreli yufkaçlardan oluşmuştur. Bunlar merkeze  $30^{\circ}$  eğimle 2 tanesi yukarıda basınç yufkaçları olarak, bunların altındaki 2 tanesi de çalışma yufkaçları olarak düşey olarak düzenlenmiş ve birlikte kalibreleri oluşturmuşlardır. Geriye kalan 2 adet yufkaç ise yönlendirme işlemini gerçekleştirmiştir. Çözme yufkaç mekanizmasında malafanın, üzerindeki bloğa çarpması neticesinde blokta bir genişleme olmaktadır. Bir kramayer düzeni ile malafa delik bloktan çıkarılır ve itme tezgahına geri götürülür ve burada bir ısıtma ve soğutma düzeni ile yeni bir itme olayına başlanması için malafa hazır tutulur.

Kural olarak 20 ~ 30 adet malafa olması gerekir. Çalışma ısısı itme işleminden önce  $550^{\circ}\text{C}$  dir.

#### Düzeltilme:

Boru yüzeylerinin düzgünleştirilmesinde şekil - 4.14 de görülen tarzda eğik yufkaçlı düo haddeleri kullanılır. Yufkaçların



Şekil - 4.14 Boruların düzgünleştirilmesi (9)

iki tarafı koniktir ve ortalarında silindirik birer kısım bulunur. Malafa başı üzerinde imal edilen boruların düzgünleştirilmesinde yine bir malafa başı kullanılır. Malafa üzerinde çekilen borular ise aynı malafa üzerinde düzgünleştirilir.

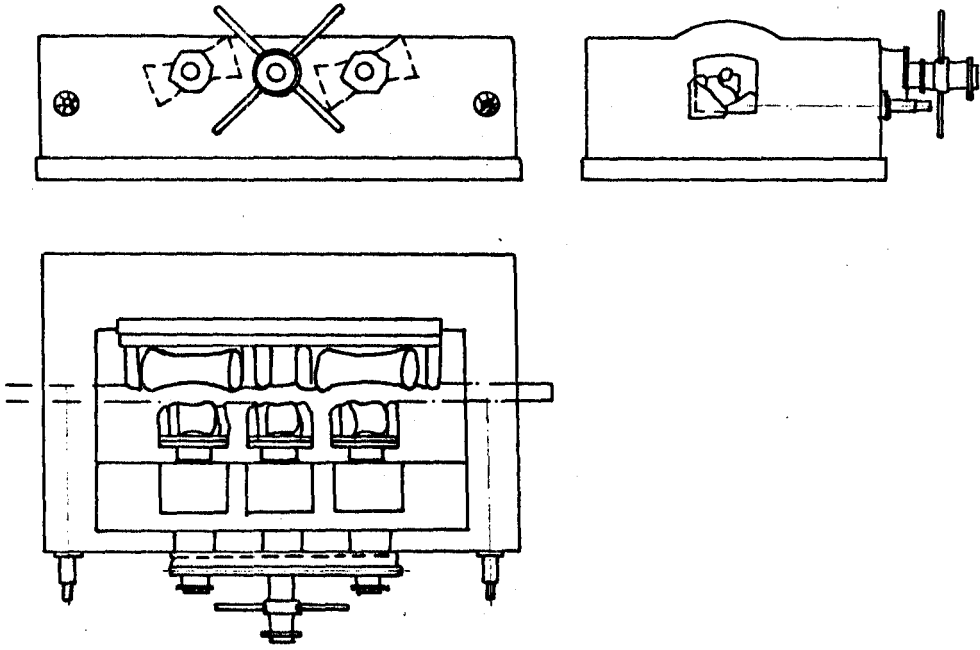
Bu sırada boru biraz genişlediğinden aynı zamanda malafanın kolayca çıkarılması sağlanmış olur. Türlü yöntemler le imal edilen borular her zaman tamamıyla dairesel ve istenilen çapta olmaz. Bu nedenle borular imal edildikten sonra henüz sıcak iken ölçü haddeleri denilen haddelerden geçirilir. Bu haddelerin yufkaçları dairesel kalibreli dir. Küçük borulara ölçü vermede yufkaçlar dişli yufkaçların millerine bağlanır. Bu haddelerde de yufkaçların yeri ayarlanabilir. Büyük borular için kullanılan ölçü verme haddelerinde yufkaçlar normal tarzda yani ayrı ayaklar içerisinde yataklanır. Yufkaçlama sırasında borunun bir kaç geçiş yapması gerekir. Bunun için ya tersinir veyahutda sürekli haddeler kullanılır.

Birinci halde boru her geçişten sonra  $90^{\circ}$  döndürülür. İkinci halde ise haddeler birbirine göre  $90^{\circ}$  değişik durumda bulunur. Boruların doğrultulmasında eğik yufkaçlama tertibatı veya doğrultma presleri kullanılır. Eğik yufkaçlama tertibatı boru, eğikliği ayarlanabilen hiperbol şeklinde iki uzun yufkaç arasından geçer. (Şekil - 4.15)

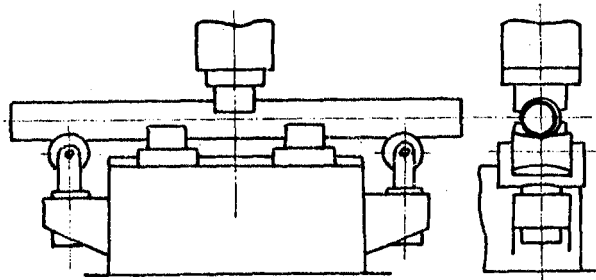
Yufkaçlar boruya karşılıklı iki doğruray boyunca değer. Yufkaçların dışında borunun bu doğrurayların düzlemine dikey doğrultuda klavuzlanması gerekir. Klavuz olarak hiperbol şeklinde rulolar veya cetveller kullanılır. Eğikliğin ayarlanmasıyla belirli bir çap aralığındaki borular aynı yufkaçlarla doğrultulabilir. Doğrultma presleri kranlı preslerdir. Boru presin masası üzerinde kaydırılabilen iki kalıpla desteklenir ve

pres başına bağlanan üçüncü bir kalıp, borunun desteklenen kısmının ortasına basar. (Şekil - 4.16) Desteklerin dışında kaldırılıp indirilebilen iki rulo bulunur ve boru bu rulolar yardımıyla ekseni doğrultusunda türlü durumlara getirilebilir.

Doğrultucu borunun bir başından bakarak fazla eğrilikleri görür ve giderir, O halde presle doğrultma göz kararıyla yapılan bir iştir.



Şekil - 4.15 Eğik yufkaçlama tertibatında borunun eşitliği ayarlanabilen hiperbol şeklindeki iki uzun yufkaç arasından geçmesi



Şekil - 4.16 Boruların doğrultma presi vasıtasıyla doğrultulması (9)

#### 4.1.4 Boy kesme, Diş açma ve Kaplama

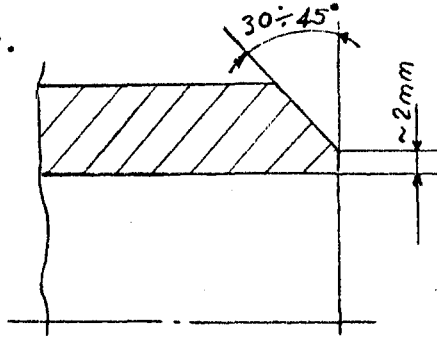
Boru uçları ve bağlantı şekilleri standartlara göre hazırlanır.

Düz uçlu borular :

Boru ucu eksene dik olarak sıcak ve soğuk kesilir.

Kaynak ağızlı Borular :

Boru ucunda istenen formda kaynak ağızı talaşlı imalat yöntemiyle hazırlanır.



Şekil - 4.17 DIN 2559 a göre boru kaynak ağızı

Dişli - Manşonlu Borular :

Boru uçlarına istenen standartlara göre diş açılır ve bir uca manşon bağlanır. Borunun manşonsuz ucu ve manşonun boştaki ucuna metal veya plastik tapa konur.

Uygulanan Diş Standartları :

DIN 2999 , ISO 7 ve BS 21 gibi standartlardır.

Kaplama :

Galvaniz Kaplama : Sıcak daldırma yöntemi ile iç ve dış yüzey çinko ile kaplanır. Ortalama kaplama kalınlığı  $450 \text{ g/m}^2$  veya  $60 \mu\text{m}$  dir. Standardı TS 914 veya DIN 2444 dür.

Boyama : Sadece boru dış yüzeyine püskürtme ile tatbik edilir. Reçine bazlı parlak ve mat boyalar kullanılır.

Koruyucu yağlama : Sıcak yağlama ve asitleme işlemlerinden geçirilerek temizlenen boru yüzeyi daldırma yöntemi ile yağlanır. Pasa ve korozyona karşı geçici bir koruma yöntemidir.

## 4.2 KALİTE KONTROLÜ

### 4.2.1 Tahribatsız Muayene

Yapılan tüm çabalara rağmen dikişsiz olarak imal edilen borularda oluşan hataları önlemek mümkün değildir. Çünkü hataların oluşum kaynakları değişiktir..

