

T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Yüksek Lisans Tezi

KAYNAK EKLERİNİN TAHRİBATSIZ MUAYENESİNDE
RADYOGRAFİ VE ULTRASONİK YÖNTEMLER

Hazırlayan
Mustafa Gürler

Tezi Yöneten: Prof.Dr.Ruşen Gezici

Istanbul - 1986



İ Ç İ N D E K İ L E R

	<u>Sayfa</u>
GİRİŞ	
1. KAYNAK DİKİŞLERİNİN MUAYENE USULLERİNİN SINIFLANDIRILMASI	1
2. KAYNAK DİKİŞLERİNİN RADYOGRAFİK MUAYENESİ	2
2.1. İŞİNİMLARIN İNCELENMESİ	2
2.1.1. Atomun Yapısı	2
2.2. BİR İŞİNİM YAYILMASI	3
2.2.1. (X) Işını Yayılımı	
2.2.2. (γ) Işını Yayılımı	6
2.3. ELEKTROMAGNETİK İŞINLAR İLE MALZEME ARASINDAKİ ARA ETKİLER	11
3. (X) İŞINLARI TEKNİĞİ	12
3.1. X-İŞİNİ CİHAZLARI	14
3.1.1. X-Işını Tüpü	14
3.1.2. Devre Tipleri	18
3.1.3. Oto-Redressör Devre	18
3.1.4. Villard Devresi	20
3.1.5. Greinacher Devresi	20
3.2. CİHAZ TIPLERİ	21
4. (γ) İŞİNİ KAYNAKLARI	26
4.1. KAYNAKLARIN SINIFLANMASI	26
4.1.1. Kobalt 60 Kaynakları	26
4.1.2. Iridyum 192 Kaynakları	28
4.1.3. Sezyum 137 Kaynakları	28
4.1.4. Thulyum 170 Kaynakları	29
4.2. KULLANILAN KAYNAKLARIN ENERJİ SPEKTRUMU	29
4.3. KULLANILAN KAYNAKLARIN ÖZELLİKLERİ	32
4.3.1. Kaynakların Aktiviteleri	32
4.3.2. Poz Debisi	32
4.3.3. Uzaklıkların Karesi ile Ters Orantı Yasası	33
4.4. BİR EKTRANLA ZAYIFLATMA	34
4.5. RADYO ELEMANLARIN KULLANILMA SAHALARI	37

	<u>Sayfa</u>
4.6. GAMMA IŞINLARI	37
4.6.1. Endüstriyel Radyografide Kullanılan Radyoaktif Kaynaklar	40
4.6.2. Gamma Radyografi Cihazları	45
5. RADYOGRAFİDE KULLANILAN FİMLER	49
5.1. FİMLERİN ÖZELLİKLERİ	49
5.2. FİMLERİN SINIFLANDIRILMASI	51
5.3. FİMLERİN KULLANMA YERİNE GÖRE SEÇİMİ	51
5.4. FİMLERİN SAKLANMASI	53
5.5. FİMLERİN EŞ DEĞERLİĞİ	56
6. EKРАНLAR	58
6.1. METAL EKРАНLAR	58
6.2. TUZ EKРАНLAR	59
6.3. EKРАНLARIN KULLANILMASI VE SAKLANMASI	61
7. RADYOGRAFİ TEKNİĞİNİN KALİTESİ	63
7.1. ULUSLARARASI RADYOGRAFİ KALİTE STANDARDI	63
7.2. DIN 54111 ALMAN STANDARDINA GÖRE FİLM KALİTELERİ	64
7.3. ASME SECTION V AMERİKAN STANDARDI	64
7.4. BS-2600: 1973 İNGİLİZ STANDARDI	65
8. IŞINLAMA ENERJİSİNİN VE ŞİDDETİNİN SEÇİMİ	66
8.1. IŞIN ENERJİSİNİN RADYOGRAFİK KALİTEYE ETKİSİ	67
8.2. STANDARLARIN, RADYOGRAFİ KALİTESİNİ KORUMAK İÇİN, IŞIN ENERJİSİ SINIRLAMALARI	67
8.2.1. DIN 54111 e Göre Işın Enerjisi Sınırlaması	68
8.2.2. ASME Amerikan Standardına Göre Işın Enerjisi Sınırlamaları	69
8.3. BS 2600 İNGİLİZ STANDARDINA GÖRE IŞIN ENERJİSİ SINIRLAMALARI	70
8.4. ISO R 1106 ULUSLARARASI STANDARDINA GÖRE IŞIN ENERJİSİ SINIRLAMALARI	72
9. RADYOGRAFİK KALİTEYE GEOMETRİK DURUMUN ETKİSİ VE STANDARTLARIN MÜSAADE ETTİĞİ DEĞERLER	73
9.1. GEOMETRİK YARI GÖLGE	73
9.2. IŞIN KAYNAĞININ BOYUTUNUN YARI GÖLGEYE ETKİSİ	75
9.3. IŞIN KAYNAĞININ YERLEŞTİRME ŞEKLİNİN YARI GÖLGEYE ETKİSİ	76

	<u>Sayfa</u>
9.3.1. Alman Standardına Göre Minimum Kaynak Film Mesafesi	77
9.3.2. BS 2600 İngiliz Standardına Göre Minimum Kaynak Film Uzaklığı	79
9.3.3. Uluslararası Standartlara Göre Işın Kaynağı İle Film Arasındaki En Küçük Mesafe	80
9.4. FİLM YERLEŞTİRME PRENSİPLERİ	82
10. FİLM ÜZERİNDE DEĞERLENDİRİLEBİLEN GÖRÜNTÜ BOYUTU	86
11. RADYOGRAFİK KALİTENİN ÖLÇÜLMESİ	90
11.1. TELLİ ALMAN PENETREMETRESİ	91
11.2. DELİKLİ PENETREMETRELER	94
11.3. BASAMAKLI PENETREMETRELER	97
11.4. İŞE UYGUN PENETREMETRENİN SEÇİLMESİ	99
11.5. PENETREMETRELERİN ÇEKİM YERİNE KONMASI	99
12. FİMLERİN ÇEKİM YERLERİNİN İŞARETLENMESİ VE FİMLERİN ÇEKİM YERİNE BAĞLANMASI	101
13. FİLMİN İŞINLANMASI	103
13.1. POZ DİYAGRAMLARININ KULLANILMASI	106
14. FİMLERİN BANYO EDİLMESİ	110
14.1. FİLM BANYO ÇEŞİTLERİ	110
15. RADYOGRAFİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ	120
15.1. ÖZEL OKUMA CİHAZLARI	121
15.2. FİLMİ OKUMA ÖZELLİKLERİ VE İNSAN FAKTÖRÜ	124
15.3. HATA ÇEŞİTLERİ	125
15.4. HATALARIN DEĞERLENDİRİLMESİ	128
15.5. KABUL/RED KRİTERLERİ	132
15.5.1. TGL 10646 ya Göre Radyografilerin Değerlendirilmesi	133
15.5.2. API-1104'e Göre Radyografilerin Değerlendirilmesi	144
15.5.3. Gaz Boru Tesisleri	146
15.5.4. Yağ Boru Tesisleri	146
15.5.5. Kazan İnşaatı	146
15.5.5.1. Gemi İnşaatı	147
15.5.5.2. ABS'ye Göre Teknelerin Değerlendirilmesi	150

	<u>Sayfa</u>
16. RADYOGRAFİ MUAYENE RAPORLARININ HAZIRLANMASI	160
17. ULTRASONİK MUAYENE ESASLARI	162
17.1. ULTRASES TANIMI	162
17.2. ENERJETİK YÖNÜ	162
17.3. AKUSTİK EMPEDANS	163
17.4. SES BASINCI	164
17.5. ULTRASONİK DALGALARIN MEYDANA GETİRİLMESİ	165
17.6. TİTREŞİMİN İLETİLME USULÜ	166
17.7. YANSIMA VE GEÇİRGENLİK FAKTÖRLERİ	167
17.8. YANSIYAN SİNYALLER USULÜ	170
17.9. AYARLAMA	172
17.10. KAYNAK DİKİŞLERİNİN KONTROLU	173
17.10.1. Kaynak Dikişlerindeki Hatalar	175
KAYNAKLAR	188
ÖZGEÇMİŞ	190

G İ R İ Ş

Bilindiği gibi, kaynak tekniğinin öneminin ve kaynağın güvenilirliğinin artmasına, tahribatsız muayenelerin katkısı büyük olmuştur.

Kaynak birçok değişkenin etkisini üzerinde taşıyan bir olgudur. Değişkenlerin çokluğu ve elde olmayan sebeplere de dayalı olması, kaynak tekniği ne kadar gelişmiş olursa olsun, kaynak malı ve kaynak ısısı altında kalan bölgelerdeki iç olayları gözetlemeyi ve denetim altında tutmayı zorunlu kılmaktadır.

İç yapının gözetlenmesi iki ana esas ile gerçekleşmektedir: Bunlardan birincisi, kaynak malını bozarak muayene etmektir. İkinci yol ise, tahribatsız yöntem ile kaynak içini gözetlemektir.

Tahribatsız muayene tekniklerinin iyi bilinmesi, iç yapının daha güvenilirli bir şekilde tetkik edilmesi suretiyle gerçekleşir.

Bu tezde, radyografi tekniklerinin usûl ve yöntemleri ile radyografilerin değerlendirilmesi hakkında bazı önemli bilgiler, iş akış sırası içinde sunulmuştur. Aynı şekilde, tahribatsız muayenenin diğer bir iç yapı gözetleme usulü olan ultrasonik ile hataların yerlerinin tesbiti ve hataların ekrandaki görüntüsü hakkında da bilgiler sunulmuştur. Ultrasonik yöntem ile muayenede, anında karar verme, bir yere kaydetme olayı olmadığından, sonradan çıkacak problemlerde üçüncü şahıslara döküman bırakma imkanının olmayışı, birçok kolaylığına ve ekonomik olmasına karşın, birçok işte radyografisini tamamlayıcısı olarak kullanılmaktadır. Bu düşünceden hareketle ultrasonik muayenenin hata tesbit bölümüne de ayrıca yer verilmiştir.

Bu çalışmamızda konumuzla ilgili kaynak eserlerden, imkânımız nisbetinde faydalanmaya çalıştığımız gibi, bilhassa ilmî araştırmalarıyla temâyüz etmiş hocalarımızın şifâhi bilgilerinden ve tecrübelerinden de yararlanmaya çalıştık.

Bu cümleden olarak, tezin hazırlanmasında her zaman, uyarıcı, ışık tutucu ve tesvik edici yardımlarını bizden esirgemeyen sayın hocamız Prof.Dr.Rüşen Gezici ve Prof.Selâhaddin Anık beylere, başından sonuna kadar bu çalışmaya maddî-mânevi desteğini esirgemeyen Böhler Kaynak Elektrotları A.Ş. Genel Müdürü sayın Uğur Şahin beye ve tüm çalışanlarına teşekkürü bir borç bilirim.

Mustafa Gürler

1. KAYNAK DİKİŞLERİNİN MUAYENE USULLERİNİN SINIFLANDIRILMASI

Kaynak dikişlerinin muayenesinde aşağıdaki deneyler tatbik edilir:

- 1- Basit Atölye deneyleri veya Teknolojik deneyler,
- 2- Laboratuvar deneyleri:
 - a) Makro-Mekanik deneyler,
 - b) Mikro-Mekanik deneyler,
 - c) Metalografik deneyler,
 - d) Kimyasal deneyler.
- 3- Tahribatsız deneyler:
 - a) Gaz ile yapılan muayeneler,
 - b) Sızdırmazlık muayeneleri,
 - c) Fiziksel muayeneler:
 1. Elektrik iletkenliğı,
 2. Elektromagnetik muayeneler.
 3. Magnetik muayeneler.
 4. (X) ışınları ile muayeneler,
 5. (γ) ışınları ile muayeneler,
 6. Ultrasonik muayeneler,

Kaynak iç yapısı, bir çok etkene bağılı olarak değışiklikler gösterir. Bu etkenlerin her an değışme göstermesi ile kaynağın iç yapısında, makro veya mikro hataların oluşması olasılığı artar. Dolayısıyla önemli olan,kaynak eklerinin güvenilirlik açısından kontrol edilmeleri zorunludur. Pratikte ençok kullanılan muayene usulleri şunlardır:

- 1- Radyografi yöntemi ile muayene
 - a) X ışınları ile muayene
 - b) γ ışınları ile muayene
- 2- Ultrasonik yöntemle muayene

2. KAYNAK DİKİŞLERİNİN RADYOGRAFİK MUAYENESİ

2.1. İŞİNİMLARIN İNCELENMESİ

Radyografide kullanılan ışın kaynaklarının yapılarının, özelliklerinin ve malzeme içerisindeki etkileri ile karakteristik değerlerinin bilinmesi, radyografların daha iyi alınmasını sağlayacağından, incelenmesinde yarar vardır.

2.1.1. Atomun Yapısı:

Bilindiği gibi, malzeme atomlardan oluşmuştur. Atom, göz önüne alınan elemanın fizikokimyasal özellikleri değiştirilmeden, halen elde edilebilen en küçük parçasıdır.

Bir atom, çekirdek adı verilen merkezden ve bunun etrafında dönen elektronlardan meydana gelmiştir.

Atom, elektriksel olarak nötrdür, yani elektriksel veya manyetik bir alan içine sokulduğunda hiç bir sapmaya maruz kalmaz. Buradan atomu oluşturan parçaların, toplamı sıfır olan elektriksel yüklere sahip olduğu anlaşılır.

Elektronlar negatif yüklü parçacıklardır; sayıları göz önüne alınan elemanın (Z) atom numarasına eşittir. Çekirdek ise nükleonlardan yapılmıştır: Nötronlar ve protonlar. Nötronların kütlesi protonlarıkinden biraz daha fazladır. Nötronların nötr yükler olduğu göz önüne alınırsa (Z) sayıdaki protonlar elektronların sayıları kadar pozitif yük taşırlar. Nükleonların sayısı atomun (A) kütle sayısına eşittir. Binaenaleyh nötron sayısı (A-Z) dir.

Atomun çekirdeğinin incelenmesi, nükleonların özelliklerini konu alan Nükleer Fiziğe girdiği için, burada bahsedilmeyecektir.

Elektronun kütlesi nötronunkinin 1/1836 katıdır. Bu yüzden atomun bütün kütlesini çekirdekte toplanmış olarak kabul edebiliriz.

Her elemanın bir sembolü vardır. Bu sembolü (M) ile gösterirsek:

Atom $\begin{matrix} A \\ M \\ Z \end{matrix}$ şeklinde ifade edilir.

Örneğin: $\begin{matrix} 137 & & 60 \\ & C_s & C_o \\ 55 & & 27 \end{matrix}$

Aynı atom numarasına sahip olan elementlere izotop denir.

2.2. BİR IŞINIM YAYILMASI:

Madde, kararlı durumda olma eğilimindedir, yani elektronlar çekirdek etrafında en kararlı durumu sağlayacak şekilde dağılmışlardır. Böylece bir atomun enerji bileşkesi normal şartlarda sıfırdır. Eğer bu denge bozulursa madde tekrar kararlı duruma gelmeye çalışır. Bu da bir takım ışınımların yayılımını doğurur. Burada:

$$\Delta E = c^2 \cdot \Delta m$$

bağıntısını göz önünde tutmak gerekir.

ΔE = Enerji değişimi

c = Işık hızı

Δm = Kütle değişimi

Enerji bakımından dengesizlik haline "Eksitasyon" ve elektriksel bakımdan dengesizlik haline de "İyonizasyon" denir. Böylece tanım olarak bir iyon için pozitif veya negatif yüklü bir parçacık diyebiliriz. Bu enerji dengesi sebebiyle küçük numaralı atomlarda proton sayısı nötron sayısına eşittir. Fakat (Z) büyüdükçe bir nötron fazlalığı ortaya çıkar.

Örneğin: 238 Proton sayısı = 92
 U Nötron sayısı = 146
 92

Çok ağır çekirdekler için, Uranyumdan sonra bu denge yoktur ve çekirdeğin bir bölümünden bir ışınım ortaya çıkar. Bu bölüm Helyum atomları olan ağır parçacıklardan oluşan

4
α
2

ışınımını meydana getirir.

Yüklü olan bu parçacıklar, büyük iyonizasyon yeteneğine sahiptirler ve kolayca durdurulabilirler.

(β) ışınımı negatif yüklü, hafif ve gericiliği enerjisine bağlı olan elektronlardan oluşmuştur.

Radyografiyi en çok ilgilendiren ışınım, elektromagnetik tabiatlı (γ) ışınlarıdır. (X) ve (γ) ışınları aynı tabiatlı, fakat sadece dalga boyları ve enerjileri ayrı ışınımlardır. Çünkü:

$$E = h \cdot \nu = h \frac{c}{\lambda} \text{ dır.}$$

E = Işınım enerjisi

h = Planck sabiti

ν = Işınımın elektromagnetik Frekansı

λ = Işınımın dalga boyu

Elektromagnetik (X) ve (γ) ışınları boşlukta doğrusal şekilde ışık hızı ile hareket ederler. Elektrik veya manyetik bir alanla saptırılamazlar. Sükunet halinde bir kütleleri vardır. Kuanta veya Foton denilen küçük enerji demetlerinden oluşmuşlardır. Şeffaf olmayan malzemelerden geçme özellikleri vardır. Fotoğraf kağıdına etki ederler. Malzeme yoğunluklarına göre (soğurulur) absorbe edilirler.

(γ) ışınımının enerjisi bir kaç yüz KeV (Kilo-Elektron Volt) mertebesindedir. Halbuki (X) ışınları bir takım karakteristik ışınların süperpozisyonundan oluşur. (γ) spektrumu bir ışın demetidir.

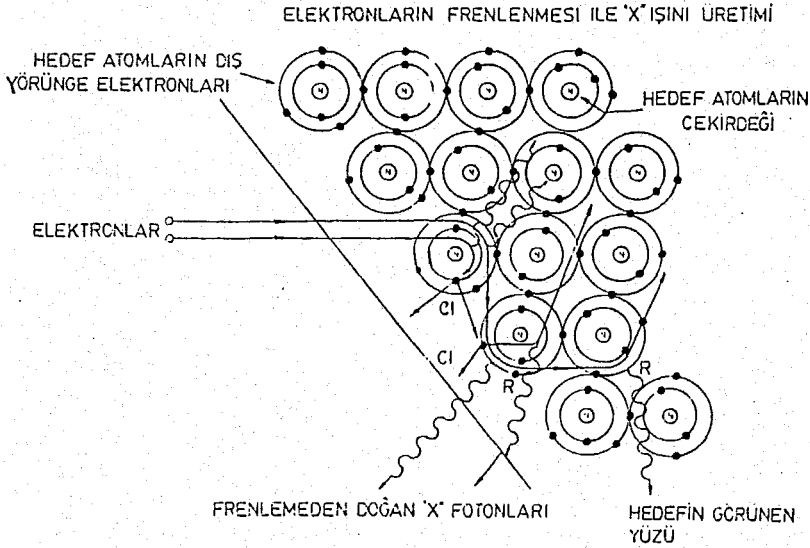
(γ) ışınımını doğuran çekirdekteki enerji dengesizliği yapay veya doğal olabilir. Halen kullanılan (γ) ışınımı kaynakları yapay radyo elemanlardır.

2.2.1. (X) Işını Yayılımı:

Yukarıda tanımladığımız atom modeline dönelim. Aynı katın elemanları aynı enerjiye sahiptir ve çekirdeğe en yakın katlarda bu çekim enerjisi en büyüktür. Bu bir çekim enerjisidir, dolayısıyla negatiftir. Bu yüzden bir elektronun, dış katların birinden daha içerde bulunan katlardan birine geçmesi, bu iki çekim enerjisi arasındaki farka eşit bir enerji açığa çıkmasına sebep olur. Bu enerji fazlalığı, sabit bir karakteristik enerjili (X) ışınımı şeklinde ortaya çıkar. Olay iç katlardan bir elektronun bir bombardıman sonucunda dışarıya fırlamasıyla ortaya çıkar. Sonraki katın elektronu, ortaya çıkan boşluğu doldurmak için bir kat aşağıya iner ve böylece

karakteristik (X) ışını oluşur (Şekil 1). Negatif elektronlar, pozitif bir çekirdeğin yakınından geçerken saparlar; yani yavaşlamış olurlar ve kaybedilen enerji önleyici (X) ışınımı şeklinde ortaya çıkarlar. İşte bu tip radyasyona "Beyaz Radyasyon" veya "Frenleme Radyasyonu" veya yabancı literatürde en çok kullanılan adıyla "Bremsstrahlung" denilir.

HIZLANDIRILMIŞ ELEKTRONLARIN FRENLENMESİ İLE (X) IŞINI ÜRETİMİ



ŞEKİL 1

2.2.2. (γ) Işını Yayılımı

(γ) ışınımı, dengesi bozulan bir çekirdeğin, tekrar kararlı duruma gelmesi sırasında ortaya çıkar. Bu arada büyük enerji değişiklikleri olur. Genellikle (γ) ışınımı (β) ışınımını takip eder. Böylece çekirdeğin kararlı duruma geçmesinde ortaya çıkan enerji fazlası alınmış olur. Kararlı duruma dönüş direct veya kademeli olarak gerçekleşebilir.

Halen kullanılan kaynaklar yapay radyo elemanlardır. Çekirdekteki bu dengesizliği sağlamak için onu, örneğin hızlandırıcılar tarafından (siloktron v.s) büyük enerji ile yüklenmiş ve çekirdeğin yapısını bozan parçacıkla bombalamak gerekir. Bununla birlikte bir reaktör kullanarak nükleer reaksiyonlar oluşturmak ve böylece aktivitesi arttırılmış radyoaktif maddeler elde etmek tercih edilir.

Bir kütlenin aktifleştirilmesi şu bağıntıya dayanır.

$$A_t = A_{\text{sonsuz}} (1 - e^{-\lambda t})$$
$$A_{\text{sonsuz}} = \frac{0,6 \cdot \emptyset \cdot \sigma \cdot m}{3,7 \cdot 10^{10} \cdot M} \text{ Küri}$$

A_t = t zamanındaki aktivite

A_{sonsuz} = Sonsuz zamandaki aktivite

λ = Meydana gelen radyo elemanın radyoaktif bozunma sabiti

$$\lambda = \frac{\alpha \log 2}{T}$$

N = Çekirdek sayısı

\emptyset = $\text{cm}^{-2} \cdot \text{S}^{-1}$ başına nötron akısı

σ = Etkin aktiflik kesiti (barn olarak)

T = Meydana gelen radyo elemanın periyodu

m = Hedefin toplam kütlesi

M = Hedefi oluşturan elemanın molekül kütlesi

Doyma aktivitesine ulaşılmadığı sürece bir kaynağın nominal aktivitesi ışınlama zamanına ve gelen parçacıkların akısına bağlıdır. Örneğin Kobalt, iridyum ve Thulyum aktivasyonla elde edilirler. Bu da gayet yüksek özgül aktiviteler elde etme olanağını sağlar.

Yapay radyo elemanlar elde etmenin başkabir yolu da "FİSYON"dur. Yani bir çekirdeğin ikiye bölünmesi sonucu iki radyoaktif kütle elde edilir. Bu şekilde kimyasal yöntemlerle radyo eleman elde edilir. Fisyon ürünlerine bir örnek:

137

C_s

55

Fakat bu ürünlerin özgül aktiviteleri zayıftır ve sabittir.

II.23. (γ) Işınlalarının Özellikleri

(γ) ışını yayan bir radyo eleman şu özellikleriyle tanımlanabilir.

Fiziksel özelliği

Enerji spektrumu

Ömrü

Özgül iyonlaşma katsayısı

Günümüzde (γ) radyografisinde en çok kullanılan kaynaklar. Kobalt 60, Sezyum 137, iridyum 192 ve Thulyum 170'dir.

Bu radyo elemanın özellikleri şunlardır:

A. Fiziksel Özellikleri

Radyo elemanlar katı saf maddeler veya tuzlar halinde bulunurlar.

Kobalt 60	Metal
Sezyum 137	Tuz
İridyum 192	Metal
Thulyum 170	Metal

Füzyon Sıcaklıkları

Kobalt 60	1495°C
İridyum 192	2454°C
Thulyum	1600°C

Tuz halindeki Sezyum 137'nin nem emici özelliği vardır.

B. Poz Debisi ve Dağılımı

Bu paragrafta, filme gelen enerjiye bağımlı olarak, röntgen cinsinden poz süresini göz önüne alacağız. Film tarafından soğurulan enerji söz konusu değildir.

Bir metre uzaklıktan Kuri başına radyo elemanın pozlandırma değerleri

60 Co	1,32 R
137 Cs	0,35 R
192 Ir	0,50 R
170 Tm	0,0025 R

Belli bir kaynak için yapılan poz debisi hesabı, kaynağın 4π steradyanlık etkinliğini verir. Buna karşılık radyografide kullanılan açı daima 4π steradyandan küçüktür.

C. Özsoğurma

Genellikle bir kütle kendi ışınımına karşı şeffaf değildir. Bu kütlelerin kendi içinde bir ışınım kaybı ortaya çıkarır. Bu yüzden iki çeşit etkinlik tanımlamamız gerekir.

1- Nominal veya Teorik Aktivite :

Bu, imalât şartlarına bağlıdır. Radyoelemanın prospektüsünde yazılı olan değerdir. Bu değer, (\pm % 10) toleranslıdır.

2- Efektif Aktivite :

Bu da, referans olarak alınan bir kaynağa göre yapılan ölçmelerle belirlenen değerdir.

Kaynaktan çıkan fotonların efektif sayısını belirtir. Bu yüzden kullanıcı için gerekli olan değer budur. Bazı durumlarda nominal aktivitenin % 50-60'ına kadar düşebilir.

D. Radyo Elemanların Ömrü

Radyo elemanların ömrü, periyodu veya yarılanma süresi kaynağın nominal aktivitesinin yarısına indiği zamandır.

170 Tm	129 gün
192 Ir	74 gün
137 Cs	30 yıl
60 Co	5,3 yıl

$$A = A_0 e^{-\frac{0,693}{T} \cdot t} \text{ formülü ile hesaplanır.}$$

A_0 = Nominal aktivite

A = (t) anındaki aktivite

t = (o) anından itibaren geçen zaman

T = (t) ile aynı birimde olmak üzere radyo elemanın ömrüdür.

2.3. ELEKTROMAGNETİK IŞINLAR İLE MALZEME ARASINDAKİ ARA ETKİLER

(X) veya (γ) ışınları, malzemenin atomlarının iyonlaşmasıyla enerjilerini kaybeden (α) veya (β) ışınlarından değişik bir şekilde malzemede bazı iç etkiler yaratır. Elektromagnetik ışınım nötr olduğu için durdurulması söz konusu değildir. Bu yüzden malzeme içinde yol mefhumu yoktur. Sonuç olarak bir parçacık akımının iç etkilere bağlı olarak zayıflaması göz önüne alınacaktır.

(X) veya (γ) ışınları içinde yol aldıkları malzemeye üç ana şekilde etkiler yaratırlar.

- 1- Fotoelektrik etki
- 2- Kompton, Difüzyon etkisi
- 3- Çift oluşumu etkisi

3. (X) IŞINLARI TEKNİĞİ

Konumuz olan (X) ve (γ) ışınları kısa dalga boylu çok yüksek frekanslı ve yüksek enerjili ışınlardır.

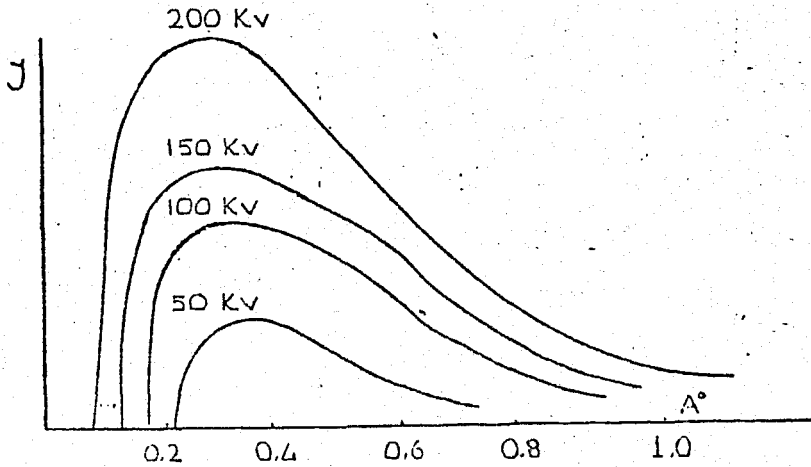
Mesela; Dalga Boyu $\lambda = 0,7 \mu$ olan bir enfraruj ışını ile dalga boyu $\lambda = 10^{-6} \mu$ olan bir X-ışınının enerjisini karşılaştıralım:

$$\text{Enfraruj : } U = \frac{12,3}{0,7 \cdot 10^4} = 1,75 \cdot 10^{-3} \text{ keV} = 1,75 \text{ eV}$$

$$\text{X-ışını : } U = \frac{12,3}{10^{-6} \cdot 10^4} = 1230 \text{ keV}$$

Kısa dalga boylu ışınlar, yüksek enerjili sert ve uzun dalga boylu ışınlarda düşük enerjili, yumuşak ışınlardır.

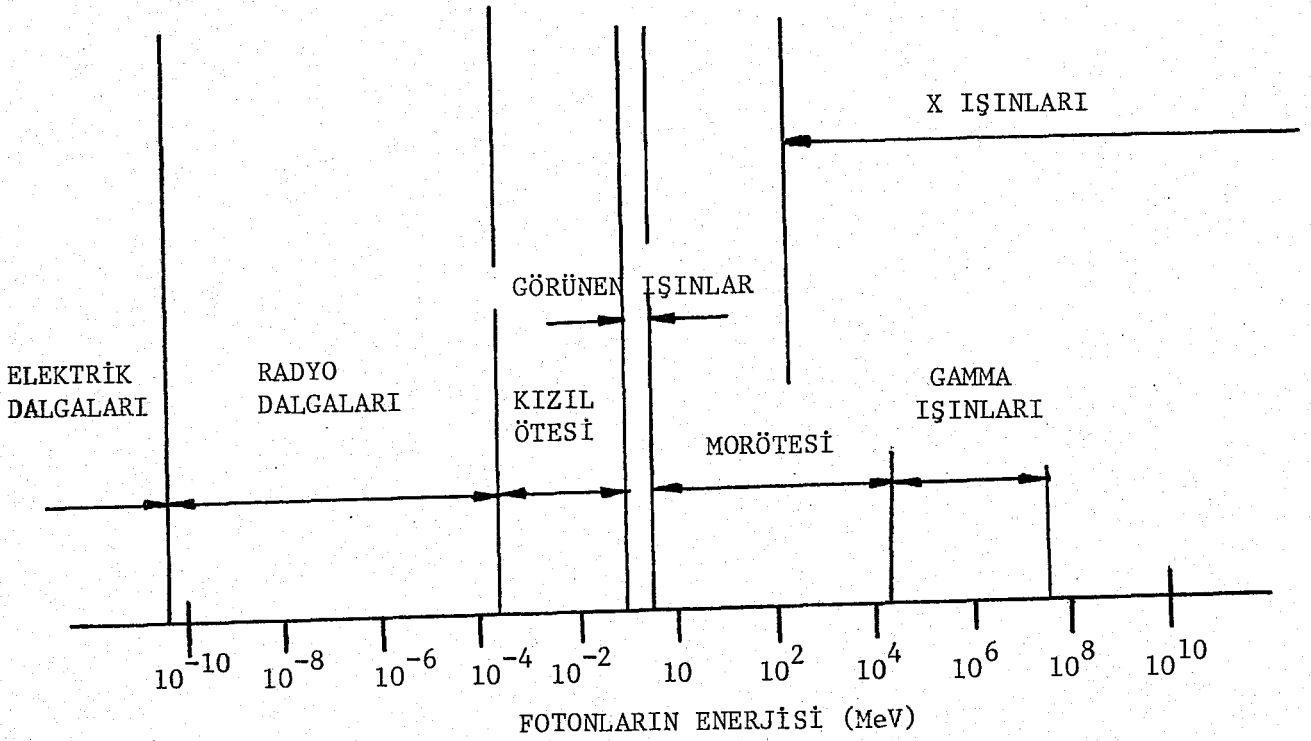
X-ışınları demeti, her potansiyel farkı için (Şekil 3.1'e bakınız), belirli şiddetlerde, çeşitli dalga boylarına sahip ışınlardır. Işınım şiddeti dalga boyundan bir miktar daha büyük bir dalga boyunda maksimuma erişmektedir. Bu maksimum ışınım şiddeti hızlandırma gerilimi (kV olarak) arttıkça, minimum dalga boyuna daha da yaklaşır.



ŞEKİL 3.1

X ve γ -ışınlarının ışınım şiddeti, yani ışın demetinin eksenine dik 1 cm^2 'lik yüzeyden geçen enerji miktarı ile karakterize edilir ve bu değer röntgen/saniye ile ölçülür. (1 röntgen(r), 0°C 'de ve 1 atmosfer basıncından 1 cm^3 kuru havadan geçerken, bir elektrostatik ünite kadar iyonizasyon meydana getiren X veya γ -ışını enerjisidir).

BÜYÜK FREKANSLAR (KÜÇÜK DALGA BOYLARI) \longrightarrow



ŞEKİL 3.2

(X) ve (γ) ışınlarının tahribatsız muayenede bilinmesi gereken özellikleri:

- Bunlar enerjileri dalga boylarıyla ters orantılı olan elektromagnetik ışınımlardır.
- Sükunet halindeki kütleleri ve elektrik yükleri sıfırdır.
- Işık hızı ile doğrusal şekilde hareket ederler.
- Malzemenin içine nüfuz ederler. Giriş derinliği ışının enerjisine bağlıdır.

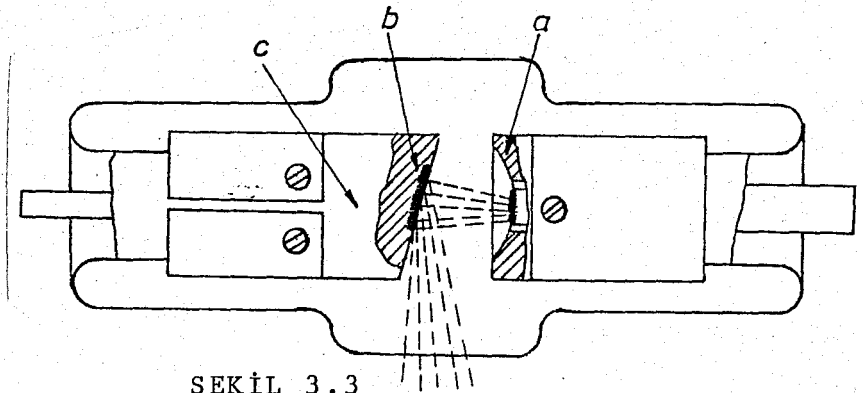
- Malzeme tarafından soğurulurlar soğurulma yüzdesi malzemenin (Masse superficielle) yüzeysel kütlesi ile direct orantılı ve ışınının enerjisi ile endirect orantılıdır.
- Malzemede diffüzyon özellikleri vardır. Bu malzemelerin hacımsal kütlesi ile direct ve ışınının enerjisi ile indirect orantılıdır.
- Malzemeyi iyonlaştırabilirler.
- Fotoğraf filmine etki ederler.
- Bazı malzemelerde ışımaya meydana getirirler.
- Görülmezler, 5 duyutarafından farkedilmezler.

3.1. X-IŞINI CİHAZLARI

Bir X ışını cihazı şu kısımlardan müteşekkildir: X ışını tüpü, yüksek gerilim kabini, besleme devresi ve kumanda dolabı.

3.1.1. A. X-Işını Tüpü

Bir X ışını tüpü, içinde filaman, katod ve antikatom veya anadun yerleştirilmiş olduğu, vakum cam bir ampulden ibarettir.



ŞEKİL 3.3

Filaman: Filaman özel bir şekilde rulo edilmiş ve yüksek sıcaklıklara kadar ısıtıldığında elektron neşreden (Edison

olayı) metalik (umumiyetle tungsten) bir teldir. Neşrolan elektron miktarı filaman sıcaklığının bir fonksiyonudur. Şu halde sıcaklığı değiştirerek, yani devredeki akıma tesir ederek (Joule olayı) elektron emisyonunu ayarlamak mümkündür.

Tüp çalıştığı esnada filamandan antikatoda doğru olan elektron akısı, tüpün hakiki akımını teşkil eder ve miliamper olarak ölçülebilir (mA). Tüp tarafından neşrolan X ışınlarının şiddeti, hızlandırılmış elektron akısının bir fonksiyonu olduğundan, (mA) değeri, ışınım şiddetini belirten bir ölçü olarak kullanılır.

Filaman elektron akısını antikatodun belirli bir bölgesine sevkedecek şekilde, özel olarak şekillendirilmiş, bir uygun merkezine yerleştirilmiştir. İlâveten yüksek gerilim devresinin negatif kutbuna bağlanmıştır. Filamanın ısıtılması için gerekli elektrik akımı, izoleli sekonder devresi yüksek gerilim devresine bağlanmış bulunan ve gerilim düşüren bir transformatörden sağlanır.

Antikatod veya Anod ?

Antikatod erime derecesi yüksek bir metalden olan, (genellikle Tungsten) özel olarak şekillendirilmiş bir hedefi taşıyan ve yüksek bir ısı iletme özelliğine haiz bir metal (umumiyetle bakır) bloktur. Bu hedef, hızlandırılmış elektronların yörüngelerinin doğrultusu ile 60 ilâ 70° lik bir açı yapar. Antikatod yüksek gerilim devresinin pozitif kutbuna bağlanmıştır. Hızlandırılmış elektronların, antikatod üzerinde sert bir şekilde durdurulması neticesinde meydana çıkan enerjinin gayet küçük bir kısmı (% 1 den azı) X ışınlarının meydana gelmesine sebep olur, diğer kısmı ise ısıya dönüşür. Bilhassa kuvvetlice hızlandırılmış (çok yüksek gerilim tatbik edildiği hallerde) elektronlar halinde antikatod çok yüksek sıcaklara kadar çıkabilir. Bazı hallerde bu hedefin erime noktasına kadar

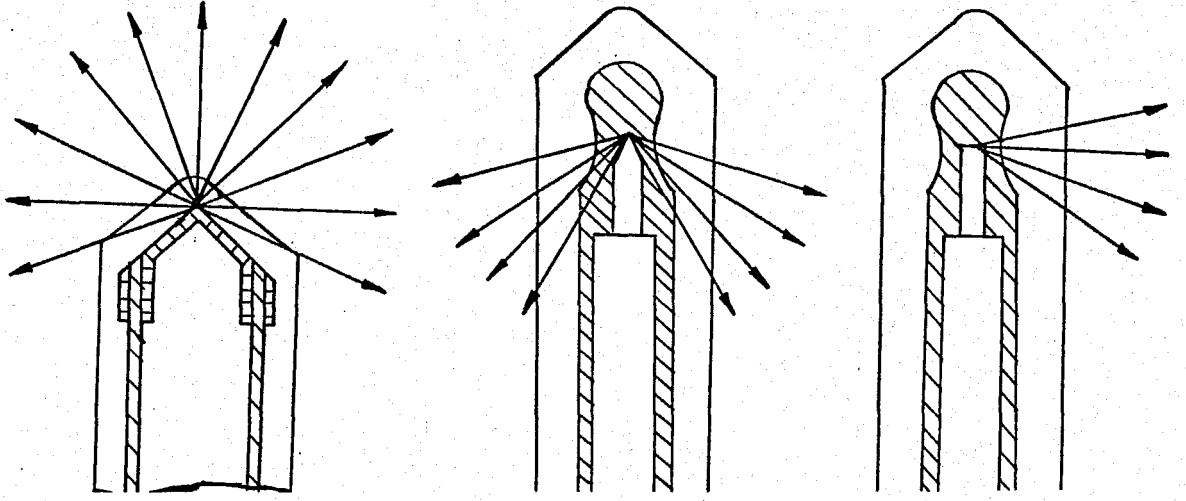
ısınması ve kendisinden elektron neşreden bir memba haline geçmesi mümkün olabilir, bu ise tüpün ömrü bakımından çok tehlikelidir. Bu bakımdan tüpün tehlikeye atılmaması için soğutmaya gerektiği kadar önem verilmelidir(*)).

Soğutma sistemleri çeşitli tiplerdedir. Bunlar tüpün karakteristiklerine veya gücüne göre değişmektedir. Bu husus aynı zamanda imalâtçılara göre de muhtelif şekiller arzeder. Modern cihazlarda, cam tüp yağ ihtiva eden bir metalik zarf içerisine yerleştirilmiştir. Bu yağ aynı zamanda bir izolan rolünü de oynamaktadır. (Bazı modern cihazlar izolan olarak freon veya kükürthekzaflüorür gibi gazları da kullanmaktadır). Hedefin tam karşısına gelen yerde X ışınlarının çıkması için bir pencere mevcuttur. Kurşundan veya bir diğer absorban maddeden bir ikinci zarf, metal mahfazayı kaplar ve bu suretle kaçak X ışınlarının dışarı sızmalarına mani olur. Bazı hallerde antikatod su veya yağ sirkülasyonu ile soğutulur.

Tüpün ömrünü garanti etmek için konmuş olan emniyet şalterleri, soğutma suyu veya yağının debisi belli bir miktarın altına düşünce veya sıcaklığı belli bir dereceye erişince, otomatik olarak yüksek gerilim devresini keser. Tungsten hedefi taşıyan metalik kısımdan gelen ısının, soğutma devresine mümkün olan en büyük kısmının aktarılabilmesi için özel tertibatlarla da müracaat edilebilir.

(*) Tüp içinde, antikatodu fazlaca ısıtmadan yüksek bir tüp akımı elde edebilmek için döner anodlu tüpler geliştirilmiştir. Bunlarda elektron bombardımanına maruz kalan hedef daima yüksek bir süratle dönmekte ve bu suretle hedef noktası her an yenilenmektedir. Bu tüpler şimdilik tıbbi sahalarda kullanılmaktadır.

X IŞINLARININ ÇEŞİTLİ KULLANILIŞI



ŞEKİL 3.4.

B. Özel Tüp Tipleri

Hususi şekilli tüplerden uzun anotlu tüpleri zikredebiliriz. Bunlarda antikatod, içi oyuk bir çubuğun içindedir; tüpten birkaç santim ilâ birkaç desimetreye kadar dışarıya doğru uzanır.

Filaman tarafından neşrolan elektronlar, hedefe varmadan evvel, bütün bu mesafeyi kateder; elektron demeti bir veya iki manyetik bobin tarafından hedefin merkezine doğru yöneltilir. Bu tip tüplerde ışınım panoramiktir yani 360° çevreye yayılır. Demetin açılışı 30° civarındadır, fakat bazı özel tüplerde bu açı 220° kadar erişir.

C. Yüksek Gerilim Jeneratörleri

Kaynak dikişlerinin kontrolü için kullanılan radyografî cihazlarında yüksek gerilim, primer ve sekonderi haiz, transformasyon oranı çok yüksek özel transformatörler tarafından temin edilir. Bu cihazlar şebekeden direkt olarak çekilen alternatif akımla beslenir.

D. Kumanda Dolabı

Cihazın çalıştırılabilmesi için gerekli bütün kumanda aletleri bu dolapta toplanmıştır. Bu dolapta genellikle, alçak ve yüksek gerilim kumanda şalterleri, elektronik akımı ölçmek için bir miliampermetre, yüksek gerilimin direkt olarak ölçülebilmesi için bir kilovoltmetre ve bu gerilimi ayarlamak için gerekli tertibat mevcuttur. Bazı hallerde bu kısımda şebekenin gerilimini ölçen bir voltmetre, bir zaman saati ve hatta bazılarında, tüpün hakiki çalışma süresini ölçen bir kronometre vardır. Buna mukabil basitleştirilmiş hafif cihazlarda sadece otomatik olarak yüksek gerilimi ayarlayan tertibat mevcuttur. Portatif cihazlarda elektronik akım şiddeti sabit olduğundan, kumanda dolabı ve bütün devreler küçük bir kutuda toplanmıştır. Bu kutu tüpe veya transformatörlere (sisteme göre) operatörü tehlikeli saha dışında tutabilecek kadar uzun kablolarla bağlanmıştır.

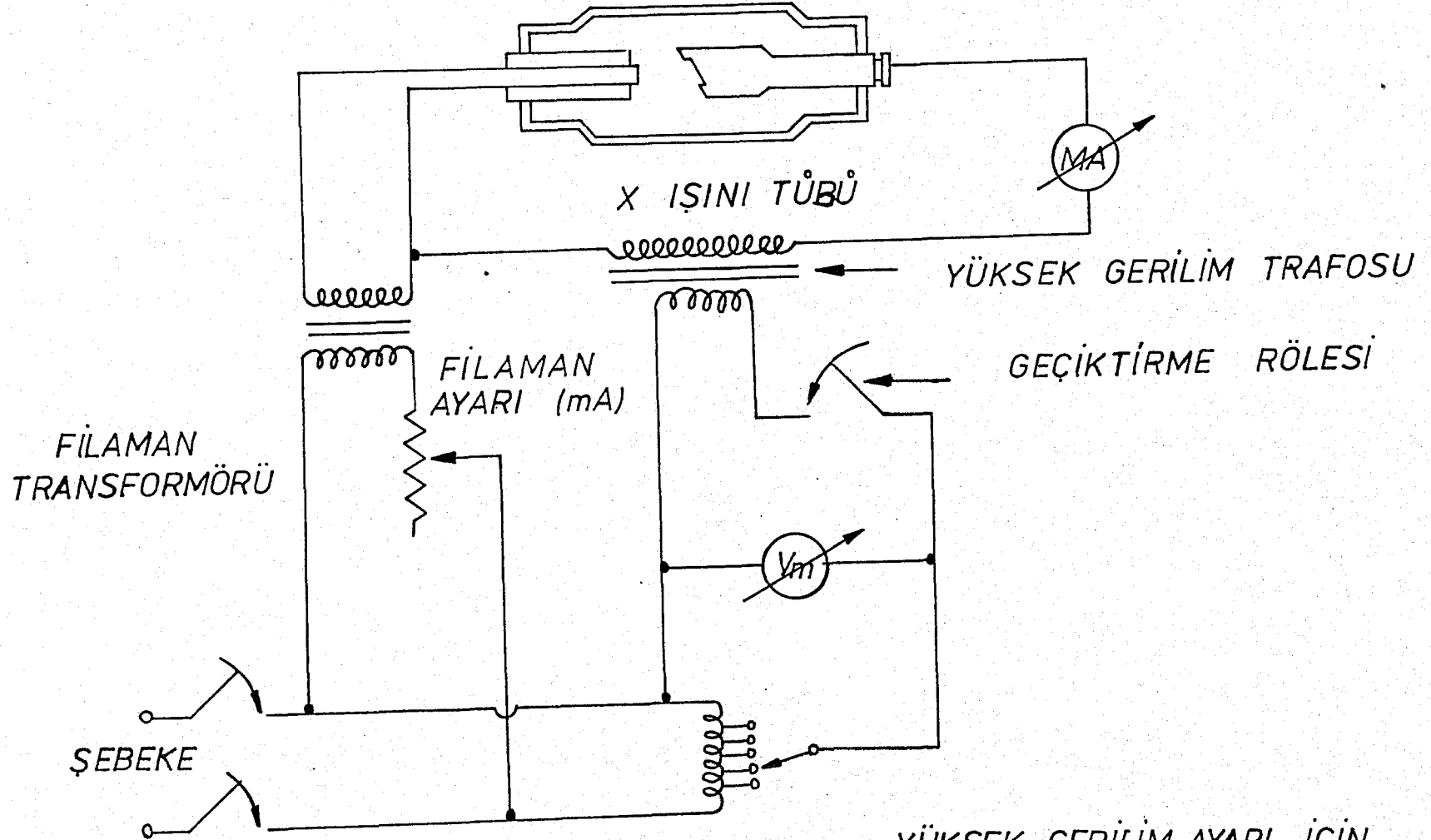
3.1.2. Devre Tipleri

Transformatörlerin çıkışında gerilim alternatiftir ve bunun düzeltilmesi gereklidir. Burada genellikle cihazlarda kullanılan temel sistemlerden sözedeceğiz. Şekil 3.5'de X ışını üretim cihazının genel şeması görülmektedir.

3.1.3. Oto-Redressör Devre

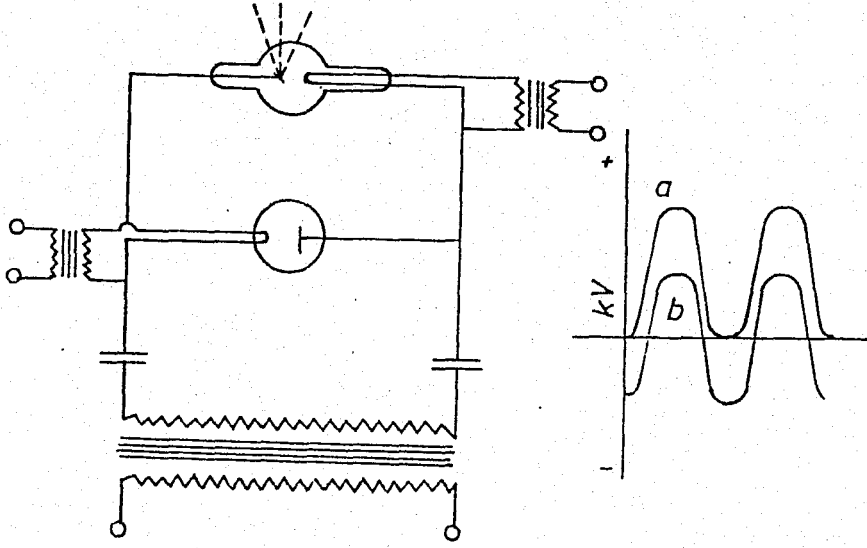
Burada tüpün kendisiredressör olarak çalışır ve X ışınları sadece yarım periyod esnasında neşrolur. Antikatod negatif olduğu zaman elektron akımı kesilir. Çok basit olan bu sistemde, antikatodun enerjik bir şekilde soğutulması gereklidir. Çünkü, antikatodun, ısınarak elektron kaynağı gibi çalışmasına mani olunmalıdır, aksihalde tüpün ömrü kısalmır. Bazı tip cihazlarda primer devresine ilâve edilen bir tertibatla negatif yarım periyodda gerilim düşürülür (Şekil 3.6).

OTOREDRESÖRLÜ X İŞINI DEVRESİ



ŞEKİL 3.5.

YÜKSEK GERİLİM AYARI İÇİN
OTOTRANSFORMOTÖR



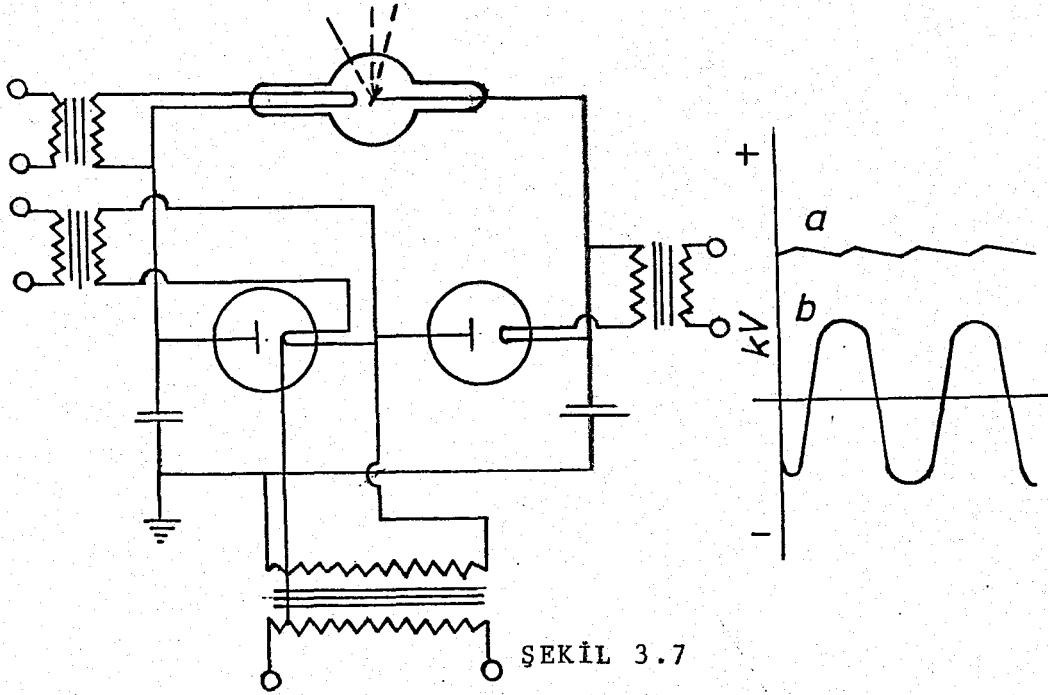
ŞEKİL 3.6

3.1.4. Villard Devresi

Bu devrede, sekonder çıkışlarına birer kondansatör konmuş ve tüpe paralel olarak, tüpe nazaran elektrotları ters olan bir valf yerleştirilmiştir. Her kondansatör için yarım periyod esnasında şarj vuku bulmakta ve diğer yarım periyodda tüp şarj olmaktadır. Gerilim bileşkesi, tüpten geçiş esnasında, transformatör uçları arasındaki gerilimin farkı ile, valften geçiş esnasında kondansatörler tarafından meydana getirilen gerilimin farkının toplamına eşit olacağından gerilim duble edilmiş olur.

3.1.5. Greinacher Devresi

Bu devre, tüp gerilimini sabit tutmak ve tüpte transformatör geriliminin iki mislini meydana getirmek gibi, iki önemli avantajı haizdir. Transformatör sekonder çıkışlarından bir tanesi 2 adet valfe diğeri ise 2 adet kondansatöre bağlanmıştır. Kondansatörlerin diğeri uçları valflerin ikinci uçlarına ve gene bu sonuncular antikatod ile filamana bağlanmıştır. Transformatörün valflere bağlı ucundaki akım pozitif olduğundan akım sadece valflerin birisinden geçer ve uçlarında transformatör gerilimi bulunan kondansatörü şarj eder (Şekil 3.7).



ŞEKİL 3.7

İkinci yarım periyodda, akım diğer valften geçer ve uçlarında diğer kondansatörün aksi gerilim olan kondansatörü şarj eder. Kondansatörlerin uçlarına bağlı olan tüpte gerilimler toplanacağından transformator geriliminin 2 katı meydana gelir.

Greinacher devresi aynı zamanda takriben sabit düzeltilmiş bir akım verir.

3.2. CİHAZ TIPLERİ

Daha evvelce de belirtilmiş olduğu gibi, X ışınları tarafından katedilebilecek malzeme kalınlığı, diğer bütün şartlar sabit kaldığında, X ışınlarının dalga boyunun bir fonksiyonudur. Bu husus genellikle ışınım kalitesi olarak adlandırılır. Dalga boyu küçüldükçe katedilebilecek malzeme kalınlığı artar. Tüp tarafından neşredilen X ışınlarının dalga boyu, filaman tarafından neşrolan elektronları hızlandıran gerilim arttıkça küçülür.

Şu halde bir cihazın kullanılma sahası, cihazın erişebileceği maksimum gerilim ile tarif edilebilir. Aşağıdaki tabloda bu hususa ait bazı değerler verilmiştir.

Kaynak dikişlerinin muayenesinde kullanılan cihazlar genellikle 200, 250, 300 ve azami 400 kV luk bir gerilimi hazırlarlar.

Maksimum gerilim kV	Kontrol edilebilecek maksimum kalınlık (I) (mm çelik olarak)			
	Tuz esaslı Ekranla		Kürşünlü Ekranla	
	Normal çalış- ma	Max.	Normal çalış- ma	Max.
95 — 10	0 — 13	18	0 — 8	12
120	0 — 25	30	0 — 12	18
150 — 160	0 — 35	45	0 — 20	30
200	0 — 55	65	0 — 30	40
250 — 260	0 — 75	85	0 — 45	55
1000	—	—	75 — 125	150
2000	—	—	100 — 225	250

Kaynak dikişlerinin muayenesinde yüksek gerilim kablolu veya monoblok olmak üzere iki tip cihaz kullanılır.

Birinci tipte transformatörler tüpten ayrıdır ve bağlantılar özel şekilde izole edilmiş, yüksek gerilim kabloları ile sağlanır. Bu cihazlar genellikle daha karışıktır ve kullanışları daha zordur, çünkü gerilim yükseldikçe kablolar kalınlaşmakta, ağırlaşmakta ve bakımları zorlaşmaktadır. Cihazlarda kullanılan devrelerin başlıcası, gerilimi duble eden Villard devresidir. Bu devrenin en mühim özelliği tüpte iki ayrı ünite halinde bulunabilmesidir, her biri tüp geriliminin yarısını temin eder ve diğer uçları topraklanır.

Sabit akımlı donanımlar Villard devresine tatbik edilen modifikasyonlarla sağlanmıştır. Bu şekilde, miliamper ve kilovolt değerleri aynı olan basit Villard veya Otoredressör devrelerine nazaran poz süresi çok daha düşürülmüştür.

Monoblok veya tekneli cihazlarda transformatör ve tüp ayrı gövde içindedir, bu gövde ile kumanda dolabı bir kablo serisi ile irtibatlanmıştır; bu tip cihazlar daha kullanışlıdır.

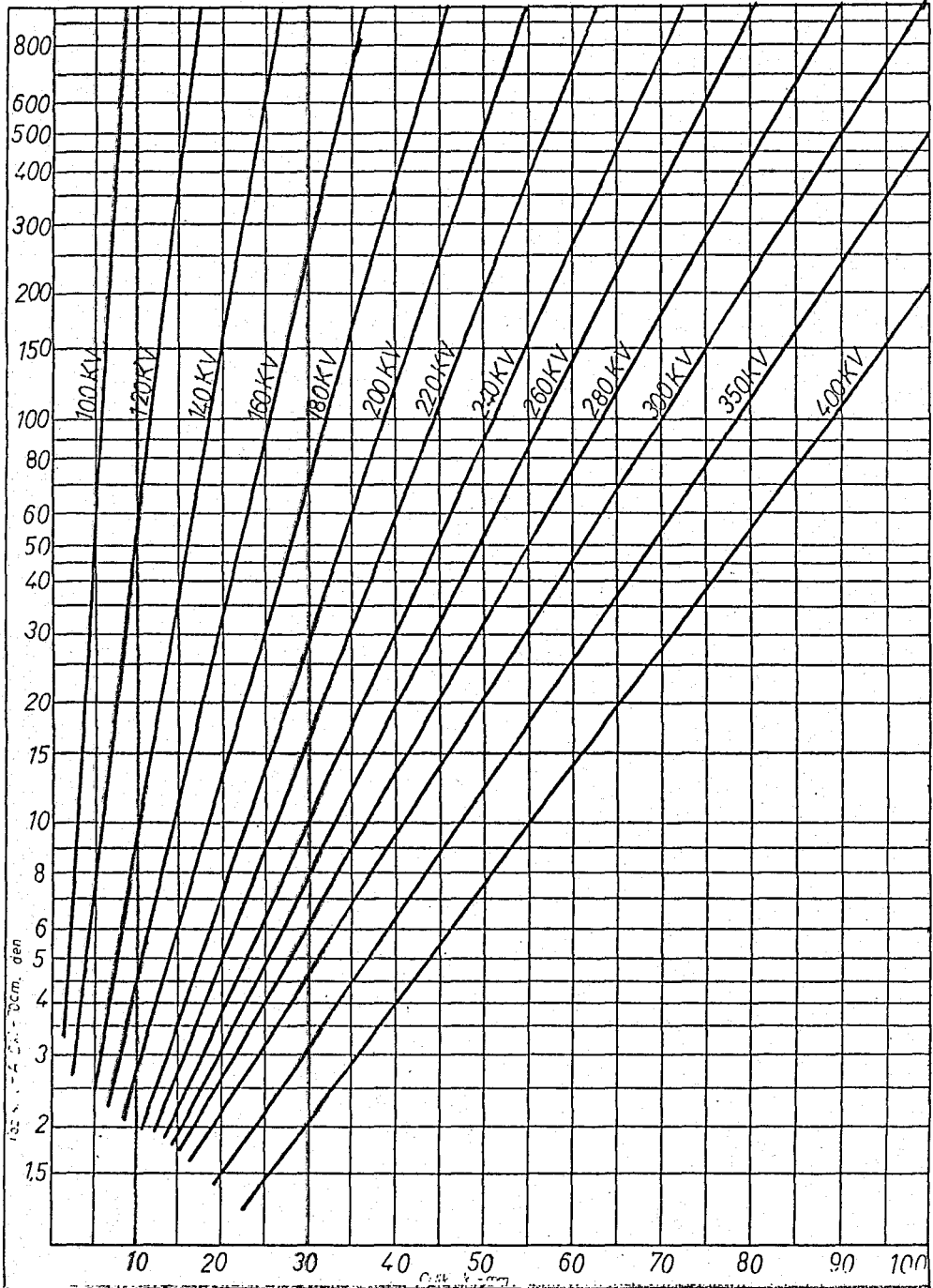
Cihazlardan hangi tipin seçilmesi hususu özellikle çalışma şartlarına tabidir. Stasyonler olarak laboratuvarlarda kullanılan âletler genellikle yüksek gerilim kablolu tiptendir. Sabit cihazlardır. 400 kVp üzerinde güce sahiptirler. Monoblok cihazlar ise, atölye ve şantiyelerde yapılan röntgen muayenelerinde tercih edilir. Seyyar cihazlardır. 300 kW güce kadar olan cihazlar bu şekilde imal edilmektedirler. X ışını cihazlarının çelik ve Alüminyum için poz süresi Abakları aşağıda verilmiştir.

Code

X Işını cihazı için poz süresi abağı

Ref. 90911

Poz süresi (mA.Dk) - 70 cm.den



Çelikkalınlığı (mm)

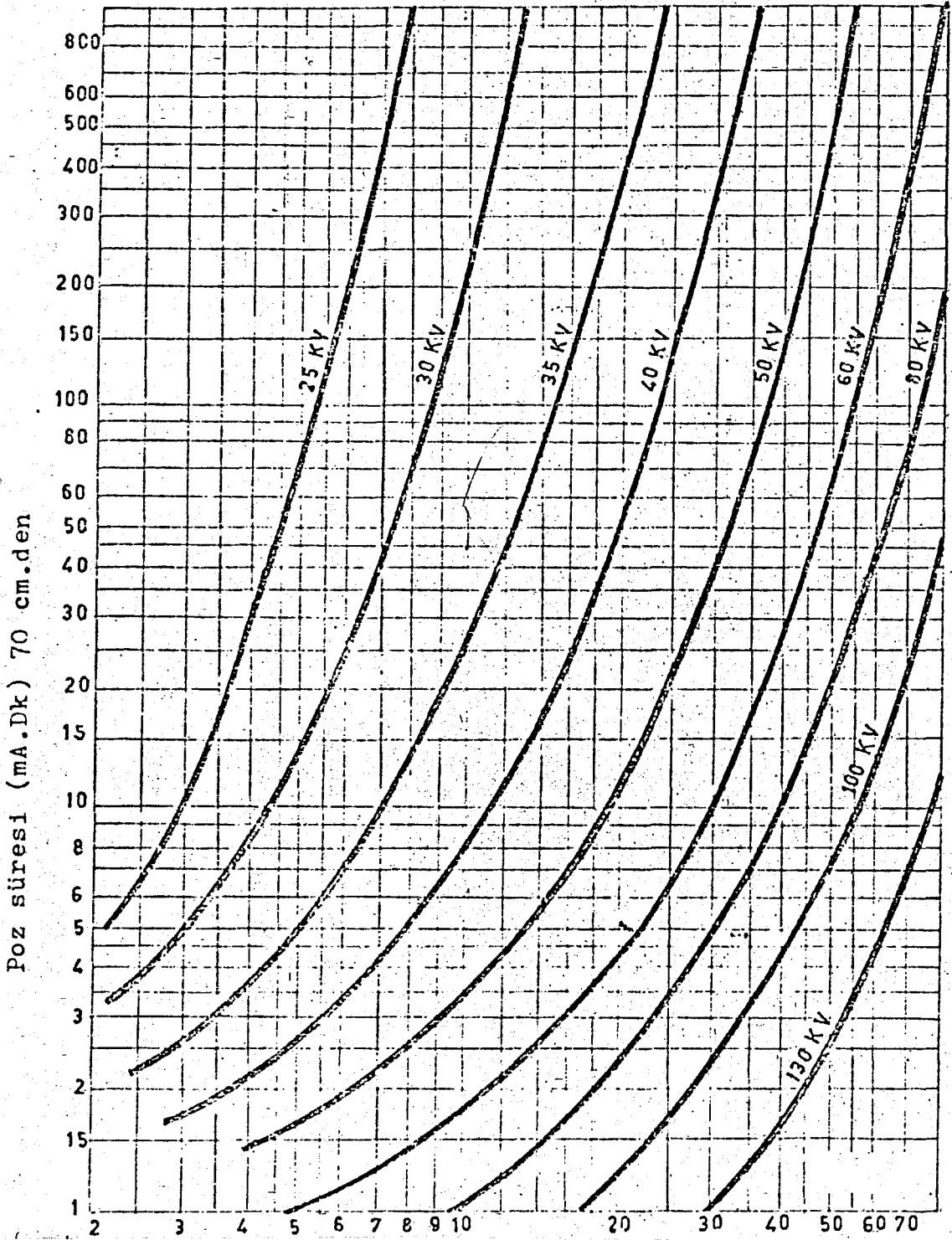
Özellikler: D-7 filmi
0,1 mm Pb ekran
D=1,5

ŞEKİL 3.8

Code

X IŞINLARI CİHAZI ALÜMİNYUM İÇİN POZ SÜRESİ ABAĞI

Ref. 90 912



Özellikler:
D-7 Filmi
Ekranlı
D=1,5

Alüminyum Kalınlığı (mm)

ŞEKİL 3.9

4. (γ) IŞINI KAYNAKLARI

Geçen bölümde elektromagnetik ışınımların özellikleri, üretimlerini ve malzeme içindeki etkilerini kısaca açıklamaya çalıştık. Bu bölümde (γ) ışını yayan kaynakların evvelce saydığımız dört sınıfta özelliklerini de anlatarak inceleyeceğiz.

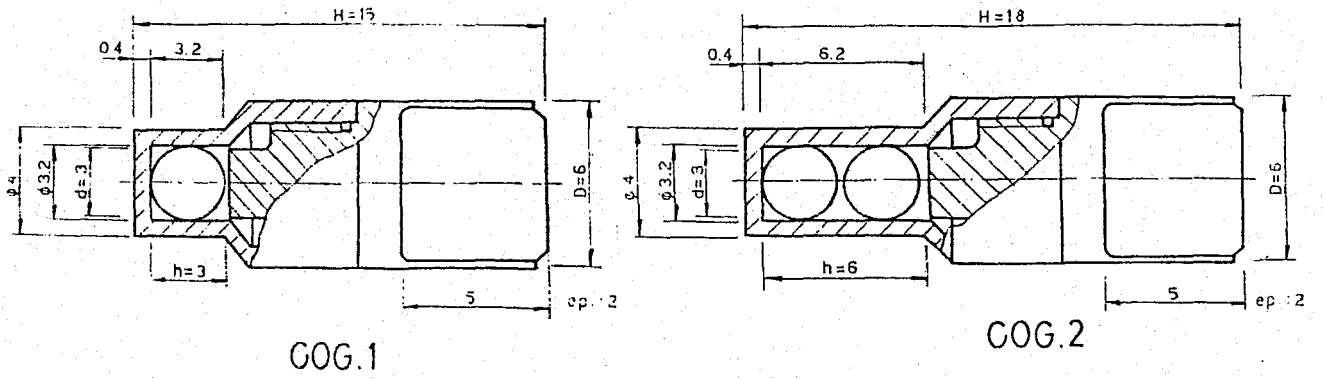
4.1. KAYNAKLARIN SINIFLANMASI

Kaynakların sınıflanması radyoaktif maddelerin yayılmasını önlemek için gereklidir. Radyografi alanında sadece özel şekilde imal ve tescil edilmiş kaynaklar kullanılır. Aşağıda özelliklerini verdiğimiz kaynaklar Fransa'da atom enerjisi Komisyonu tarafından imal edilmiştir.

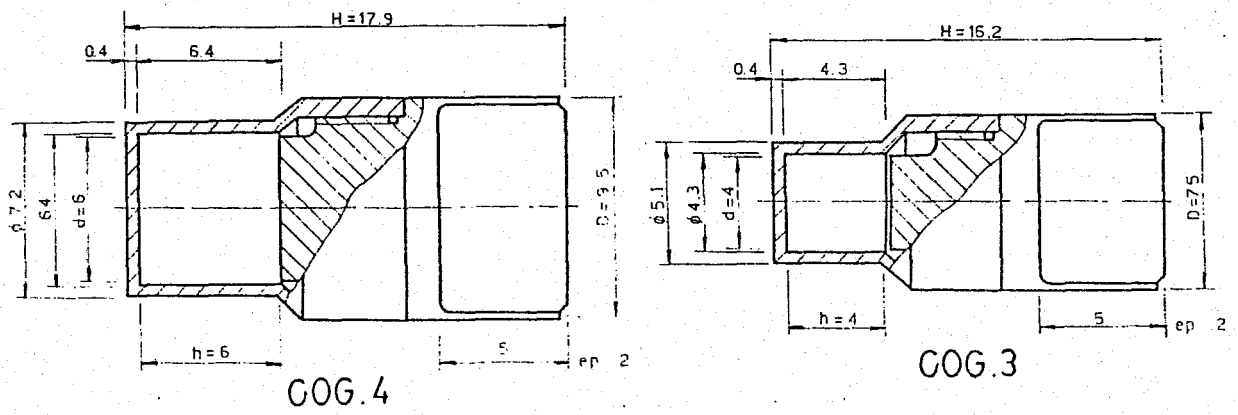
4.1.1. Kobalt 60 Kaynakları

ÇİZELGE 4.1

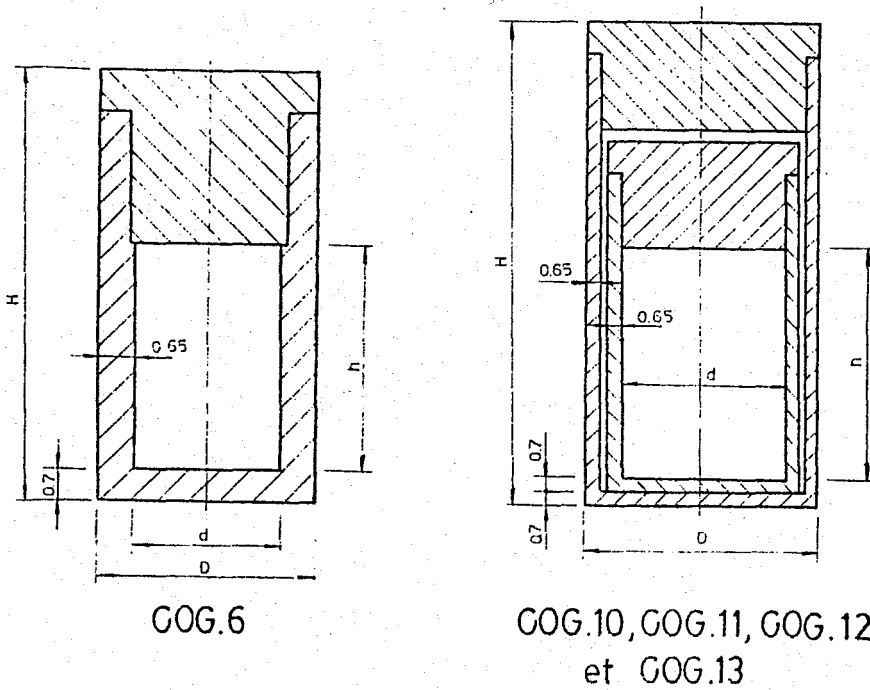
REFERANS	Boyutlar (mm)						Maks. Aktivite
	ø Dış D	Dış Yükseklik H		ø Aktif d	Aktif Yükseklik h		Ci
COG 1	6	15		3	3		7,5
COG 2	6	18		3	6		15
COG 3	7,5	16,2		4	4		20
COG 4	9,5	17,9		6	6		70
		max	min		max	min	Ci/Aktif h (mm)
COG 6	4,5	14,5	8	3,2	9,6	2,2	7
COG 10	6	38	13,5	3,2	27,7	2,2	7
COG 11	7,5	38	13,5	4,7	27,7	3,2	18
COG 12	9	38	14,5	6,2	27,7	4,2	30
COG 13	10,5	38	16,5	7,7	27,7	6,2	45



ŞEKİL 4.1



ŞEKİL 4.2

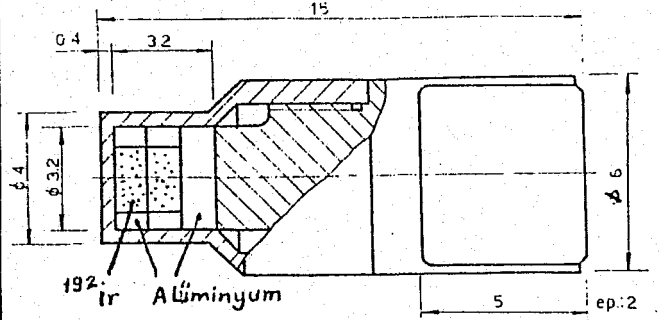


ŞEKİL 4.3

4.1.2. Iridyum 192 Kaynakları

ÇİZELGE 4.2

BOYUTLAR (mm)		MAKS. AKTİVİTE Ci
Ø AKTİF d	AKTİF YÜKSEKLİK h	
0.5	0.5	1.4
1	0.5	45
1	1	85
1.2	1.2	14
2	1	25
2	2	45
3	1	45
3	2	85
3	3	115



4.1.3. Sezyum 137 Kaynakları

Bu kaynakların boyutsal ölçüleri Çizelge 4.3'de görülmektedir.

ÇİZELGE 4.3

REFERANS	BOYUTLAR (mm)					MAKS. AKTİVİTE Ci
	Ø DİŞ D	DİŞ YÜKSEKLİK H	Ø AKTİF d	MAKS. AKTİF YÜKSEKLİK h	150 IZGARA ÇAPI Ø E	
CS.2.4.....	6.2	14	4	6	-	5
CS.2.6.....	8.5	17	6	7	3	15
CS.2.8.....	12	23	8	13	3	50
CS.2.10.....	14	26	10	15	3	100
CS.2.12.....	16	28	12	18	3	150
CS.2.15.....	19	30	15	20	6	250
CS.2.20.....	24	45	20	35	6	800
CS.2.25.....	29	50	25	40	6	1500
CS.2.30.....	34	50	30	40	6	2000
CS.2.32.....	35	50	32	40	6	2700
CS.2.36.....	40	50	36	50	6	4300
CS.2.40.....	44	50	40	50	6	5000

Sezyum 137 kaynaklarının nem çekici özelliği ve tuz halinde bulunması 2. kat paslanmaz çelik içinde muhafaza edilmesini zorunlu kılmıştır.

4.1.4. Thulyum 170 Kaynakları

Thulyum 170'den yapılmış metalik bir silindirdir. COG 1 kotlu muhafazası titandan imal edilmiştir. Bu cins kaynakların max. aktivitesi 100 Küri'dir.

4.2. KULLANILAN KAYNAKLARIN ENERJİ SPEKTRUMU

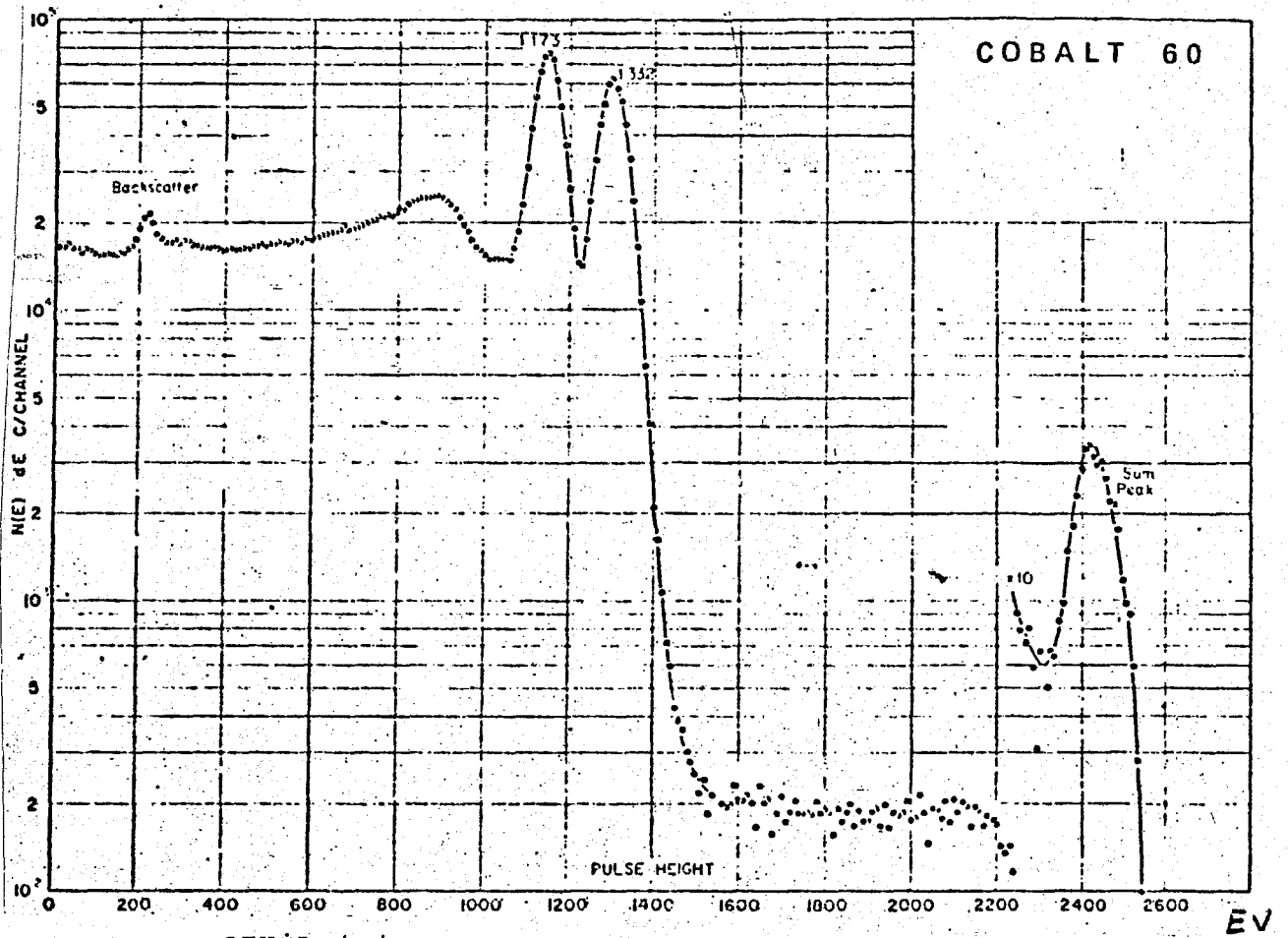
İridyum için kesin yüzdelerle spektrumlar elde etmek çok güçtür. Bunun için burada elde edilmiş spektrumlardan sadece birisini vermekle yetineceğiz. İridyum için verilen yüzdeler sadece bağıl değerlerdir.