Metallurjik olarak döküm bloklarda cüruf ve katlanmalar görülmektedir. Haddeme ve çekme esnasında ısıtma ve düzeltmede hatalar doğabilir. Bu hatalar, yiv veya kullanılan takımların neden oldukları hatalar veya cüruf haddesinde oluşan izlerdir. Dikişsiz bitmiş borulardaki kontrolün amacı, bu tip hataları tesbit etmek, oluşum nedenini araştırmak ve gerekirse hataları ortadan kaldırmaktır. Böylece istenilen talebe uygun üretim gerçekleştirilir. Son 10 - 15 yıldır tahribatsız muayene metodları büyük ölçüde kullanılır olmuştur. Bu metodlar değişik norm ve tariflere göre geniş bir kullanım alanı kapsar.

Genelde bu işlemler, boru malzemesi'nin bileşiminin kimyasal kontrolüyle başlar. Aşındırıcı tabakanın alınması, bir çok teknolojik denemelerle sürer. Bu teknolojik deneyler, boyca ve kesite göre çekme deneyleridir. Bunlardan başka yapılan kontroller, kenar ve yüzük katlama kontrolü, yığılma kontrolü malafa üstüne yüzük deneyi v.s. gibi kontrollerdir.

Yüzük deneyi çok önemli bir kontroldür. Çünkü bu deney malzemenin şekil alma kabiliyetini tesbit etmektedir. Fakat bu deney yalnız boru uçlarında uygulanır. Çünkü yapılan kontrol borunun tümü içinde bir sonuç vermemektedir. Borunun tümü hakkında bilgi alınması ancak tahribatsız muayenelerle sağlanır. Zamanla tahribatsız muayenelerin verimliliği ve çalışma alanının sınırları belirlenip otomasyona geçilmiştir. Tahribatsız muayene metodlarından en çok ultrasonik metod ve manyetik endüksiyon

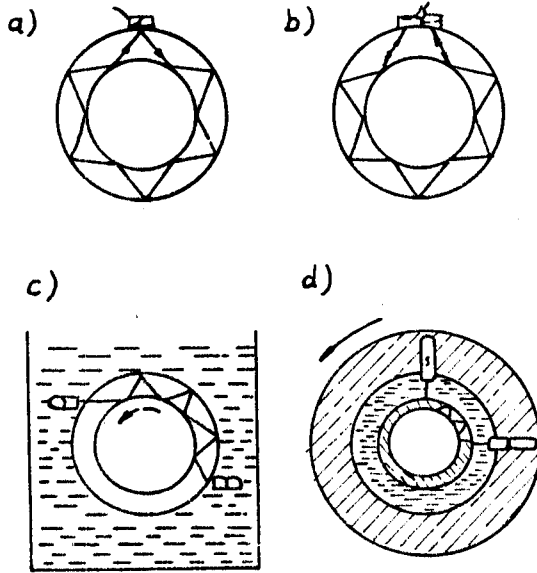


veya elektro indüktif metodlar olarak bilinen endüksiyon akım metodu uygulanır. Bunlardan başka, bir mikroskop ile yapılan muayene ve mıknatıs tozu metodu borulardaki üst yüzey hataları için kullanılmaktadır.

Bugün, subjektif kontrollerden objektif kontrollere yönelmiş ve böylece kontroller sonucunda bir ölçü değeri elde edilmeye çalışılmıştır. Ultrasonik ve endüksiyon akım metodları, mıknatıs tozu ve röntgen ışın muayene metodlarında olduğu gibi borulardaki hatalı yeri göstermemektedir.

Ultrasonik ve endüksiyon akım metodlarıyla kontroller sırasında ölçü cihazındaki oluşan vurgu veya eğimin değişmesi gibi durumlar ekran üzerinde belirlemektedir. Bu yüzden belirgin bir hata tesbiti için önceki hatalarla son hata arasında bir ilgi kurulmalıdır. Şekil - 4.18 de ultrasonik muayene görülmektedir.

#### 4.2.2 Ultrasonik Muayene



Şekil - 4.18 Ultrasonik muayene metoduyla  
dükkışsiz boruların muayenesi(11)

Bu muayenede en eski kullanım çeşidi, kontrol mastarları ile boru üst yüzeyinde direkt temasta bulunmaktır. Bu metodda bağlama aracı olarak yağ ve su kullanılır. (Şekil - 4.18 a)

#### Kontrol Kafaları İle Ultrasonik Muayene

Akustik ışın, zikzak olarak boru cidarında dolaşarak muhtemel olan hata yerlerinin az veya çok olmasına göre zayıf veya kuvvetli olarak yansıma yapar. Bu metod bugün hala büyük çapta borularda kullanılmaktadır. Muayene otomatik olarak değil el hüneri ile yapılmaktadır. Bu yöntemde ya deneme kafası, muayene edilecek borunun çevresinde sürekli olarak hareket ettirilir, veyahut da muayene edilecek boru, sabit deneme kafası altında vidalı bir sistemle ilerletilerek deneme kafalarıyla hata taraması yapılır. Bu şekilde yapılan muayene çok yavaş olur.

Gönye kontrol mastar kafalarıyla muayenede, mastar kafası muayene edilecek borunun etrafında döndürülür. Bu durumda daha hızlı bir muayene gerçekleştirilir. Tek gönyeli kontrol mastarı kolaylıkla hata yapabilir. Örneğin boru cidarında eğik bir yarıklık veya kabuk olabilir. Şekil- 4.18 b de 2 adet karşı karşıya konmuş kontrol kafaları ile yapılan çalışma görülmektedir. Tüm ultrasonik muayene teknikleri için beklenen şey, boru cidarında oluşmuş hata yerlerini göstermesidir.

#### Daldırma Tekniği İle Ultrasonik Muayene

Çok miktardaki kazan borularının normal kontrol kafaları ile ekonomik bir şekilde kontrol etmek mümkün değildir. Bu durumda daha uygun olan daldırma tekniğine başvurulur. (Şekil - 4.18 c)

Bu metodun genel prensibi, muayene edilecek borunun bir su banyosuna daldırılarak birbirin eşiği olan iki kontrol kafası ile kontrolü esasına dayanır. Bu kontrol kafalarından biri alıcı diğeri ise verici durumundadır. Hatasız bir boru muayenesinin yapı-

labilmesi için alıcı verici kontrol kafalarının sabit bir yerde olması gereklidir. Boru, dönme hareketi ile beraber ilerleme hareketi de yapar. İlerleme hızı  $\sim 3 - 5$  m/dak'dır.

#### Rotasyon Kontrol Kafaları İle Ultrasonik Muayene

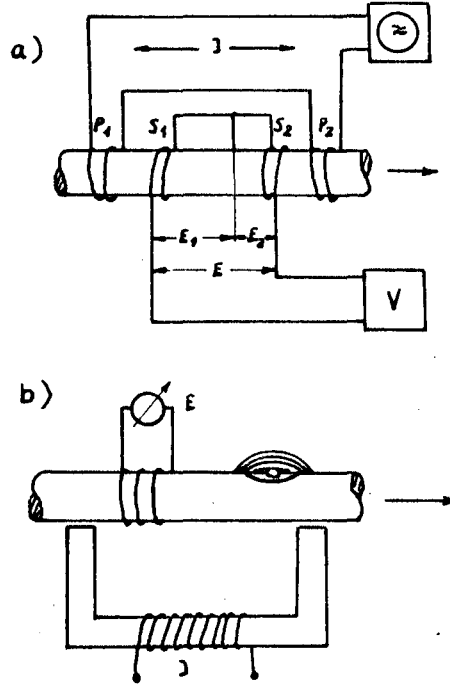
Kontrol hızını artırmak amacı ile rotasyon kontrol kafaları geliştirilmiştir. (Şekil - 4.18 d) Bu metod daldırma tekniğini temel esas almasına karşın, buradaki kontrol kafaları plastik bir bloğa sabitleştirilmiştir. Plastik blok boru etrafında 3000 d/d lık bir hızla dönmektedir.

Ultrasonik cihazın verici kafasının alıcı kafasına gönderdiği yüksek frekanslı ışın bazen endüksiyon yolu ile oluşmaktadır. Böylece kirlenme veya aşınma ile oluşan zararlı boruyu etkilememektedir. Bu yöntemde borunun dönme hareketi yapmasına gerek yoktur. İlerleme hızı 15 m/dak'dır. Bu teknikle, daldırma tekniğine nazaran 5 kat daha hızlı bir muayene gerçekleştirilmektedir. 2 Kontrol kafasının uygulanması ile boru cidarında eğik olarak oluşan hatalarda tesbit edilebilir. Muayene ekranda subjektif olarak izlenirken uygulanan hız ile muhtemel olan hatalar yeterince sağlıklı olarak belirlenmemektedir. Bu durumda daha sağlıklı sonuç alabilmek için optik veya akustik olarak, oluşan hataları gösteren monitörler veya renkli sinyal veren monitörler gereklidir. Bu rotasyon kafaları ile 50 mm.çapa kadar borular muayene edilmekteyken yapılan çalışmalar sonucunda max 170 mm. çap ölçüsünde çalışma aşamasına geçilmiştir.

#### 4.2.3 Endüksiyon Akım Metodu

Şekil - 4.19 a'da şematik olarak gösterilen endüksiyon akım metodunda kontrol edilecek boru 4 adet sargı ile çevrelenir. Bu sargılardan P1 ve P2 primer - ikaz sargısı, S1 ve S2

sekonder alıcı sargısıdır. Oluşturulan sistemde borunun çevresinde 2 boş sargı veya homojen yapıya sahip 2 sargı var ise o takdirde oluşturulan endüksiyon akımın boyu aynı olur. Yani  $E_1$  ve  $E_2$  kısmı gerilimi aynıdır. Bu durumda toplam gerilim  $E = 0$  olmaktadır. Eğer borunun bir yerinde fiziksel veya geometrik bir homojensizlik mevcut ise o zaman bu yerlerde zayıf veya kuvvetli bir endüksiyon akımı oluşur.