Mev.....	0,206 (% 3)	0,484 (% 4)
	0,308 (% 28)	0,588 (% 6)
	0,316 (% 80)	0,605 (% 11)
	0,468 (% 51)	0,613 (% 7)

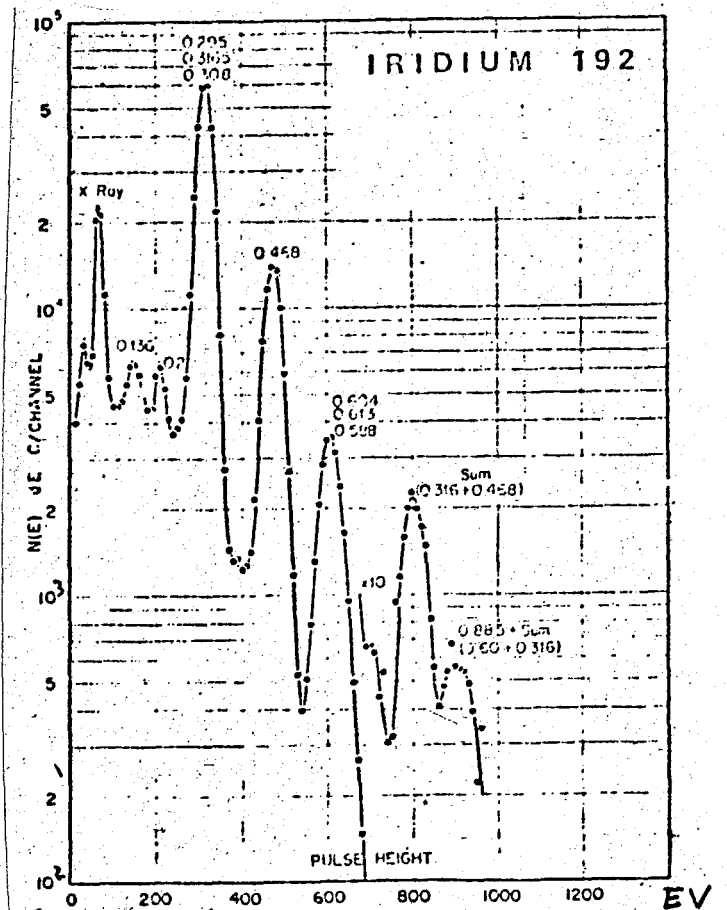
Sezyum 137 0,661 Mev'da % 100'lük bir ışın yayar.

Kobalt 60 1,17 ve 1,33 Mev'da % 100 lük ışınlar yayar.

Thulyum için spektrum çok karışıktır. Önemli ışınlar (% 2,4) 0,084 Mev'dan 1 Mev'da kadar devamlı bir frenleme ışını bulutuyla birlikte yayılırlar.

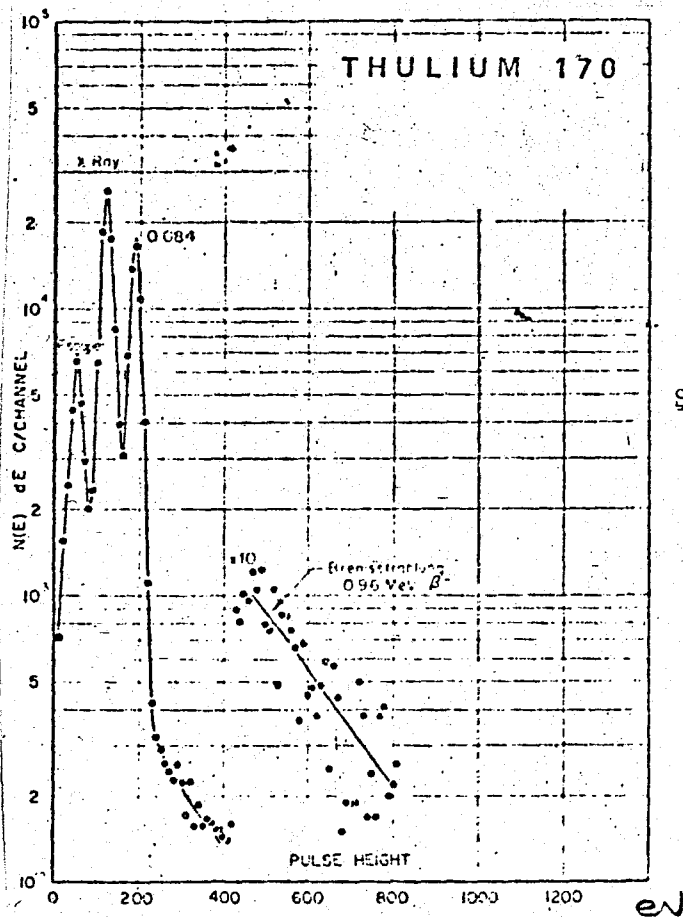
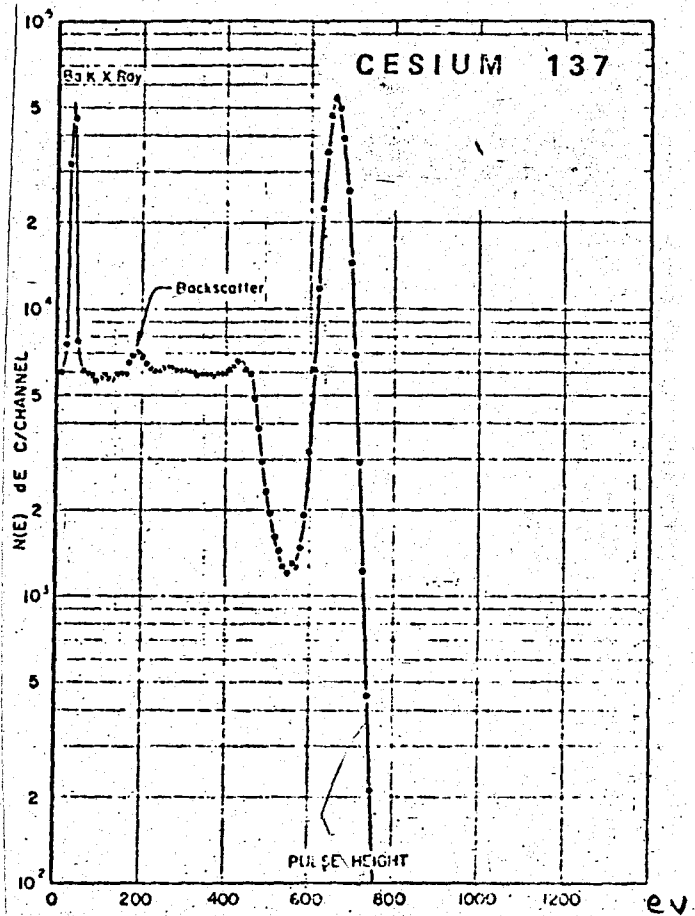


ŞEKİL 4.4



ŞEKİL 4.5

ŞEKİL 4.6



ŞEKİL 4.7

4.3. KULLANILAN KAYNAKLARIN ÖZELLİKLERİ

4.3.1. Kaynakların Aktiviteleri

Bir (γ) ışını kaynağının aktivitesi birim zamanda bozulan atomların sayısı ile orantılıdır.

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N = A \text{ (Bozunum sayısı/saniye)}$$

Aktivite birimi Küri'dir (Ci) tanım olarak

1 Ci = 3,7 10^{10} (Bozunum sayısı/saniye) ile ifade edilir.

Geçen bölümde Kobalt, Thulyum, İridyum kaynaklarının aktivitelerinin ışınlanma zamanına bağlı olduğu görülmüştür. Aynı bağıntı (m) kütleli radyo eleman için (Burada: m=1 gr) A. inf ile gösterilen özgül aktivite tanımını yapmaya yarar. Sonuç olarak kaynağın aktivitesi ile birlikte hacmi da artmaktadır.

4.3.2. Poz Debisi

3.1 bölümünde poz debisi olarak özgül yayılma katsayısı verilmişti. Bu (γ) radyografisinde en önemli büyüklüktür.

Poz debisinin kolayca hesabı için yarı deneysel bir bağıntı vardır.

$$X = \frac{0,54 C E}{d^2}$$

X = Poz debisi R/h

C = Kaynağın aktivitesi (Ci)

E = Işınımın enerjisi (Mev)

d = Kaynaktan olan uzaklık (metre)

Değişik enerjili (γ) ışını yayan kaynaklar için yüzdesi göz önünde tutularak her enerji için ayrı hesap yapılır ve poz debisi, bulunan bu parsiyel debilerin toplamı olur. En kolay iki durum, 0,661 MeV'da bir ışın yayan C_s 137 ile 1,17 ve 1,33 MeV'da % 100 lük iki ışın yayan C_o 60 için gösterilebilir. Örneğin Kobalt için 1 metre uzaklıktan 1 Küri gücündeki kaynağın poz debisinin hesabı şu şekilde yapılır.

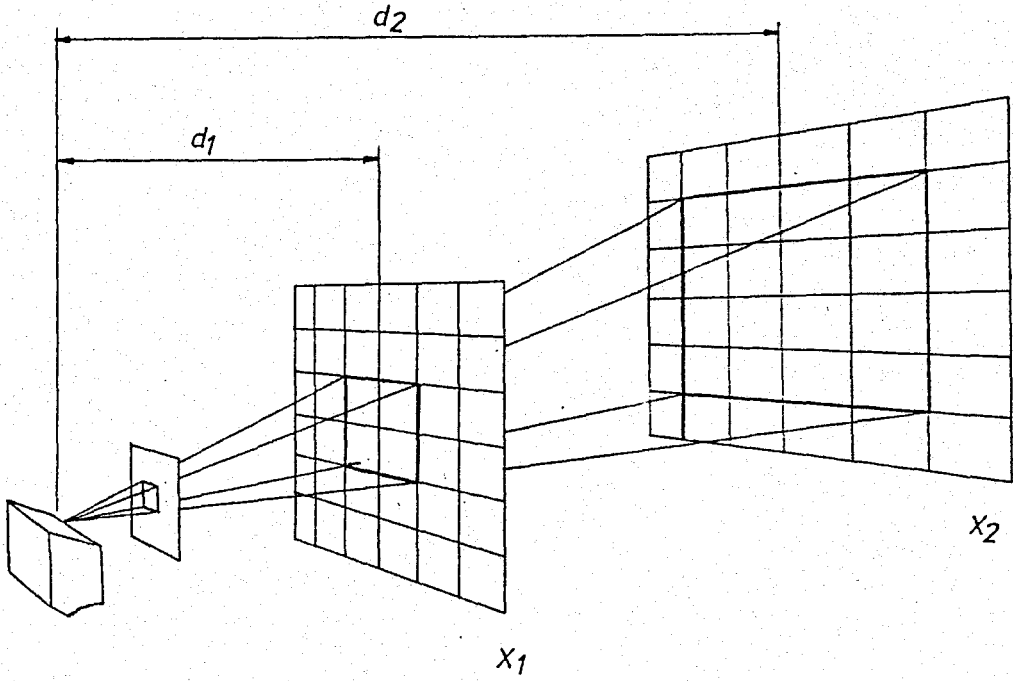
$$X = \frac{0,54}{1^2} (1.1,17 + 1.1,33) \\ = 1,35 \quad R/h \quad (1 \text{ m.de})$$

Radyografide çok ışınlı kaynaklar için bir ortalama enerji kavramı kullanılır (Kobalt 60 için 1,25 MeV. Iridyum 192 için 0,35 MeV).

Bu ortalama enerjiler, yayılan ışınının malzeme tarafından zayıflamasını göz önüne almak için kullanılırlar. Böylece bir ortalama soğurulma katsayısı ortaya çıkar ve bu da pozlandırma zamanının hesabında kolaylık sağlar. Bununla birlikte bu ortalama enerji değerleri poz debisi ve radyasyondan korunma hesaplarında kullanılmamak gerekir.

4.3.3. Uzaklıkların Karesi ile Ters Orantı Yasası

Bu yasa, sadece (γ) ışınları için değil dalga boyları tablosundaki bütün elektromagnetik ışınımlar için geçerlidir. Sonuç olarak noktasal bir kaynak için verilmiş bir geometrik optik yasasıdır.



ŞEKİL 4.8

$$X_2 = X_1 \cdot \frac{d_1^2}{d_2^2}$$

4.4. BİR EKLANLA ZAYIFLATMA

Bir ekran olmadan hesaplanan poz debisinde foton ışınınının malzeme tarafından zayıflatılmasını göz önünde bulundurmak gerekir. Zayıflama yasası üstel bir fonksiyon şeklindedir.

$$X = X_0 \cdot e^{-m'gx}$$

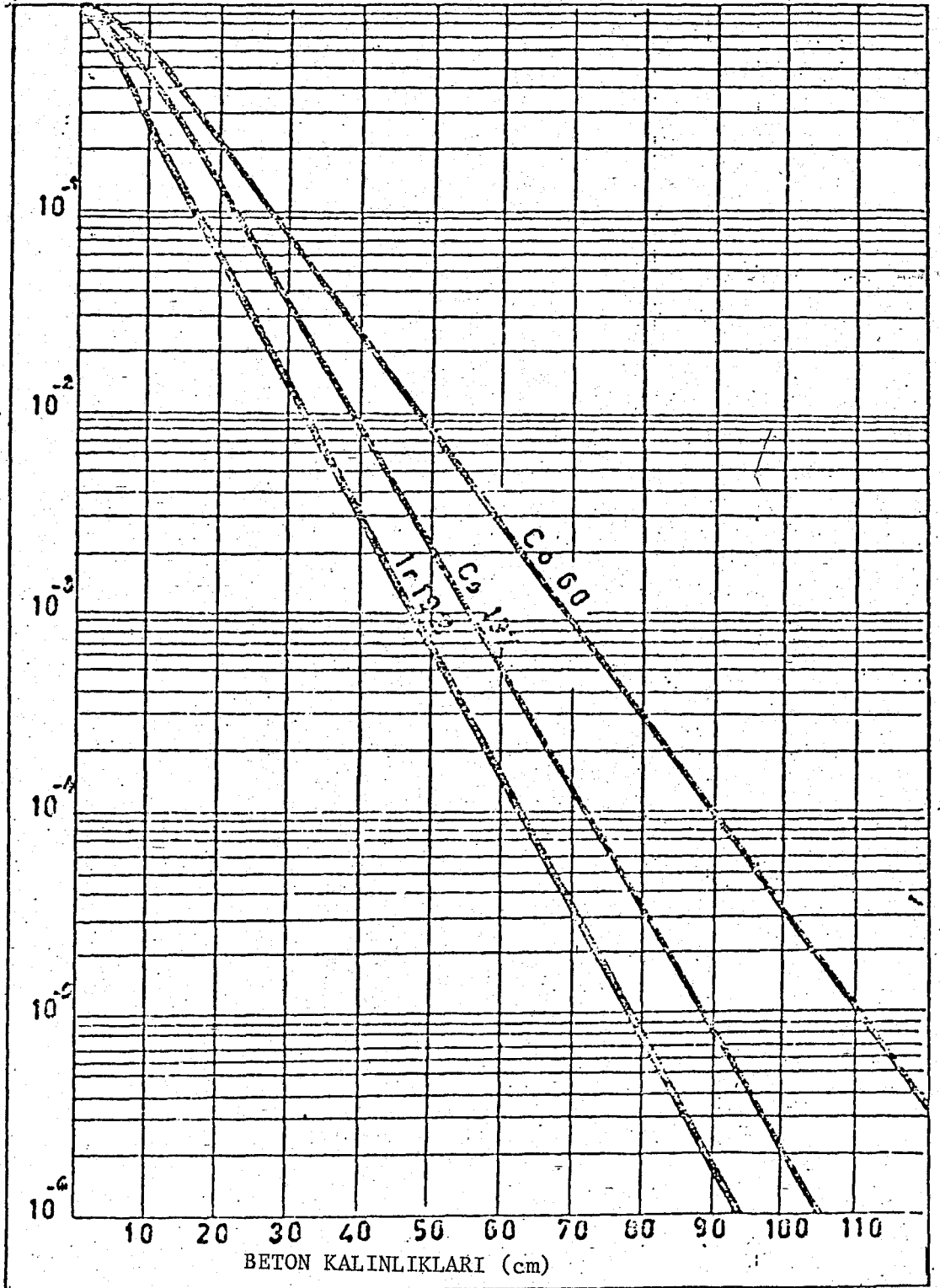
(X) Ekrandan çıkıştaki pozlandırma debisi ve

(X₀) Ekranın kalınlığı

m'gx Birimsiz olmadan, yani M'(cm²gm⁻¹) g(grcm⁻³) X (cm)

Belirli bir radyo eleman ve belirli bir malzeme için, ekran kalınlıkları cinsinden transmisyon ya da zayıflama eğrisini çizmek mümkündür. Bir örnek olarak kurşun ve beton için transmisyon eğrileri aşağıdaki tablolarda verilmiştir.

Code	GAMMA KAYNAĞI BETON İÇİN TRANSMİSYON
Ref. 90 917	



ŞEKİL 4.9

Bir başka yöntem, belirli bir malzeme ve radyo eleman için tanımlanmış transmisyon kalınlıkları kullanma olanağı sağlar. En çok kullanılan kalınlıklar 1/2 ve 1/10 transmisyon içindir. Bir önceki bağıntıda:

$$\frac{X}{X_0} = \frac{1}{2} \quad \text{ve} \quad \frac{X}{X_0} = \frac{1}{10} \quad \text{konarak,}$$

$$X = X_{1/2} \quad X = X_{1/10} \quad \text{kalınlıkları bulunur.}$$

Pratik olarak bu kalınlıklar, evvelce hesaplanmış olan pozlandırma sürelerinin 2 ve 10'la çarpımlarına tekabül ederler. Aşağıdaki tablo en çok kullanılan malzemeler için cm olarak 1/2 ve 1/10 transmisyon kalınlıklarını göstermektedir.

ÇİZELGE 4.4

Kaynak	Kurşun		Çelik		Beton	
	$X_{1/2}$	$X_{1/10}$	$X_{1/2}$	$X_{1/10}$	$X_{1/2}$	$X_{1/10}$
Co60	1,2	4,1	2,2	7,4	6,9	2,3
Ir192	0,28	1,1	1,1	3,5	4,8	1,6
Cs137	0,65	2,1	1,7	5,7	3,3	1,8

Bazı 1/2 transmisyon kalınlıklarından yüksek olan ekran kalınlığı değerleri için transmisyon kalınlığı ilk ışınım ilâve olan malzemenin sekonder ışınımı sebebiyle değişir. Yani 1/2 transmisyon kalınlığı, malzemenin kalınlığı ile artar. Pratikte ilk, üç, dört 1/2 transmisyon değerleri için kullanılan değer aynı kalır. Daha sonra 1/10 transmisyon değerleri kullanılmaya başlanır.

4.5. RADYO ELEMANLARIN KULLANILMA SAHALARI

Belirli bir malzeme için radyo elemanlarının sahaları kesin sınırlar içinde belirlenemez. Bir malzeme için kullanılan değerleri, diğer bir malzeme için aynen uygulamak imkânsızdır. Aksi takdirde yayılan ışınımların enerjilerinin farklı olması ve buna bağlı olarak, soğurulma katsayılarının değişmesi sebebiyle önemli hatalar yapabiliriz.

Aynı malzeme için bile, halen kullanılan filtre ve ekranlar, yani uygulanan teknik cinsi yanısıra kullanılan kaynakların özgül veya nominal aktivitelerinin etkisi sebebiyle bu kaynakların kullanılma sahaları çok geniştir.

Yine bir örnek olmak üzere genellikle kullanılan tetnikler ve değerler dahilinde çelik için bazı sınırlar verilebilir.

Co	60,	50 - 250 mm	arasında
Ir	192	10 - 80 mm	arasında
Cs	137	20 - 80 mm	" kullanılır.

Bu değerler başta da belirttiğimiz gibi bağıl değerlerdir ve kesin sınırlar değildir.

4.6. GAMMA IŞINLARI

A. Genel

Kısa dalga boylu ışınlar, kendiliğinden ışınım neşreden tabii veya suni radioaktif elementlerden de elde edilebilir. Son senelere kadar sadece tabii kaynaklar mevcut idi ve bunların kullanılması ise neticenin maliyetini arttırmakta idi, gelişen nükleer endüstrinin, suni radyoaktif elemanları

uygun fiyatlarda arzemesi, bunların tatbikat sahasına girmelerini sağlamıştır.

B. Gamma Işınları Kaynaklarının Karakteristikleri

Radyoaktif maddelerin neşrettiği ışınının şiddeti sabit değildir, zamanla eksponansiyel bir kanuna göre azalır. Bazı maddelerin ışınım şiddeti gayet yavaş bir şekilde azalır, aktivitelerinin yarıya inmesi için yıllar gereklidir, diğer bazıları ise tersine çok şiddetli olarak aktivitelerini kaybederler, birkaç gün sonra emisyonları kayda değmez bir mertebeye kadar iner. Herhangi bir radyoaktif maddenin aktivitesinin yarısını kaybetmesi için gerekli zaman o maddenin bir karakteristiğidir. Bu husus bilhassa radyoaktif malzemenin satın alınışı ve film çekme esnasında verilecek pozun hesaplanmasında büyük önem taşır. Bu sabiteye malzemenin yarı ömrü veya periyodu denir.

Kuvvetini kaybetmiş suni radyoaktif maddeler bir atom pili vasıtasile aktive edilebilirler. Bazı kaynakların (meselâ İrridium 192) aktivitelerini çabucak kazanmalarına rağmen diğer bazıları, meselâ kobalt 60 için uzun bir zamana ihtiyaç vardır.

Gamma ışınlarının dalga boyu ve penetrasyon kabiliyeti ışını neşreden maddenin cinsine tabi olarak değişir. Gamma ışınlarının dalga boyları normal radyografi tüplerinin neşrettiği X ışınlarınınkinden çok daha küçüktür, bu husus gamma ışınlarının tatbikat sahasını tayin eder. Gamma fotonlarının enerjisi (hv) mega - elektron volt cinsinden ifade edilir. Bu değer (milyon volt olarak) dalga boyu uzunluğu, gamma ışınının kine eşit X ışınları üretebilecek bir tüpün katod ve anoduna tatbik edilmesi gereken gerilimi belirtir (meselâ sezyum tarafından neşrolan 0.6 ilâ 0.7 MeV luk ışınlarla aynı kontrastı elde edebilmek için, gerilimi 1000 kV olan bir tüp kullan-

mak gereklidir, böyle bir tüpün efektif gerilimi normal gerilimin 2/3 dr)..

Gamma ışınları kaynaklarının bir başka karakteristiği de aktivitedir. Bu değer milikri (mC) olarak ifade edilir. Bir milikri bir miligram radyumun aktivitesine tekabül eden değerdir.

Işın kaynakları, ışınlarının şiddetine göre de karakterize edilebilir. Bu ise, birim zaman zarfında kaynaktan belirli bir uzaklıkta, röntgen olarak ifade edilir.

Radyoaktif kaynağın bu son karakteristiği geometrik şekli ile ilgilidir. Bu hususun bilinmesi icabeder. Zira X ışınları tüpleri bahsine ait odak noktası ile ilgili kısmında belirtildiği gibi, bu sayede filimlerin çekilişı esnasında film ve ışın kaynağı arasında gerekli minimum mesafenin tayini sağlanır.

Birçok sebeplerden ötürü, radyoaktif maddeler, boyutları birkaç milimetre olan kp, silindir veya küre şeklinde katı parçacıklar halindedir. Radyografide kullanılan radyoaktif maddeler genellikle bir silindir şeklindedir ve milimetre olarak verilen ölçüler silindirin taban çapı ve yksekliliğine tekabül eder. Bu radyoaktif maddeler daima, aşınmadan, abrazyondan ve diğer sebeplerden doğabilecek madde kaybına mani olmak için kapsüller içine yerleştirilmiştir; aynı zamanda bu kapsül, radyografi bakımından hiçbir faydası olmayan fakat fizyolojik bakımdan menfi tesirleri olan beta ışınlarını da emerek kaynağı daha taşınabilir ve görülebilir bir hale getirirler. Bir kaynağın milikri olarak aktivitesinin gram olarak ağırlılığına oranına özgül aktivite denir. Buradan bu değerin kaynak için en önemli karakteristik olduğu kolaylıkla anlaşılabilir. Zira bu özgül ağırlılıkla, kaynağın şiddetini boyutlarına bağlamaktadır.

4.6.1. Endüstriyel Radyografide Kullanılan Radyoaktif Kaynaklar

Endüstriyel radyografide kullanılan radyoaktif kaynaklar şunlardır: Kobalt 60, İridyum 192, Sezyum 137, Tantal 182, Talyum 170 ve Radyum. Bu kaynakların karakteristikleri Çizelge 4.5'de verilmiştir. Fazla kalın olmayan parçalar için daha iyi bir kontras sağlayan İridyum 192 ile Sezyum 137 tercih edilir. Aynı zamanda bunlar personel için de daha az tehlike arzeder. İridyum 192(74 gün), Sezyum 137(37 sene) nazaran çok daha kısa bir ömre sahiptir. Bu bakımdan sık sık yenilenmesi mahzuru ortaya çıkar: Buna rağmen özgül aktivitesi daha büyük olduğundan küçük boyutlarda kullanılabilir ve ince kalınlıklarda daha iyi netice verir.

Kalın parçalar için (50 ilâ 150 mm) Kobalt 60 tavsiye edilir. Radyum, radon ve tantalda da benzer neticeler elde edilebilir. Yalnız radyum ile radonun fiyatlarının pahalı ve yine radon ve tantalin yarı ömürlerinin kısa oluşu bunların uygulama alanını kısıtlamaktadır (Radon 3,8 gün, Tantal 120 gün).

γ-Radyografisi için radyoaktif kaynağın (izotopun) seçiminde şu hususlar göz önünde bulundurulur.

- a) Uygun bir yarı ömür
- b) Uygun ışın türü, enerjisi ve şiddeti
- c) İş güvenliği (özellikle kazalara karşı)
- d) Fiyat

ÇİZELGE 4.5

Kaynak	Işınım şiddeti enerjisi (MeV)	1 m. mesafede ışınım şiddeti (mr / h / mC)	kV olarak tekabül eden efektif gerilim (kV)*	Yarı ömür veya peryot	Kullanma sahası (mm çelik olarak)
Kobalt 60	1,17 1,43	1,37	1250	5,3 sene	50 - 150
Tantal 182	1,13 1,22	0,605	1200	120 gün	50 - 150
Radyum C Radon	0,60 1,12 1,76	0,84	1200	1590 sene 3,8 gün	50 - 150
Sezyum	0,667	0,35	670	37 sene	15 - 75
İrridyum 192	0,13 ilâ 0,615	0,48	590	74 gün	10 - 60
Talyum 170	0,084	0,007	84	129 gün	—

*) Bu değerler bir fikir edinmek üzere verilmiştir.
Efektif gerilim Kret geriliminin 2/3 ne tekabül etmektedir.

COBALT 60

Yarılanma süresi: 5,27 sene

Yayılan ışınım

Beta : 1.478 (0.001) 0.318 (1.00)

Gamma : 1.333 (1.00) 1.1733 (1.00)

Yayılan Gamma ışını: 1.30

AY

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	—	989	978	968	957	947	936	926	916	906	896	886
1	877	867	858	848	839	830	821	812	803	794	785	777
2	769	760	752	744	736	728	720	712	704	696	689	681
3	674	667	659	652	645	638	631	624	617	610	604	597
4	591	584	578	572	566	559	553	547	541	535	530	524
5	518	512	507	501	496	490	485	480	475	469	464	459
6	454	449	444	440	435	430	425	421	416	412	407	403
7	398	394	390	385	381	377	373	369	365	361	357	353
8	349	345	342	338	334	331	327	323	320	316	313	310
9	306	303	299	296	293	290	287	284	280	277	274	271
10	268	265	263	260	257	254	251	249	246	243	240	238
11	235	233	230	228	225	223	220	218	216	213	211	209
12	205	204	202	200	197	195	193	191	189	187	185	183
13	181	179	177	175	173	171	169	168	166	164	162	160
14	159	157	155	153	152	150	149	147	145	144	142	141
15	139											

IRIDIUM 192

Yarılanma süresi: 74 gün

Yayılan ışınım

Beta : 0.669 (.45) 0.535 (.42) 0.24 (.076)
0.695 (.0012) 0.072 (.0008)

Gamma : 1.060 (.006) 0.885 (.004) 0.785 (w)
0.613 (.07) 0.605 (.093) 0.5886 (.048)
0.485 (.031) 0.468 (.48) 0.417 (.014)
0.375 (.015) 0.316 (.93) 0.303 (.31)
0.296 (.31) 0.283 (.010) 0.206 (.03)
0.201 (.004) 0.136 (.003) 0.769 (.002)
0.745 (.0006) 0.438 (.007) 0.173 (.012)
C.E. (.043)

ÇİZELGE 4.6

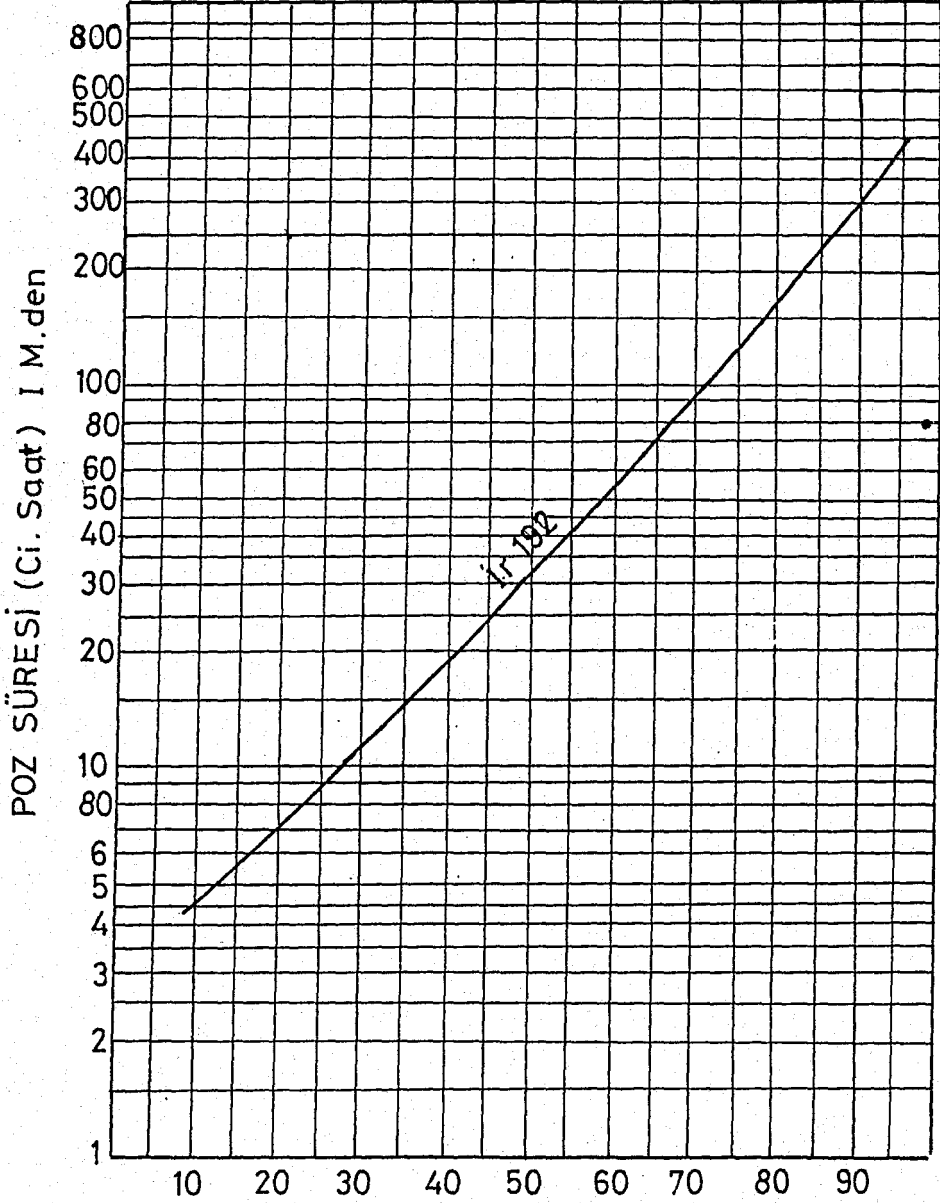
Yayılan Gamma ışını: 0.480

GÜN

	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
0	—	981	963	945	928	911	894	877	861	845
20	829	814	799	784	769	755	741	727	714	701
40	688	675	662	650	638	626	614	603	592	581
60	570	559	549	539	529	519	509	500	491	482
80	473	464	455	447	439	430	422	415	407	399
100	392	385	378	371	364	357	350	344	337	331
120	325	319	313	307	302	296	290	285	288	275
140	269	264	260	255	250	245	241	236	232	228
160	223	219	215	211	207	203	200	196	192	189
180	185	182	178	175	172	169	166	162	159	157
200	154	151	148	145	143	140	137	135	132	130
220	127	125	123	120	118	116	114	112	110	108
240	106	104	102	100	098	096	094	093	091	089
260	088	086	084	083	081	080	078	077	075	074
280	073	071	070	069	067	066	065	064	063	061
300	060	059	058	057	056	055	054	053	052	051
320	050	049	048	047	046	045	045	044	043	042
340	041	041	040	039	038	038	037	036	036	035
360	034	034	033	032	032	031	031	030	030	029

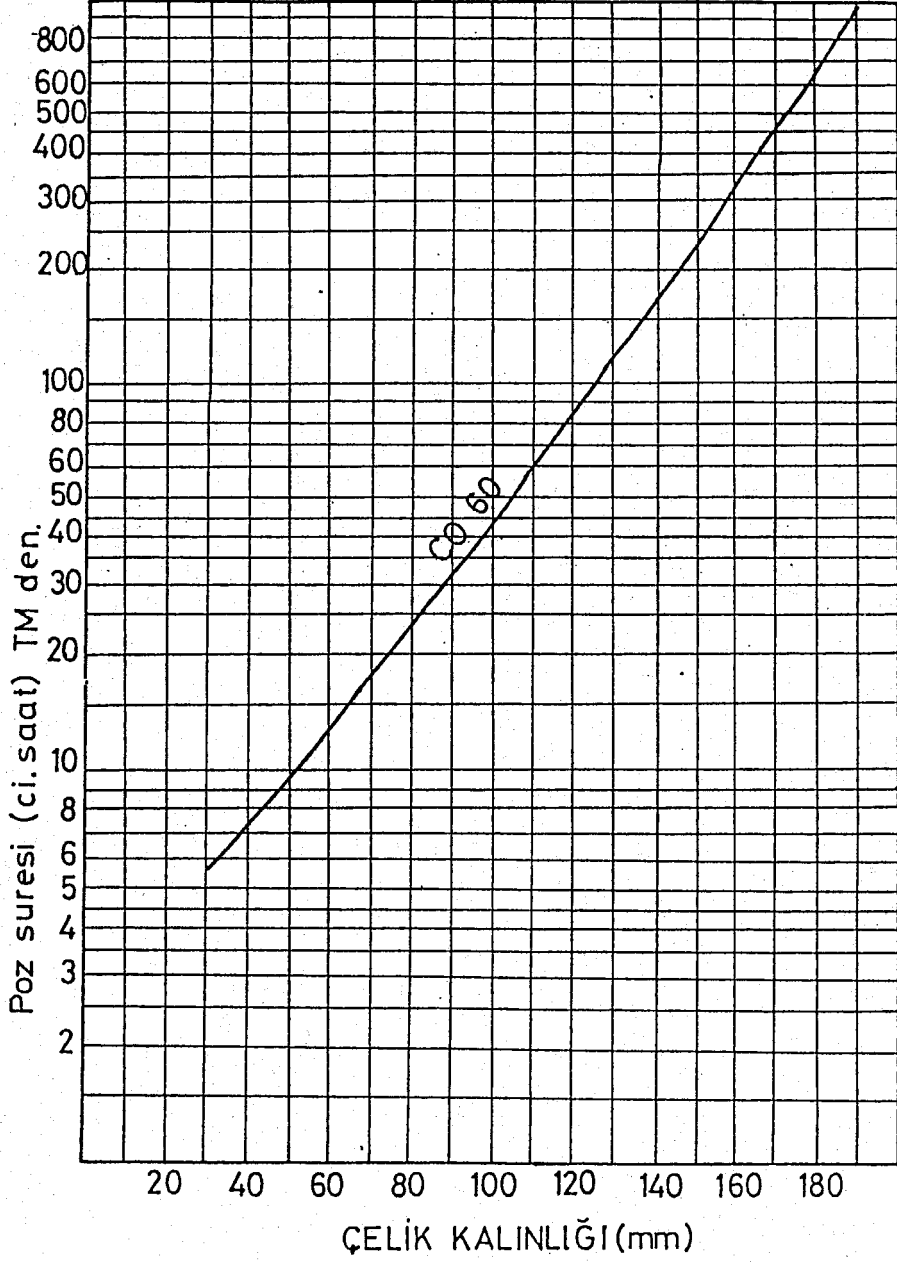
ÇİZELGE 4.7

İRİDYUM 192
ÇELİK İÇİN POZ SÜRESİ ABAĞI



Özellikler D-7 Filmi 0,2 mm Ekranlı
Kararma yoğunluğu 1,5

KOBALT 60
ÇELİK İÇİN POZ SÜRESİ ABAĞI

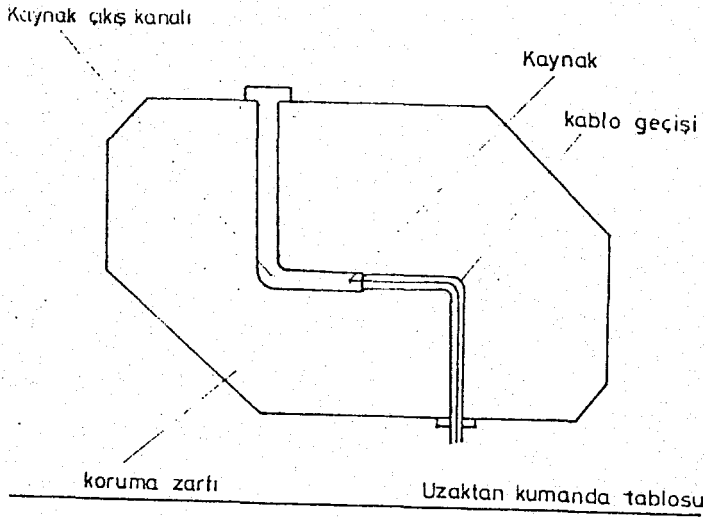


Özellikler: D-7 Filmi. 0,2 mm Ekranlı
Karama yoğunluğu 2

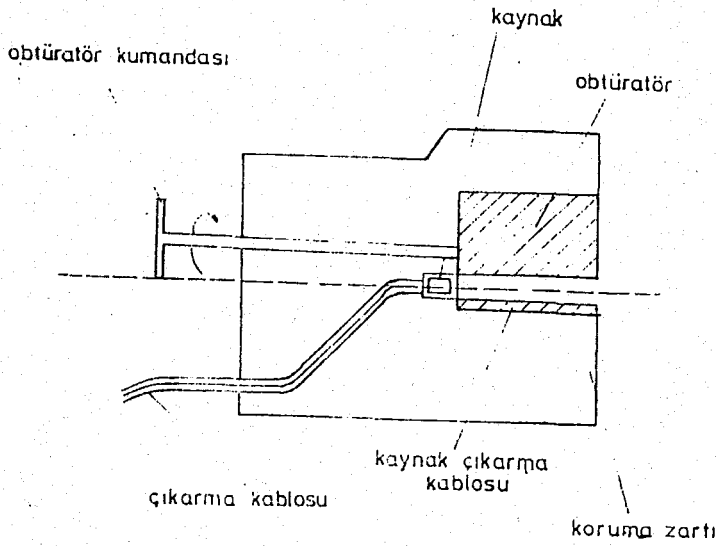
Yukarıda belirtilmiş olan radyoaktif elemanlar görüldüğü gibi geniş bir sahayı kapsamaktadır. Bununla beraber her birinin optimum bir tatbikat sahası mevcuttur.