Şekil - 4.19 Endüksiyon akım metoduyla dikimsiz boruların muayenesi (11)

Bu durumda  $E_1$  ve  $E_2$  eşit olmamakta, dolayısıyla toplam gerilim  $E \neq 0$  olmaktadır.

Toplam gerilime etki eden 3 fiziksel büyüklük vardır :

- 1/ Elektrik iletkenliği
- 2/ Manyetik geçirgenliği
- 3/ Geometrik boyutlar

Elektrik iletkenliği, boru malzemesinin kimyasal bileşimine bağlıdır. Buradan değişim kontrolü yapılabilir. Aynı zamanda işletmede bu metodun uygulanmasının birçok zorluğu vardır. Bu büyüklükler belli çerçeveler içerisinde sabit tutulmalı veya uygun metodlar ile kontrol altına alınmalıdır.

Gerilim etkisinden ortaya çıkan geçirgenlik dalgalanmaları, bir mıknatıs alanının yüklenmesi ile önlenmektedir. Endüksiyon akım metodunun iyi koşullarda kullanılması için boruların otomatik ve objektif olarak seri bir şekilde kontrol edilmesi gereklidir. Bu metotta bazı fiziksel büyüklükler metodun kullanımdan dolayı zarara uğramaktadır. Şekil - 4.19 b de mıknatıs endüksiyonu ile kontrol görülmektedir. Bu metod yalnız ferromagnetik malzemeye sahip borularda kullanılır. Bu yöntemde muayenesi yapılacak olan boru herhangi bir şekilde mıknatıslanır. Yırtık veya benzer hatalarda manyetik kuvvet çizgileri dışa doğru ortaya çıkar. Bu yöntem mıknatıs tozu ile yapılan yöntemle benzer. Bu yöntemle borudaki hasarlı bölgedeki farklılık manyetik kaçak akışı ile detaylı olarak ölçülebilir. Borunun hasarlı bölgesindeki yırtığın derinliği bu bölgeden kaçan manyetik akışı ile orantılıdır.

Büyük çaplı borularda dönme hareketi ile mıknatıs boru boyunca ilerler. Küçük çaplı borularda ise mıknatıs boru etrafında döner ve boru eşit aralıklarla öne ilerler.

#### 4.3 - BORU İMALAT YÖNTEMLERİNİN MUKAYESESİ

##### 4.3.1 Dikişli ve Dikişsiz Boru İmali

1) Dikişli borular daha düşük basınçla çalışma durumlarında ve büyük çapta boruların imalinde kullanılırlar. Dikişsiz borularda sınırlı olan çap ölçüsü bu yöntemde kaldırılmıştır.

2) Dikişsiz borular ince cidar kalınlığında, küçük çapta ve uzun borular gerektiğinde kullanılırlar.

3) Dikişli boruların kaynak dikişleri zamanla zayıflar ve dikiş kopar. Dikişsiz borularda böyle bir sorun yoktur.

4) Dikişsiz borular dikişli borulara göre daha pahalı borulardır. Az miktarda imalat için ekonomik değildirler.

5) Dikişli boruların imali dikişsiz borulara göre çok basittir. İşlem süresi kısadır. Fazla bir donatıma ihtiyaç yoktur.

6) Dikişsiz boruların imalinde gerekli olan güç ihtiyacı dikişli boruların imalinde gerekli olan güçten daha fazladır.

#### 4.3.2 Haddeleme, Ekstrüzyon ve Döküm

1) Döküm yöntemiyle imal edilen dikişsiz borular fazla basınca maruz kalmayan, hassasiyet ve yüzey kalitesinin fazla aranmadığı alanlarda kullanılırlar. Diğer dikişsiz boru imal yöntemleriyle kıyaslanacak düzeyde değildir.

2) Ekstrüzyonla imal edilen dikişsiz boruların mekanik özellikleri ve malzemesinin tane yapısı haddelenmiş veya dökümle imal edilmiş borulara göre daha üstündür.

3) Ekstrüzyonla imal edilen dikişsiz boru malzemesinin homojenliği ve yüzeyinde tufal tabakası olmaması nedeniyle yüzey kalitesi ve toleranslar büyük ölçüde kontrol edilebilir.

4) Ekstrüzyonda kullanılan 3 boyutlu şekil verme işlemi gerçekten kusursuz bir boru üretimi sağlamakta, ayrıca bloktan meydana gelebilecek hataları örtmektedir. Haddeleme yöntemine göre çok daha yüksek şekil değiştirme oranına sahiptir. Bu yöntemle tek operasyonda 1/100 düzeyinde bir şekil değiştirme oranına rastlamak imkanı vardır.

5) Ekstrüzyon yönteminde, haddeleme yönteminde kullanılan hadde mamülü kütükler yerine döküm kütüklerin kullanılmasıyla daha düşük maliyetlerde çalışabilme sağlanmıştır.

6) Ekstrüzyon yönteminde, haddeleme yönteminden daha ince cidar kalınlıklı dikişsiz boru imali mümkündür.

7) Ekstrüzyon yönteminin haddeleme yönteminden farklı yanlarından biri de, bir tür borudan başka birine geçebilmenin oldukça düşük sürelerde gerçekleştirilen takım değiştirme yoluyla yapılmış olmasıdır.

8) Haddeleme ile yapılamıyan bazı özel borular yalnızca ekstrüzyon yöntemiyle imal edilir. (İçten ve dıştan kanatlı borular)

9) Haddeleme yönteminin ekstrüzyon yöntemine göre üstün bir tarafı merkezlemenin sağlanmış olmasıdır. Böylece tam dairesel ve eşit cidar kalınlıklı boru imali mümkün olur.

10) Haddeleme yönteminde delinecek blok uzunluğu malafa boyu ile, ekstrüzyon yönteminde ise presin stroğu ile sınırlanmıştır. Fakat bu sınır ekstrüzyon yönteminde daha fazladır. Bu nedenle ekstrüzyon yöntemiyle dikişsiz boru imalinde daha kısa boru imali mümkün olmaktadır.

11) Ekstrüzyon yöntemiyle boru imalinde 3 kez tavlama söz konusudur. İşlemler arasında süre boşluğu olduğundan malzeme soğumakta bu nedenle gerekli güç ihtiyacında artış olmaktadır. Haddeleme yönteminde ise hem tavlama sayısının az olması ve hem de işlemlerin aynı tesisat üzerinde sürekli olmasından dolayı malzeme soğumasına neden olmaması ve gerekli gücün düşmesidir. Ayrıca işlemler dağınık olmayıp, bileşik düzenlemede peşpeşe gerçekleştirilir. (Erhardt yöntemi hariç)

12) Haddeleme yöntemiyle (Roekner yöntemi) elde edilen büyük çapta, kalın cidarlı ağır kaplar ekstrüzyon yöntemiyle elde edilemez.

## 5.0 İÇERİ İMALATINDA YENİLİKLER

### 5.1 DÜNYADAKİ DURUM

Daha ince cidarlı, hassas, uzun, yüzey kalitesi düzgün, mukavemetli, ölçüsünde dikışsiz boru taleplerinin artması üreticileri ve bilim adamlarını **dikişsizboru** haddelenmesi alanında araştırmaya yapmaya zorlamıştır. Yapılan çalışmalarla boru çapında ve boyunda sınırlama kalkmış ve istenilen özellikleri sağlayan üstün nitelikte dikışsiz boruların imali mümkün olmuştur.

Bu çalışmalardan bazıları :

1) Blok besleme tertibatının geliştirilmesiyle, bloğun yufkaçlara daha kısa sürede verilmesi sağlanmış böylece haddelenme zamanı kısalmıştır.

2) Bloğun yufkaçlara verilmiş süresinin seri olmasıyla ısı kaybı azalmış ve haddelenme kuvvetlerinde azalma olmuştur. Dolayısıyla daha düşük güç ile aynı işlem yapılır olmuştur.

3) Erhardt yönteminde yapılan çalışmalar ile normal cidarlı boruların imalinde kullanılan çekme halkaları yerine 3 yufkaçlı kalibreler kullanılmıştır. Bu sistem kullanılmasıyla sürtünme ve aşınma azalmış, halkalar için yapılan temizleme ve yağlama işleri büyük oranda ortadan kalkmış olur.

4) Erhardt yönteminde yine yapılan çalışmalar ile önceden olduğu gibi yalnızca bloğun bir yanının delinip tek tarafı kapalı tüp oluşturma dışında istenildiğinde basma kabının içine atılan kömür kırığının yakılıp oluşturulan gazdan yararlanılarak blok komple delinebilir hale gelmiştir. Bu şekilde yapılan çalışmayla itme tezgahının işi hafifletilmiş olur,

5) Mannesmann kademeli yufkaçlamada kullanılan döner delici uzatıcıya dönüştürülmüş ve bu sayede gerekli güç ihtiyacında düşme olduğu gibi yufkaç profillerinden daha iyi yararlanabilme imkanları doğmuştur.



6) Yufkaç profillerinde sürekli yenilik çalışmaları yapılmış ve böylece malzeme tipine, hadde karakteristiklerine uygun aşırı derecede yönlü yufkaçlar üretilmiştir.

7) Kalibrasyon alanında yapılan yenilik çalışmaları ile en uygun kalibre sıraları belirlenmiş böylece optimum çalışma ortamı sağlanmıştır. Kalibrasyon esnasında ilk 3 veya 4 sistemde oval kalibre kullanılıp daha sonra dairesel kalibre ile üzerinden geçilerek, dairesel kalibrenin çalışma esnasında yüzey temasının fazla olmasından dolayı yufkaç yarıklarının malzeme ile dolmasına engel olur. Çünkü bu durum malzeme katlanması olarak bilinen boru hatalarına neden olur.

8) Yufkaçlarla yapılan çalışmalarla yufkaç devir sayıları malafa hızının her değişiminde değişecek şekilde ayarlanmıştır. Böylece ince cidarlı borular oluşturulurken çıkıntı oluşması önlenir. Yine yapılan çalışmalarla yufkaçların hızının, blok hızı sabit olacak şekilde ayarlanması sağlanmıştır.

9) Malafa üzerinde yapılan çalışmalarla malafanın ısı ve basınca karşı dayanımı artırılmış ve çalışma esnasında malafanın deformasyona uğraması kırılması önlenmiştir. Böylece delme işlemlerinde malzeme kısıtlaması ortadan kalkmıştır.

10) Alaşımlama tekniğinde yapılan çalışmalar dikişsiz boru imaline de yansımış ve oluşturulan yeni üstün özelliklere sahip malzemelerle üstün mekanik özelliklere sahip vasıflı dikişsiz boru imali mümkün olmuştur.

11) Soğutma tesisatlarında yapılan yenilik çalışmaları ile dışarıdan malafanın soğutulduğu gibi, soğutma işlemi malafa içinden su doluşturıldığı şekilde de olabilir. Böylece malafa ömrü artırılmış olur.

12) Tav fırınlarında yapılan yenilik çalışmalarlarıyla bloğun fırın içinde kalma süresi kısaldığı gibi daha yüksek sıcaklık derecelerine çıkılmış ve bloğun homojen tavllanması mümkün olmuştur.

13) Yapılan en son çalışmalar ile boru haddelemesinde otomasyona gidilmiş böylece işlem durmadan borunun ölçümüne, kalite kontrolüne, kesimine uzaktan kumanda edilmiş ve hatasızca işlemler seri olarak yapılmıştır.

## 5.2 ÜLKEMİZDEKİ DURUM

Ülkemizde şu anda henüz haddeme ile dikişsiz boru imali mevcut değildir. Bunun en büyük nedeni ekonomik durumdur. Haddeme ile dikişsiz boru imali büyük yatırımlar gerektiren bir imalattır. Aynı zamanda ülkemizde üretilecek dikişsiz boruların dış pazarlarla rekabet edecek düzeyde yani düşük maliyetle imal edilmesi gerekir.

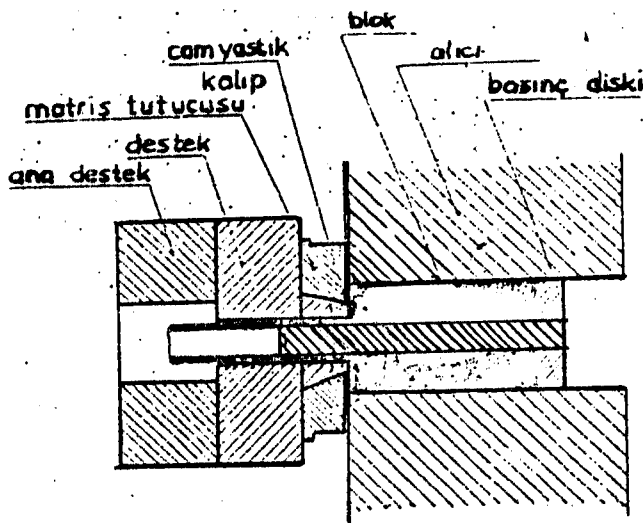
Şu anda ülkemizde, yalnızca ekstrüzyon yöntemi ile dikişsiz boru imali mümkündür. MKE'nin Kırıkkale'deki tesisinde üretilen dikişsiz borular büyük oranda kamu iktisadi teşekküllerinin dikişsiz boru ihtiyacını karşılamakta, kalan miktarda piyasaya sunulmaktadır. Fakat MKE'nin ürettiği dikişsiz borulara serbest piyasada ithal dikişsiz borular kadar talep yoktur. MKE'nin üretmiş olduğu dikişsiz borular hem kalite ve hemde fiyat olarak ithal emsalleriyle rekabet edecek düzeyde değildir.

Belki yakın bir gelecekte ülke sanayiisi için çok önemli olan bu ürünün üretim aşamasına geçilebilir. Tabii ki, tesis kurmak ve üretime geçmekle sorun halledilmemektedir. Bunun yanında devlet de bu tip teşebbüsleri teşvik etmeli ve ithal dikişsiz boruda kısıtlama koymalıdır. Bu sayede dikişsiz borularımız kendi talebimizi karşıladığı gibi ileriki bir zamanda dış pazar-

larla rekabet edecek düzeye geldiğinde ihraç ürünümüz olabilmektedir. Ülkemiz ayrıca döviz tasarrufuna girecek ve milli gelir yükselecektir.

Ekstrüzyon Yöntemiyle Çelik Çekme Foru İmalatı ve Ülkemizdeki Uygulaması

Çelik çekme boruların ekstrüzyon yöntemi ile üretilmeleri son 20 - 25 yılda gerçekleşmiştir. Ekstrüzyon yöntemi ile çelik çekme boruları ekonomik olarak üretilebilmeleri bugün camla yağlama yöntemi ile sağlanmaktadır. Bu yöntem, boru imalinde kullanılacak blokların iç ve dış yüzeylerinin normal cam yada cam asıllı gereçlerle yağlanması temeline dayanmaktadır. Şekil 5.1 de ekstrüzyonla imalat basit bir şekilde anlatılmaktadır. üretimde içi boşaltılmış ortası delik blok kullanılır. Ayrıca preste ana pistonla bağlı ortası delik bir itici gövde kullanılmakta ve bu delik içinde yer almaktadır. Bu



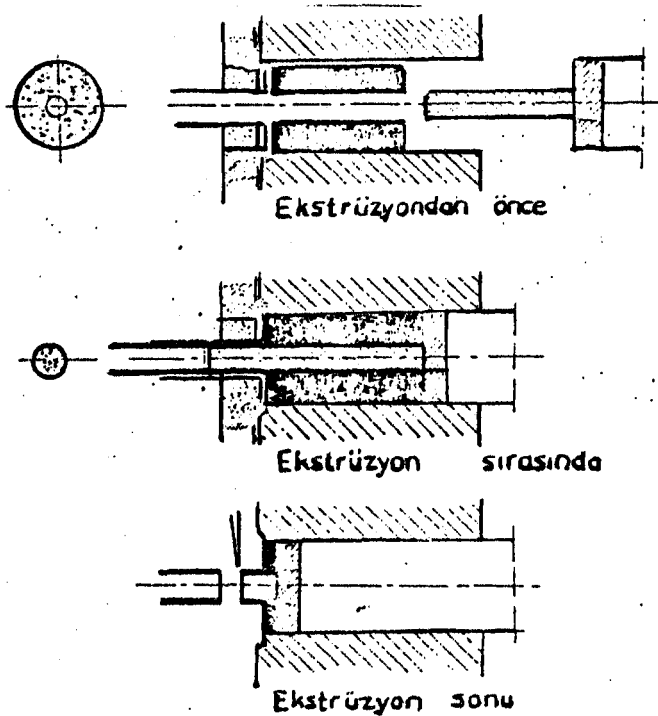
Şekil - 5.1 Ekstrüzyonda boru imalatı ve donatılar (9)

**itici**, kütük iç çapından belirli oranda küçük olmakta ve elde edilecek borunun iç çapını oluşturmaktadır. Kalıp ise borunun dış çapını belirleyecektir. Ekstrüzyon işleminden sonra zimba geri çekilir. Pres ana pistonuna bağlı itici gövde boru kesildikten sonra artık parçayı düşürür. Ve ekstrüzyon işlemi bitmiş olur.

Şekil - 5.2'de ekstrüzyon boru imalatında kullanılan her aşaması basit bir şekilde anlatılmaktadır. M.K.E Kırıkkale Boru Fabrikasında Yapılan İncelemelerdeki İmalat Aşamaları :

#### Blok Hazırlama Bölgesi

Bu bölümde çelik çekme boruların hammaddesi olan bloklar stoklanmakta, tufalları temizlenmekte, çeşitli yüzey hatalarını gidermek üzere taşlanmakta ve istenilen boylarda kesim yapılmaktadır.



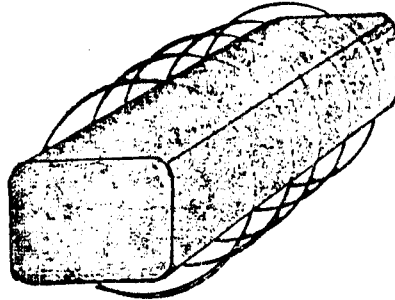
Şekil - 5.2 Ekstrüzyon boru imalat aşamaları(9)

Genellikle şu üç tür blok kullanılmaktadır.