4.6.2. Gamma Radyografi Cihazları

Gamma radyografi cihazlar oldukça basit yapıya sahiptirler. Şekil 4.10 ve Şekil 4.11'de tipik iki örneği görülmektedir.



ŞEKİL 4.10

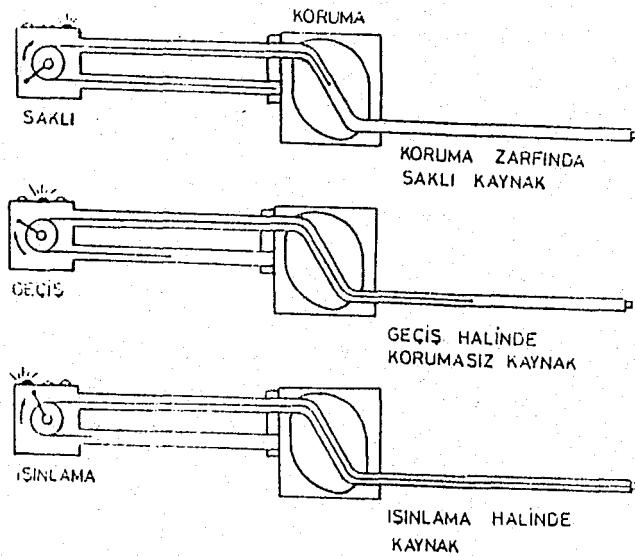


ŞEKİL 4.11

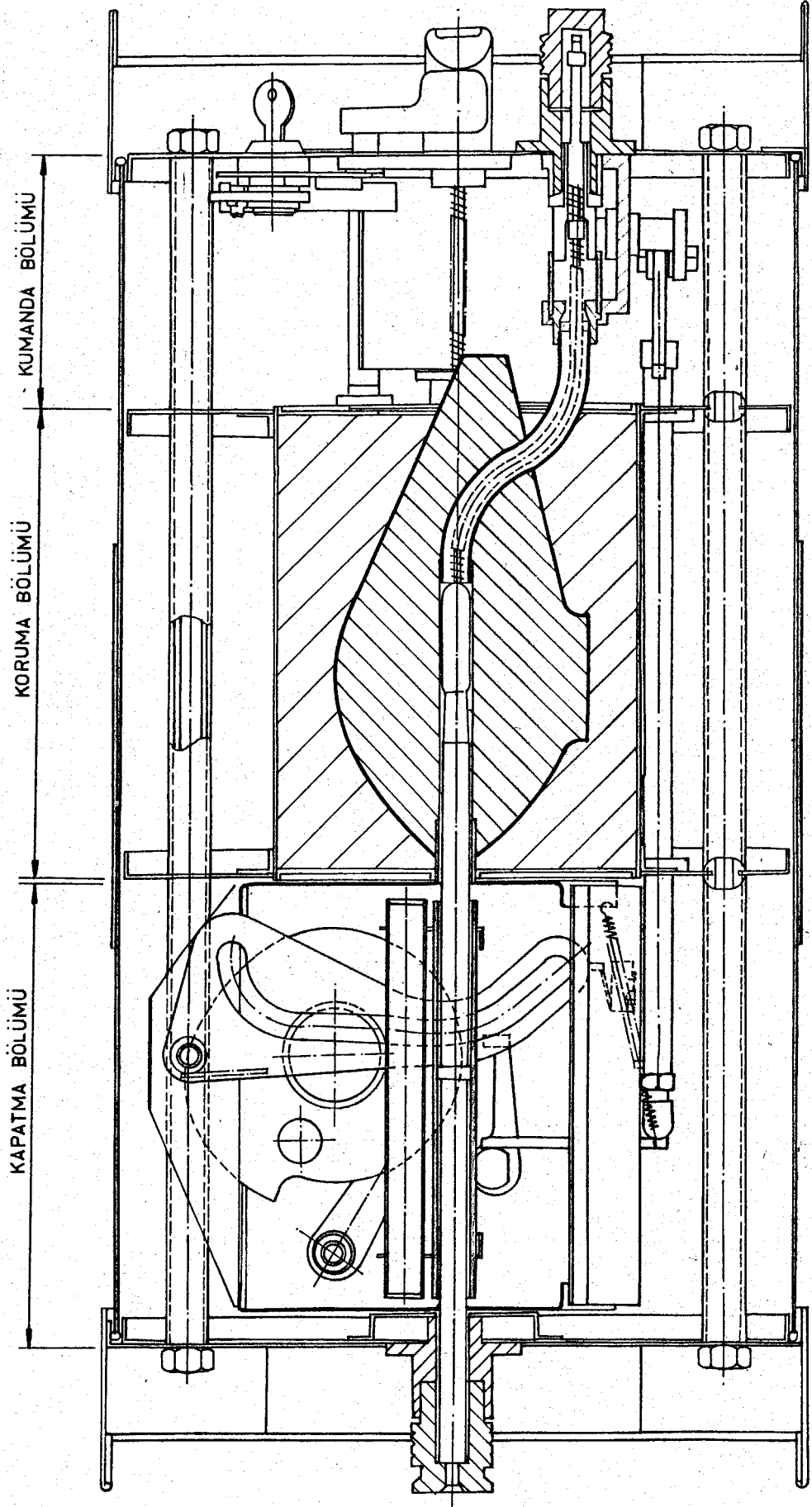
Cihazın en önemli bölümü zırhlı muhafaza kabı'dır. Radyoizotop, kullanılmadığı zamanlarda bu kap içinde saklanır. Radyoizotopun ışıması durdurulamadığına göre, kurşun veya uranyumdan zırh içine alınarak, etrafa zarar vermesi önlenir. Çalışacağı zaman radyoizotop bu kaptan dışarı çıkarılır. Zırhının dışında bulunduğu zaman, radyoizotop, ışınımı ile yakın çevresi için tehlikelidir.

Radyoizotop kaynağın çalışacağı zaman muhafazasından dışarıya çıkarılması veya çalışmanın sonunda tekrar muhafazası içine alınması bir fleksibl kablo ve makara yardımıyla uzaktan yapılır. Bu bir mekanik kumandadır. Bir muhafaza hortumu içinde hareket eden kumanda telinin ucu radyoizotopa takılır. Tel bir makara yardımıyla ileri-geri hareket ettirilir.

Muhafaza kabının radyoizotop çıkış deliğine bir fleksibl hortum veya rijik boru takılır. Radyoizotop bunun içinde hareket eder. Bu klavuz hortumu veya borusu muhafaza kabı ile radyografik ışınlama konumu arasında döşenen ve radyoizotop kaynağı dış etkilerden koruyan bir özel hattır. Şekil 4.12, Şekil 4.13'de geliştirilmiş bir muhafaza kabının kesiti görülmektedir.



ŞEKİL 4.12



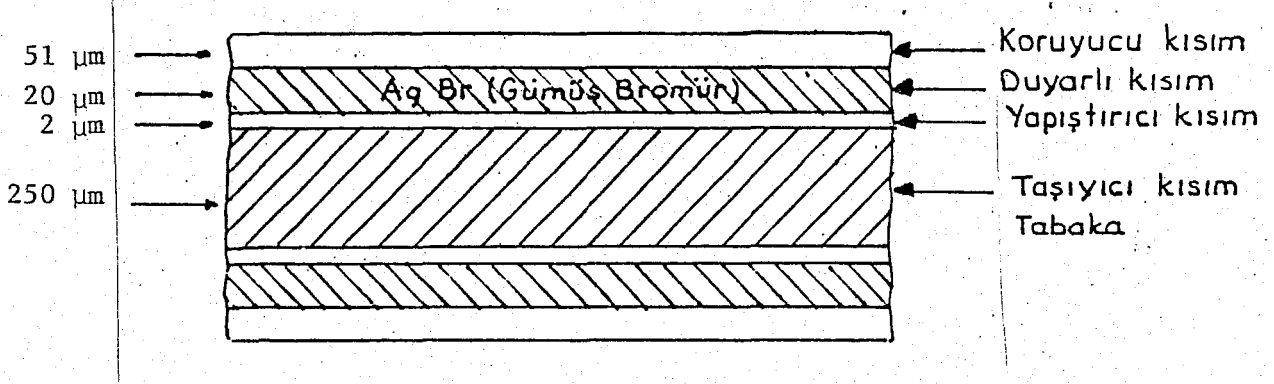
ŞEKİL 4.12

Görüldüğü gibi gamma radyografi cihazının elektriğe ihtiyacı yoktur. Elektrikten bağımsız oluşu onun endüstride seyyar şartlar altında kullanılmasında büyük kolaylık sağlar. Sade ve dolayısıyla ucuz bir cihazdır. Elektronik devreler veya göstergeler gibi narin parçaları yoktur. Dolayısıyla bozulma olasılığı düşük ve bakım gereksinmesi azdır. Buna karşın ışın gücünde devamlı değer kaybı meydana gelmektedir.

γ ışın tübünü parçalanması ile, o bölgenin uzun süre tecrid edilmesini gerektirir. Film çekimi sırasında küresel olarak ışın neşrettiğinden, çok iyi korunmayı gerektirir. Bu cihazla alınan radyografiler X ışınına göre düşük kalitededir.

5. RADYOGRAFİDE KULLANILAN FİMLER

Radyografide kullanılan filmler her iki yüzeyi de ışığa duyarlı madde ile kaplanmış bir yapıya sahiptir (Şekil 5.1). Normal fotoğraf filmlerinde ışığa duyarlı madde filmin bir yüzündedir.



ŞEKİL 5.1

5.1. FİMLERİN ÖZELLİKLERİ

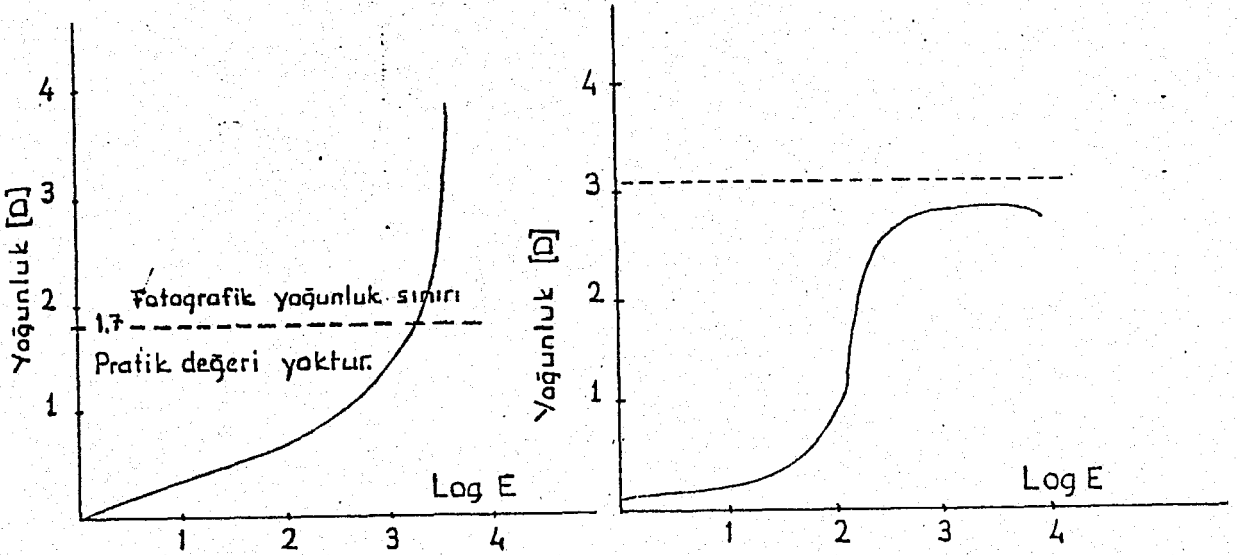
Duyarlı tabakayı oluşturan AgBr taneciklerinin büyüklüğü ve miktarı fotoğrafik özellikleri belirtir. Yüzeğe kaplanmış AgBr miktarının artması ile belirli bir poz müddetinde filmde daha çok kararma, yani fotoğrafik yoğunluk sağlanır. AgBr miktarı arttıkça filmin hızı da artar. Yani kısa sürede kararma meydana gelir. Çizelge 5.1'de çeşitli film yüzeylerindeki yaklaşık AgBr miktarı görülmektedir.

ÇİZELGE 5.1

Filmler	AgBr gr/cm ²
Endüstriyel filmler	46
Tıbbi filmler	22
Negatif fotoğraf filmi	12
Fotoğraf kağıdı	4

Endüstriyel radyografide kullanılan filmlerin üzerine kaplanmış AgBr taneciklerinin iriliği fotoğrafik özelliği etkiler. $1 \mu_m$ büyüklüğündeki AgBr tanecikleri ile kaplanmış filmlere iri taneli filmler denilir. Bu filmler hızlı filmlerdir; çabuk kararırılar. $1 \mu_m$ den daha küçük AgBr tanecikleri kaplanmış filmlere ince taneli filmler denilir. Bu filmler yavaş filmlerdir; geç kararırılar. Daha duyarlı radyografi alımı için kullanılırlar.

Filmler tane irilikleri ve aldıkları ışının şiddetine göre karakteristik özellikler gösterirler. Bu özellikler karakteristik eğriler ile ifade edilirler. Şekil 5.2'de endüstriyel filmler ile tıbbi filmlerin karakteristik eğrileri görülmektedir. Standartlar daima yavaş filmlerle çalışmayı önerirler. Fakat, iş hızı yönünden yavaş film engelleyicidir. Bir optimum noktada birleşmek gerekir.



ENDÜSTRİYEL FİLM

- 1- Radyasyon dozundan çok etkilenir (yüksek fotoğrafik yoğunluğa sahiptir)
- 2- Kontras yüksek
- 3- Hızı tıbbi filmlerden daha azdır.

TIBBİ FİLM

- 1- Belirli bir fotoğrafik yoğunluğun üzerine çıkamaz. Ne kadar poz verilirse verilsin bir haddten sonra kararırılmaz.
- 2- Kontras düşüktür
- 3- Daha hızlıdır.

ŞEKİL 5.2

5.2. FİLMLERİN SINIFLANDIRILMASI

Mühendislik standartları endüstriyel radyografide kullanılan filmleri üç sınıfa ayırırlar.

Sınıf:

- 1- İnce taneli filmler
- 2- Orta taneli filmler
- 3- İri taneli filmler

Alman, İngiliz, Amerikan standartları aynı yaklaşımı göstermesine rağmen Amerikan ASME standardı dördüncü bir sınıfı tanımlamışsa da çok hızlı olan bu filmin kullanılması özel şarta bağlanmıştır.

Ticari filmlerin bu sınıflardan hangisine girdiği konusu kesinlik kazanmamıştır. Bunun sebebi, ulusal yaklaşımlarda, sınıfların tayininde anlaşmaya varılamamış olması ile film üretimini elinde bulunduran şirketlerin film yapısı ve hızı hakkında anlaşmaya varamamış olmalarıdır. Ticari filmlerin yukardaki sınıflardan hangisine gireceği hususu bir şirketten diğerine farklılıklar göstermektedir. Çizelge 5.2'de ticari filmlerin sınıfları görülmektedir.

5.3. FİLMLERİN KULLANMA YERİNE GÖRE SEÇİMİ

Parçaların radyografik muayenesinin en önemli sorunlarından birisi de uygun film seçimidir. Birim zamanda daha çok radyografi alınması ve ışın kaynağının yıpratılmaması için, operatörler hızlı filmleri tercih ederler. Buna karşın hızlı film, iri taneli olmasından dolayı, görüntü kalitesi düşüktür. Yani radyografın ayırt etme özelliği azdır. Diğer taraftan standartlar mümkün mertebeye en yavaş film ile çalışmayı isterler.

ÇİZELGE 5.2

Agfa - Geveart Filmlerine Üç Ülkede
Verilen Sınıf Numaraları

Agfa-Gevaert Filmi	DIN Sınıfı	ASME Sınıfı	BS Sınıfı
D2	1	1	1
D4	2	1	1
D7	3	2	2
D10	-	3	-

Ticari Filmlerin Sınıfları
(Alman Sınıflaması)

Film Sınıfı	Agfa Geveart	Kodak (Amerikan)	DuPont
G 1	D 2	R	45
G 2	D4, D5	M, T	55, 65
G 3	D7	AA	75, M2

Ticari Filmlerin Sınıfları
(İngiliz Sınıflaması - BS 2600)

Film Sınıfı	Agfa Geveart	Kodak (İngiliz)	Du Pont
1	D2	Industrex M	45
	D4	Industrex T	55
2	D7	Industrex A	65
		Industrex C	75
3	-	Industrex D	-

Çizelge 5.3'de filmlerin bağıl hızı görülmektedir.

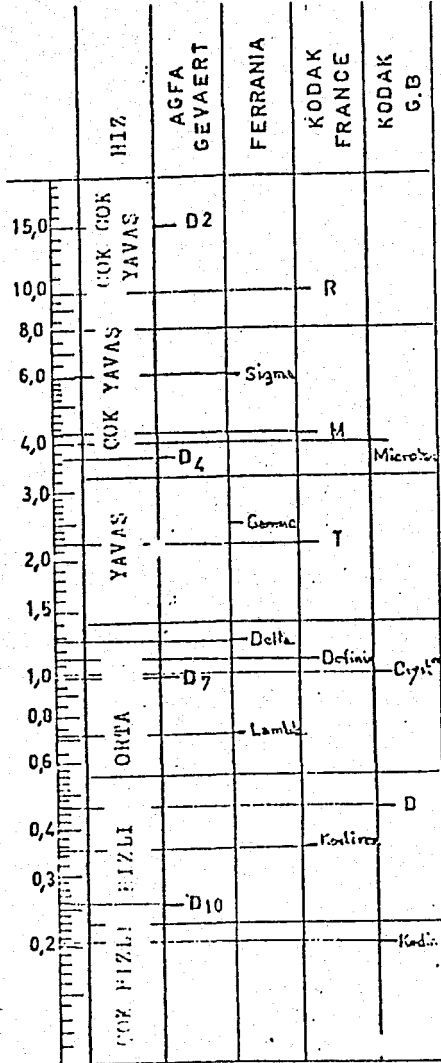
Film hızının tesbitinde bir optimum seçilmelidir. Standartlar malzeme kalınlığı ve ışın şiddetine göre, film hızını üstten sınırlamışlardır. Alman standardı DIN 54111 film seçimi için Çizelge 5.4'ü vermektedir.

Amerikan ASME standardı film seçimi için Çizelge 5.5'i vermektedir.

5.4. FİMLERİN SAKLANMASI

Filmler ambalajlı olarak satın alınırlar. Ambalajları ancak karanlık odada açılmalıdır. Film kutuları hiçbir zaman izotop ışın kaynakları ile beraber bir yerde bulundurulmamalıdır. Stokta fazla miktarda film varsa, ve uzun süre kullanılmayacaksa, ısı etkisi ile bozulmaması için mutlaka buzdolabında ambalajı içerisinde saklanmalıdır. Soğuk filmler kullanılmadan önce oda sıcaklığında en az 24 saat bekletilmelidirler. Filmler dondurulmamalıdır. Sıfırın altındaki sıcaklıklarda duyarlı tabaka çatlar. Filmler kasete yerleştirilirken ıslatılmamalıdır. Islanmış olarak ışınlanan film radyografisi lekeli olarak görüntü verir. Uzun süre bekletilen film bozulur. Bozulma banyo sonrası sarı sis tabakası kalması ile anlaşılır.

Code	200 KV.DA KURŞUN EKRAMLA KULLANILAN FİLMLEİN BAİL HIZI
Ref.	90 910



ÇİZELGE 5.3

Film Seçimi (DİN 54 111)

ÇİZELGE 5.4

Işın Cinsi ve Enerjisi	Objektif Kalınlığı d (mm-çelik)	Kullanılabilecek En Hızlı Film Sınıfı	
		Muayene Kategorisi A	Muayene Kategorisi B
x-ışını; max 150 kv		G3	G2
x-ışını; 150-400	d ≤ 50	G3	G2
	d > 50		G3
Ir-192		G3	G2
Co - 60	d ≤ 100	G3	G2
	d > 100		G3

Film Seçimi (ASME Section V)

Işın Cinsi ve Enerjisi	Kullanılabilecek En Hızlı Film Sınıfı					
	Objekt Kalınlığı (inç)					
	0-1/4	1/4-1/2	1/2-1	1-2	2-4	4-8

Alüminyum

x-ışını; 50-80 kV	1	2	2	3	4	
x-ışını; 80-120 kV	1	1	1	2	3	4
x-ışını; 120-150 kV		1	1	2	2	3
x-ışını; 150-250 kV		1	1	1	2	3
x-ışını; 250-400 kV			1	1	2	3
Ir-192				1	1	2

Çelik

x-ışını; 50-80 kV	3	4				
x-ışını; 80-120 kV	3	3	4			
x-ışını; 120-150 kV	2	2	3			
x-ışını; 150-250 kV	1	2	2	3	4	
x-ışını; 250-400 kV		1	2	2	4	4
Ir-192			2	2	3	
Co - 60				2	2	3

5.5. FİLMLERİN EŞ DEĞERLİĞİ

Film eşdeğerliği, bir film için hesaplanmış veya verilmiş çekim süresinin diğer filmlerdeki süre hesaplamalarına da esas alınabilecek değerdir.

Örneğin: Agfa-Gevart D7 filminin poz süresi biliniyorsa, aynı şartlarda Fuji 100 filminin veya gene aynı şartlarda diğer filmlerin çekim sürelerinin hesaplanmasına ihtiyaç duyulabilir.

Bu hesaplamalar için film eşdeğerlik çizelgesi kullanılır. Çizelge 5.6'da film eşdeğerlik çizelgesi görülmektedir.

Bilinen filmlerin poz süresine göre bilinmeyen filmlerin poz süresinin hesaplanması şu örnekte olduğu gibi yapılabilir.

Örnek 1- Agfa-Gevart D7 filminde 2 dakika olan poz süresi, fuji 100 filminde ne olur?
D7 sütunundan Fuji 100 satırı karşılığındaki rakam bulunur. bu 1,5'dur.

Fuji 100 poz süresi = $2 \times 1,5 = 3$ dakika olarak bulunur.

Ticari Filmlerin Hızlarına
Göre Eşdeğerlik Tablosu

		D 10	D7
GEVAERT	D 10	1	0,3
	D7	4	1
	D4	15	3,8
	D2	60	15
DUPONT (USA)	504	4	1
	506	6	1,5
	510	28	7
ORWO (DDR)	RF 63	1,3	0,3
	RF 5	2,6	0,7
FOMA (CSSR)	Indux BG	1,6	0,4
	M	5,7	1,5
KODAK (GB)	Kodirex	0,8	0,2
	Industrex D	1,8	0,5
	Industrex C	4	1
	Industrex M	16	4
KODAK (USA)	KK	1	0,3
	AA	4	1
	M	16	4
	R	-	16
FUJİ (JAP)	100	6	1,5
	200	10	2,5

ÇİZELGE 5.6

6. EKРАНLAR

Sanayide kullanılan filmler daima bir ekran çifti arasına alınarak ışınlanırlar. Ekranların iki değişik görevi vardır. Işın kaynağı tarafında bulunan ekran, ki buna ön ekran denilir, malzeme içerisinden geçip görüntü getiren ışınların film üzerinde, daha etkili olmalarını sağlamaktır. Arka ekranın görevi ise filmde geçen ışınların yansiyarak tekrar filme gelmesini önlemek suretiyle sis tabakasına engel olmaktadır.

Ekranlar filme kontakt konumda bulunmalıdır.

Ekranların yüzeyi temiz ve çizilmemiş olmalıdır.

Sanayide başlıca iki tip ekran kullanılır.

6.1. METAL EKРАНLAR

Endüstriyel radyografide metal ekranlar kullanılır. Metal ekranlar kullanılan enerjinin şekline göre malzeme değişikliği gösterirler.

Normal şartlarda alınan radyografilerde kullanılan ekranlar kurşun ekranlardır. % 94 kurşun % 6 Antumuan alışı-
mından yapılmış 0,004 parmak kalınlığındaki levhadan meydana gelir.

X ve Gamma ışınları, üzerine düştükleri malzemelerden elektronlar koparırlar. Fatonların, yerlerinden söktüğü bu elektronlara foto-elektron denilir.

Hedef malzemenin atom numarası yükseldikçe foto-elektron olasılığı artar. Zira elektron sayısı (nüfusu), ağır metallerde fazladır. Ekranın kararlı elementlerin en ağırı olan kurşundan yapılmasının bir nedeni budur. Diğer nedenler ise, kurşunun çok ince levha haline getirilebilmesi, yumuşak olmasından dolayı filme kontakt olabilmesinden dolayı ekran yapısında kurşun kullanılır.

Film üzerindeki duyarlı tabaka fatonlara olduğu kadar elektronlara da duyarlıdır. X ve Gamma ışınlarının malzemeyi geçip filme doğrudan etki eden ışın kadar, ekrandan meydana gelen fotonlar da filmi etkiler. Aslında ekranda meydana gelen fatonların filme etkisi direk gelen ışına göre 2-3 kat daha fazladır.

Ekranın gelen ışın enerjisinin şiddetine göre bir şiddetlendirme değeri vardır. Şekil 6.4'de yaklaşık eğri olarak görülmektedir.

Endüstriyel radyografide kullanılan ışın kaynaklarına göre ekran seçimi veya tercihi yapılır. X-ışını enerjisi ile iridyum 192 enerjisi ve Sezyum 137 enerjisi ile radyografi alımında en iyi neticeyi kurşun ekran verir. Ekran seçimi, ışın şiddetine bağlı olarak Çizelge 6.1'de görülmektedir.

Kobalt 60 enerjisinde en iyi kuvvetlendirmeyi yapan ekran bakır ekrandır. Bakır ve çelik ekranların görüntü kalitesi kurşuna göre daha iyi olmasından dolayı tercih sebebidir.

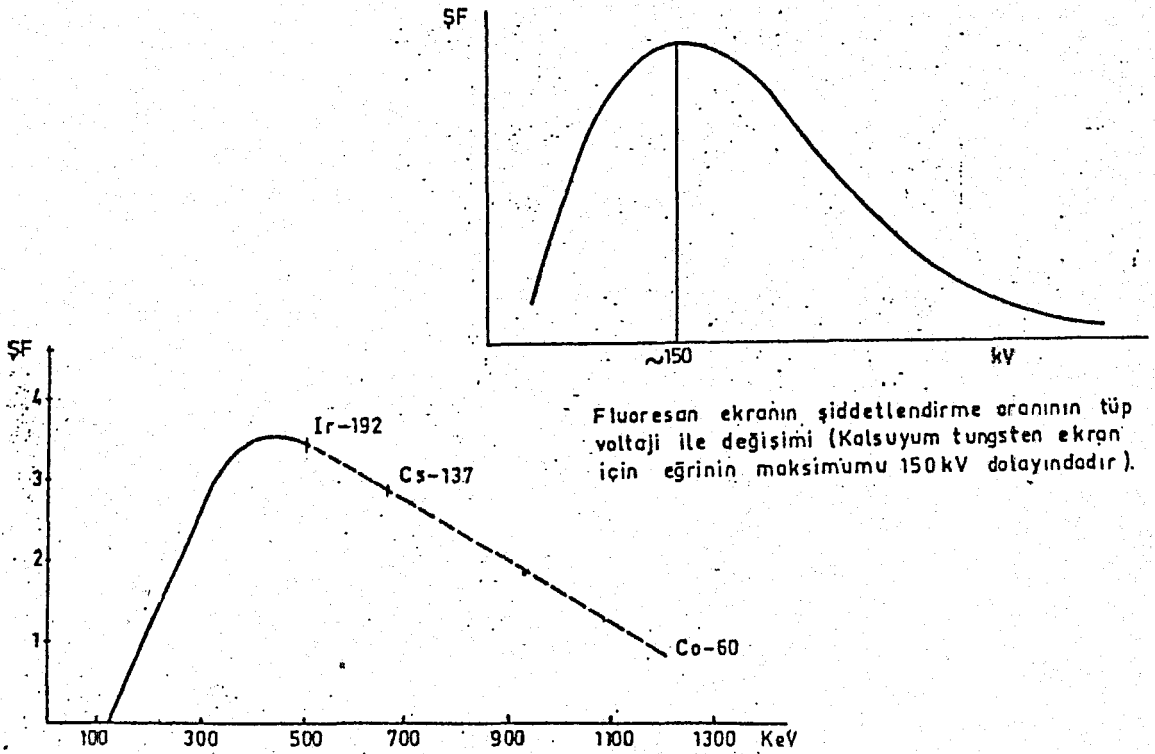
6.2. TUZ EKРАНLAR

Özel tuzların bir karton üzerine sürülmesi ile elde edilmiş ekranlardır. Ekran üzerine sürülen tuzlar kalsiyum-Tungusten tuzu, Baryum-Sülfat-Kurşun tuzu gibi karışımlardır.

Sözü edilen tuzlar radyografide kullanılan ışın kaynakları altında ışık vererek parıldarlar. Bu özelliğinden dolayı bu ekranlara floresan ekran da denilir.

Tuz ekranların ışıldamasına iki ana neden sebep olur.

Bunlardan birisi ışın enerjisidir. Işın enerjisi ne kadar şiddetli olursa ışıldama o kadar artar. Diğer etken ise ekrana sürülmüş tuzların tane iriliğidir. İri taneli tuzlardan oluşan ekran ince taneli tuzlardan oluşan ekrana göre daha çok ışık verir.



Kurşun ekranının şiddetlendirme oranını enerji ile değişimi (yaklaşık eğridir).

ŞEKİL 6.1

ÇİZELGE 6.1

Ekran Cinsi ve Kalınlığı (BS 2600)

Işın Cinsi ve Enerjisi	Cinsi	E k r a n	
		Kalınlığı (mm)	
Işın Cinsi ve Enerjisi		Ön	Arka-minimum
X-ışını; max. 120 kV	Pb	Gereksiz	0,1
X-ışını; 120-250 kV	Pb	0,025-0,125	0,1
X-ışını; 250-400 kV	Pb	0,05-0,16	0,1
Ir-192			
Cs-134, Cs-137	Pb	0,05-0,16	0,16
Co-60	St veya Cu	0,5-2,0	0,25-1,0 min - max.

Buradan anlaşıldığı gibi, filmin hızı ekranın özelliğine bağlı olarak değişir. Filmlerin hızları ekran çiftleri ile ifade edilir.

Tuz ekran ile yapılan çekimde düşük enerji kullanılabilir. Seri çalışmak mümkündür. Bu ekranların en önemli mahsuru yarı gölgenin büyük olması ile görüntü kalitesinin düşmesidir. Çizelge 6.2'de tuz ekranın şiddetlendirme oranları görülmektedir.

Tuz ekranların yansıyan ışınları tutma özelliği olmadığından filmde bir sis tabakası oluşur. Bu iki ana nedenden dolayı tuz ekranlar endüstriyel radyografide yasaklanmıştır.

6.3. EKРАНLARIN KULLANILMASI VE SAKLANMASI

Daha çok çıplak (kaset-siz) filmlerin kasetlenmesinde kullanılan ekranların korunmasına itina edilmelidir. Kasetli filmler ekran arasında olmasından dolayı bir defa kullanılır ve atılır. Çıplak filmlerin kasetlenmesinde kullanılan ekranların yüzeyleri temiz olmalıdır. Çizik ve leke bulunmamalıdır.

ÇİZELGE 6.2

Kalsyum - Tungsten Tuzu Ekranlarının Şiddetlendirme Oranları; 150 kV x-ışınları için

Ekran Hızı	Şiddetlendirme Oranı
Hızlı	900
Orta	450
Normal	225

Ekranlar kullanılmadığı zaman parlak yüzeyler birbirine bakacak şekilde kasetlerin içine konularak muhafaza edilmelidir. Kullanma sırasında dış etkilerden korunmalıdır.

7. RADYOGRAFİ TEKNİĞİNİN KALİTESİ

Kalite, herşeyden önce yüksek duyarlılık, dikkat filmlerde en ince ayrıntıyı ayırt etme anlamında ifade edilmektedir.

Kalitenin derecesi standartlarda belirlenmiştir. İyi kalitede film elde etmek için birçok özel şartların biraraya getirilmesi gerekmektedir. Bunun için maliyet unsuru karşımıza çıkacaktır. Yapılan işin önemine göre filmlerde kalite istenmelidir. Bunu da ancak işin konstrüktörü saptar ve belirler.

7.1. ULUSLARARASI RADYOGRAFİ KALİTE STANDARDI

Radyografi kalitesi her kuruluş ve milletin standardına göre belirlenmektedir. Uluslararası kalite standardı, bu konuda birleşilmeye gidilmesi için yapılan çalışmaların ürünüdür.

Uluslararası standarda göre radyografi kaliteleri üç sınıfa ayrılmıştır.

Sınıf A:

X ışını muayenesinin genel uygulama alanını kapsar. Özellikle yumuşak ve düşük alaşımlı çeliklere uygulanır.

Sınıf B:

X ışın tekniğinin daha duyarlı uygulanmasıdır. Önemli işlerin radyografilerinin alınmasında uygulanır. Bu sınıf radyografi uygulaması için daha duyarlı filmler ve ekranlar ile daha yüksek voltajlı cihazlar gerektirir.

Sınıf C:

Gamma ışın kaynakları ile yapılan muayenenin tümü bu sınıfa girer. Gamma ışınlarının ışın spektrumundan dolayı elde edilen radyografi daima A sınıfı radyografilerden daha aşağıda kalır. X-ışınları uygulamasının mümkün olmadığı yerlerde kullanılan, Gamma ışınları ile alınan radyografi raporlarında, kaynağın durumu ayrıntıları ile belirtilmelidir.

7.2. DIN 54111 ALMAN STANDARDINA GÖRE FİLM KALİTELERİ

Alman standardına göre film kalitesi iki grupta tarif edilmiştir.

Sınıf 1- Genel amaçlı muayenelerin radyografi kalitesi olarak kullanılır.

Sınıf 2- Daha yüksek duyarlılıktaki muayenelerin radyografi kalitesi olarak kullanılır.

7.3. ASME SECTION V AMERİKAN STANDARDI

Bu standarda göre radyografi kalitesinin üç sınıfı vardır. Özel belirtilmek koşulu ile ayrıca üç kalite sınıfı daha devreye girebilmektedir.

Muayene kalitesinin sınıfı belirtilmemiş ise en az % 2 duyarlılık sağlanmalıdır (Bak.Bölüm 11).

7.4. BS-2600: 1973 İNGİLİZ STANDARDI

Radyografide muayene tekniğinin kalitesini bu standart Beş sınıfa ayırmıştır.

Kalite Sınıfı 1:

X-ışını ve çok ince taneli filmler kullanılarak alınan radyografi.

Kalite Sınıfı 2:

X-ışını ve ince taneli filmler kullanılarak alınan radyografi.

Kalite Sınıfı 3:

X-ışını ile beraber orta hızlı filmler kullanılarak alınan radyografi.

Kalite Sınıfı 4:

Gamma ışını ve çok ince taneli filmler kullanılarak alınan radyografi.

Kalite Sınıfı 5:

Gamma ışını ve ince taneli filmler kullanılarak alınan radyografiler olarak sınıflandırılmıştır.

8. IŞINLAMA ENERJİSİNİN VE ŞİDDETİNİN SEÇİMİ

Uluslararası şartnamelerde X ışın cihazlarının enerjileri kV olarak ifade edilmektedir. kV bir enerji birimi olmakla beraber X ışın cihazı içindeki gerilimdir. Bu gerilim X ışın enerjisine orantılı olmasından ve ölçülmesinin de kolay olmasından dolayı X ışın enerjisinin ifadesinde kullanılmaktadır.

Gamma ışınları yayan izotoplarda ise izotopun cinsine göre gücü sabittir. Büyük nükleer laboratuvarlarda izotopların ilk güçleri bilim adamlarınca ölçülerek değerleri tesbit edilmiştir. Gerçek güç değeri olan (KeV) kiloelektron volt veya bin katı olan mega elektron volt (MeV) olarak ifade edilir. Radyografi pratiğinde ışın şiddeti yerine kaynak şiddeti ifade edilmektedir. X ışınlarında ışının kaynağı flaman akımıdır. I ile gösterilir ve ampermetreden kolayca okunabilir. Birimi mili amperdir (mA). Gamma ışın kaynaklarında ise; ışın kaynağının şiddeti Küri (Ci) birimi ile ifade edilir. Bu, kaynağın aktivitesidir. İzotopun birim zamanda bozunma değeridir. Nükleer laboratuvarlarda bir defaya mahsus olmak üzere ölçülür. Her izotopun şiddeti sonsuza kadar aynı değerde değildir. Belli süre içerisinde şiddetinden kaybederek Küri değeri ilk gücün yarısına iner. Bu süreye yarı ömür denilir. Kaynağın o anki şiddeti ilk andaki şiddeti ve geçen süre biliniyorsa kolayca bulunabilir.