<u>Kenar (mm)</u>	<u>Radüs (mm)</u>
200 × 200	45
225 × 225	45
260 × 260	45

Taşlanıp, istenilen boylarda kesimleri yapılan bloklar bir hidrolik silindir tarafından itilerek seri olarak bağlanmış 6 adet bobinden oluşan endüksiyon fırını içinde arka arkaya ilerletilirken kademeli olarak 1050 - 1200° C'ye ısıtılırlar. Yüksek voltaj ve hat frekansı uygulanan bobin hattının sonunda bulunan elektrik dirençli bekletme fırını (Şekil - 5.3) blok sıcaklığının homojenleşmesini sağlar. Isıtma arasında blok yüzeyinde oluşan tufal tabakası preslere sevk edilmeden önce blok yüzeyine basınçlı su püskürtmek suretiyle dökülür.

Ön ısıtma fırınlarında ısıtılan ve yüzeyinde oluşan tufalı giderilen blok üzerine, dik presteki sıkıştırma ve Şekil-5.3 ve delme işlemi sırasında blok alıcı arasındaki sürtünmeyi azaltmak amacıyla özel olarak hazırlanmış cam tozu serpilir.



Şekil - 5.3 Bloğun bobinle tavllanması (9)

1050 - 1200°C lik sıcakta eriyerek blok yüzeyinde bir film meydana getiren cam tozu bu tip üretimler için ideal bir yağlama unsurudur.

Sıkıştırma ve presle delme bölgesi :

Bu işlem, dikine çalışan 1200 ton gücündeki preste gerçekleştirilir. Silindirik bir hazne içine alınan, yüzeyleri cam tozu ile yağlanmış kesitli blok önce sıkıştırılarak haznenin şeklini alırken boyu da kısalmış olur. Daha sonra bir zımbanın yukarıdan malzemenin ortasına bastırılması ile merkezi olarak boydan boya delinir ve yandan yukarı doğru uzar. Bu işlem bloğun alt tarafında yuvarlak pul şeklinde bir malzeme kopartılması ile tamamlanır.

Ekstrüzyon Öncesi Yağlama İşlemi :

Yatay preste ekstrüzyon sırasında alıcı ile blok ve blok malafa arasındaki uygun yağlamayı sağlamak için burada delinmiş olan bloğun iç ve dış yüzeylerine yeterli miktarlarda cam tozu dökülür. Bu işlem sırasında iç ve dış yağlamada dökülen cam tozunun miktarı, dağılımı ve akıcılığı ekstrüzyonun başarılı olmasında etkindir.

Ekstrüzyon İşlemi :

Ø 101,6 - 273,0 arasındaki boru üretimi 3100 tonluk ekstrüzyon presinde gerçekleştirilir. Ekstrüzyon yapıldığı yatay pres alıcısına alınan üzeri ve deliği cam tozu ile yağlanmış **kü-tük** alıcı içinde sıkıştırılarak alıcının önünü kapatan borunun dış çapını tayin eden kalıp ile içindeki iç çapı tayin eden malafa arasında akması için zorlanır. Borular yatay presten direkt olarak soğutma bankosuna veya boru küçültme haddesine sevk edilir.

Haddelene Öncesi Tavlama İşlemi :

Ø 25,4 - 101,6 mm. arasındaki standard et kalınlıklarındaki gerek yatay gerekse önceden üretilmiş borular haddelenebilmeleri için 950 - 1050° C'a kadar tavlama gereklidir. Bu işlem boru çap ve cidar kalınlığı düşürme haddesi önüne yerleştirilen yürüyen tabanlı fırında gerçekleştirilir.

Burada Ø 25,4 - 101,6 mm. arasındaki dış çaplı boruların imalatı gerçekleştirilir. Presten çekilen 108 - 188 mm. arasındaki dış çaplı borular birbiri ardına dizilen özel konumlarda yerleştirilmiş üçlü yufkaçlara sahip haddelerden geçirilir. Her hadde grubunda ortalama % 7'lik bir çap küçülmesi ve ardışık iki hadde arasındaki çekme kuvvetlerinin kontrolü ile et kalınlığında inceleme sağlanır. Haddelene sırasında çok uzayan boru hadde çıkışındaki bir döner testere ile durulmaksızın istenilen boylarda kesilir.

Soğutma Bankosundaki İşlem :

Direkt olarak prestin veya çekme haddesinden sevk edilen borular konveyör hattı ile soğutma bankosuna gelirler. Düzenli bir soğutma ve soğutma sırasında nisbeten düzgün borular elde etmek için banko sürekli olarak hareket ettirilir.

## 6.0 - SONUÇ

Tezimde dikişli ve dikişsiz boru imal yöntemleri, bu yöntemlerin karakteristikleri kullanılan tezgah ve donatılar, yöntemlerin birbirleriyle karşılaştırılmaları alanında çalışma yapmış, dikişsiz boruların yanında fazla detaylı olması da dikişli boru imal yöntemlerine de yer verilmiş ve dikişli borular ile dikişsiz borular arasındaki farklar üzerinde durulmuş, ilgili standartlara değinilmiştir.

Ayrıca dikişsiz boru imal yöntemlerinden ülkemizde uygulaması olan ekstrüzyon yöntemiyle dikişsiz boru imal yöntemi yerinde imalat aşamaları görülerek incelenmiş ve bu nedenle haddemele ile dikişsiz boru imal yöntemi yanında, haddemele yönteminde olduğu kadar teoriye girilmeden ekstrüzyon ve savurma döküm yöntemi ile dikişsiz boru imal yöntemlerine de yer verilmiş ve bu yöntemlerin haddemele yöntemiyle karşılaştırılması yapılmıştır.

Ek bilgi olarak dikişsiz boru imal yöntemlerine uygulanan tahribatsız muayene yöntemlerine ve bu konuda yapılan gelişmelere de yer verilmiştir.

Boru imalat akış şemaları ve boru standartları örnekleri de tezin sonuna eklenmiştir.



## 7.0 - TARTIŞMA

Tez çalışmalarım sırasında, ülkemizdeki boru imalatı ve uygulanan yöntemlerin tatmin edici olmadığını gördüm. Yalnız iki büyük kuruluşumuz dışında diğer imalatçıların eski teknoloji ile üretim yaptıklarını kendilerini yenilemeye pek istekli olmadıklarını üzülerek müşahade ettim.

Avrupa topluluğuna katılmaya hazırlandığımız bu dönemde, daha çok sayıda kuruluşumuzun, daha yeni lisans, know-how ve teknolojiler temin ederek daha kaliteli imalatlar yapmaya özenmeleri gerekir.

Şu anda halen, bazı önemli hidrolik güç iletim boruları ithal yolu ile temin edilmektedir. Bunun nedeni yerli borunun kalitesine güvensizliktir. Daha yeni teknoloji ile daha kaliteli boru üretimi, yerli tüketim ve ihracat olanakları da gözönünde tutulursa, hiç şüphesiz fizibil olacaktır. Yatırımcılarımız bunu çekinmeden yaparlarsa hem kendileri için, hem ülke çıkarları açısından yararlı olacaktır, kanaatindeyim.

Sedat Erden

## 8.0 - ÖNERİLER

Haddeme ile dikissiz boru imal yönteminde, bloğu yufkaçlara veren besleyici mekanizmasında yenilik çalışması yapılarak bloğun yufkaçlara daha seri verilmesi dolayısıyla daha kısa haddeme zamanı sağlamış olur. Isı ve basınca karşı mukavemeti daha fazla olan çeliklerin geliştirilmesi ile mukavemeti daha fazla malafa imal edilip, bu malafayla daha fazla sayıda delme işlemi yapılabilir. Böylece sık sık malafa değiştirme işlemi yapılmakta ve delme esnasında malafa deformasyona uğramamaktadır.

Bunların yanında yufkaçlarda, tav fırınlarında ve yardımcı düzenlerde yapılan çalışmalarla daha kaliteli ve ekonomik dikissiz boru imali mümkün olmaktadır. Kaliteli bir imalat için malafa, top ve diğer ekipmanların malzeme seçiminde çok dikkatli olmak ve yapımlarında ısıl işlemleri ile yüzey kalitelerine önem vermek sonucu etkileyecektir.

## KAYNAKLAR DİZİNİ

- Blazinski., 1968, Metalforming, Mir Publishers, Moscow, 248p.
- Borusan A.Ş., 1988, Tanıtma Broşür ve Kataloğu, İzmit, 34 s.
- Crocker, S., 1954, Piping Handbook, Macmilan Publ.Co., Inc.,  
New Yorg, 394 p.
- Çuhadar, N., 1951, Plastik Şekil Verme ve Isıl İşlemler, Teknik Üniversite Matbaası, 26-241.
- Ersümer, A., 1960, Malzeme Bilgisi, cilt II, Teknik Üniversite Matbaası, 314 s.
- Ersümer, A., 1973, Plastik Şekil Verme, Teknik Üniversite Matbaası, 103 s.
- M.M.O., 1965, Mühendis ve Makina, Cilt 8, Sayı 91, 206-214.
- M.M.O., 1966, Mühendis ve Makina, Cilt 10, Sayı 112, 116-119.
- M.K.E., 1989, Tanıtma Broşürü, Kırıkkale Boru Fabrikası, 35 s.
- Herstellung Von Rohren, 1975, Verlag Stahlesisen M.B.H.  
Düsseldorf, 328p.
- Pearson, C.E., Parkins, R.N., 1961, The Extrusion of Metals  
Chapman Hall Ltd., London, 462 p.
- T.S.E., 1984, Boru Standartları, T.S.E. Yayınevi, 48 s.
- Stanhrohr Handbuch, 1970, Vulkan Verlag, Essen, 236 p.



## • Kazan Boruları

### İmalat Standartları:

DIN 1626/2-3, DIN 2458, TS 416

### Başlıca özellikleri:

- Kaynak iç çapağı temizlenmiş
- Normalize edilmiş
- Düz uçlu
- Dış yüzey koruyucu boyalı
- Kıvrıma, makinetolama, ve benzeri işlemlere elverişli

### Malzeme:

Ticari kalite kazan borularında St 33, St 34,2 özel kalite kazan borularında St37.2, St 42.2

### Kazan Borusu Ölçüleri

Anma Ölçüsü	Dış Çap mm	Etkalınlığı mm	Ağırlık kg/m
33/38	38	2,3	2,0
40/44	44,5	2,3	2,4
46/51	51	2,9	3,5
51/57	57	2,9	3,9
57/63	63,5	2,9	4,3
64/70	70	2,9	4,8
70/76	76,1	2,9	5,2
76/83	82,5	3,2	6,3
83/89	88,9	3,2	6,8
95/102	101,6	3,6	8,7
101/108	108	3,6	9,3
108/114	114,3	3,6	9,8
119/127	127	4	12,1
125/133	133	4	12,7
133/139	139,7	4	13,4
144/152	152,4	4	14,6
150/159	159	4,5	17,1

## DIN 1626

### Alaşırnsız ve Düşük Alaşırmlı Çeliklerderi: Mamul Genel Kullanım Amaçlı Dikişli Borular

#### Malzeme

#### Boru İmal yöntemi:

Yüksek frekans endüksiyon kaynağı ile boyuna veya tozaltı kaynağı ile spiral dikişli.

#### Boyut toleransları:

DIN 1626 kısım 2,3 ve 4 için geçerli

Boru Cinsi	Malzeme	Kimyasal Bileşim % max.			Mekanik Değerler		
		C	P	S	$\sigma_k$	$\sigma_a$	$\lambda_5$
DIN 1626-Kısım 2 Ticari Kalite Borular	St33	—	—	—	33-50	—	18
	St37	0.20	0.08	0.05	37-45	24	23
	St42	0.25	0.08	0.05	42-50	26	20
DIN 1626-kısım 3 ve 4 Kalite Belgeli Borular	St34.2	0.17	0.05	0.05	34-42	21	26
	St37.2	0.20	0.06	0.05	37-45	24	23
	St42.2	0.25	0.06	0.05	42-50	26	20
	St52.3	0.20	0.05	0.05	52-62	36	22

$\sigma_k$  Kırma mukavemeti (kp/mm<sup>2</sup>)

$\sigma_a$  Min. akma sınırı (kp/mm<sup>2</sup>)

$\lambda_5$  Min. kopma uzaması,  $L_0 = 5.65 \sqrt{S_0}$  olan orantılı numune için, (%)

#### Dış Çap

<200 mm için  $\pm 1\%$ (enaz  $\pm 0,5$ mm)

200-1000 mm için  $\pm (0,005 D+1)$ mm

>1000 mm için  $\pm 6$  mm

#### Kullanım Sınırları

#### Et Kalınlığı

< 3 mm için + 0,30;-0,25 mm

3-10 mm için + 0,45;- 0,35 mm

> 10 mm için —0,50 mm

(Üst sınır ağırlık toleransı ile belirlenir)

#### Ağırlık

(Nominal ağırlıklar DIN 2458'de verilmiştir.)

tek bir boru için + 12 %;- 8 %

min 10 t'luk yük için + 10%;-5 %

Boru Cinsi	Tavsiye Edilen Kullanma Sınırları	
	Sıcaklık	İşletme Basıncı
DIN 1626-Kısım 2 Ticari Kalite Borular	max 120°C	Sıvılar için İç çap (mm) ile işletme basıncı (kp/cm <sup>2</sup> ) çarpımı aşağıdaki değerleri aşmamak şartı ile: max 25 kp/cm <sup>2</sup> St 33 için 7200 St 37 ve 42 için 10000 Basıncılı hava ve tehlikesiz gazlar için: max 10 kp/cm <sup>2</sup>
	max 180°C	Doymuş buhar için max 10 kp/cm <sup>2</sup>
	max 120°C	
DIN 1626-Kısım 3 Kalite Belgeli Borular	Çidar sıcaklığı (°C) ile işletme basıncı (kp/cm <sup>2</sup> ) çarpımının $\leq 7200$ olması şartı altında 120° ile 300° C arasında 3)	max 64 kp/cm <sup>2</sup> 1)
	max. 120 °C	Sınır yok 2)
	120° ile 300° C arasında 3)	
DIN 1626 kısım 4 Kalite Belgeli, Özel Kontrollardan Geçmiş Borular	max. 120°C	Sınır yok 2)
	120° ile 300 °C arasında 3)	

1 DIN 50,049'a göre fabrika kalite belgesi olması halinde

2 DIN 50,049'a göre 3A,B veya C tipi kabul belgesi olması halinde

3 Hesaplarda, malzemenin ısıtma sınırının garanti edilmediği dikkate alınmalıdır.

## • Dişli-Manşonlu Gaz ve Su Boruları

### ISO 65 ve TS 301 Dişli-Manşonlu Boru Ölçüleri

ISO 65 Light 1 = TS 301/1 ISO 65 Light 2 = TS 301/2  
ISO 65 Medium = TS 301/3 ISO 65 Heavy = TS 301/4

Anma Çapı inç	Dış Çap mm	Etkinliği ve Birim Ağırlık											
		Ağır (heavy)			Orta (medium)			Hafif (light) 1			Hafif (light) 2		
		Et kalınlığı mm	Düz Uçlu Ağırlık kg/m	Dişli- Manşonlu Ağırlık kg/m	Et kalınlığı mm	Düz Uçlu Ağırlık kg/m	Dişli- Manşonlu Ağırlık kg/m	Et kalınlığı mm	Düz Uçlu Ağırlık kg/m	Dişli- Manşonlu Ağırlık kg/m	Et kalınlığı mm	Düz Uçlu Ağırlık kg/m	Dişli- Manşonlu Ağırlık kg/m
1/8	10,2	2,6	0,487	0,490	2,0	0,404	0,407	1,8	0,366	0,369	1,8	0,360	0,363
1/4	13,5	2,9	0,765	0,769	2,3	0,641	0,645	2,0	0,570	0,574	1,8	0,515	0,519
3/8	17,2	2,9	1,02	1,03	2,3	0,839	0,845	2,0	0,742	0,748	1,8	0,670	0,676
1/2	21,3	3,2	1,44	1,45	2,6	1,21	1,22	2,3	1,08	1,09	2,0	0,947	0,946
3/4	26,9	3,2	1,87	1,88	2,6	1,56	1,57	2,3	1,39	1,40	2,3	1,38	1,39
1	33,7	4,0	2,93	2,95	3,2	2,41	2,43	2,9	2,20	2,22	2,6	1,98	2,00
1 1/4	42,4	4,0	3,79	3,82	3,2	3,10	3,13	2,9	2,82	2,85	2,6	2,54	2,57
1 1/2	48,3	4,0	4,37	4,41	3,2	3,56	3,60	2,9	3,24	3,28	2,9	3,23	3,27
2	60,3	4,5	6,19	6,26	3,6	5,03	5,10	3,2	4,49	4,56	2,9	4,08	4,15
2 1/2	76,1	4,5	7,93	8,05	3,6	6,42	6,54	3,2	5,73	5,85	3,2	5,71	5,84
3	88,9	5,0	10,3	10,5	4,0	8,36	8,53	3,6	7,55	7,72	3,2	6,72	6,89
4	114,3	5,4	14,5	14,8	4,5	12,2	12,5	4,0	10,8	11,1	3,6	9,75	10,0
5	139,7	5,4	17,9	18,4	5,0	16,6	17,1						
6	165,1 <sup>2)</sup>	5,4	21,3	21,9	5,0	19,8	20,4						

### ISO 65 ve TS 301 Dış Çap Max. ve Min. Değerleri

Anma Çapı		Dış Çap mm					
		Ağır (heavy) ve orta (medium)		Hafif (light) 1		Hafif (light) 2	
mm	inç	max	min	max	min	max	min
6	1/8	10,6	9,8	10,4	9,7	10,1	9,7
8	1/4	14,0	13,2	13,9	13,2	13,6	13,2
10	3/8	17,5	16,7	17,4	16,7	17,1	16,7
15	1/2	21,8	21,0	21,7	21,0	21,4	21,0
20	3/4	27,3	26,5	27,1	26,4	26,9	26,4
25	1	34,2	33,3	34,0	33,2	33,8	33,2
32	1 1/4	42,9	42,0	42,7	41,9	42,5	41,9
40	1 1/2	48,8	47,9	48,6	47,8	48,4	47,8
50	2	60,8	59,7	60,7	59,6	60,2	59,6
65	2 1/2	76,6	75,3	76,3	75,2	76,0	75,2
80	3	89,5	88,0	89,4	87,9	89,7	87,9
100	4	115,0	113,1	114,9	113,0	113,9	113,0
125	5	140,8	138,5				
150	6	166,5	163,9				