Radyografide ışınlama, ışın şiddeti ile zamanın bir fonksiyonu olarak ifade edilir. Işınlama, film yüzeyindeki bir noktaya bir zaman içerisinde düşen ışın miktarı olarak da ifade edilmektedir.

$$\text{Işınlama} = \text{Işın şiddeti} \times \text{zaman}$$

$$E = I \times t$$

X ışınlarında E (mA.dak) ile ifade edilmektedir. Gamma ışın kaynaklarında ise (Ci,dak) olarak ifade edilir.

8.1. IŞIN ENERJİSİNİN RADYOGRAFİK KALİTEYE ETKİSİ

Işın enerjisinin yüksek seçilmesi pratikte bazı avantajlar sağlamasına karşılık alınan radyograf, malzeme iç yapısını detaylı olarak gösteremez. Işın enerjisinin yüksek seçilmesi ile çekim süresi oldukça kısalmır. Dolayısıyla, cihazlardan daha çok yararlanılabilir.

Işın enerjisinin yüksek seçilmesi ile fotografik yoğunluk düşer. Yarı gölge artar. Bu durum radyografıta çok küçük hataların görülmesini engelleyerek Radyografik kaliteyi etkiler. Çok düşük enerji ile çalışmak, uzun sürede radyografın alınması demektir. Zaman uzaması ile makinalardan yararlanma azalır. Bu etken optimum bir noktanın bulunmasını gerektirir.

8.2. STANDARDLARIN, RADYOGRAFİ KALİTESİNİ KORUMAK İÇİN, IŞIN ENERJİSİ SINIRLAMALARI

Standartlar radyografi alınacak malzeme kalınlıkları ve kullanılan ekran cinslerine göre ışın enerjisini üstten sınırlarlar. Seçilecek ışın enerjisini tablo veya eğriler halinde verir.

Bazı standartlar ise ışınlamayı (mAxDakika) alttan sınırlayarak vermiştir. Aslında iki standart da Enerji düzeyini kontrol altında tutmaktadır.

8.2.1. DIN 54111 e Göre Işın Enerjisi Sınırlaması

DIN 54111 X ışını enerjisini üstten sınırlamıştır. Şekil 8.1'de görülen diyagramda Kategori A ve kategori B'ye göre maksimum X ışını enerjisi verilmiştir.

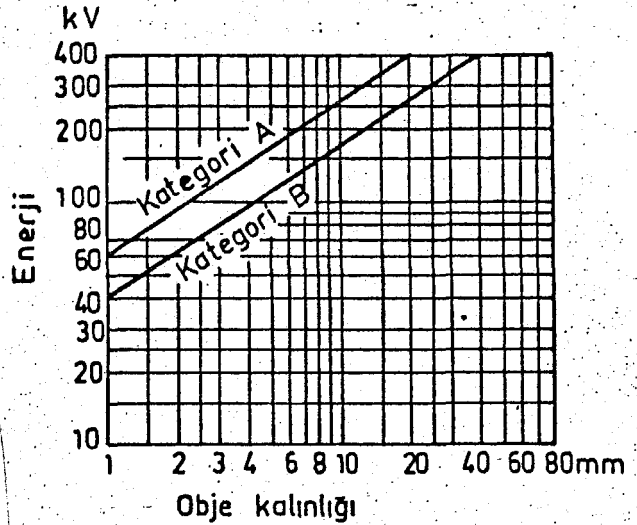
Bu standarda düşük ışın enerjisi, uzun süre verilmek suretiyle daha duyarlı radyografilerin alınması sağlanmaktadır.

15 mm kalınlığındaki çelik malzemenin radyografisini alırken Klas A'ya göre çekim yapılırsa Max 340 kV enerji ile çalışmaya müsaade edilebilir. B Klasında Radyografi istendiğinde 230 kV enerji ile çalışılmaya müsaade edilmektedir. Enerjinin düşük olması max dakika değerinin yüksek seçilmesini gerektirecektir.

Cobalt-60 ve İridyum-192 izotopunun Gammaışınlarının enerjileri değiştirilemeyeceği için izotopun çekebileceği malzeme kalınlıklarını sınırlamaktadır. Çizelge 8.1'de standardın izotoplar için getirdiği sınırlamalar verilmiştir.

ÇİZELGE 8.1- Radyoizotop kaynaklarının DIN 54111 e göre kullanılabilir çelik kalınlıkları

Radyo İzotop	Kullanılabilir Max. ve Min. Çelik Kalınlıkları	
	Kategori A (mm)	Kategori B (mm)
Ir-192	20-100	40-90
Co-60	40-200	70-150



Çelik kalınlığına bağlı olarak maksimum X-ışını enerjisi (DIN 54111)

ŞEKİL 8.1

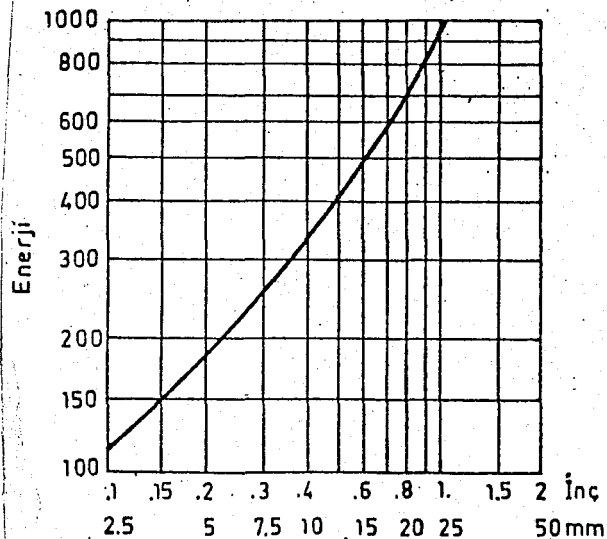
İzotop ile yapılan çekimde A kategorisi düşük duyarlılıkta radyografinin çekimine izin vermesi neticesinde radyo izotopun, geniş kalınlık sınırları arasında çalışmasına müsaade edilmektedir. Malzeme kalınlığının üst sınırı, çekim süresinin makul sınırlar içerisindeki, en kalın malzemenin değeri ile ifade edilir. Radyoizotoplar ile ne kadar ince malzemenin radyografi alınacağı kontrastan yapılan fedakarlığa bağlıdır.

B klasta alınması istenen radyograflarda ise bu sınır daha dar tutulmak suretiyle, iyi kontrasta radyografiler alınması sağlanabilmektedir.

8.2.2. ASME Amerikan Standardına Göre Işın Enerjisi Sınırlamaları

Amerika'da değişik konular için değişik standartlar uygulanmaktadır. Buhar kazanı ve basınçlı kaplar için uygulanan ASME Section standardı malzeme kalınlığına göre müsaade edilen en büyük X-ışını enerjisi için Şekil 8.2'deki eğriyi kullanarak bulmaktadır. Bu standart ışın enerjisini Alman Standardına göre geniş tutmaktadır. Bu da radyograf kalitesinden fedakarlık demektir. 15 mm örnek seçilen malzeme için diyagramdan en yüksek X ışın enerjisi olarak 490 kV bulunur. Bu diyagram çelikler içindir. Değişen malzemeler için de X-ışın enerjisi diyagramları vardır. Burada yer alan diyagram çelik malzemeler içindir.

ŞEKİL 8.2



Çelik kalınlığına bağlı olarak maksimum X-ışını enerjisi (ASME Section V)

ASME standardı Gamma ışın kaynakları ile alınan radyografiler için Çizelge 8.2'de belirtilen değerleri önermektedir.

Görüldüğü gibi bu tabloda minimum kalınlıklar verilmiştir. Maksimum kalınlık sınırı konmamıştır. Bu kalınlıklar Alman standardı 54111'deki çelik için verilen min. kalınlıkların aynıdır. Alman standardında yer alan daha hassas radyografi için verilen kısıtlayıcı değerler ASME standardında yer almamıştır.

8.3. BS 2600 İNGİLİZ STANDARDINA GÖRE IŞIN ENERJİSİ SINIRLAMALARI

İngiliz standardı ışın enerjisi sınırlamasını hem film kalitelerini dikkate alarak yapmakta hem de, X ışınlarında, ışınlama değerine (mAx Dak) sınır getirmektedir.

Filmler birçok standarta yavaş, orta hızlı ve hızlı olmak üzere sınıflandırılmaktadırlar. Bu durum numara ile ifade edildiğinde 1, 2 ve 3 numara verilmektedir.

ÇİZELGE 8.2 (ASME Section V)

Malzeme	Minimum kalınlıklar (mm)	
	Ir-192	Co-60
Çelik	20 mm (0,75")	38 mm (1,5")
Bakır veya Nikel	16,5 mm (0,65")	33 mm (1,3")
Alüminyum	63,5 mm (2,5")	-

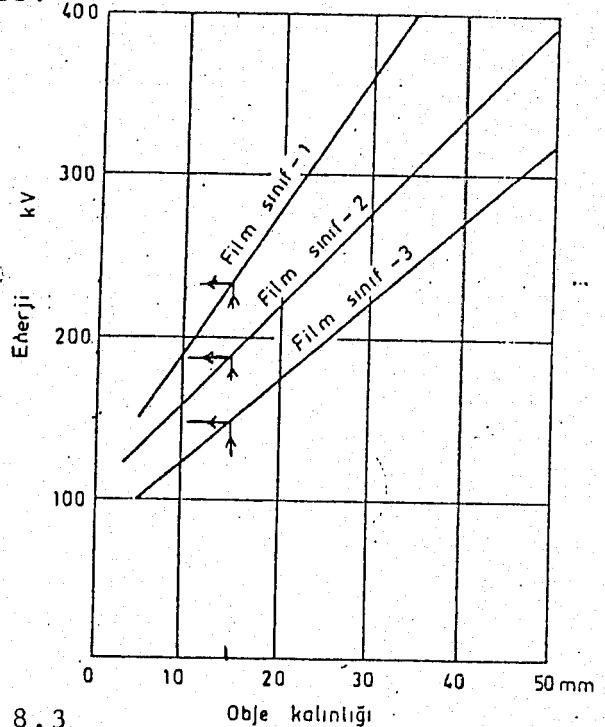
Bölüm 5'de film hızları ve özelliklerinde belirtildiği gibi hızlı filmler az ışın ile çabuk kararırılar. Yavaş filmler için daha çok ışın ve daha uzun süre ışınlamaya ihtiyaç vardır (Çizelge 8.3).

Malzeme kalınlıklarına göre kullanılabilen en yüksek ışın enerjileri Şekil 8.3'deki diyagramda belirtilmiştir. 15 mm kalınlığındaki çelik için, hızlı film kullanılması halinde 150 kV, orta hızlı filmler kullanılması halinde 190 kV, yavaş film kullanılması halinde ise maksimum X ışın enerjisi olarak 230 kV kullanılabilceğini önermektedir.

Radyografi tekniğinin kalitesine göre de ışınlama değerini (mAxdakika) ayrı ayrı vermiştir. Sırasıyla 1. kalite radyografi için ışınlama değeri en az 30 mA.dak. 2.kalite için 20 mAxdak. 3. kalite için ise 15 mA.dak değeri önerilmektedir.

Bu değerler çekim zamanı ve miliamper cinsinden akım şiddeti bağıntısını vermektedir. 1.kalite radyografi çekimi için, en az ışınlama değeri 6 mA akım şiddeti seçilirken, 5 dakika süre ile ışın kaynağı çalıştırılmalıdır. Çizelge 8.3 ışınlama alt sınırı kalitelere göre verilmiştir.

Radyo izotop kaynaklarının çelikler için minimum değerleri Çizelge 8.4'de görülmektedir.



Çelik kalınlığına bağlı olarak maksimum X-ışını enerjisi (BS 2600)

ŞEKİL 8.3

Obje kalınlığı

ÇİZELGE 8.3

X-ışını radyografisinde ışınlama (exposure) değerinin alt sınırları (BS 2600; 1973)

Radyografik tekniğin kalitesi	Işınlamanın alt sınırı (m A dak)
1	30
2	20
3	15

ÇİZELGE 8.4

Radyoizotop kaynakların kullanılabilceği minimum çelik kalınlıkları (BS-2600)

Radyoizotop	Kullanılabilceği minimum çelik kalınlığı (mm)
Ir - 192	10
Cs - 137	25
Cs - 134	35
Co - 60	50

8.4. ISO R 1106 Uluslararası Standardına Göre Işın Enerjisi Sınırlamaları

Bu standart radyografi tekniğinin kalitesine göre ışınlama değerinin alt sınırını vermiştir. Çizelge 8.5'de bu değerler görülmektedir. Bu standart ışınlama enerjisini sayısal olarak vermemiştir. Kontrastın yükseltilmesi için kV'tun pratik olarak en küçük değerde seçilmesi önerilmektedir. İngiliz standardına göre daha geniş değerler arasında çalışmayı öngörmektedir.

ÇİZELGE 8.5

X-ışını radyografisinde ışınlama (exposure) değerinin alt sınırları (ISO R 1106)

Radyografik tekniğin kalitesi	Işınlamanın alt sınırı m A dak
Sınıf A	8
Sınıf B	15

9. RADYOGRAFİK KALİTEYE GEOMETRİK DURUMUN ETKİSİ VE STANDARTLARIN MÜSAADE ETTİĞİ DEĞERLER

Işın kaynağından gelen ışının film yüzeyine düşme açısı, ışın kaynağının filme olan uzaklığı, ışın kaynağının boyutu ve malzeme kalınlığının sebep olduğu çekim hataları mevcuttur. Bu hataların az veya çok olması film kalitelerini meydana getirir. Mükemmel alınmış bir radyografide bile giderilemeyen çekim hataları mevcuttur. Bilinçli olarak alınmış bir radyografide, mevcut olan hataları kabul edilebilen sınırlar arasına almak ve lüzumsuz kargaşayı önlemek amacı ile, standartların öngördüğü değerlere uyulması yararlıdır. Standartlar bir tavsiyedir. Öngördükleri değerlerden daha iyi değerlere masrafı artırmadan gitmek en güzelidir.

9.1. GEOMETRİK YARI GÖLGE

Alınan radyografilerin üzerinde görülen hataların çevresinde, net görüntünün hemen bitişiğinde sisli bir gölge daha oluşur, bu gölgeye yarı gölge denilir. Oluşmasının sebebi, malzeme içerisindeki hatanın filmden uzaklığından dolayıdır. Filmler her ne kadar çekim yapılan malzemeye yapıştırılırsa da hata, malzemenin kalınlığından dolayı filmden uzakta kalabilir. Bundandolayı yarı gölge oluşur. Film çekim yapılan malzemedan aralık kalacak şekilde tesbit edilmişse, yarı gölge artar. Yarı gölgenin meydana gelişi Şekil 9.1'de görülmektedir. Burada

U_g = Yarı gölge

F = Kaynak-Film mesafesi

$h = \phi$ = Işın kaynağı boyutu

a = Hata film uzaklığı

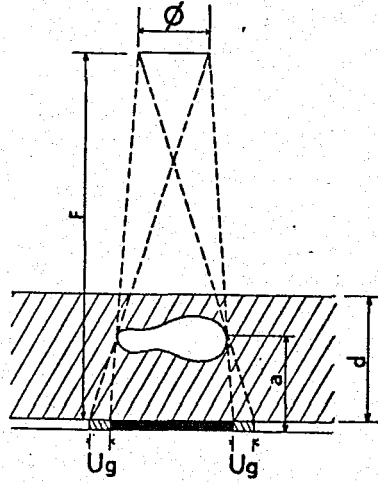
d = Çekim yapılan malzeme kalınlığı

Benzer üçgenlerdendolayı şu bağıntı yazılabilir.

$$U_g = \frac{h \cdot a}{F - a}$$

Malzeme kalınlığına göre maksimum yarı gölge

$$U_g = \frac{h \cdot d}{F - d} \text{ olarak yazılabilir.}$$



ŞEKİL 9.1

Standartlar yarı gölgenin belirli büyüklükten çok olmamasını şart koşarlar. Bazen yarı gölge formülünde yer alan geometrik faktörlere bağlı sınırlamalar ile şart koşarlar. Bazen de ASME ve ISO standartlarında olduğu gibi sayısal değerler ile sınırlamalar getirirler. Çizelge 9.1 ISO standart sınırlarını Çizelge 9.2'de ise ASME Section V'in yarı gölgeye koyduğu sınırlar görülmektedir.

ÇİZELGE 9.1

ISO R 1106'in Geometrik yarı-gölge için koyduğu sınırlar

Radyografik Teknik	Müsaade olunan geometrik yarı gölgenin en büyük değeri (mm)
Sınıf A	0,4
Sınıf B	0,2
Sınıf C	0,4

ÇİZELGE 9.2

ASME Section V'in yarıgölgeye koyduğu sınırlar.

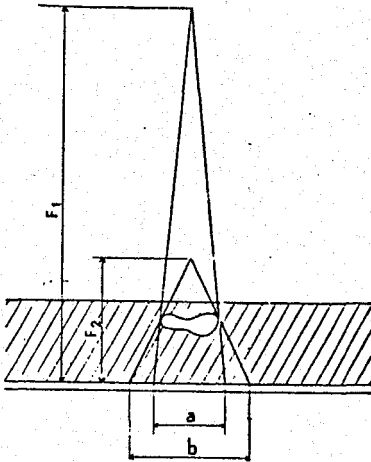
Obje kalınlığı mm	Müsaade olunan en büyük yarıgölge mm
50	0,5
50-100	0,75
100'den büyük	1,75

ISO standardında görülen C sınıfı radyografik kalite, Gamma ışın kaynakları ile yapılan çekimlere aittir.

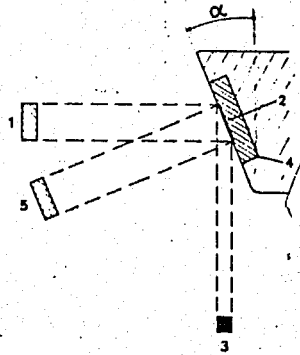
9.2. IŞIN KAYNAĞININ BOYUTUNUN YARI GÖLGEYE ETKİSİ

Noktasal boyuttaki ışın kaynağı yarı gölge vermez (Şekil 9.2). Fakat noktasal ışın kaynağı üretmekte mümkün değildir. Şartların elverdiği ölçüde ışın kaynağının küçük üretilmesi gerekmektedir. Yarı gölgenin büyüklüğü ışın kaynağı boyutu ile doğru orantılıdır.

X ışınlarında kaynak büyüklüğü, Şekil 9.3'de görüldüğü gibi, X ışınlarının oluştuğu sert yüzeyin izdüşüm büyüklüğüdür.



ŞEKİL 9.2



ŞEKİL 9.3

Gamma ışınları halinde ise Bölüm 4'te verilen değerlerdeki gibi radyoizotopun boyut ölçüleridir.

Işın kaynaklarının boyutunun büyük yapılamayışı yarı gölge ile doğru orantılı olmasından dolayıdır. Noktasal olarak yapılamayışları ise: X ışınlarında, Elektronların noktasal bir yüzeye çarptırılması ısının çok artması dolayısıyla yüksek sıcaklığa erişerek odak noktasının yanmasına neden olabilir. Boyutu noktasal kısa ömürlü bir tüp tercih edilemez.

Radyoizotoplarda ise; kaynağın bir gramından alınabilecek ışın miktarı (özellik aktivite) ile sınırlıdır. Işın şiddetini artırmak kaynağın boyutlarını büyütmeyle mümkün olur. Noktasal, güçsüz bir ışın kaynağı, gene tercih sebebi olamaz.

Endüstriyel radyografide kullanılan X ışın cihazlarında ve Gamma ışın izotoplarında kaynak boyutları 1-4 mm arasında üretilir. Çoğunlukla 3 mm civarındaki kaynaklar kullanılır.

5 mA yerine 10 mA kapasiteli X ışın cihazı seçiyorsanız kaynak boyutu üst sınıra doğru yaklaşıyor demektir. Gamma ışın kaynağında da 30 Ci sideki yerine 100 Ci şiddetinde ışın kaynağı seçiyorsanız gene kaynağın boyutunu büyütüyorsunuz demektir. Bu durumda kâr ve zarar ortaya konularak en uygun olanına karar verilmelidir.

9.3. IŞIN KAYNAĞININ YERLEŞTİRME ŞEKLİNİN YARI GÖLGEYE ETKİSİ

Işın kaynağının filme olan uzaklığı, Bölüm 4'de açıklanan ters kareler kanununa göre, ışın enerjisi ve malzeme kalınlığına bağlı olarak değişebilmektedir.

Işın kaynağı malzemeye yaklaştıkça film üzerine düşen ışın miktarı artmakta dolayısıyla film kısa sürede kararmakta-

dır. Ancak Bölüm 9.1'de açıklanan formül gereğince (U) değerinin küçülmesi ile yarı gölge (Ug) artmaktadır.

Standartlar ışın kaynağının filme olan uzaklığını minimum değer olarak verirler. Bazı standartlar yarı gölgeyi sınırlandırarak mesafeyi belirlemiş olurlar.

Standartlar mesafeyi hiçbir zaman üstten sınırlamazlar.

9.3.1. Alman Standardına Göre Minimum Kaynak Film Mesafesi

Bu standartta film ışın kaynağı arası, en az değeri verilmiştir.

F = Kaynak film uzaklığı

h = Kaynak boyutu

d = Malzeme kalınlığını ifade ettiğine göre

A kategorisi için

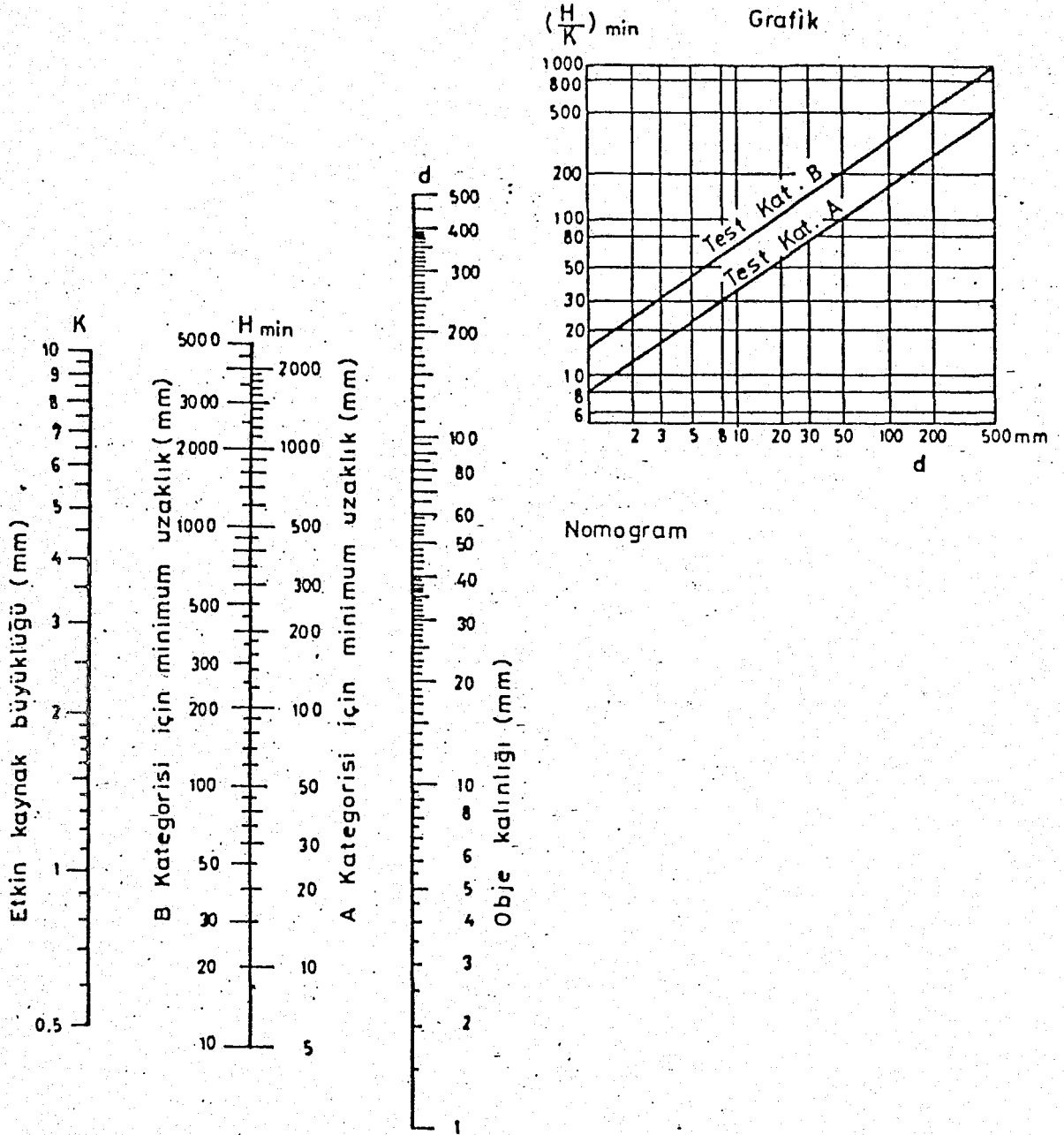
$$\frac{F}{h} = 7,5 d^{2/3}$$

B kategorisi için

$$\frac{F}{h} = 15 d^{2/3}$$

değeri ile hesaplanmıştır.

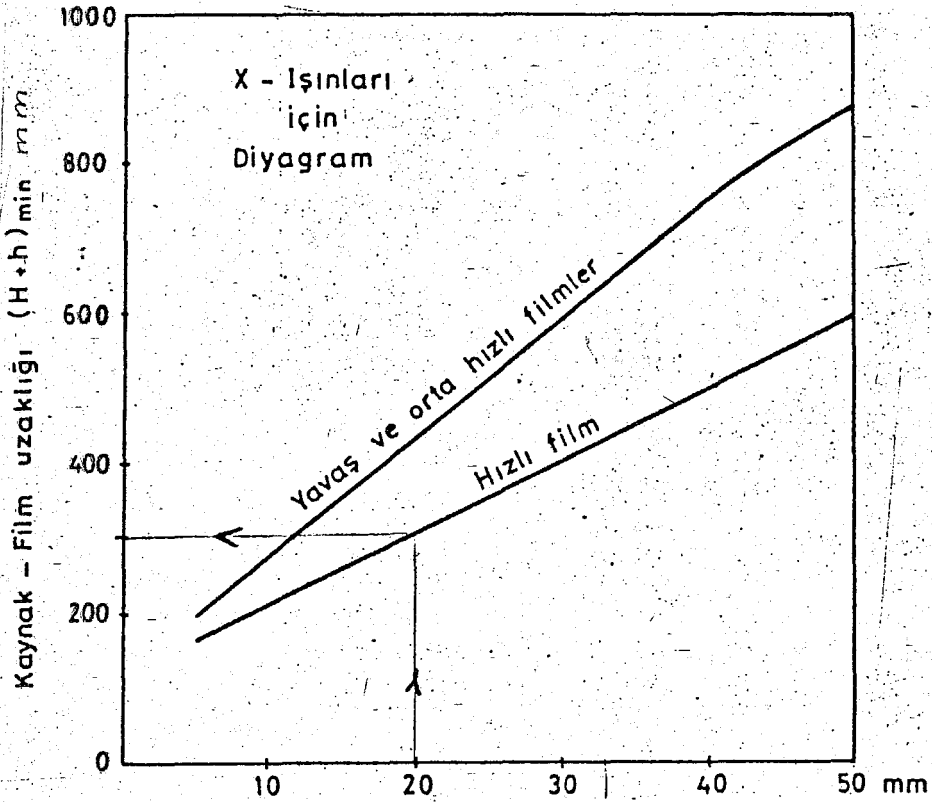
Bu hesaplamanın yerine pratikte Şekil 9.4'de kullanılan diyagram ve nomogramları DIN 54111 vermektedir.



Işın kaynağı-obje minimum uzaklığını (H_{min})
tayine yarayan grafik ve nomogram (DIN 54 111)

9.3.2. BS 2600 İngiliz Standardına Göre Minimum Kaynak Film Uzaklığı

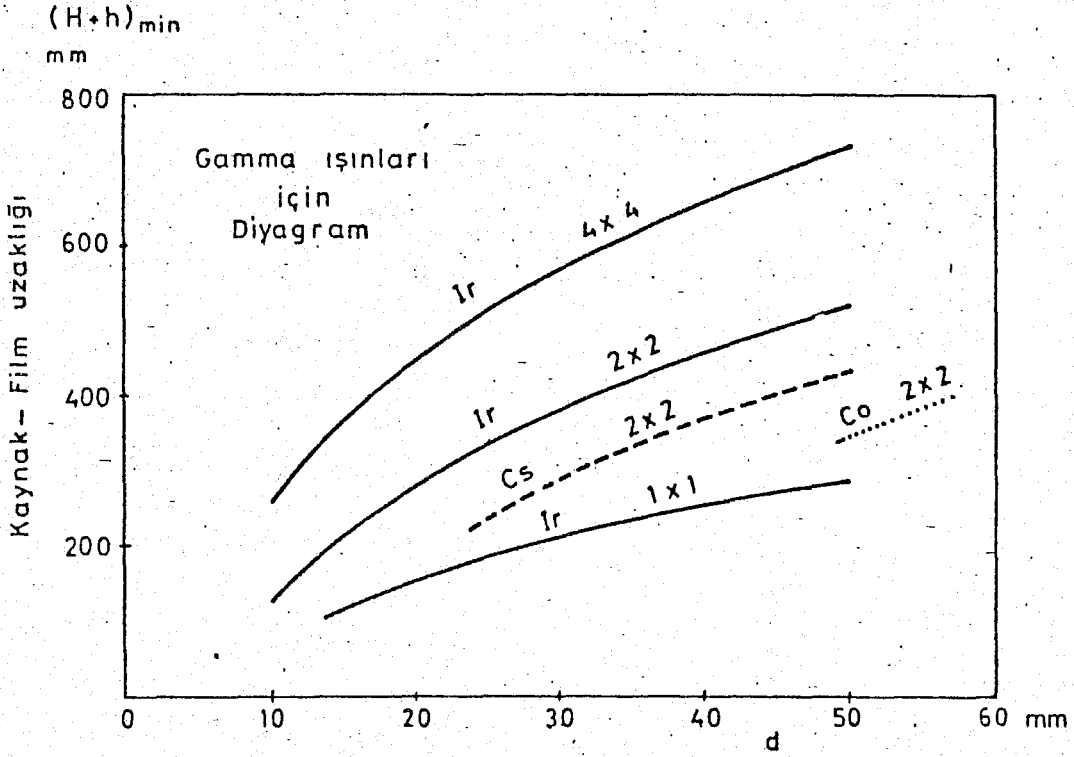
Bu standart, X ışınlarında film hızlarına göre film-ışın kaynağı mesafesini vermiştir (Şekil 9.5).



ŞEKİL 9.5

20 mm kalınlığındaki malzemenin radyografisi alınacak ise ve hızlı bir film kullanılacaksa en az mesafe 300 mm bulunur. Bu değer ile radyografi alınırken kV, mA ve Çekim Zamanı değerleri tesbit edilerek çekim yapılır. 300 mm uzaklık, 20 mm kalınlığındaki bir çelik malzemenin en üst noktasında bir hata olsa idi, meydana gelecek yarı-gölge standart sınırları içerisinde kalması için verilmiştir. Bu değer, 280 mm altına düşülmesi halinde yarı gölge büyür.

Gamma ışın kaynaklarının minimum film uzaklığını veren diyagram Şekil 9.6'da görülmektedir. Burada kaynağın boyutu da belirlenerek diyagram çizilmiştir.



Minimum Kaynak - Film uzaklığı (BS 2600)

ŞEKİL 9.6

İr.4x4, İr.2x2, İr.1x1 ile Sezyum 2x2 ve Cobalt 2x2 kaynaklarının minimum film mesafesi verilmiştir. İr 4x4 kaynağın çapının 4xmm x boyunun 4 mm olduğunu ifade etmektedir.

9.3.3. Uluslararası Standartlara Göre Işın Kaynağı İle Film Arasındaki En Küçük Mesafe

ISO R 1106 ve ISO R 947 bu konuda gerekli açıklamaları vermiştir.

Düz levhaların çekim uzaklığı ISO R 1106 Bölüm 9.1'de açıklanmıştır.

Uluslararası standart film ile ışın kaynağı arasındaki mesafe, film sınıfına göre kabul etmiştir.

ISO R 947 standardı ışın kaynağı ile film mesafesinin minimum değerini vermek suretiyle yarı gölgeyi istenen sınırlar içerisinde tutmayı amaçlamıştır. Çizelge 9.3'de bu değerler görülmektedir.

ÇİZELGE 9.3

Boru radyografisinde kaynak-film uzaklığının minimum değerleri (ISO R 947)

Radyografik tekniğin kalitesi (sınıfı)	K kaynak büyüklüğü mm	$(H+h)_{\min}$ boru çapının katları olarak
A ve C Yarıgölge $U_g = 0,4$ mm	2	5
	3	7,5
	4	10
	5	12,5
	6	15
B Yarıgölge $U_g = 0,2$ mm	2	10
	3	15
	4	20
	5	25
	6	30

9.4. FİLM YERLEŞTİRME PRENSİPLERİ

Radyografik çekim sırasında ışın kaynağının ve filmin yerleştirilmesi sırasında dikkat edilmesi gereken hususlar standartlarda açıklanmıştır. Şekil 9.7'de kaynak ve filmin yerleştirme tarzı görülmektedir.

Film malzemeye arada boşluk kalmayacak şekilde ve kaynağı ortalayacak biçimde ışın kaynağına göre malzemenin ters tarafına konmalıdır.

Kaynakların tamamının filmi çekilecek ise bir başlangıç noktası tesbit edilerek numaralanmalıdır.

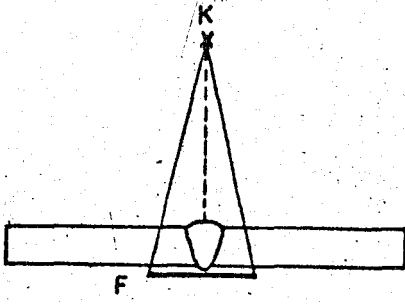
Çekim yapılacak silindirik mamulün markalaması uygun yapılmadığında (Bak.Bölüm 11), film ışın kaynağının karşısına gelmeyeceği için, radyografilerin iki ucu arasında kontrast farkı olacak ve hatta bir tarafta hiç ışın olmamış bölgeler olacaktır. Bu tür radyografileri değerlendirmek mümkün olmayacaktır.

Panoramik çekimlerde iki sorunla karşılaşılabilir; ya boru yarıçapı minimum çekim mesafesinden daha kısa olabilir, veya çapın çok büyük olmasından dolayı ışın kaynağının gücü yetmeyebilir. Buhallerde filmin yerleştirilmesi ayrı kasetlerde yapılıyorsa kaynak filmin tam ortasında kalacak ve 20 mm üst üste binecek şekilde yerleştirilmelidir. Her filmin karşısına ışın kaynağı tarafına bir penetrametre konmalıdır (Bak Bölüm 11).

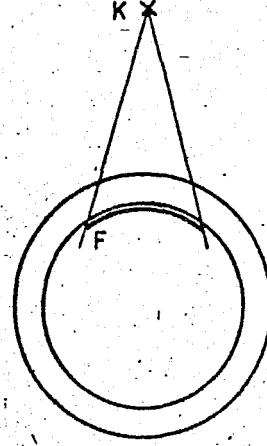
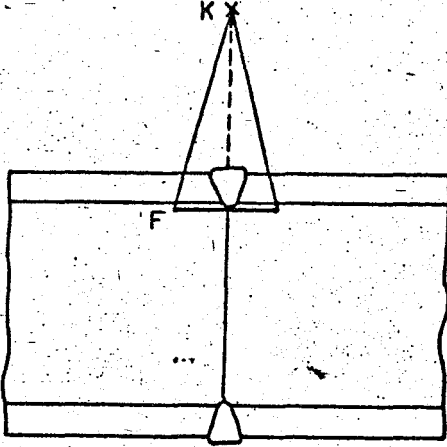
Rulo halinde film kullanılıyorsa kaynak çevresine yeterli uzunlukta bir rulo film yerleştirilmel ve belli yerlerine penetrametre konmalıdır.

Düz levhanın radyografisi
(Standart ışınlama geometrisi)

a)

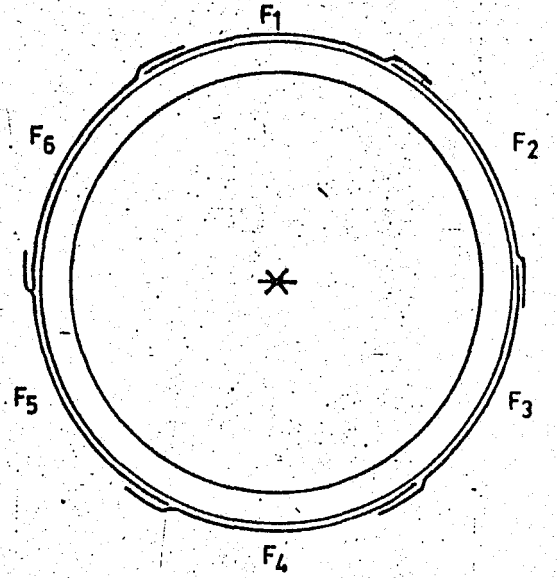
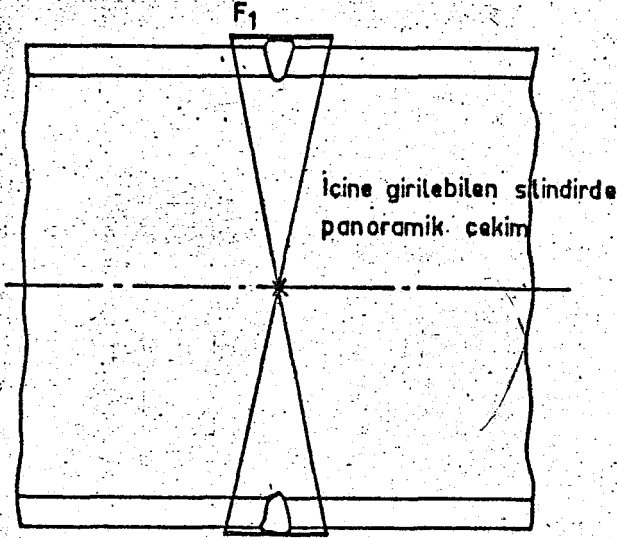


b)

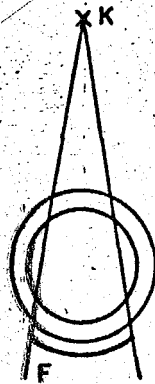
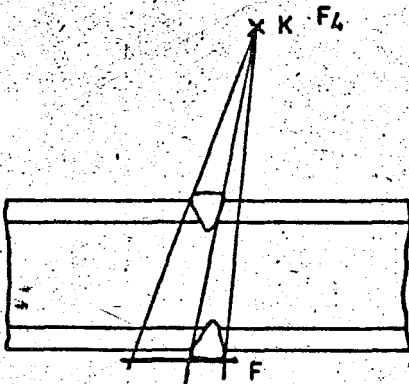


İçine girilebilen
len boruda normal çekim

c)



d)

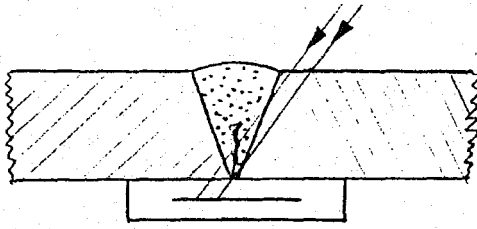


İçine girilemeyen boruda çift cidar
teknîği ile çekim

ŞEKİL 9.7

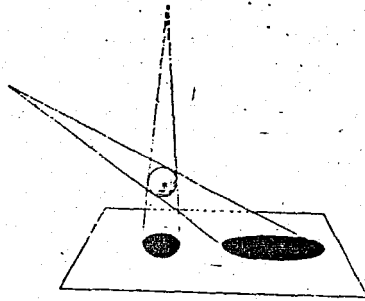
Bu tür çekimlerde ışın kaynağı filme dik ışın verecek şekilde yerleştirilmelidir. Eğik ışınlamanın iki ana mahzuru vardır.