İstatik Test Basıncı: Bütün boyut ve tipler için min. 50 bar

API 5A/5AC/5AX Casing Boru Ölçüleri

Dış Çap inç/mm	Dişli Manşonlu Nominal Ağırlık		Grade	Etkaliniği		Bağlantı			Drift Çap	
	lb/ft	kg/m		inç	mm	Kısa	Uzun	Buttress	inç	mm
4 1/2 114,3	9,50	14,2	H-40, J/K-55	0,205	5,21	X			3,965	100,71
	10,50	15,6	J/K-55	0,224	5,69	X		X	3,927	99,75
	11,60	17,3	J/K-55	0,250	6,35	X	X	X	3,875	98,42
	11,60	17,3	C-75	0,250	6,35		X	X	3,875	98,42
	11,60	17,3	L/N-80	0,250	6,35		X	X	3,875	98,42
	11,60	17,3	C-95	0,250	6,35		X	X	3,875	98,42
	11,60	17,3	P-110	0,250	6,35		X	X	3,875	98,42
	13,50	20,1	C-75	0,290	7,37		X	X	3,795	96,39
	13,50	20,1	L/N-80	0,290	7,37		X	X	3,795	96,39
	13,50	20,1	C-95	0,290	7,37		X	X	3,795	96,39
	13,50	20,1	P-110	0,290	7,37		X	X	3,795	96,39
	15,10	22,5	P-110	0,337	8,56		X	X	3,701	94,01
5 127,0	11,50	17,1	J/K-55	0,220	5,59	X			4,435	112,65
	13,00	19,4	J/K-55	0,253	6,43	X	X	X	4,369	110,97
	15,00	22,3	J/K-55	0,296	7,52	X	X	X	4,283	108,79
	15,00	22,3	C-75	0,296	7,52		X	X	4,283	108,79
	15,00	22,3	L/N-80	0,296	7,52		X	X	4,283	108,79
	15,00	22,3	C-95	0,296	7,52		X	X	4,283	108,79
	15,00	22,3	P-110	0,296	7,52		X	X	4,283	108,79
	18,00	26,8	C-75	0,362	9,19		X	X	4,151	105,44
	18,00	26,8	L/N-80	0,362	9,19		X	X	4,151	105,44
	18,00	26,8	C-95	0,362	9,19		X	X	4,151	105,44
18,00	26,8	P-110	0,362	9,19		X	X	4,151	105,44	
5 1/2 139,7	14,00	20,9	H-40, J/K-55	0,244	6,20	X			4,887	124,13
	15,50	23,1	J/K-55	0,275	6,98	X	X	X	4,825	122,56
	17,00	25,3	J/K-55	0,304	7,72	X	X	X	4,767	121,08
	17,00	25,3	C-75	0,304	7,72		X	X	4,767	121,08
	17,00	25,3	L/N-80	0,304	7,72		X	X	4,767	121,08
	17,00	25,3	C-95	0,304	7,72		X	X	4,767	121,08
	17,00	25,3	P-110	0,304	7,72		X	X	4,767	121,08
	20,00	29,8	C-75	0,361	9,17		X	X	4,653	118,19
	20,00	29,8	L/N-80	0,361	9,17		X	X	4,653	118,19
	20,00	29,8	C-95	0,361	9,17		X	X	4,653	118,19
	20,00	29,8	P-110	0,361	9,17		X	X	4,653	118,19
	23,00	34,3	C-75	0,415	10,54		X	X	4,545	115,44
	23,00	34,3	L/N-80	0,415	10,54		X	X	4,545	115,44
	23,00	34,3	C-95	0,415	10,54		X	X	4,545	115,44
23,00	34,3	P-110	0,415	10,54		X	X	4,545	115,44	
6 5/8 163,3	20,00	29,8	H-40, J/K-55	0,288	7,32	X			5,924	150,47
	20,00	29,8	J/K-55	0,288	7,32	X	X	X	5,924	150,47
	24,00	35,7	J/K-55	0,352	8,94	X	X	X	5,796	147,22
	24,00	35,7	C-75	0,352	8,94		X	X	5,796	147,22
	24,00	35,7	L/N-80	0,352	8,94		X	X	5,796	147,22
	24,00	35,7	C-95	0,352	8,94		X	X	5,796	147,22
	24,00	35,7	P-110	0,352	8,94		X	X	5,796	147,22
	28,00	41,7	C-75	0,417	10,59		X	X	5,666	143,92
	28,00	41,7	L/N-80	0,417	10,59		X	X	5,666	143,92



# API Casing Borular

## API 5A/5AC/5AX Casing Boru Ölçüleri

Dış Çap	Dişli Manşonlu Nominal Ağırlık		Grade	Et kalınlığı		Bağlantı			Drift Çap	
	İnç/mm	lb/ft		kg/m	İnç	mm	Kısa	Uzun	Butress	İnç
6 5/8 168,3	28,00	41,7	C-95	0,417	10,59		X	X	5,666	143,92
	28,00	41,7	P-110	0,417	10,59		X	X	5,666	143,92
	32,00	47,7	C-75	0,475	12,06		X	X	5,550	140,97
	32,00	47,7	L/N-80	0,475	12,06		X	X	5,550	140,97
	32,00	47,7	C-95	0,475	12,06		X	X	5,550	140,97
	32,00	47,7	P-110	0,475	12,06		X	X	5,550	140,97
7 177,8	17,00	25,3	H-40, J/K-55	0,231	5,87	X			6,413	162,89
	20,00	29,8	J/K-55	0,272	6,91				6,331	160,81
	23,00	34,3	J/K-55	0,317	8,05	X	X	X	6,241	158,52
	23,00	34,3	C-75	0,317	8,05		X	X	6,241	158,52
	23,00	34,3	L/N-80	0,317	8,05		X	X	6,241	158,52
	23,00	34,3	C-95	0,317	8,05		X	X	6,241	158,52
	26,00	38,7	J/K-55	0,362	9,19	X	X	X	6,151	156,24
	26,00	38,7	C-75	0,362	9,19		X	X	6,151	156,24
	26,00	38,7	L/N-80	0,362	9,19		X	X	6,151	156,24
	26,00	38,7	C-95	0,362	9,19		X	X	6,151	156,24
	26,00	38,7	P-110	0,362	9,19		X	X	6,151	156,24
	29,00	43,2	C-75	0,408	10,36		X	X	6,059	153,90
	29,00	43,2	L/N-80	0,408	10,36		X	X	6,059	153,90
	29,00	43,2	C-95	0,408	10,36		X	X	6,059	153,90
	29,00	43,2	P-110	0,408	10,36		X	X	6,059	153,90
	32,00	47,7	C-75	0,453	11,51		X	X	5,969	151,61
	32,00	47,7	L/N-80	0,453	11,51		X	X	5,969	151,61
	32,00	47,7	C-95	0,453	11,51		X	X	5,969	151,61
	32,00	47,7	P-110	0,453	11,51		X	X	5,969	151,61
	35,00	52,1	C-75	0,498	12,65		X	X	5,879	149,33
	35,00	52,1	L/N-80	0,498	12,65		X	X	5,879	149,33
	35,00	52,1	C-95	0,498	12,65		X	X	5,879	149,33
	35,00	52,1	P-110	0,498	12,65		X	X	5,879	149,33
	38,00	56,6	C-75	0,540	13,72		X	X	5,795	147,19
38,00	56,6	L/N-80	0,540	13,72		X	X	5,795	147,19	
38,00	56,6	C-95	0,540	13,72		X	X	5,795	147,19	
38,00	56,6	P-110	0,540	13,72		X	X	5,795	147,19	
7 5/8 193,7	24,00	35,7	H-40, J/K-55	0,300	7,62	X			6,900	175,26
	26,40	39,3	J/K-55	0,328	8,33	X	X	X	6,844	173,84
	26,40	39,3	C-75	0,328	8,33		X	X	6,844	173,84
	26,40	39,3	L/N-80	0,328	8,33		X	X	6,844	173,84
	26,40	39,3	C-95	0,328	8,33		X	X	6,844	173,84
	29,70	44,2	C-75	0,375	9,52		X	X	6,750	171,45
	29,70	44,2	L/N-80	0,375	9,52		X	X	6,750	171,45
	29,70	44,2	C-95	0,375	9,52		X	X	6,750	171,45
	29,70	44,2	P-110	0,375	9,52		X	X	6,750	171,45
	33,70	50,2	C-75	0,430	10,92		X	X	6,640	168,66
	33,70	50,2	L/N-80	0,430	10,92		X	X	6,640	168,66
	33,70	50,2	C-95	0,430	10,92		X	X	6,640	168,66
	33,70	50,2	P-110	0,430	10,92		X	X	6,640	168,66
	39,00	58,1	C-75	0,500	12,70		X	X	6,500	165,10
	39,00	58,1	L/N-80	0,500	12,70		X	X	6,500	165,10
	39,00	58,1	C-95	0,500	12,70		X	X	6,500	165,10
39,00	58,1	P-110	0,500	12,70		X	X	6,500	165,10	

• API Casing Borular

API 5A/5AC/5AX Casing Boru Ölçüleri

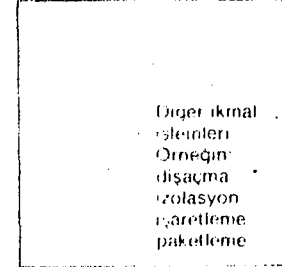
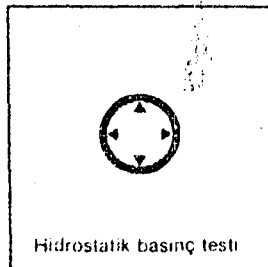
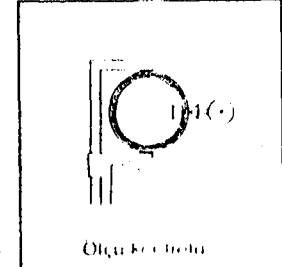
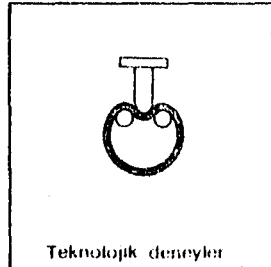
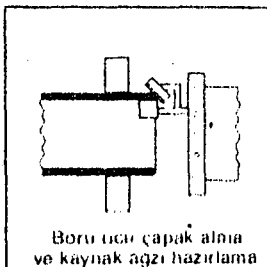
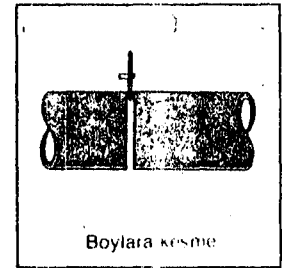
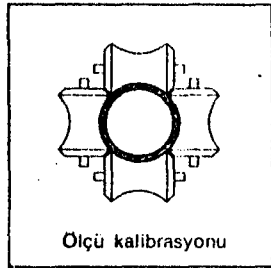
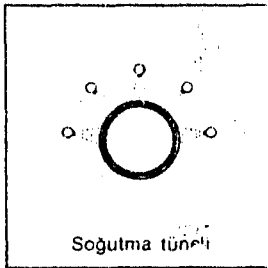
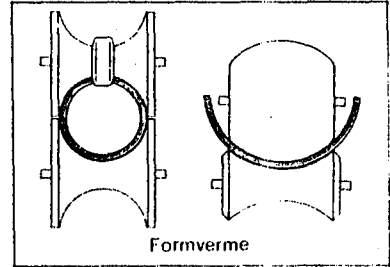
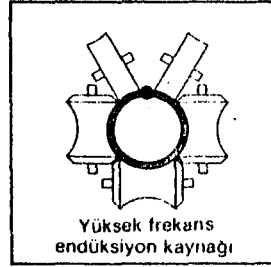
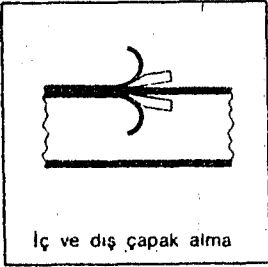
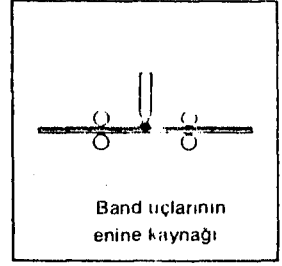
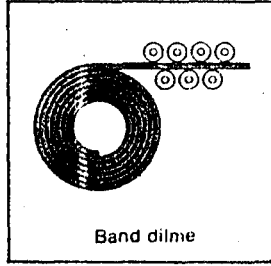
Dış Çap	Dişli Manşonlu Nominal Ağırlık		Grade	Et kalınlığı		Bağlantı			Drift Çap	
	İnç mm	lb/ft		kg/m	İnç	mm	Kısa	Uzun	Buttress	İnç
8 5/8 219,1	24,00	35,7	J/K-55	0,264	6,71	X			7,972	202,49
	28,00	41,7	H-40, J/K-55	0,304	7,72	X			7,892	200,46
	32,00	47,7	H-40, J/K-55	0,352	8,94	X			7,796	198,02
	32,00	47,7	J/K-55	0,352	8,94	X	X	X	7,796	198,02
	36,00	53,6	J/K-55	0,400	10,16	X	X	X	7,700	195,58
	36,00	53,6	C-75	0,400	10,16		X	X	7,700	195,58
	36,00	53,6	L/N-80	0,400	10,16		X	X	7,700	195,58
	36,00	53,6	C-95	0,400	10,16		X	X	7,700	195,58
	40,00	59,6	C-75	0,450	11,43		X	X	7,600	193,04
	40,00	59,6	L/N-80	0,450	11,43		X	X	7,600	193,04
	40,00	59,6	C-95	0,450	11,43		X	X	7,600	193,04
	40,00	59,6	P-110	0,450	11,43		X	X	7,600	193,04
	44,00	65,5	C-75	0,500	12,70		X	X	7,500	190,50
	44,00	65,5	L/N-80	0,500	12,70		X	X	7,500	190,50
	44,00	65,5	C-95	0,500	12,70		X	X	7,500	190,50
	44,00	65,5	P-110	0,500	12,70		X	X	7,500	190,50
	49,00	73,0	C-75	0,557	14,15		X	X	7,386	187,60
	49,00	73,0	L/N-80	0,557	14,15		X	X	7,386	187,60
	49,00	73,0	C-95	0,557	14,15		X	X	7,386	187,60
	49,00	73,0	P-110	0,557	14,15		X	X	7,386	187,60
9 5/8 244,5	32,30	48,1	H-40, J/K-55	0,312	7,92	X			8,845	224,66
	36,00	53,6	H-40, J/K-55	0,352	8,94	X			8,765	222,63
	36,00	53,6	J/K-55	0,352	8,94	X	X	X	8,765	222,63
	40,00	59,6	J/K-55	0,395	10,03	X	X	X	8,679	220,45
	40,00	59,6	C-75	0,395	10,03		X	X	8,679	220,45
	40,00	59,6	L/N-80	0,395	10,03		X	X	8,679	220,45
	40,00	59,6	C-95	0,395	10,03		X	X	8,679	220,45
	43,50	64,8	C-75	0,435	11,05		X	X	8,599	218,41
	43,50	64,8	L/N-80	0,435	11,05		X	X	8,599	218,41
	43,50	64,8	C-95	0,435	11,05		X	X	8,599	218,41
	43,50	64,8	P-110	0,435	11,05		X	X	8,599	218,41
	47,00	70,0	C-75	0,472	11,99		X	X	8,525	216,54
	47,00	70,0	L/N-80	0,472	11,99		X	X	8,525	216,54
	47,00	70,0	C-95	0,472	11,99		X	X	8,525	216,54
	47,00	70,0	P-110	0,472	11,99		X	X	8,525	216,54
	53,50	79,7	C-75	0,545	13,84		X	X	8,379	212,83
	53,50	79,7	L/N-80	0,545	13,84		X	X	8,379	212,83
	53,50	79,7	C-95	0,545	13,84		X	X	8,379	212,83
	53,50	79,7	P-110	0,545	13,84		X	X	8,379	212,83

# API Casing Borular

## API 5A/5AC/5AX Casing Boru Ölçüleri

Dış Çap İnç mm	Dışlı Manşonlu Nominal Ağırlık		Grade	Et kalınlığı		Bağlantı			Drift Çap	
	lb/ft	kg/m		İnç	mm	Kısa	Uzun	Butress	İnç	mm
10 3/4 273,0	32,75	48,8	H-40, J/K-55	0,279	7,09	X			10,036	254,91
	40,50	60,3	H-40, J/K-55	0,350	8,89	X			9,894	251,30
	40,50	60,3	J/K-55	0,350	8,89	X		X	9,894	251,30
	45,50	67,8	J/K-55	0,400	10,16	X		X	9,794	248,76
	51,00	76,0	J/K-55	0,450	11,43	X		X	9,694	246,22
	51,00	76,0	C-75	0,450	11,43	X		X	9,694	246,22
	51,00	76,0	L/N-80	0,450	11,43	X		X	9,694	246,22
	51,00	76,0	C-95	0,450	11,43	X		X	9,694	246,22
	51,00	76,0	P-110	0,450	11,43	X		X	9,694	246,22
	55,50	82,7	C-75	0,495	12,57	X		X	9,604	243,94
	55,50	82,7	L/N-80	0,495	12,57	X		X	9,604	243,94
	55,50	82,7	C-95	0,495	12,57	X		X	9,604	243,94
	55,50	82,7	P-110	0,495	12,57	X		X	9,604	243,94
	60,70	90,4	P-110	0,545	13,84	X		X	9,504	241,40
	65,70	97,9	P-110	0,595	15,11	X		X	9,404	238,86
11 3/4 298,4	42,00	62,6	H-40, J/K-55	0,332	8,46	X		X	10,930	277,62
	47,00	70,0	J/K-55	0,375	9,52	X		X	10,844	275,44
	54,00	80,4	J/K-55	0,435	11,05	X		X	10,724	272,39
	60,00	89,4	J/K-55	0,489	12,42	X		X	10,616	269,65
	60,00	89,4	C-75	0,489	12,42	X		X	10,616	269,65
	60,00	89,4	L/N-80	0,489	12,42	X		X	10,616	269,65
	60,00	89,4	C-95	0,489	12,42	X		X	10,616	269,65
13 3/8 339,7	48,00	71,52	H-40, J/K-55	0,330	8,38	X			12,559	312,99
	54,50	81,2	J/K-55	0,380	9,65	X		X	12,459	316,46
	61,00	90,9	J/K-55	0,430	10,92	X		X	12,359	313,92
	68,00	101,0	J/K-55	0,480	12,19	X		X	12,259	311,88
	72,00	107,0	C-75	0,514	13,06	X		X	12,191	309,55
	72,00	107,0	L/N-80	0,514	13,06	X		X	12,191	309,65
	72,00	107,0	C-95	0,514	13,06	X		X	12,191	309,65

# Boyuna Dikişli Boru için Genel İmalat Akış Şeması



# Spiral Dikişli Boru için Genel İmalat Akış Şeması