Bunlardan birincisi, kaynatılmış parçaların ek yerlerinde, en önemli hata olan, çatlak aramaktır. Işının katettiği yol ek yerindeki çatlağı da eğik olarak geçecektir. Dolayısıyla çatlağın ayırt edilmesi mümkün olmayacaktır (Şekil 9.8).



ŞEKİL 9.8

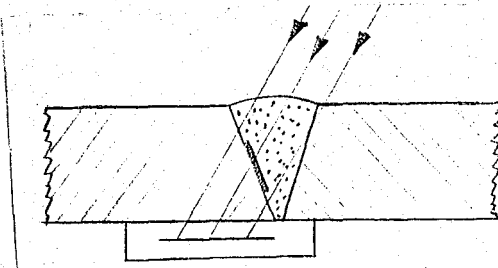
İkinci mahzur ek yerindeki hata iz düşümünün gerçek boyuttan büyük olarak görünmesi neticesinde tanımı güçleştirecek çarpık görüntüler verir (Şekil 9.9).



ŞEKİL 9.9

Eğik ışınlamanın zorunlu olduğu haller de vardır. Küçük çaplı boruların kaynaklarının radyografilerinin alınması için eğik ışınlama şarttır. Dik ışınlama ile, alttaki ve üstteki kaynak üst üste çakıştığı için, takdir etme güçleşir. Görüntüyü, film üzerine kesintisiz bir elips veya daire şeklinde düşürmek gerekmektedir. Daire olarak düşürebilmek için tam 45° eğik ışınlamak gerekecektir. Daha dik ışınlama yapıldığında elips meydana gelir. Açı daha da küçülürse (20° Altında) ek yeri adeta yan yana gelir, bir elipsten ziyade mekiğe benzer. Mekiğin iki ucundaki ek yerlerini değerlendirmek mümkün olmamaktadır. Bu durumda ya çekim yenilenir veya boru mümkünse 90° çevrilerek ölü noktalar yeniden görülecek şekilde radyografisi alınır. Böylece ek yerinde şüpheli bölge kalmamış olur. En iyi yöntem, çatlak bulma açısından, kaynak görüntüsünü yan yana düşürüp 90° den yeniden film çekmedir. 90° den film alma mümkün değilse 45° den açılı çekim en ideâl görüntüyü verecektir. Bu tür çekimlerde dikkat edilecek husus, penetrametrenin yazılarının ek yeri üzerine düşmeyecek şekilde yerleştirilmelidir. Eğik çekimde film ışın izdüşümüne konmalıdır.

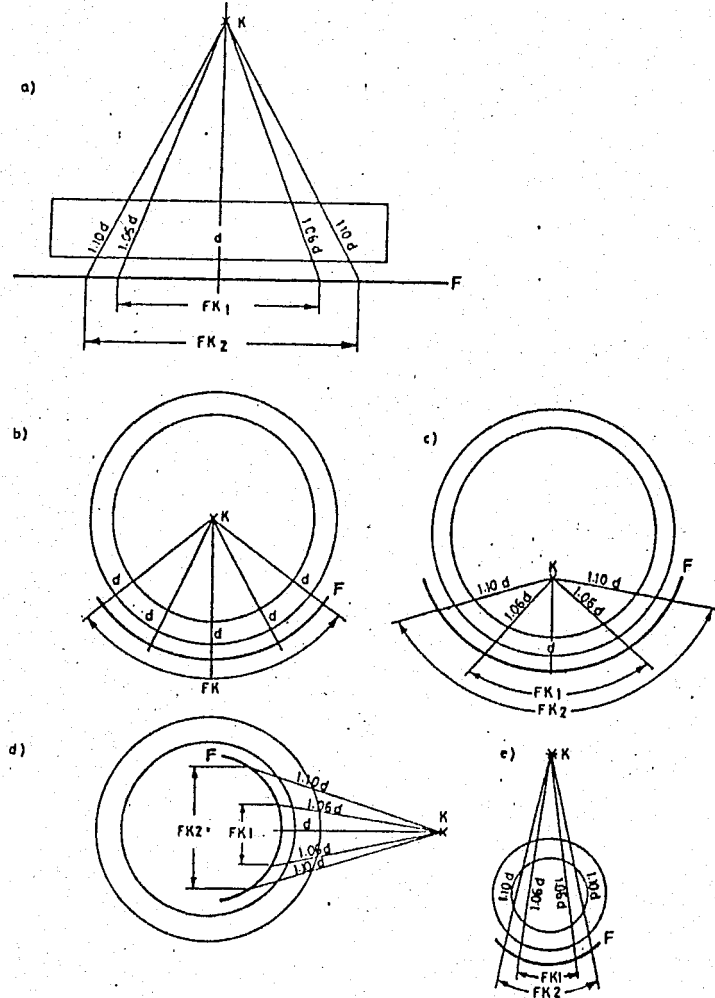
Eğik çekim mecburiyetinin doğduğu diğer hallerden birisi de normal çekimde nüfuziyetsiz kaynamanın olduğu şüphesi hasıl olduğu bölgede kaynak ağzına paralel ışın gönderilerek yapılan çekimdir. Bu çekimden amaç, şüpheli bölgedeki durumu incelemek, dolayısıyla nüfuziyetsizlik varsa açığa çıkarmaktır. Bu gibi hallerde yapılan çekimlerde malzeme kalınlığı olarak ışının katettiği yol hesaplanarak güç ve zaman seçimi bu değere göre yapılarak uygun kontrast meydana getirilir (Şekil 9.10).



ŞEKİL 9.10

10. FİLM ÜZERİNDE DEĞERLENDİRİLEBİLEN GÖRÜNTÜ BOYUTU

Işınlama sırasında filmin bütün boyutu kararmasına karşılık anlamlı yani okunabilen boyutun uzunluğu ışının malzeme içinden geçme uzunluğuna bağlıdır. Işın kaynağı daima konik ışın yayar. Bundan dolayı malzeme düz olsa bile koninin yanal doğrultusu tepe açısına bağlı olarak malzeme içerisinden geçerken dik gelen ışınlar göre uzun bir yol kateder. Standartlar bu boyutu maksimum $1,1 d$ ile sınırlamışlardır. İyi kalite radyografi istendiğinde bu değer $1,06 d$ olarak alınır. (Şekil 10.1).



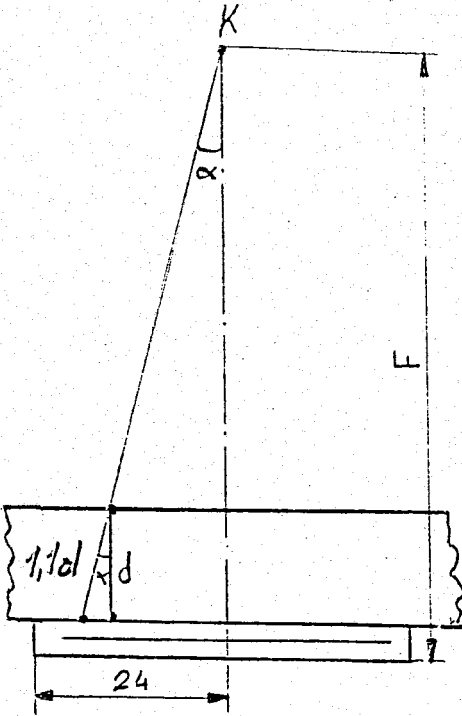
Düzlemsel ve silindirik geometrilere film kapsamı.

FK1 Yüksek duyarlılık çekim.

FK2 Daha düşük duyarlılık çekim.

ŞEKİL 10.1

¾ 100 çekim istenen ek yerlerinin radyografi alımında filmin tam boyunun değerlendirmeye tabi tutulması istenir. Yani filmin en uç noktasının dahi ışının malzeme içinden kattığı yolun 1,1 d den büyük olmaması istenir. Bunu gerçekleştirmek için film ışın kaynağı mesafesini yapılan hesaplara göre almak çok daha uygun olacaktır.



ŞEKİL 10.2

$$\cos \alpha = \frac{d}{1,1 d}$$

$$\cos \alpha = \frac{1}{1,1} = 0,909090$$

$$\alpha = 24^{\circ} 30'$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{24}{F}$$

$$F \leq \frac{24}{\operatorname{tg} \alpha}$$

$$F \leq \frac{24}{0,45573}$$

$$F \leq 52,66 \text{ cm}$$

bulunur.

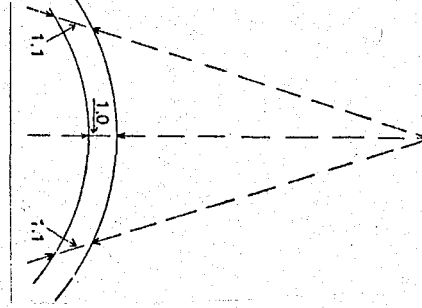
$$\cos \alpha = \frac{1}{1,06} = 0,94339$$

$$F \leq \frac{24}{\operatorname{tg} 19^{\circ} 20'} = 68 \text{ cm olur.}$$

$$\alpha = 19^{\circ} 20'$$

Silindirik parçaların radyografilerinin alınması sırasında ışın kaynağı borunun içinde ve merkezde olması halinde hiçbir sorun yoktur. Merkezden uzaklaşıldıkça filmin okunabilen boyutunun hesaplanması söz konusudur. Silindirik parçaların ışın kaynağının dışta olması halinde de okuma boyu tesbiti için hesaplamalar yapılabilir.

Şekil 10.3'de eğri yüzeyden ve ışın kaynağının eğik yayılmasından dolayı malzemenin içerisinde ışın yolunun uzadığı görülmektedir.



ŞEKİL 10.3

Filmlerin değerlendirilebilen kısımları için ISO R 1106 ve İngiliz BS 2600 standardı Hassas radyograflarda 1,06 d ve ikinci kalite radyografilerde ise 1,1 d değerini esas almaktadır.

Alman normu DIN 54111 aynı sınırlamayı fotografik yoğunluk esas alınarak değerlendirmeye tabi bölgeyi belirlemektedir.

Fotografik yoğunluğa etki eden olay film üzerine düşen ışın miktarıdır. Işın miktarının çok olması kararmayı artırır. Işın miktarının az olması ise fotografik yoğunluğu azaltır. Aynı anda ve aynı film üzerinde fotografik yoğunluğun farklı olması ışının malzeme içerisinden geçerken katettiği yolun uzunluğuna ve kısalığına bağlıdır. Parçaların ek yerlerinde homojen bir kaynak malı kalınlığı yoksa kalın olan yerde fotografik yoğunluk az olacaktır. Film üzerinden fotografik yoğunluğu ölçmek suretiyle kolayca görülebilecektir. Bu bakımdan bu standardın önerisi daha olumlu ve tatbiki kolaydır.

Alman standardında radyograflar iki kalite ile ifade edildiği bilinmektedir. Birinci kalite radyografilerde değerlendirmeye tabi bölgelerin fotografik yoğunluğunun iki ve daha yukarı olması gerekmektedir.

İkinci kalite radyografilerde ise bu değer 1,7 olarak kabul edilmiştir. Bir radyografi üzerinde fotografik yoğunluğun 1,7 den az olan yerlerin değerlendirilmemesi gerektiği öngörülmektedir.

Fotografik yoğunluk, karar ma miktarıdır. Rakamlar ile ifade edilebilir. Filmin ışık geçirgenliği ile ölçülür.

11. RADYOGRAFİK KALİTENİN ÖLÇÜLMESİ

Radyografik kalite nedir? sorusuna alınan cevap ölçülmesi gerekenleri de ortaya koyacaktır.

Radyografik kalite ile ifade edilmek istenen kavram aslında radyografik duyarlıdır. Film üzerindeki görüntüde malzeme içerisindeki en küçük yoğunluk farkını ayırtedebilme imkanını sağlayacak şekilde alınan radyograflara duyarlı radyografi denilir.

Kaliteli bir radyografinin alınabilmesi şu faktörlere bağlıdır.

a) Işın kaynağının durumu radyografinin kalitesini etkiler. Işın kaynağının yeni olması özellikle X ışınlarında radyografik kaliteyi iyileştirir.

b) Radyografisi alınan malzemenin kalınlığı.

c) Film ışın kaynağı mesafesi ışın kaynağı filme yaklaştıkça görüntü kalitesi düşer.

d) Film seçimi radyografik kaliteyi etkiler. Hızlı ve yavaş filmlerin kullanma yerlerinin iyi seçilmesi, filmin bayat veya taze olması film kalitesini etkiler.

e) Ekranların durumu radyografik kaliteyi etkiler. Ekranların tuz veya metal olması, metal ekran kaliteyi artırır. Eski veya yeni olması, yeni yüzeyi parlak ekranlar kaliteyi artırır.

f) Banyo şartları radyografik kaliteyi etkiler.

Bütün bu faktörlerin iyileştirilmesi neticesinde kaliteli radyografi çekmek mümkün olabilir. Ancak radyografinin kaliteli olup olmadığını ölçmek gerekmektedir. Çekim tekniğini ve kaliteyi kontrol altında tutan bu araçlara penetremetre denilir. Penetremetre sözcüğü yerine sonraları resmi yazışma ve ifadelerde I.Q.I (Image Quality Indicator) deyimini kullanılmaktadır. Ancak genel ifade şekli olarak halen penetremetre sözcüğü ile ifade edilmektedir.

Penetremetrelerin malzemesi ve boyut ölçüleri standartlarla saptanmıştır. Penetremetrenin malzemesinin muayenesi yapılacak malzemeden olması esastır. Belli başlı penetremeler incelenecektir.

11.1. TELLİ ALMAN PENETREMETRESİ

Bu penetremetre, üç penetremetre olarak standartlaştırılmıştır. Her bir penetremetre üzerinde belirli çaplarda yedi adet telden meydana gelmiştir. Üç penetremetrenin üzerinde 21 adet tel bulunur. Fakat bütün penetremetrelerin üzerinde 16 değişik çapta tel vardır. Bu tellerin çaplarına göre isimlendirilir. Örneğin:

1-	Penetremetreye	1-7	penetremetresi	
2-	"	6-12	"	
3-	"	10-16	"	denilir.

Bu tip penetremetrenin tel çaplarını gösteren tablo Çizelge 11.1'de verilmiştir.

Telli Alman penetremetreleri DIN 54109 ile 1962 yılında yeniden standartlaştırılmıştır. Ayrıca uluslararası standartlar Enstitüsü (ISO) tarafından da kabul edilmiştir.

ÇİZELGE 11.1

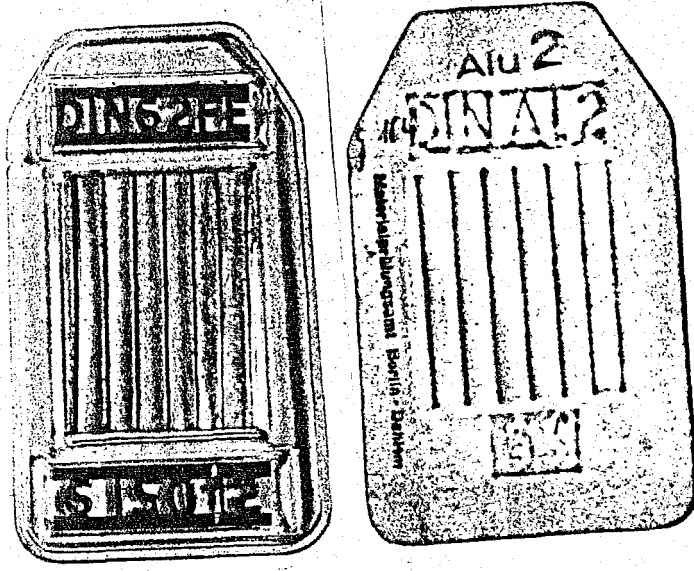
Tel Tipi I.Q.I. (Telli Penetremetre)

I. Q. I. Kademeleri	Tel Numaraları ve Çapları (mm)						
1 / 7	1 3,2	2 2,5	3 2,0	4 1,6	5 1,25	6 1,0	7 0,80
6 / 12	6 1,0	7 0,80	8 0,63	9 0,50	10 0,40	11 0,32	12 0,25
10 / 16	10 0,40	11 0,32	12 0,25	13 0,20	14 0,16	15 0,125	16 0,100

Penetremetrenin üst tarafında DIN numarasının kısaltılmış şekli yazılmıştır. Alt tarafında ise uluslararası standartların kısaltılmış işareti ISO ile penetremetrenin üzerinde bulunan tellerin çaplarının sıra numarası olan rakamlar vardır.

Telli penetremetre üzerinde bulunan tellerin boyuna göre iki çeşittir. Tel boyu 50 mm olan penetremetreler, bunlara uzun tip denilir. Tel boyu 25 mm olan penetremetreler, bunlara da kısa tip denilir. Her iki tip penetremetrenin telleri X ışınına kolay geçiren şeffaf plastik üzerine 5 mm aralıklarla düzgün olarak yerleştirilmek suretiyle imal edilmiştir. Böyle bir penetremetre Şekil 11.1'de görülmektedir. Bu penetremetre kullanılırken sıcaklığa maruz bırakılmamalı ve eğilip bükülmemelidir. İçerisindeki teller eğilmek suretiyle şekil değiştirerek düzgünlüğü kaybolmaktadır.

Telli penetremetreler ile radyografik duyarlığın tayini yapılırken, özellikle kaynaklı birleştirilmiş ek yerlerinde kaynak bölgesi üzerinde görülen en ince telin çapı sap-



ŞEKİL 11.1

tanarak işlem yapılır. Yani görünen tel çapı o yerin kalınlığına bölünerek duyarlık saptanır.

$$(\%) \text{ I.Q.I duyarlığı} = \frac{\text{Görünen en ince tel çapı}}{\text{Malzeme kalınlığı}} \cdot 100$$

Kullanılan saç kalınlığı 12 mm kaynak yüksekliği 2 mm olan kaynaklı alın birleştirmesinde görülen en ince tel çapı 10-16 penetremetresinde görünen en ince tel, kalından inceye doğru, dördüncü teldir. Tablodan dördüncü telin 13 numara olduğu ve çapının 0,2 mm olduğu bilinmektedir. Buna göre:

$$\% \text{ I.Q.I. Duyarlığı} = \frac{0,2}{12+2} \cdot 100 = \% 1,4$$

Bu örnekte radyografik duyarlık % 1,4 olmaktadır.

11.2. DELİKLİ PENETREMETRELER

Amerikan A.S.T.M. penetremetreleridir. Bu penetremetrede muayene edilen malzemenin yaklaşık % 2'sine tekabül eden uniform kalınlıktaki bir plaketten ibarettir. Şekil 11.2'de görüldüğü gibi üç delik vardır. Plaketin kalınlığı T ise birinci deliğin çapı 4 T ikinci deliğin çapı T, üçüncü deliğin çapı 2 T dir.

Penetremetrenin üzerinde tanınma işareti vardır. Bu işaret kurşunla yazılmıştır ve kullanılacak malzemenin kalınlığını inch olarak gösterir. Penetremetrenin üzerinde bulunan çentikler hangi grup malzemeler için kullanıldığını ifade eder. Bu işaret penetremetrenin de malzeme çeşidinin ifadesidir.

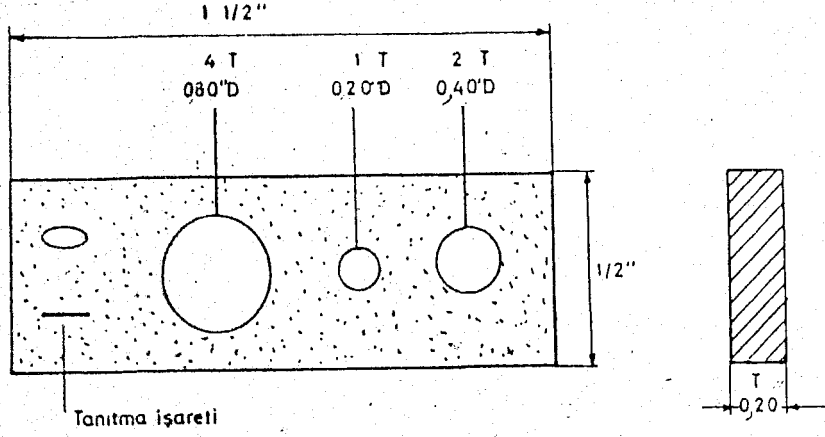
Bu penetremetre çeşidinin takımında 0,05 parmaktan başlayarak belirli kademelerde yukarı doğru giden birçok sayıda penetremetre bulunur.

Delikli penetremetrelerde I.Q.I. kalitesinin kontrolu şu şekilde yapılır. Penetremetre tam üzerinde yazılı olan malzeme için kullanılmış ise ve radyografi üzerinde 2 T delik çapı görülüyorsa radyografik duyarlık % 2 den daha iyidir. Penetremetre uygulamasının amacı da bunun kontroludur.

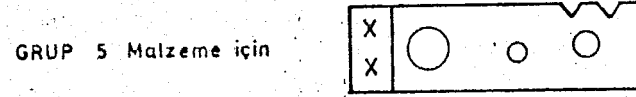
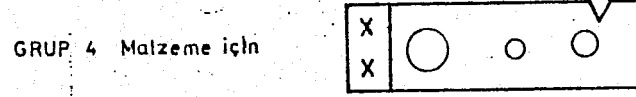
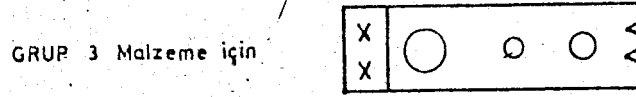
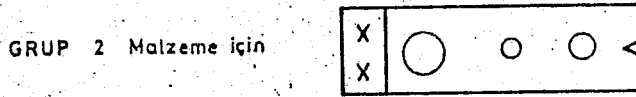
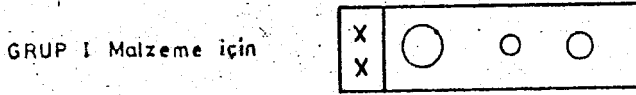
Delikli penetremetrede I.Q.I. kalitesi şöyle bulunur:

$$\% \text{ I.Q.I. kalitesi} = \frac{\text{Görünen delik çapı}}{\text{Malzeme Kalınlığı}} \cdot 100$$

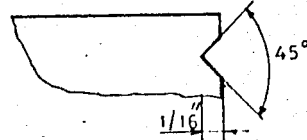
Örnek: 1 parmak kalınlığındaki bir malzemenin muayenesi yapılmış ise ve radyografi üzerinde 2 T deliği görünmüş ise;



Delikli düz serit şeklindeki ASTM Penetremetresi



Çentikğin detayı



ASTM penetremetresinin çentikleri ve Amerikan malzeme standardına göre taşıdığı anlamlar.

ŞEKİL 11.2

$$\text{Radyografik duyarlık} = \frac{T(\text{Penetremetre kalınlığı})}{\text{Malzeme kalınlığı}} \cdot 100$$

$$\text{Penetremetre kalınlığı} = 0,02 \cdot 1'' = 0,02''$$

olduğundan

$$\text{Radyografik duyarlık} = \frac{0,02''}{1''} \cdot 100 = \% 2 \text{ den iyidir diye ifade edilir.}$$

Radyografik kalite yazılırken malzeme kalınlığı, penetremetre kalınlığı ve görülebilen en küçük delik çapı ile beraber yazılır.

Delikli penetremetrelerin radyografik duyarlık ve Amerikan standartlarında radyografik görüntü kalitesi kademeleri Çizelge 11.2'de görülmektedir.

ÇİZELGE 11.2

Delikli tip penetremetrelerde radyografik duyarlık ve Amerikan standartlarında radyografik görüntü kalitesi kademeleri.

Radyografik Duyarlık %	Radyografik kalite kademesi	Penetremetre kalınlığının obje kalınlığına oranı %	Görüntüde fark-olunabilen en küçük delik
0,7	1 - 1 T	1	1 T
1,0	1 - 2 T	1	2 T
1,4	2 - 1 T	2	1 T
2,0	2 - 2 T	2	2 T
2,8	2 - 4 T	2	4 T
4,0	4 - 2 T	4	2 T

11.3. BASAMAKLI PENETREMETRELER

Delikli sabit kalınlıklı penetremetrelerin daha gelişmiş halidir. Bir blok üzerinde çeşitlikalınlıkların olması duyarlık değerdendirmesinde avantaj sağlar.

Bunlar çeşit olarak

- Amerikan A.S.M.E
- İngiliz penetremetreleri (BWRA ve BS)
- Fransız AFNOR penetremetresidir.

Aynı prensibe bağılı kalınarak yapılmış penetremetrelerdir. Aralarında yalnız ayrıntı farkı vardır.

Şekil 11.3'de bu tür penetremetreler görülmektedir.

Bu tür penetremetrede radyografik duyarlık tayini diğer penetremetrelerde yapılanın aynıdır. Şu formüle göre duyarlık hesap edilir.

$$\% \text{ I.Q.I Duyarlığı} = 100 \times \frac{\text{Farkedilen en ince basamak kalınlığı}}{\text{Malzeme kalınlığı}}$$

Amerikan penetremetresi A.S.M.E. 1/2" kare şeklinde basamaklardan meydana gelmiş olup her basamağın merkezinde 3/16" lık bir delik mevcuttur.

Basamak kalınlıkları:

50 mm ye kadar çelikler için:

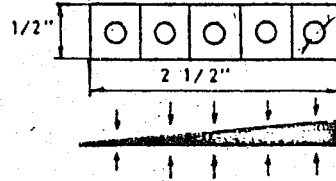
0,005"-0,01"-0,02"-0,03"-0,04"

50 ila 100 mm kalınlığındaki parçalar için:

0,04"-0,05"-0,06"-0,07"-0,08"-0,09"

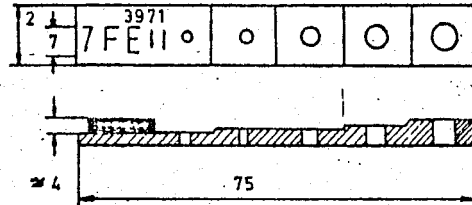
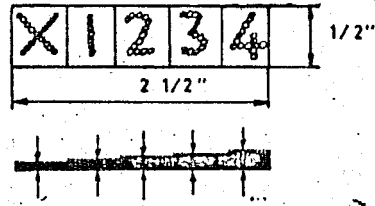
olarak yapılmıştır.

Amerikan A.S.M.E. penetremetresi

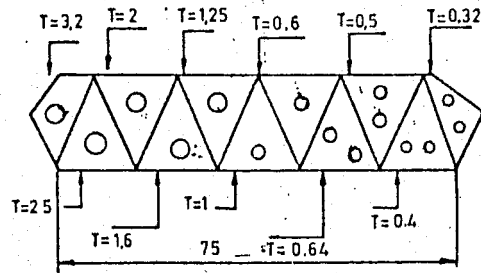
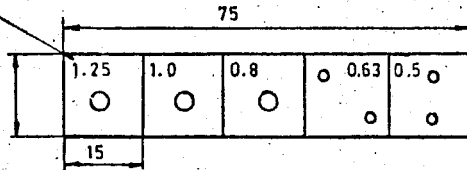


BWRA

İngiliz



Basamak kalınlıkları



Basamaklı penetreleler

ŞEKİL 11.3

- Basamaklı İngiliz penetremetresi BWRA ve BS basamaklı ASME penetremetresinin eşidir. Yalnız her basamağı karakterize eder bir işareti meydana getiren küçük delikler mevcuttur. X-1-2-3-4 gibi.

- Basamaklı AFNOR Penetremetresi: Bu tip penetremetrede her basamata basamak çapına eşit delik veya delikler delinmiştir.

11.4. İŞE UYGUN PENETREMETRENİN SEÇİLMESİ

Kaynak dikişlerinde aranan en önemli hata çatlaklardır. Çatlakların ayırt edilebilmesinde en duyarlı penetremetrelere telli penetremetrelerdir.

Döküm içerisinde porozite hatalarının tesbitinde en duyarlı penetremetre olarak basamaklı penetremetreler kullanılır. Sabit kalınlıklı penetremetreler bilhassa basınçlı kapların radyografisi için geliştirilmiştir. Hataların en tehlikelisi olan çatlağı en iyi telli penetremetreler tesbit eder. Bu bakımdan en çok bu penetremetre kullanılır.

11.5. PENETREMETRELERİN ÇEKİM YERİNE KONMASI

Telli penetremetreler kaynak dikişine dik pozisyonda konulmasına karşılık basamaklı ve sabit kalınlıklı penetremetreler kaynak dikişine paralel olacak şekilde kaynatılmamış saçın üzerine yerleştirilir ve kaynak yüksekliğine göre altı beslenir.

Penetremetreler, film ile ışın kaynağı arasına gelecek şekilde ve mutlaka malzemenin ışın kaynağı tarafına konulma-

lıdır. Bu yerleştirme ile parçanın filme en uzak noktasının dahi film üzerine düşme hassasiyeti kontrol altında tutulmuş olacaktır.

Penetremetreler daima filmin ucuna konulmalıdır. 48 cm uzunluğundaki filmlerde her iki başa birer penetremetre konularak ışının eğik geldiğı bölgelerdeki duyarlık kontrol altında tutulmalıdır.

Kısa filmlerde uç tarafa yerleştirilmiş bir penetremetre yeterlidir.

12. FILMLERİN ÇEKİM YERLERİNİN İŞARETLENMESİ VE FILMLERİN ÇEKİM YERİNE BAĞLANMASI

Filmler çekim yerine konmadan önce, kontrolü yapılacak mamulün markalanması gerekir. Markalama işlemi, ışın kaynağına göre, ön ve arkayüzden yapılmalıdır. Bu aşamada dikkat edilecek nokta ışın kaynağının eksenini ile film orta yeri aynı eksen üzerine gelecek şekilde markalanmalıdır. Yani içte işaretlenen nokta ile dışta işaretlenen nokta birbirini üzerinde olmalıdır. Film çekim yeri (T) ve (+) (Te ve istavroz) kaynaklarında ise markalamada yapılacak başkaca herhangi bir işlem olmayabilir. Tank kaynak yerlerinin yüzde yüz radyografilerinin alımında iç çap ve dış çap farkından dolayı merkezlerde kaçma olmaması için gerekli düzeltmeler yapılmalıdır. Yüzde yüz radyografi alınacak bir tank için 48 cm boyunda film kullanıyorsa film bindirme payı her başta 2 cm kadar verilmelidir.

Örnek: Dış çapı 2525 mm olan bir tankın 14 mm et kalınlığındaki malzemeden yapılmıştır. Yüzde yüz film çekileceğine göre çevresinin markalanması istenmektedir.

$$\text{Dış Çevre} = \pi \cdot D = 2525 \cdot 3,14 = 7928,5 \text{ mm}$$

$$\text{İç çevre} = \pi \cdot d = (2525 - 28) \cdot 3,14 = 7844 \text{ mm}$$

$$\text{Film Sayısı} = \frac{\text{Dış çevre}}{\text{Film boyu}}$$

$$\text{Film boyu} = \text{Gerçek boy} - \text{Bindirme payı}$$

$$\begin{aligned} \text{Film boyu} &= 480 - 2 \cdot 20 \\ &= 440 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Film sayısı} = \frac{7928,5}{440} \sim 18 \text{ film/çevre olur.}$$

Tank dıştan markalanırken herhangi bir "T" merkez kabul edilerek markalamaya başlanır. Bu birinci filmin merkezidir. T den itibaren 440 mm çevrede işaretlenirse ikinci filmin

merkez uzaklığı şöyle hesaplanır:

$$\text{İç merkez uzaklığı} = \frac{\text{İç çevre}}{\text{Çevre, film sayısı}}$$

$$\text{İç merkez uzaklığı} = \frac{7844}{18} = 435,7 \text{ mm}$$

"T" birinci merkezden ikinci merkez mesafesi 435,7 mm olarak işaretlenir. İç işaretleme şerit metre ile yapılıyorsa şeritmetrenin iç çevreye iyice oturması sağlanmalıdır. Şeritmetre yerine kullanılmış veya bozulmuş filmlerden bir markalama şablonu yapılmalıdır.

Filmler çekim yerine mıknatıs veya bant ile bağlanırlar. Muayenesi yapılacak parça mıknatıslanma özelliğinde ise film mıknatıs ile tutturulur. Mıknatıslanma özelliği olmayan parçaların radyografilerinin alımında ise kağıt bantlar ile film ek yerine bağlanır. Yansımanın çok olma ihtimali olan yerler de filmin arkasına 1 mm kalınlığında kurşun levha konulur. Bu levhanın ölçüleri film ölçüleri kadardır.

13. FİLMİN İŞINLANMASI

Filmin ışınlanması, radyografinin yeteri kontrasta elde etmek için, malzeme kalınlığı ve cinsi ışın kaynağının gücü ve çekim mesafesine bağlı olarak tesbit edilen ışınlama süresi kavramlarını içerir.

İşınlama süresinin tesbiti, değişen malzeme kalınlıklarına göre kısa zamanda hesaplanabilmesi için belirli araçlar geliştirilmiştir. Bunlar, poz diyagramları, nomogramlar ve sürgülü veya döner poz cetvelleridir.

Sürgülü veya döner poz cetvelleri ışın kaynağı imalatçıları tarafından üretilmekte ve satılmaktadır. Genel amaçlıdır.

Poz diyagramları daha kesin sonuç verirler ve ucuzdur. Bunun için diğerlerine oranla çok kullanılırlar.

Poz diyagramları, filmin kararmasına etkin olan bütün değişkenleri içeren çok parametrelili eğri topluluklarıdır.

Filmi karartan radyasyon dozuna etkili olan değişkenler şöylece sıralanabilir:

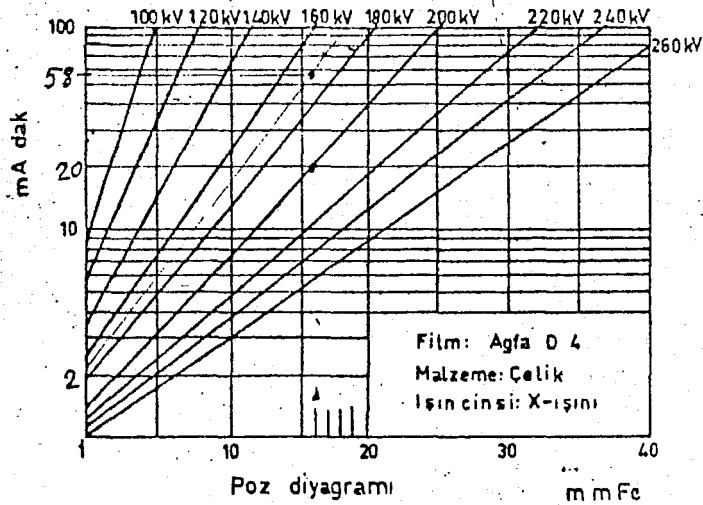
- 1- Radyasyon enerjisi
 - a) X ışınlarında "kV"
 - b) Gamma ışınlarında radyoizotopun cinsi

- 2- Radyasyon şiddeti
 - a) X ışınlarında "mA"
 - b) Gamma ışınlarında "Curie"

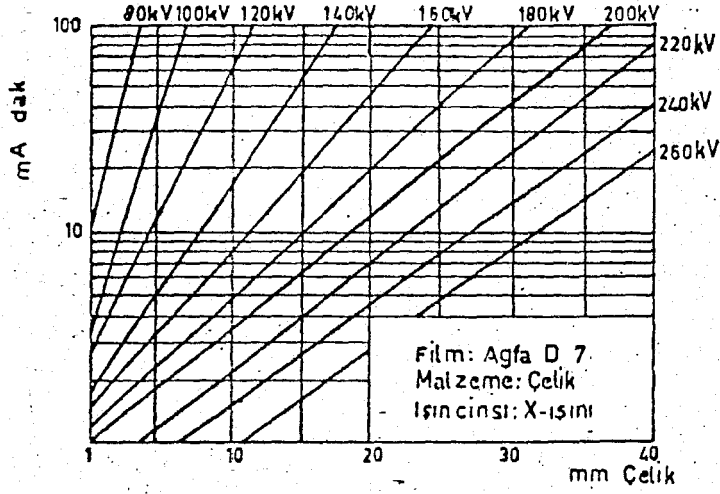
- 3- Poz süresi
- 4- Işın kaynağı-film mesafesi
- 5- Filmin cinsi
- 6- Ekranın cinsi
- 7- Banyo şartları
- 8- Filtrasyon (Uygulanıyorsa)
- 9- X-ışını cihazı (veya radyoizotop)
- 10- Muayenesi yapılacak malzemenin cinsi

Bu değişkenler topluluğunda ilk dört değişkene serbest değişken son altı değişkene de sabit değişken denilir. Yani son altı parametre sabit tutularak ilk dört maddenin bulunması kolaylaştırılır. Filmin cinsi D7, ekran cinsi kurşun, banyo şartları sabit, filtrasyon uygulanmıyor. Işın kaynağı olarak X ışını kullanılıyor ve çelik muayene ediliyorsa ilk dört değişken poz diyagramlarından bulunabilir. Son altı maddenin birisi değişmişse poz diyagramı o değişkene göre yeniden yapılmalıdır.

Şekil 13.1'de çelik malzemenin D4 filmi kullanılarak, X-ışınları ile alınacak radyografi için kullanılan poz diyagramı görülmektedir. Şekil 13.2'de D7 filmi için poz diyagramı, Şekil 13.3'de D7 filmi çelik için İr-192 poz diyagramı Şekil 13.4'de çelik için Co60 Poz diyagramları görülmektedir.



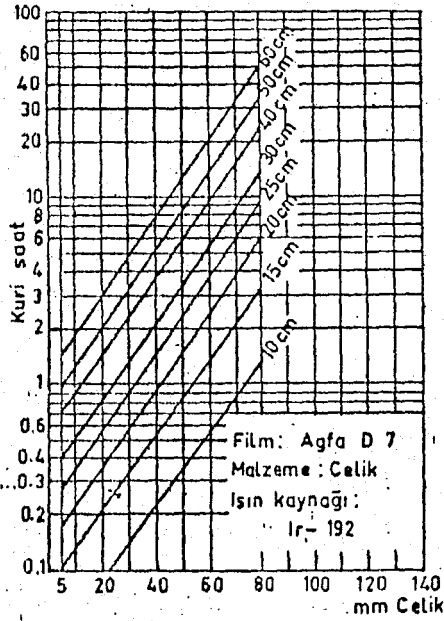
ŞEKİL 13.1



Şekil - 21.2 Poz diyagramı

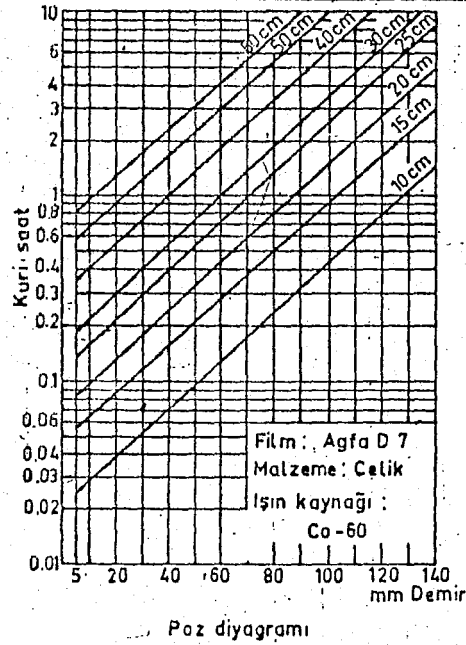
NOT : Her iki diyagram için diğer ortak şartlar :
Fotoğrafik yoğunluk : D= 2
Ekran : 0.002mm Pb
Kaynak - film uzaklığı : 70 cm
Developman koşulları : G 230 , 20°C , 5 dak.

ŞEKİL 13.2



Poz diyagramı

ŞEKİL 13.3



Poz diyagramı

NOT : Her iki diyagram için diğer ortak koşullar :
Fotoğrafik yoğunluk D= 2 Ekran : ön 0.1 mm Pb , arka 0.15mm Pb
Developman koşulları : G 230 , 20°C , 5 dak.

ŞEKİL 13.4

X ışınları için yapılmış poz diyagramlarında yatay eksen lineer olarak malzeme kalınlığını düşey eksen logaritmik olarak "mAxdakika" değerini gösterir. Değişken kV değerleri anılan koordinat takımları içerisinde, bir çok doğrular ile ifade edilmiştir (Şekil 13.1 ve 13.2).

Gamma ışınları poz diyagramlarında ise yatay eksen mm olarak malzeme kalınlığını, düşey eksen ise logaritmik olarak "Curie saat" değerini ifade eder. Gamma ışınlarında enerji değişmediğine göre bir değişken azalmaktadır. Radyoizotoplarında değişken olarak kaynak-film uzaklığı alınmıştır. Anılan koordinat eksenleri içerisinde kaynak film uzaklığını gösteren doğrular çizilmiştir. Diyagramlar üzerine sabit kabul edilen parametreler mutlaka yazılmalıdır. Şekil 13.3 ve 13.4'de Gamma ışın poz diyagramı görülmektedir. Poz diyagramlarının kullanılması oldukça basittir.

13.1. POZ DİYAGRAMLARININ KULLANILMASI

Elimizde bulunan diyagramın kullanılmasına geçmeden önce poz diyagramının çizim parametreleri bizim radyografi alımı için uygulamamız gereken parametrelere uygun olup olmadığı incelenir. Parametreler aynı ise poz diyagramını kullanabiliriz. Parametrelerin birinin farklı olması halinde bu diyagram kullanılamaz.

Şekil 13.1'deki diyagramın kullanılmasını örneklerle açıklayalım.

Örnek 1- 16 mm kalınlığındaki çelik kurşun ekranlı D4 filmi kullanılarak, 8 mA-200 kV maksimum çekim değeri olan bir X ışın cihazı ile filtresiz olarak radyografisi 70 cm mesafeden alınacaktır.

DIN 54111 e göre çekim için gerekli olan kV, mA ve süreyi buluruz.

DIN 54111 Bölüm 8.2.1'de kategorilere göre tavan çekim değerlerini belirlediğinden söz edilmişti. Buna göre 16 mm kalınlığın A sınıfı için maksimum 350 kV güce çıkılabileceği görülmektedir. B sınıfı için ise gene diyagramdan 250 kV önerilmektedir. Biz elimizdeki cihaz ile 30 mm kalınlığa kadar çekim yapabileceğimizi Bölüm 3.2'de görmüştük.

A sınıfı radyografi için 350 kV değerinin altında bir değerle çekim yapılabilir.

B sınıfı için 250 kV değerinin altında çekim yapılabilir.

A sınıfı için 200 kV

B sınıfı için 170 kV seçilerek

koşullarımıza uyan poz diyagramından ışınlama değerini okuyabiliriz.

Bunun için yatay eksenin üzerindeki 16 mm den dik çizerek 200 kV çizgisi ve 170 kV çizgisi üzerinde noktalar elde edilir. Bu noktalardan (Y) eksenine dik inilerek $m_{Axdakika}$ değeri bulunur. Bu değerler A kategorisi için 20 mA dak
B kategorisi için 58 mA dak
bulunur. (Bulunan bu rakamlar ISO R 1106'ya uygundur).

$m_{Axdakika}$ değerinden "mA" kabul edilerek dakika hesaplanır. Dakika yani X ışın kaynağının çalışma süresi hiçbir zaman 1 dakikanın altında olmamalıdır.

A kategorisi için çekim süresi, $m_A=5$ alındığında,
 $t_{A1} = 4$ dakika olarak bulunur.

B kategorisi için 8 mA akım şiddeti alındığında çekim süresi $t_{B1} = 7,25$ dakika olarak bulunur.

Film-kaynak odak uzaklığı değişince bulunan çekim süresi de değişir. Yukarıdaki örnekteki çelik malzeme zorunluluktan dolayı A kategorisinde 50 cm mesafeden B kategorisinde 80 cm den ışınlanma

durumu olduğu varsayılırsa, çekim süresi şöyle hesaplanır:

Normal poz diyagramından bulunan A kategorisi çekim süresine t_{A1} denilirse değişen uzaklık şartlarındaki çekim süresine de t_{A2} diyelim.

$$t_{A2} = t_{A1} \cdot \frac{H_2^2}{H_1^2} \text{ yazılır.}$$

H_2 = İkinci yani değişen uzaklık

H_1 = Poz diyagramındaki uzaklık

$$t_{A2} = 5 \cdot \frac{50^2}{70^2} \Rightarrow t_{A2} = 5 \cdot \frac{2500}{4900} = 2,55 \text{ dak.}$$

$$t_{B2} = 7,25 \cdot \frac{80^2}{70^2} \Rightarrow t_{B2} = 7,25 \cdot \frac{6400}{4900} = 9,46 \text{ dak. bulunur.}$$

Kullandığımız film industrex C filmi olsaydı ve biz D_{10} filmi diyagramını kullanarak diğer elemanları bulsaydık Industrex C filmi için poz süresi şu şekilde hesaplanacaktır.

Önce Bölüm 5'deki eş değerlik çizelgesinden Agfa-Gevart D4 filmi ile Kodak Industrex C filmi arasındaki hız faktörü D7 filmine göre bulunur.

$$\frac{C}{D7} / \frac{D4}{D7} \Rightarrow \frac{C}{D4} = \frac{1}{3,8}$$

Kodak Industrex C filmi karşısından ve D7 sütunundan 1 rakamı bulunur. D7 sütununda ve D4 karşısından 3,8 rakamı bulunarak yerine konursa C/D4 hız faktörü bulunur.

B kategorisinde D4 filmi için poz süresi $t_{B1} = 7,25$ dakika idi. B kategorisi için Kodak Industrex C için poz süresi

$$\frac{C}{D4} \cdot t_{B1} = \text{Kodak Industrex C poz süresi bulunur.}$$

$$\frac{1}{3,8} \times 7,25 = 1,9 \text{ dakikadır.}$$

Çelik için poz diyagramları olduğu gibi alüminyum ve bakır gibi diğer metaller içinde poz diyagramları yapılmıştır. Bu diyagramlardan bulunan değerlere göre ışınlanarak çekilen radyografiler uygun koyuluğa erişirler. Koyu filmlerin kontrastı (Ayırdediciliği) da iyidir. Elde çelik için doz diyagramı varsa ve bu poz diyagramından yararlanarak Çizelge 13.1'deki malzemeler için poz süreleri bulunabilir. 140 kV X ışını ile çelik poz diyagramından yararlanılarak bulunan zaman, alüminyum için 0,12 rakamı ile çarpılarak bulunur. Çelik için poz süresi 3 dakika bulunmuş ise aynı kalınlıktaki ve aynı film kullanılarak aynı ekranla alüminyum için, kV ve mA de değiştirmeden, $0,12 \times 3 = 0,36$ dakika bulunur.

ÇİZELGE 13.1

Yaklaşık radyografik denge faktörleri

Malzeme	X-ışını					Gamma ışınları		
	50 KV	100 KV	140 KV	220 KV	400 KV	Ra-226	Co-60	Ir-192
Magnezyum	0.05	0.05	0.05	0.08	-	-	-	-
Alüminyum	0.08	0.02	0.12	0.18	-	0.40	0.35	0.35
Karbon Çeliki	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Bakır	-	1.5	1.5	1.4	1.4	1.1	1.1	1.2
Pirinç	-	-	1.4	1.3	1.3	1.1	1.1	1.1
Çinko	-	-	1.4	1.3	1.3	1.0	1.0	1.1
Kurşun	-	-	14.0	11.0	-	2.3	2.3	4.0
Zirkonyum	-	2.4	2.0	1.9	1.5	-	-	-
Uranyum	-	-	-	18.0	12.0	-	-	-

14. FİMLERİN BANYO EDİLMESİ

Pozlandırılan ışığa duyarlı malzemedeki gizli görüntüyü açığa çıkarmada banyolar kullanılır. Banyo, film üzerindeki emülsiyonu etkileyerek (Ag) gümüşün siyaha dönüşmesini sağlar. Gümüşten ayrılan (Br) Bromür serbest bırakır.

Banyo işlemi ya otomatik makinada yapılır, ya da bir banyo küveti düzeni ile yapılır. Banyo küveti düzenleri, küvet içerisindeki banyoları istenilen sıcaklıkta tutabilecek termostat aygıtları ile donatılmalıdır.

14.1. FİLM BANYO ÇEŞİTLERİ

Işınlanmış film görüntünün açığa çıkarılıp, yeniden değişikliğe uğramaması için, üç banyo işleminden geçirilir.

1- Devaloper, (Birinci veya açığa çıkarma banyosu denilir). Birinci banyo üç kimyasal madde grubundan oluşur. Poz gören kısımlar bu banyoda siyaha dönüşür. Bubanyonun değişik türleri vardır. Devaloper şu maddelerden oluşur.

a) Siyahlanmayı sağlayan kimyasal maddeler (Metal-Hidrokinon-glisin gibi).

b) Alkaliler-Aktiviteyi (Hareket verici) sağlayan kimyasal maddeler (Karbonat de sud-potasyum-karbonat-boraks-sodyumhidroksit-Paraformaldehit) gibi.

c) Oksidasyonu önleyici kimyasal maddeler (konserve ediciler) sulfit de Sut, metabisülfüt gibi.

2- İkinci Banyo (Ara veya stop banyosu da denilir)

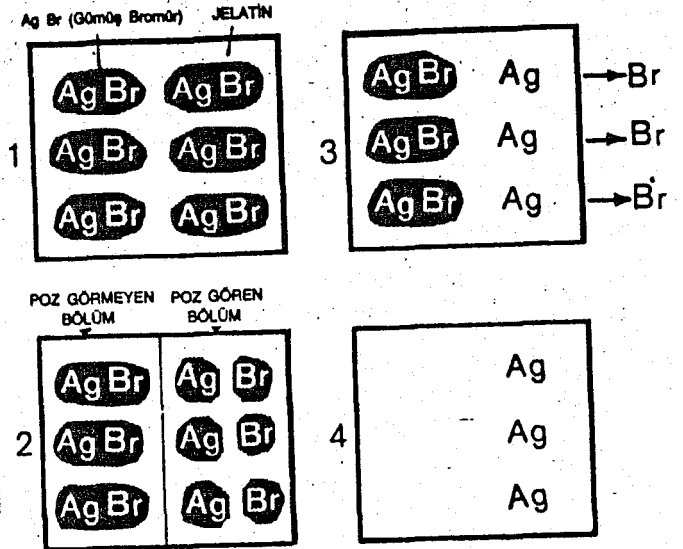
Bir litre suya 15-20 gr arası asetik asit ilave edilmesiyle ara banyo hazırlanmış olur. Bu banyonun görevi birinci banyo kalıntılarını temizleyerek hem üçüncü banyoyu bozulmasını önleriz hem de filmin kararmasını durdurmuş oluruz. Yıkama süresi 10-15 saniye dolayında yapılmalıdır.

3- Tesbit banyosu (fiksaj veya hiposülfid banyosu) Poz görmüş-film üzerindeki ışın alamamış (AgBr) gümüş bromür bu banyo ile film üzerindeki duyarlı tabakadan ayrıştırılarak banyo içerisine alınır. Dolayısıyla film üzerinde kararma (bozulma) yapabilecek etken ortadan kaldırılmış olur. Böylece görüntü bozulmayacak şekilde açığa çıkarılır.

Şekil 14.1'de banyo işleminin üç kademesi ve yıkama işleminin süre ve özellikleri görülmektedir. Şekil 14.2'de ise ışın gören ve görmeyen duyarlı tabakanın ayrışması görülmektedir.



ŞEKİL 14.1



ŞEKİL 14.2

Filmlerin banyosu için uygun bir oda ve oda içerisinde uygun donatılmış olması gerekmektedir. Kaset içerisinde çıkarılan film, tutucularına geçirilir. Tutucular ile beraber film birinci banyo içerisine bırakılır. Birinci banyo içerisinde Çizelge 14.1'de görülen değerler kadar bekletilir.

ÇİZELGE 14.1

Film Cinsi	18°	20°	22°	24°	26°	28°	30°
D2-D4							
D5-D7	6	5	4	3 1/2	3	2 1/2	2 dakika
D10							

Filmler banyo içerisine bırakılırken, filmler aşağı yukarı hareket ettirilmelidir. Bu hareket film üzerindeki hava kabarcıklarını uzaklaştırır. Dolayısıyla banyo sıvısı filme tam temas ettirilmiş olur. Bu hareketin arkasından banyo sıcaklığına göre karanlık oda saati ayarlanır ve beklemeye geçilir. Bu ölü zamanda, kaset içerisine ışınlanmamış, yeni filmler yerleştirilmelidir. Zaman dolduğunda filmler birinci banyodan çıkarılır. Ara banyoya bırakmadan önce filmlerin üzerindeki sıvının birinci banyo kabına akmasını sağlamak için 5-10 saniye birinci banyo üzerinde bekletilmelidir. Bunun sebebi, tutuculara ve filme yapışan banyo ilacının taşınarak kısa sürede birinci banyonun eksilmesini önlemektir. Ara banyoya atılan filmler 20-25 sayıncaya kadar aşağı yukarı hareketle yıkanmalıdır.

Son banyoya atarken ara banyonun suyu gene akıtılmalıdır. Son banyo fiksaj (fiksaj banyosu) içerisine atılan film, film yüzeyindeki sis tabakası yok oluncaya kadar bekletilmelidir. Bu da yaklaşık 10-15 dakika kadardır. Filmler son banyoya atıldıktan sonra, sayet film yerleştirme işi bitmişse ve film kutuları kapatılmışsa, ikinci banyonun üstüne bir karton konularak normal lamba yakılabilir. Filmler son banyodan çık-

tıktan sonra yıkama suyuna atılır. Bu su, normal musluk suyudur. Küvetin altındaki delikten girer ve üstten taşarak akmak suretiyle filmleri yıkar. Bu suda filmler 30 dak. kadar bekletilir. Bunun sebebi film üzerinde banyo eczalarının kalmaması içindir. Bu eczalar film kurduktan sonra film üzerinde lekeler yaparak filmin kalitesini düşürür. Film yaşken çizilmemesi ve lekelenmemesi için azami dikkat gösterilmelidir.

Film kurutulur. Kurutulduktan sonra banyo hatalarının olup olmadığı kontrol edilir. Şayet banyo hataları varsa bunlar giderilerek banyo işlemlerine devam edilir. Banyo hatası yoksa filmler özel kağıtları arasına yerleştirilerek değerlendirme için saklanır.

Banyoda belli başlı hatalar:

1- Kontrast Azlığı:

Filmin koyuluğu normal olmaması halinde kontrast azlığı varsa, bu durum filmin soğuk banyoda uzun zaman bekletilmiş olduğunu ifade eder. Koyuluk yeteri kadar değilse ve kontrast az ise, bu durumda film yeteri kadar banyoda beklememiş demektir.

2- Kuvvetli kontrast varsa, bozuk veya kötü hazırlanmış banyoyu ifade eder.

3- Koyuluk genel olarak az ise, banyo zamanı kısadır. Uygun olmayan veya kötü hazırlanmış banyo kullanılmaktadır.

4- Koyuluk genel olarak çok fazla ise, banyo zamanı çok uzundur. Banyo sıcaklığı çok fazladır. Banyo uygun değil veya kötü hazırlanmıştır.

5- Film üzerinde uçuk perde görülmesi uygun olmayan karanlık oda ışıklandırması yapılmıştır veya film karanlık oda ışığında fazla uzun kalmıştır. Film istenmeyen ışık suası görmüştür. Bu uçuk perde görülmesi en önemli film hatalarındandır. Bu duruma eskimiş veya kötü depolanmış filmlerde görülür. Kötü hazırlanmış veya çürümüş banyolar da bu görüntüye sebep olurlar. Filmin kaset içerisinde kuvvetli bir ısınma görmesi bu uçuk perde olayına sebep olabilir. Kuvvetli ısınmayı ya güneş altında bırakmak veya kızgın zemin üzerine filmi koymamız sebep olabilir. Film kasetinin kötü kapatılması da bu görüntüyü verebilir.

6- Film üzerinde sarı bir perde görülmüş ise bunun sebebi uzun zaman kullanılmış bir banyoda banyo edilmesi sebep olur. Birinci ve son banyo zayıftır. Ara banyoda, iyi yıkanmamış filmlerde de bu durum görülebilir.

Filmler uzun süre bekletildiğinde önce görülmeyen sarı perde meydana çıkabilir. Bunun sebebi fiksaj banyosu iyi olmamıştır.

7- Film yüzeyi göze ışık yansıtacak şekilde ışığa tutulduğunda sarı-yeşil ışık görülmesi olayı şu sebeplerden dolayı görülebilir. Son banyodan ilk banyoya karışma olmuştur. Film kısa yıkanmış bir ara banyodan geçmiştir. Banyoları uzun zaman kullanma neticesinde bu olay görülebilir.

8- Bulutçuklar film içerisinde her yerde dağılmış olarak görülmüşse bunun sebebi eski ve kötü depolanmış film kullanıldığı anlamını taşımaktadır. Bu tür film radyografisinin içinde göz kabarcıkları varmış gibi görüntü verir.

9- Film üzerinde yuvarlak açık lekelerin görülmesi olayı, film birinci banyoya atıldığında, yeteri kadar sallanmaması halinde, film üzerine yapışan hava kabarcıkları banyoya filmin temasını önlerler. Bu durum yuvarlak beyaz lekelerin oluşmasına sebep olur.

Birinci banyodan evvel film üzerine son banyo veya su sıçraması yuvarlak açık lekelerin görülmesine sebep olur. Ekranların zedelenmesi halinde de bu tür açık lekeler meydana gelir.

10- Film üzerinde açık şerit görülmesi, filmin eşit derecede kurutulmamasından kaynaklandığı gibi filmin banyo içerisindeki sallama hareketinin olmadığı hallerde oluşur. Birinci banyoda iki filmin birbirine teması da açık şerit görülmesine sebep olur.

11- Film üzerinde, insanın terli eli ile veya ıslak olarak filmleri tutmasından dolayı, parmak izi lekeleri görülür.

Bir filmi banyo ettikten sonra film çekim kalitesi olarak incelenmelidir. Bu inceleme neticesinde yukarıda sözü edilen herhangi bir hata görülmüşse giderilerek banyo işlemine devam edilmelidir.

Çekim sırasında banyo şartlarından başka kontrast ve çekim kalitesini etkileyen odak noktası - film mesafesi kV, mA ve poz süresinin uygunluğu ilk banyo edilen filmin durumuna göre tekrar gözden geçirilerek çekim ve banyo hataları en aza indirilerek çekime devam edilmelidir.

Bu da ancak banyo düzeninin çekim yerinde olması, yani seyyar bir banyo teşkilatı ile mümkün olmaktadır.

Yukarıda sözü edilen banyonun kullanılma süresi, şartlara bağlı olmakla beraber, banyo takımının, metrekare cinsinden, belli bir film yüzeyini banyo eder. Bu firmalara göre değişir. Banyo ilacı üreten her firma banyo takımının ne kadar film yüzeyini banyo edeceğini belirtir.

Banyo Odası

Filmlerin kasete yerleştirilmesi kasetten çıkarılması ve banyo işlemlerinin yapıldığı özel donanımlı odalara ihtiyaç vardır. Bu odalar ışık, rutubet, havalandırma, banyo kuvetleri ve su tertibatı gibi özel teçhizatı olan odalardır.

Bu odalar iki kısımdan oluşur. Birinci kısım kuru kısımdır. Filmin kasete konduğu ve çıkarıldığı maşalara yerleştirildiği kısımdır. İkinci kısım ise filmin banyo edildiği ve yıkandığı kısımdır.

Banyo odasının diğer bir adı karanlık odadır. Karanlık oda filtreden geçirilerek özel ışıkla aydınlatılmış oda anlamındadır. Bu özel ışığın dışında hiçbir ışık banyo odasına girmemelidir. Bunun için kapı ve havalandırma delikleri özel şekil ve biçimlerde yapılarak normal ışığın içeri girmesi önlenmelidir.

Film, filtreden geçen, filmin duyarsız olduğu, ışığa (genelde kahverengi veya kırmızı) en az 1-1,5 metre yaklaştırılmalıdır. Daha yakında tutulması tavsiye edilmez. Karanlık odaya sızan ışığın veya kahverengi ışığın film üzerine etkisi basit bir deneyle anlaşılabilir. Karanlık odada 10-12 cm uzunluğunda bir film kutudan çıkarılarak filmin yarısı, kağıt, ekran gibi el altındaki bir madde ile örtülür. Bir müddet yarısı örtülü halde tezgah üzerinde bekletilerek banyo edilir. Film üzerinde fon farkı yoksa karanlık oda şartları iyidir. Bir müddet bekletmenin süresi filmler, kasete konma ve poz verme

sonunda kasetten çıkararak maşalara takma ve banyo küvetlerine götürüp banyo içerisine daldırıncaya kadar geçen zaman en az olmak kaydı ile bulunan süredir.

Bu işlemler için geçen zamanın iki katı kadar bir zaman dahi bekletilebilir.

Karanlık oda küvetteki banyo sularının etkisi ile oldukça ağır bir koku meydana getirir bu koku iyi bir havalandırma ile giderilmelidir. Havalandırma deliğinden ışık girişi engellenmelidir.

Karanlık oda tozsuz olmalıdır. Ayakaltı mümkünse tozu her zaman alınabilecek temiz bir malzeme ile kaplanmalıdır. Tozlar, banyo edilen ve durulanan filmlerin kurutulması sırasında, filmin üzerine yapışarak görüntüyü bozabilirler. Bu bakımdan mümkünse filmler özel kurutma dolaplarında kurutulmalıdır.

Karanlık odaya toz üretebilecek hiçbir araç sokulmamalıdır. Soyunma dolabı, takım sandığı X-ışın makinası ve yardımcı takımları karanlık odaya sokulmamalıdır.

Karanlık odanın teçhizatı olarak sayabileceğimiz araçlar sırasıyla şunlar olacaktır:

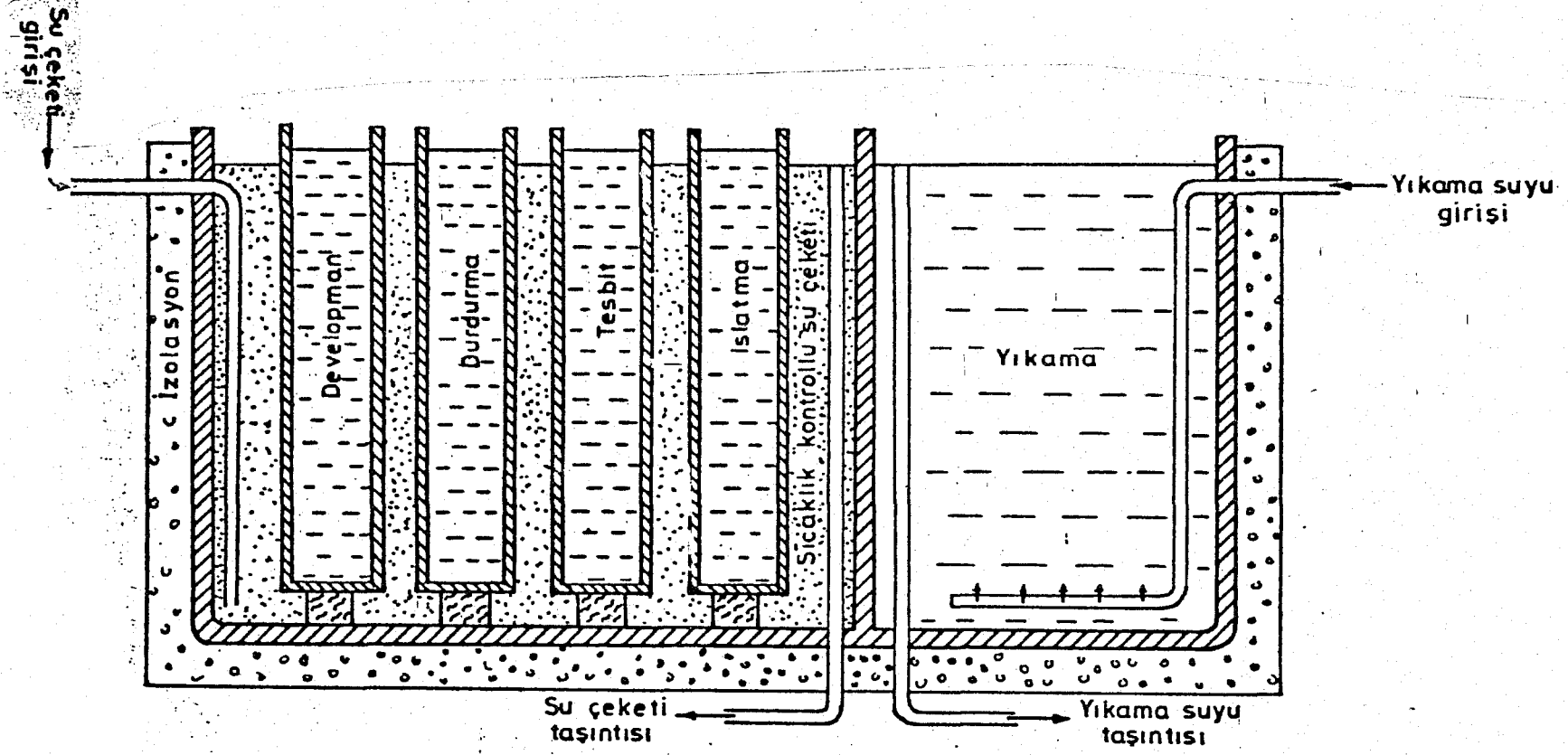
- 1- Biri kuru diğeri ıslak işlemler için iki sabit tezgah. Üzeri fayans kaplı olması tercih sebebidir. Fayansların rengi kırmızı veya kahverengi olması daha uygun netice verecektir.
- 2- Kuru bölümde bir zaman saati, film kesmede kullanılan bir makas ve film kutularını koymak için bir bölüm bulunmalıdır. Maşalara filmler takıldığında maşaların düşmesi için maşa asma düzeneği bulunmalıdır.

- 3- Yaş bölmede herşeyden önce banyo küvetleri olmalıdır. Endüstriyel radyografide kullanılan filmlerin banyosu ancak derin küvetler içerisinde yapılabilir. Şayet rulo film banyo edilecekse banyo düzeni önceden hazırlanmış olmalıdır.

Normal film (10x24, 10x48 cm) için kullanılan küvetler içerisine aldıkları banyo ilacının hacmi ile anılırlar. Bunlar 3 galon (13,5 litre) veya 5 galon, 22,5 litre, iki boy olarak üretilirler. Tankların her ikisinin de boyu 60 cm'dir. Yıkama banyosunun hacmi geliştirme banyolarının hacminin yaklaşık iki katı kadardır. Bunun sebebi yıkama tankında filmin yıkanma süresi yaklaşık geliştirme banyolarının iki katı kadardır. Kimyasal banyo tankları 13,5 litrelikse yıkama tankının hacmi 27 litre kadar olmalıdır. Yükseklik hepsinde 60 cm olduğundan banyo kabının genişliği de, filmlerin asıldığı askı genişliğinden bir santimetre fazla, 11,5 cm olacağından yalnızca kuvvetin taban kesitinin boyu uzayacaktır.

- 4- Banyoları ısıtmak için, tankların içerisine, daldırma elektrik ısıtıcıları bulunmalıdır. Bu ısıtıcılar yaklaşık boyları 45-50 cm kadar olmalı ve yüzeylerinde ani sıcaklık yükselmesi olmayan, özel ısıtıcılar olmalıdır. Yüzey ısıları yüksek olan ısıtıcılarla ısıtılan banyolar kısa sürede bozulurlar.

Tankların ısıtılmasında veya soğutulmasında tank dışındaki suyun ısıtılması veya soğutulması ile gerçekleştirilmesi en doğru olan yöntemdir. Bu yöntemle ilgili birtank kesiti Şekil 14.3'de görülmektedir.



Radyograf banyo tanklarının şematik kesiti

15. RADYOGRAFİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Radyografik muayenenin temel amacı malzemenin içinde bulunan hataları tesbit etmek ve hataların türlerini belirlemektir. Hataların varlığı ve türleri meydana çıkarıldıktan sonra radyografisi alınan malzemenin kullanılıp kullanılmayacağına tesbiti yapılır. Zaten bütün uğraşlar üretilen mamülün işlevini, arızasız bir şekilde, uzun süre yapması amacını gütmektedir.

Hatanın varlığını en doğru şekilde tesbit etmek için radyografi alma yöntemleri, işe uygun olacak şekilde uygulanır. Film uygun poz süresi ile ışıklandırılarak banyo edilir. Banyodan sonra çekim ve banyo hatası bulunup bulunmadığı kontrol edilir. Radyografinin duyarlılığı I.Q.I. (Penetremetreler) ile saptanır. Yeteri duyarlılıkta ise Radyografi incelemeye alınır. Radyografinin değerlendirilmesi bir başkası tarafından yapılacaksa Çizelge 15.1'deki liste radyografiyi alan tarafından doğru olarak doldurulmalıdır. İşin en doğru olanı radyografiyi alan kişinin değerlendirme yeteneği ve bilgisini kazanmak suretiyle değerlendirmeyi yaparak sorumluluk almasıdır. Bugünkü şartlarda yapılan değerlendirmelerin doğruluğu şüphe arzemektedir. Özellikle kaynaklı imalatın kontrolünde kaynağı ve yapılış şartlarını incelemeden radyografiden kaynak hakkında fikir beyan etmek doğru bir tesbit olmasa gerekir.

ÇİZELGE 15.1

Radyografi Çekim Raporu

İşin Adı ve malzemesi :					
Çekim isteyen firma :					
İşin bulunduğu yer :					
Kullanılan ekran cinsi:					
Kullanılan film cinsi :					
Radyografi No	Malzeme Kalınl.	kV Işın Kaynağı	mA.dak. Cürrie/Saat	Odak Mesafesi	Düşünceler
Çekim Tarihi			Operatörün Ünvanı ve Adı-Soyadı İmza		

15.1. ÖZEL OKUMA CİHAZLARI

Radyografileri ışığa tutarak okumaya çalışmak sakıncalı bir davranıştır. Böyle okuma veya değerlendirme yapmak, radyografi üzerinde bulunan birçok bilgiyi gözden kaçırmak suretiyle onu eksik değerlendirmiş oluruz.

Değerlendirmede, en önemle gözlenmesi gereken hatalar çatlaklar ve yan cidar kaynamaması gibi lineer hatalardır. Bu

hatalar radyografide kolay gözden kaçabilen, düşük kontrastlı belli belirsiz çizgiler şeklinde görüntüler verirler. Radyografi üzerinde hemen göze çarpan hacimselmalzeme hataları, gözenek (porozite) curuf ve benzeri hatalar, daha az tehlikeli sayılan, bir dereceye kadar kabul edilebilen hatalardır.

Radyografiler özel okuma cihazları üzerinde incelenmelidir. Bu cihazların ışığı ayarlanabilir cinsten olmalıdır. Radyografinin yüzey aydınlığı 30-100 mum/m^2 düzeyinde olmalıdır. Hiç bir surette 10 mm/m^2 yüzey aydınlığının altına düşmemelidir. Film aydınlatması için gerekli ışık şiddetleri Çizelge 15.2'de görülmektedir.

ÇİZELGE 15.2

Çeşitli yoğunluklardaki filmlerin okunması için gerekli minimum aydınlıklar.

Fotografik yoğunluk D	Radyograf Yüzeyinin minimum aydınlığı mum/m^2	Ekrânın minimum aydınlığı mum/m^2
1	10	100
2	10	1000
3	10	10000

Endüstriyel radyografi de kullanılan filmlerin yoğunluğu D=4 kadar çıkabilir. Filmin kararması ile kontrast (ayır-tedicilik) yükselir. Dolayısıyla enküçük hatalar bile algılanabilir.

Radyografik yoğunluk ne kadar fazla ise duyarlılık o kadar iyidir. Fotografik yoğunluğu sınırlayan okuma cihazlarının aydınlatma gücünün yetersiz olmasıdır. D=4 yoğunluğun-

dan daha çok yoğunluktaki radyografiyi okuyacak aydınlatma cihazı pratikte yoktur.

Şu basit hesap, durumu daha iyi anlamaya yardımcı olacaktır:

$$D = \log_{10} \left(\frac{I_0}{I} \right) \quad \begin{array}{l} D = \text{Yoğunluk} \\ I_0 = \text{Ekranın enaz aydınlığı} \\ I = \text{Radyograf yüzeyinin enaz aydınlığı} \end{array}$$

$$\log_{10} D = \frac{I_0}{I} \quad \begin{array}{l} D = 4 \\ I = 10 \text{ mum/m}^2 \text{ ise} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} I_0 = I \cdot \log_{10} D \\ I_0 = 10 \cdot \log_{10} 4 \quad \log_{10} 4 = 10.000 \\ I_0 = 10 \cdot 10.000 \Rightarrow I_0 = 100.000 \text{ mum/m}^2 \end{array}$$

Yoğunluğu 4 olan bir radyografinin okunabilmesi için radyografi yüzünde 10 mum/m^2 aydınlık olması gereklidir. Bunun radyografi yüzeyinden alınabilmesi için 100.000 mum/m^2 ile ekran aydınlatması gereklidir. Bu güçteki ışık kaynağını dar bir sahaya yerleştirmek çok güçtür.

Ekran yüzeyinin aydınlığı özel ölçme cihazları ile ölçülür. Fotoğraf pozometresi ile de ekran aydınlığı ölçülebilir. 100 ASA film hızına pozometre ayarlanır. Duyarlı elemanı ekrana yaslanır. $F=10$ iken poz süresi $1/100 \text{ sn}$ verirse ekran aydınlığı 1000 mum/m^2 'dir.

Endüstriyel okuma cihazları ile en çok $D=2,5$ yoğunlukları okunabilir. Daha yoğun radyografilerin okunabilmesi için, özel, daha ayrıntılı, tip okuma cihazları ile $D=3,5$ ve 4 yoğunluğundaki radyografiler okunabilir.

Radyografilerin okunduğu yerin aydınlığı da okuma üzerine etkili olur. Radyografi okuma cihazı üzerinde iken radyografinin yüzü ancak alttan gelen ışık ile aydınlanmalıdır. Radyografi, dışardan doğrudan doğruya aydınlatılmamalıdır.

Gözün kontrast duyarlılığı, yani görüntü üzerinde en küçük ayrıntıları seçebilme kabiliyeti, baktığı film yüzey aydınlığının dış aydınlığın biraz üzerinde olduğu halde en yüksektir. Film yüzeyi 10 mum/m^2 veya civarında bir aydınlık ile aydınlatılmış olacağına göre, okuma odası bunun % 50 ila 80 arasında aydınlatılmış olmalıdır. Mutlak karanlık iyi netice vermez. Okumanın engellenmemesi için ekran yüzeyindeki filmin kenarından ışık, göze ve çevreye çıkması maske ile engellenmelidir.

15.2. FİLMİ OKUMA ÖZELLİKLERİ VE İNSAN FAKTÖRÜ

İnsanın göz yapısı ve dikkat toplama kabiliyeti kişilere göre farklılık gösterir. Bazı ilmi gerçekler vardır ki bunlar insanlara ortalama bir değer ile uygulanır. İnsan gözünün bulunduğu ortama uyma yeteneği, yeni ortama geldiği yere bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Güneşten okuma odasına geldiğinde göz uyumu yaklaşık 10 dakika kadardır. Sun'i aydınlatılmış başka mekanlardan gelmişse uyum, 30 sn dolayındaki bir sürede olabilmektedir. Radyografilerin değiştirilmesi sırasında ekran ışığının gözü kamaştırması 30 sn süre içinde geçer ve göz normal algılama özelliğine kavuşur. Film üzerinde fotografik yoğunluk farklarının $D=1,5$ ve yukarıda olması gözün okuma özelliğini kötü yönde etkiler.

Buradan anlaşıldığı gibi insanın göz faktörü değerlendirilmede en önemli bir faktördür. Gözlerin bozuk olması renkleri algılama yeteneğinin bulunmayışı radyografi okumasına engel bir durum meydana gelir.

İnsanlarda dikkatin dağılmadan belli bir konuya ilgi duyması yaklaşık 20 dakika civarındadır. Bu sürenin sonunda mutlaka bir 10 dakika dinlenilmelidir. Okuma 40 cm uzaktan yapılmalıdır. Bunun için seri okuma cihazlarında alın dayama yeri yapılmıştır. Gözün odak noktası değişmeden okuyabileceği alan 6 cm² yi geçmemelidir. Okuma hızı hiç bir zaman 1 cm/sn geçmemelidir.

Değerlendirmenin yapılmasına etki eden faktörlerden dolayı hatalı neticelerin verildiği de gözden uzak tutulmamalıdır. Bunun için kritik işlerin radyografileri birbirinden habersiz birkaç kişiye ayrı ayrı okutturulmalıdır. Değerlendirme işi bilgi ve tecrübenin birleşmesi ile en iyi neticeyi verir.

15.3. HATA ÇEŞİTLERİ

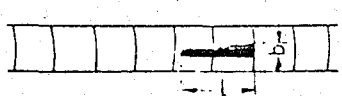

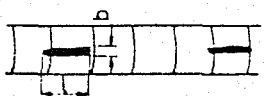

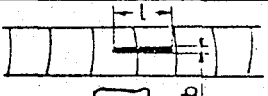

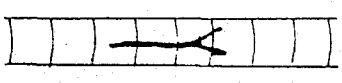

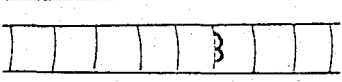

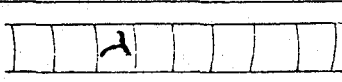

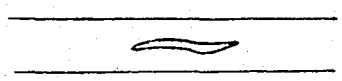

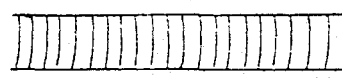

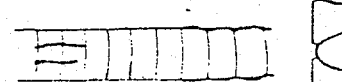

Radyografi alımına çok çeşitli soruların cevabının alınması istendiğinde başvurulur. Radyografi üzerinde hangi tür hata olasılıklarına rastlanacağı teorik olarak bilinmektedir.

Haddelenmiş bir malzeme içerisinde aranacak hatalar ile döküm içerisinde aranacak hatalar arasında farklar vardır. Yorum malzeme imal özelliğine göre değişir. Kaynaklı birleştirilmelerde kaynak içi hataları konumuzu teşkil etmesi bakımından, kaynak içi hataları ve değerlendirmelerini inceleyeceğiz.

Kaynak içi hataları ISO 6520-1982 (E/F) detaylı olarak çizelge halinde verilmiştir. Bunların bir özeti Çizelge 15.3'-de görülmektedir. Kaynak ek yerlerinin içerisinde çizelgenin incelenmesinden anlaşıldığı gibi altı tür kaynak içi hatası vardır. ISO 6520 hataların konum ve biçimine göre de ayırım yapmak suretiyle detaylandırılmıştır.

İŞARETİ	HATA CINSİ	ŞEMATİK GÖSTERİLİŞİ	İZAHAT
A	Gaz kalıntıları		
Aa	Yuvarlak gözenekler		
Ab	Gözenek kanalları		$a \geq 3b$
Ac	Gözenek zinciri		Normal kesitte ve aynı hat üzerinde 4 fazla gözenek olması halı ($C \leq 2X$)
B	Curuf kalıntıları ve metalik kalıntılar		
Ba	Çeşitli şekil ve istikametlerde curuf kalıntıları		$a \leq 3b$
Bb	Sıralı curuf kalıntıları		$a \geq 3b$
Bc	Oval curuf kalıntıları		Yalnız tozaltı kaynağında görülür
Bd	Metalik kalıntılar		Tungsten kalıntısı radyograflarda açık renkli olarak görülür
C	Birleşme hataları		Esas metal ile ilave metal arasında

ÇİZELGE 15.3(1)

D	Kök hataları			
Da	Çentiksiz konkav kök hataları			Kök hatalarının derinliği filmin siyahlığından tahmin edilir
Db	Tek taraflı çentikli kök hataları			
Dc	Çift taraflı kaynakta çentikli kök hataları			
E	Çatlaklar			
Ea	Boylamasına çatlaklar			Çatlakların boyu ve şekli bahis konusu olmadan her zaman taşıhı gerekir
Eb	Enlemesine çatlaklar			
Ec	Çeşitli yönlü çatlaklar			
F	Yüzey hataları			
Fa	Sakallı kanak dikişi			Aslında hata sayılmaz
Fb	Gayri muntazam dikis yüzeyi			Fena tırtıl teşekkülü Fazla dolmuş dikis Tam dolmamış dikis
Fc	Yanma olukları			Kök hatalarından ayırt edilmelidir

ÇİZELGE 15.3(2)

Kaynaklı birleştirmelerde en tehlikeli hata türü çatlaklardır. Çatlak, kaynak içerisinde olduğu gibi ısı etkisi altında kalan bölgelerde de meydana gelir. Bundan dolayıdır ki kaynak tam filmin ortasında kalacak şekilde radyografi alınmalıdır. Çatlaklar kaynak dikişi boyunca veya enine olabildiği gibi kaynak arkının başlama veya bitme yerindeki krater içerisinde de meydana gelebilir.

Çatlakların belli başlı sebepleri konstrüksiyon hatasından veya uygun sıra ile kaynak yapılmayışından meydana gelir. Çatlamanın diğer sebepleri ani soğuma (özellikle soğuk havalaradaki yapılan kaynakta görülür) ve malzeme ile elektrot uyumsuzluğundan kaynaklanan çatlamlar olabilir.

Kaynak içi hatalarından (porozite) gözenekler genellikle iki şekilde görüntü verirler. Bölgesel olan gözenekler. Bu gözenekler elektrot arkının başlama ve bitmesi anındaki uygun olmayan hareketten kaynaklanır. İkinci grup kısmi gözenek olarak bölgesel olarak kirlenmiş kaynak ağzından meydana gelir.

Devamlı görülen gaz kabarcığının iki nedeni vardır. Bunlardan bir tanesi rutubetli elektrot kullanma sonucudur. İkinci sebep ise çalışma amperinin normalin çok üstünde tutularak yapılan kaynaklarda görülür.

Diğer kaynak içi hata curuf kalıntılarıdır. Curuf kalıntıları elektrotla ve tozaltı yöntemleri ile yapılan kaynaklarda daha çok görülür. Bu tür hata kaynak pososu sonunda meydana gelen curufun mekanik olarak çıkarılmamasından kaynaklanan bir hata şeklidir. Temizliğin uygun yapılması ile bu tür hata şekli radyografide görülmez.

Kaynak içi hatalarından bir diğeri de birleşme hatası denilen (kısmi nüfusiyetsizlik) olayıdır. Bu hata genellikle otomatik kaynak makinalarında ayar bozulması sonucu elektro-

dun kaynak ağızı ekseninden kaçması sonucu meydana gelir. El ile yapılan, gazaltı ve elektrot kaynaklarda da bu tür hataya rastlanır. Radyografi ile tesbiti oldukça güç hatadır. Kaynak yan kenarında flug bir görüntü verir. Kesin teşhis konulamamış ise ultrasonik yöntemle başvurularak kesinlik sağlanmalıdır.

Kaynak içinde oluşan bir başka hata şekli de kök hatalarıdır. Kök hataları düzgün açılmamış kaynak ağızı, veya uygun yapılmamış montajdan dolayı, saçlar arasında dengeli aralık bırakılamamasından meydana gelir. Bu hataya kök posoda kaynak hızının yüksek olmasından dolayı arkın malzeme derinliğine nüfuz (girememe) edemeyişinden de kaynaklanır. Arka yüzeyden kaynak edilecekse birinci yüzdeki kaynak malı temiz görülünceye kadar ikinci yüz temizlenmelidir.

Genelde yüzeysel hata olan yanma olukları yüksek amper ile çalışmadan doğan ana malzeme ile kaynak malı arasındaki çentik şeklindeki oyuklardır. Radyografi üzerinde kaynak kenarında siyah lekeler olarak gözükür. Yüzeyde görülen düzensiz kaynak görünümü bazı yerlerin yüksek bazı yerlerin çukur olması kaynak radyografisini koyu ve açık görünüm vererek kontrast farkı verir. Bu hem kaynak yüzünün görünümünü bozar hem de değerlendirmede problem olur. Kaynakçının el maharetinin iyi olmayışından kaynaklanır.

15.4. HATALARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Radyografilerin üzerindeki hataların kabul edilebilir veya edilemez olduğunu belirtebilmek için değişik standart ve kuruluşlar değişik yöntemler uygulamışlardır. Bunların hepsinin amacı değerlendirmede insan faktöründen kaynaklanacak hataları azaltarak yapılan işe güveni artırmaktır.

Bu amaçla referans radyograf takımları hazırlanmıştır.

Bunlardan bir tanesi IIW (Beynelminel kaynak enstitüsü) nün hazırladığı radyograf takımıdır. Yalnız kaynak için hazırlanmıştır. Uluslararası alanda geçerlilik kazanan ikinci Radyograf takımı (ASTM) Amerikan malzeme muayenesi cemiyeti radyografi takımıdır. Hem kaynak hem döküm için hazırlanmıştır.

Burada örnek olması bakımından yalnız IIW referans takımlarından söz edilecektir. Çelik ve alüminyum kaynakları için IIW iki radyograf takımı hazırlamıştır. İki malzeme için hazırlanan referans radyograf takımları elektrik ark kaynağı içindir.

IIW referans radyograflarında çelik ark kaynağında bulunabilecek hataları 7 gruba ayırmıştır. Bazı ana hata grupları alt gruplara bölünmüştür. Hataların ana grupları alfabenin büyük harfleri ile alt hata grupları alfabenin küçük harfleri ile ifade edilmişlerdir.

Çizelge 15.4'de ana hata grupları görülmektedir. Kaynak içi hataların büyüklüğüne ve hatanın arzedeceği tehlike durumuna göre hatalar 5 grupta toplanmışlardır. Sınıflar renklerle simgelenmiştir. Hangi rengin kabul edileceği veya hangi rengin reddedileceği işin tasarımcısı tarafından belirtilmiştir. Çizelge 15.4'de renk grupları ve radyografların üzerinde bulunabilecek hata dereceleri verilmiştir.

Referans radyografları ile elimizdeki muayenesi yapılan radyografin kıyaslama ile hangi renge girdiği tesbit edilmek suretiyle değerlendirme yapılmış olur.

Bu referans radyograflar kabul red kriteri değildir. Kıyaslama kriteridir. Referans koleksiyonu üzerinde 15 ana kısım mevcuttur.

ÇİZELGE 15.4

IIW referans radyograflarında kaynak hataları grupları ve simgeleri

Simge	İsim
A	Gaz boşlukları Aa Gözenek Ab Kanalcık
B	Curuf kalıntısı Ba rastgele dağılmış curuf Bb curuf hatları
C	Eksik kaynama
D	Yetersiz nüfuziyet
E	Çatlak Ea boyuna çatlak Eb enine çatlak
F	Yanma oluğu
K	Çekme (büzülme) boşluğu kreter kanalcığı

Milletlerarası Kaynak Enstitüsü tarafından hazırlanan "Kaynak Radyografileri Referans Koleksiyonu"nda aşağıdaki gibi XV ana kısım mevcuttur.

- I. Kaynak dikişinin yüzeyindeki hatalar
- 1- Tamamen hatasız
 - 2- Yanma olukları
 - 3- Fena başlama
 - 4- Gayri muntazam elektrot
 - 5- Sıçramalar
 - 6- Taşkın dikiş
 - 7- Çatlaklar
 - 8- Yüzey gözenekleri
 - 9- Aşırı tavlama(ısınma)
 - 10-
 - 11-

- II. Dikişin kesitindeki hatalar
- 12- Tamamen hatasız
 - 13- Saçın kayması
 - 14- Aşırı tavlama(ısınma)
 - 15- Gözenekler
 - 16- Cüruflar
 - 17- Birleşme hataları
 - 18- Kaynak metalinde segregasyon
 - 19- Kök hataları
 - 20- Çatlaklar
 - 21- Kapak pasosundaki hatalar
 - 22- Dikiş kalınlığı hatası
 - 23-

III. Kök hataları

- 24- Tamamen hatasız
- 25- Boşluklar
- 26- Cürüflar
- 27- Damlaların akması
- 28- Fena başlama
- 29- Kifayetsiz nüfuziyet
- 30- Yanma olukları
- 31-

V. Malzeme

- 41- Gazı alınmış çelik (sakin)
- 42- Gazı alınmamış çelik (sakin olmayan)
- 43- Alaşımli çelik
- 44-
- 45-

VII. Kaynak Usulü

- 51- Açık ark kaynağı
- 52- Örtülü ark (tozaltı) kaynağı
- 53- Koruyucu gazla kaynak
- 54- Gaz kaynağı
- 55-
- 56- El ile
- 57- Otomatik

IX. Elektrot tipi

- 61- Rutil (Titandioksit) karakterli
- 62- Asit karakterli
- 63- Bazik karakterli
- 64- Selülozik karakterli
- 65- Demir tozlu
- 66- Derin nüfuziyet
- 67- Özel tipler
- 68-

XI. Kaynak Pozisyonu

- 72- Oluk pozisyonu
- 73- Yatay pozisyon
- 74- Aşağıdan yukarıya doğru dikey pozisyon
- 75- Yukarıdan aşağıya doğru dikey pozisyon
- 76- Korniş pozisyonu
- 77- Tavan pozisyonu

IV. Kırıktaki hatalar

- 32- Tamamen hatasız
- 33- Gözenekler
- 34- Balık gözü
- 35- Çatlaklar
- 36- Birleşme hataları
- 37- Cüruf kalıntıları
- 38- Kök hataları
- 39-
- 40-

VI. Kalınlık

- 46- 4 mm'den küçük ($<5/32''$)
- 47- 4 ilâ 6 mm ($5/32-15/64''$)
- 48- 6 ilâ 10 mm ($15/64-25/64''$)
- 49- 10 ilâ 16 mm ($25/64-5/8''$)
- 50- 16 mm'den büyük ($>5/8''$)

VIII. Akımın cinsi ve kutup durumu

- 58- Doğru akımda negatif kutup
- 59- Doğru akımda pozitif kutup
- 60- Alternatif akım

X. Elektrodun örtü kalınlığı

- 69- İnce örtülü
- 70- Orta kalın örtülü
- 71- Kalın örtülü

XII. Birleştirme şekli

- 78- Alın birleştirmesi
- 79- İç köşe birleştirmesi
- 80-

XIII. Boru kaynakçısı

- 81-
- 82-
- 83- Boru kaynakçısı
- 84-
- 85-

XIV. Klasifikasyon

- 86- Siyah
- 87- Mavi
- 88- Yeşil
- 89- Kahverengi
- 90- Kırmızı

XV. Sac(Levha) kaynakçısı

- 91-
- 92-
- 93- Sac kaynakçısı
- 94-
- 95-

15.5. KABUL/RED KRİTERLERİ

Tahribatsız muayenenin işi, hatanın tanımlanması ve sınıflandırması ile sona ermiş olur. Tesbit edilen bu hatalara rağmen mamulün kabul veya red olması çok yönlü bir iş-tir. Kabul ve red kararına varabilmek için şu faktörleri göz önünde tutmak gereklidir.

- 1- Hatanın cinsi
- 2- Hatanın büyüklüğü ve tekrarı
- 3- Dizayn şartları
- 4- Malzeme
- 5- İmalatın geçmişi
- 6- İşletme şartları

Bütün bu faktörleri gözönünde tutan ve kabul/red verilerini veren dokümanları ancak iş kolu düzeyindeki standart ve şartnameler vermektedir.

Çizelge 15.5'de kabul red kriterlerini veren iş kolu düzeyindeki şartnamelerin bir kaçı görülmektedir.

ÇİZELGE 15.5

Kabul/red kriterlerini veren iş kolu düzeyindeki standard ve şartnamelerden bazı örnekler

Tanıma İşareti	Çıkaran Kuruluş	Konu
ASME Sections I-XI	Amerika Makina Müh. Odası	Buhar kazanları ve basınçlı kaplar
ANSI B 31	Amerika Milli Standardlar Enstitüsü	Basınçlı boru devreleri
API 1104 API 620 ve 650	Amerika Petrol Enstitüsü	Petrol boru hatları ve Petrol depolama tankları
Lloyd	Çeşitli Ülkelerin Lloyd Kuruluşları	Gemicilik
DIN 4100	Alman Normu	Kaynaklı çelik yapılar

15.5.1. TGL 10646 ya Göre Radyografilerin Değerlendirilmesi

Hataların değerlendirilmesi için bu yöntemde bir normal kesitin boyu tesbit edilir. Kaynak edilen malzemenin boyu 10 mm'ye eşit veya 10 mm'den büyükse normal kesit = 10.5 alınır. Bu da 300 mm'yi geçemez.

$S \leq 10$ mm ise normal kesit boyu = 10.5 dir.

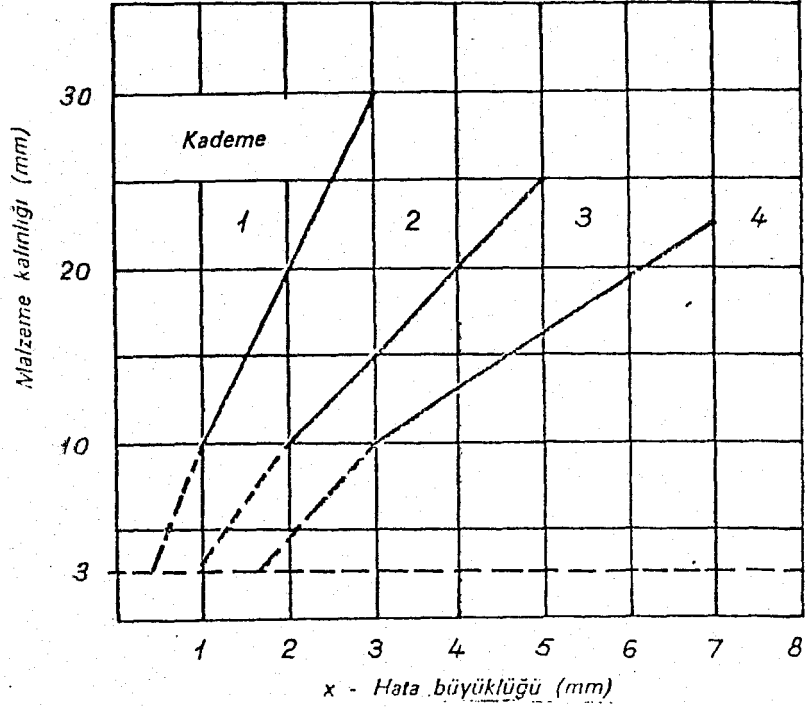
$S < 10$ mm ise normal kesit boyu = 100 mm'dir.

Çapı 100 mm'ye kadar olan boruların dairesel dikişlerinden bir birine dik iki radyografi alınmalıdır. Normal malzeme kalınlığına göre de her iki radyografide normal kesit kabul edilir.

Genel olarak radyografilerin normal kesitten kısa olmamaları gereklidir. Kaide olarak radyografinin boyu normal kesitten büyük alınır. Değerlendirmede hataların en fazla bu-

lunduğu veya büyük hataların mevcut olduğu kısımların normal kesit içine alınması lazımdır (Şekil 15.1).

-S \geq 10 mm hali için hata büyüklüğünü tespit etmede kullanılan diyagram.



ŞEKİL 15.1

En büyük hatanın bir radyografinin sonunda görülmesi halinde, normal kesitin tesbiti için bu kısmın devamı için yeniden bir radyografi çekilir ve ondan sonra normal kesit tayin edilir.

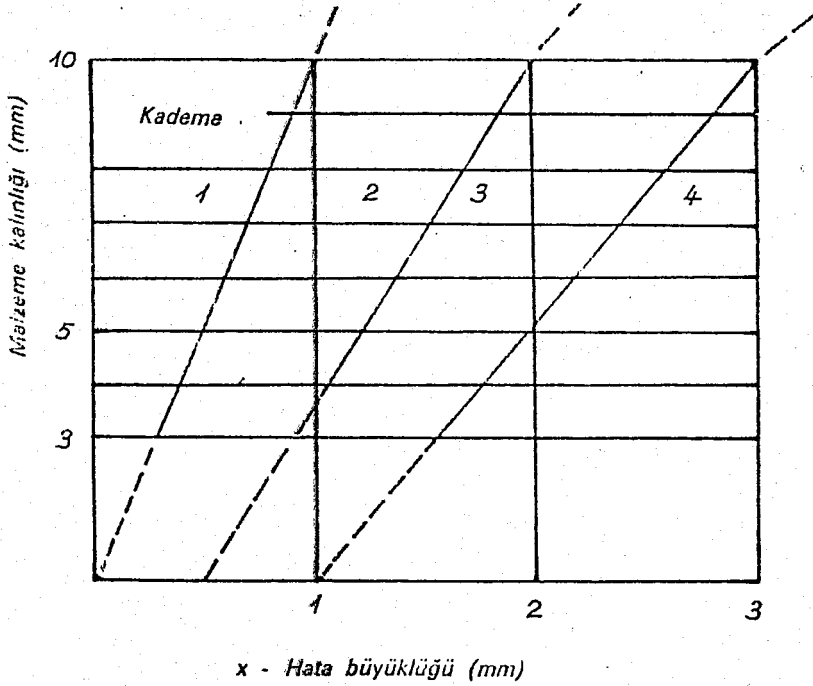
Normal kesit tayin edilen bölgede hataların büyüklüğü veya genişliği ile hata dağılımı veya hata uzunluğu tesbit edilerek hatalar 1'den 4'e kadar numaralandırılır (Bir radyografide 5 numara icap ettirecek derecede hatalar varsa radyografi kaynak tamir ettirilmek suretiyle yeniden alınır). Hata büyüklüğü numaralandırılmasında Şekil 15.1, Çizelge 15.6 S \geq 10 mm için kullanılır. Şekil 15.1 hata genişliğini kaynak edilen parçanın kalınlığına göre diyagram halinde verir. Çizelge 15.6 ise kaynak edilen parça kalınlığına göre hata genişliği yüzdesini kademeler halinde verir. İkisi de aynı işi görür.

ÇİZELGE 15.6

.- Hata büyüklüğü kademeleri.

Hata büyüklüğü kademeleri	(x) Hata büyüklüğü
1	Parça kalınlığının 10 % a kadar olanlar (en fazla 3 mm)
2	Parça kalınlığının 10 ilâ 20 % i arasında olanlar (en fazla 5 mm)
3	Parça kalınlığının 20 ilâ 30 %'u arasındaki olanlar (en fazla 7 mm)
4	Parça kalınlığının 30 %' dan yukarı olanlar

Şekil 15.2'de ise parça kalınlığı $3 \leq S = 10$ mm olan parçaların kaynağındaki hata büyüklüğü kademelerini verir. Farklı kalınlıkta parçalar kaynatılmışsa hata kademesi tesbitinde ince parça esas alınır.



$3 \leq S \leq 10$ mm hali için hata büyüklüğünü tespit etmede kullanılan diyagram.

ŞEKİL 15.2

Hata büyüklüğünün ve hata dağılımının tesbitinde hata cinslerinin tesbitinde şu hususlar gözönüne alınmalıdır.

- 1- Gaz karcığı boyu $a > 3b$ olduğu taktirde bu hata gaz kanalı olarak isimlendirilir.
- 2- Aynı doğru üzerinde birbiri yanında $C \leq 2X$ (X =Gözenek çapı) kadar mesafe ile en az dört gaz kabarcığı olması hali gözenek zinciri (A_c) olarak isimlendirilir.
- 3- Curufların çeşitli istikametlerde ve çeşitli şekillerde $a \leq 3b$ olması halinde curuf kalıntısı, $a > 3b$ olması halinde ise sıralı curuf olarak isimlendirilir.

Hata büyüklüğünün yapılmasında aşağıdaki kabuller gözönünde bulundurulmalıdır.

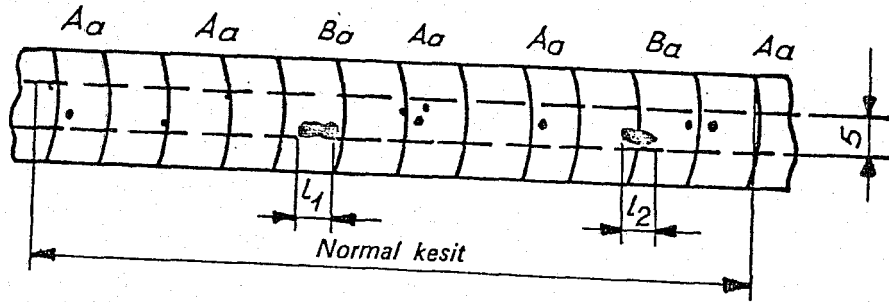
- 1- Çeşitli büyüklükte gaz karcıkları varsa ortalama gaz karcığı büyüklüğü hata büyüklüğüne esas alınır.
- 2- Birçok curuf kalıntısı varsa, veya paralel sıralı curufların mevcut olması halinde hata büyüklüğü veya genişliği olarak hesaplamalara en geniş curuf esas alınır.
- 3- Birleşme ve nüfusiyet azlığı hatalarında hata büyüklüğü ve genişliği olarak (b) esas alınır.
- 4- Bütün kök hatalarında (D_a, D_b, D_c) hata büyüklüğünün hesaplanabilmesi için hata derinliğinin de tahmin edilmesi gerekir. Derinlik tesbiti, radyografi üzerindeki koyuluk derecesine bakılarak karar verilir.
- 5- Tahmin edilen hata derinliği hata genişliği ve hata boyuna oranı çok az ise, hata genişlik kademesi ve hata boyu kademesi bulunan değer bir altı alınabilir. Bunun aksi ise bulunan değer bir üstü alınır.

6- Kaynak dikişlerinde görülen çatlak (E_a , E_b , E_c) her ne şekilde olursa olsun şekil ve cinsine bakılmadan tashih ettirilmelidir. Burada hiçbir hata büyüklüğü kademesi sözkonusu değildir.

Her cins hatanın boylarının toplamının, normal kesit boyuna yüzde olarak oranlarını ifade ettiği değerler 1 den 4 e kadar hata dağılım kademelerini verir (Çizelge 15.7).

Esas Alınan Hata Boyu

A_a , B_a , B_d tipi hatalarda kaynak dikişine paralel 5 mm'lik şerit içerisinde kalan hataların toplamı alınır. Kesilen hatalar tam olarak dikkate alınmalıdır (Şekil 15.4).



- Küçük ve yuvarlak hatalarda hata dağılım kademesinin tespiti.

Esas alınan hata boyu:

A_a tipi için = ortalama çapı 1 mm olan gözenek mevcuttur. $\Sigma l = 10 \times 1 = 10$ mm

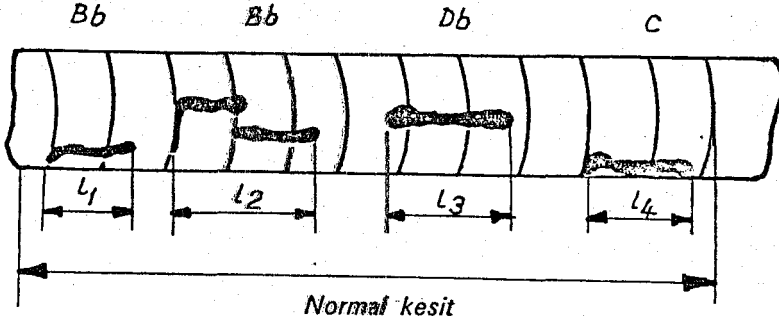
B_a tipi için = $\Sigma l = l_1 + l_2$

Boylamasına hatalarda, her tip münferit hatanın bütün boyları toplanır.

ŞEKİL 15.4

Hafif metallere ait birleştirmelerde, hata dağılım kademeleri için, gözenek ve tungusten kalıntıları gibi hataların boyutlarının aritmetik ortamları alınır. Bulunan ortalama değer ile hata sayısı çarpılır. 0,2 mm'den küçük çaplı gözenek ve kalıntılar dikkate alınmaz.

Boylamasına hatalarda her tip münferit hatanın bütün boyları toplanır (Şekil 15.5).



- Boylamasına hataların mevcudiyeti halinde hata boyunun tespiti.

Esas alınan hata boyu :

Bb tipi için = $l_1 + l_2$

Db tipi için = l_3

C tipi için = l_4

ŞEKİL 15.5

Ölçme, büyük hataların bulunduğu yerden ve kaynak dikişine paralel olarak alınan bölgeden yapılmalıdır.

Her cins hatanın boyu ayrı ayrı toplanıp ayrı ayrı yüzdesi alınır. Bu yüzdelere Çizelge 15.7'den bakılarak hata dağılımı numaraları bulunur.

ÇİZELGE 15.7

Hata dağılım kademeleri	Hata dağılımı veya hata uzunluğu
1	Normal kesit boyunun 5 % i ne kadar olanlar
2	Normal kesit boyunun 5 % ilâ 10 %'u arasında olanlar
3	Normal kesit boyunun 10 % ilâ 25 %'i arasında olanlar
4	Normal kesit boyunun 25 % 'inden yukarı olanlar

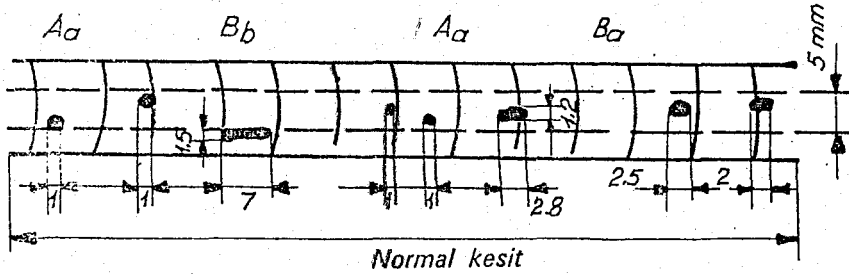
Değerlendirmede iş sırası:

Hata dağılım kademeleri.

- 1- Kaynak dikişini gösteren radyografi üzerinde belli bir bölge, verilen değerlere göre, normal kesit tayin edilir.

- 2- Normal kesit üzerinde bulunan hataların cinslerine göre her cins hata için ayrı ayrı hata büyüklüğü veya genişliği yüzdeleri hesaplanarak, Çizelge 15.6'dan 1'den 4'e kadar numaralanır.
- 3- Aynı işlem hata cinslerine ve her cins hata için ayrı ayrı, hata dağılımı veya uzunluğu, yüzdeleri tesbit edilir. Çizelge 15.7'den 1'den 4'e kadar numaralanır.
- 4- Numaralandırılan her cins hatanın notları önce büyüklük veya genişlik notu sonra dağılım veya uzunluk notu yazılmak suretiyle bir liste yapılır.

Örnek: Şekil 15.6'da görülen radyografi üzerindeki hatalara göre kaynağın kalitesini tayin edelim.



- Sıralı cüruf (Bb), Cüruf kalıntısı (Ba) ve gaz gözenekleri (Aa) haline ait bir dikişin şematik görünüşü,

ŞEKİL 15.6

- 1- Kaynatılan parçanın kalınlığı 10 mm çelik olduğuna göre:
Normal kesit = 10.10 = 100 mm bulunur. Bulunan bu hatanın yoğun olduğu bölgede film üzerinde keçe uçlu kalemle işaretlenir. Kaynak hatalarını içine alacak şekilde 5 mm'lik şerit çizilerek muayene edilecek saha sınırlanmış olur (Şekil 15.6).

2- Hataların cinsleri verilen bilgilere göre tesbit edilir. Bu örnekte:

A_a gaz gözeneği, B_a cüruf kalıntısı ile B_b sıralı cüruf hataları bulunmaktadır. Hataların boyutları ölçülerek kaydedilir.

Aa Gaz gözeneğinin çapı 1 mm'dir.

Ba Cüruf kalıntısının genişliği en fazla olanı 1,2 mm'dir.

Bb Sıralı cüruf kalıntısının genişliği 1,2 mm'dir. Bu bilgilere göre hata genişliği veya büyüklüklerinin yüzdelerini bularak hata genişlik veya büyüklüklerinin numaralarını tesbit edelim.

Hata büyüklüğü X ile gösterilirse

$$\text{Aa için hata büyüklüğü yüzdesi} = X = \frac{b}{s} \cdot 100$$

$$b = \text{hata genişliği} = 1 \text{ mm}$$

$$s = 10 \text{ mm kaynak edilen parça kalınlığı}$$

$$\% X = \frac{1}{10} \cdot 100 = 10 \% \text{ olur.}$$

Aa için hata büyüklüğü kademesi;

% 10 için Çizelge 15.6'dan X=1 bulunur.

Ba için hata genişliğinin yüzdesinin hesabı. Ba hatasının en geniş b=1,2 mm'dir.

$$X = \frac{b}{s} \cdot 100 \Rightarrow X = \frac{1,2}{10} \cdot 100 = 12 \%$$

Ba için hata büyüklüğü kademesi Çizelge 15.6'dan
% 10 < % 12 < % 20 olduğu için 2 olur.

Bb için hata genişliği yüzdesi = $\frac{b}{S} \cdot 100$ den

$$\begin{aligned} b &= 1,5 \\ S &= 10 \end{aligned} \quad = \frac{1,5}{10} \cdot 100 \Rightarrow \% 15$$

Hata büyüklüğü kademesi Çizelge 15.7 den 2 olarak bulunur.

3- Hata dağılım yüzdelerinin hesaplanması:

Aa için hata dağılımı yüzdesi = $\frac{\Sigma Aa \text{ boyu}}{\text{Normal kesit}}$

(d=1 mm olduğu için ve 4 hata gözeneği olduğu için)

Normal kesit 100 mm

L_{Aa} boyu = 4.1 mm

$$\begin{aligned} Aa \text{ için hata dağılım yüzdesi} &= \frac{4.1}{100} \cdot 100 \\ &= \% 4 \text{ olur.} \end{aligned}$$

Hata dağılım kademesi = Çizelge 15.7'den % 4 için 1 bulunur.

$$Ba \text{ için hata dağılım yüzdesi} = \frac{\Sigma L_{Ba}}{100} \cdot 100$$

$$Ba \text{ için hata dağılım yüzdesi} = \frac{2,8+2,5+2}{100} \cdot 100$$

Ba için hata dağılım kademesi = % 7,3 için 2 bulunur.
(Çizelge 15.7'den)

$$Bb \text{ için hata dağılım yüzdesi} = \frac{\Sigma L_{Bb}}{100} \cdot 100$$

$$\Sigma L_{Bb} = 7 \text{ mm'dir.} \quad = \% 7 \text{ bulunur.}$$

Bb hata dağılım kademesi (Çizelge 15.7'den) 2 bulunur.

Bu değerler birinci rakam büyüklük kademesi, ikinci rakam dağılım kademesi olarak Şekil 15.7'deki listeye yazılır.

Hatalar	Hata Kademeleri	Radyografi Hata Kademesi
Aa	1 1	1
Ba	2 2	3
Bb	2 2	4

Radyografi nolu 4 olur.

ŞEKİL 15.7

Bu değerlerin hangi hata kademelerine isabet ettiği Çizelge 15.8'den bakılarak Şekil 15.7'deki sütuna yazılır.

Aa hatası için hata büyüklüğü kademesi = 1

Aa hatası için hata genişliği kademesi = 1

bulunmuŐtu. Çizelge 15.8'de Aa satırında 1 1 bulunduğu sütunun tepesindeki rakam bu kesit için Aa hatasının kademesidir. Bu da 1'dir ve Şekil 15.7'deki sütunda yerine yazılır.

Ba hatası hata genişliği kademesi 2, hata dağılım kademesi de 2'dir. Yani 22. Çizelge 15.8'den Ba hatasının satırında 22 rakamlarının bulunduğu sütunun tepesinde Ba hatasının radyografi kalitesi olarak 3 rakamı görülmektedir. Şekil 15.7'de yerine yazılır.

Bb hatası içinde 22 nin bulunduğu sütunun tepesindeki rakam 4'dr. Bb hatasının radyografi kalite kademesi de Şekil 15.7'de yerine yazılır. En büyük not o radyografinin notudur.

ÇİZELGE 15.8

Kaynak dikişlerinin sınıflandırılması için
hata kombinasyonları.

Hatanın sim.	Notlar				
	Tablo 5 ve 9'a göre mütasade edilen hata kademeleri				
	1	2	3	4	5
Aa, Ba, Bc, Bd	11 - -	12 21 -	13 22 31	23 32 -	Bütün geri kalanlar
Ab, Ac	- - -	11 - -	12 21 -	13 22 31	
Bb	- -	11 -	12 21	13 22	
C	-	-	-	11	
Da	- -	13 21	22 -	23 -	
Db	- -	- -	11 -	12 21	
Dc	- -	11 -	12 21	13 22	
Ea, Eb, Ec (1)	-	-	-	-	

(1) Dikişin bir çatlak ihtiva etmesi halinde daima 5 Notu verilir.

Şayet bu radyografi üzerinde bir çatlak olsa idi bu kaynağın notu 5 olarak değerlendirilir ve kaynak tamir ettirilmelidir.

Yukarıdaki örnekte üç hata türü üç ayrı hata notu almış ve en yüksek not radyografi notu olarak takdir edilmiştir.

İki kaynak hatasının aynı notu alması halinde dikiş kesitinin toplam notu olarak enbüyük nottan bir sonraki not takdir edilir.

Örnekteki hataların notları Şekil 15.8'deki gibi değerlendirilen radyografinin toplam notu 4 olarak takdir edilir.

Hatalar	Hata Kademeleri	Radyografi Hata Kademesi
Aa	3 1	3
Ba	3 1	3
Bb	1 1	2

Radyografi Notu: 4

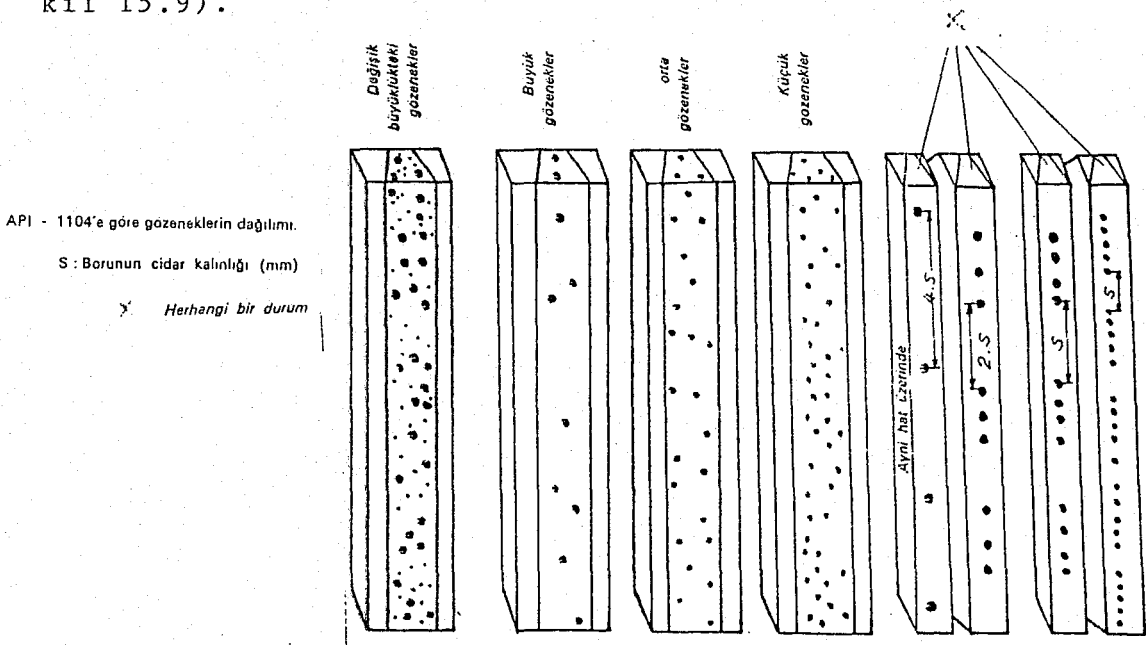
ŞEKİL 15.8

Boru tesislerinde kazanlarda, kazan borularında basınçlı kablarda ve yanıcı, zehirli veya kimyasal maddelerle temas halindeki konstrüksiyonlarda gaz kanallarına müsaade edilmez. Bu hataların tamir edilmesi şarttır.

Bir kaynak bağlantısının kabul edilebilmesi için gerekli asgari notu alması şarttır. Asgari not konstrüksiyonun cinsine göre ilgili standart veya konstrüktörün belirlediği spesifikasyonda belirtilmiştir.

15.5.2. API-1104'e Göre Radyografilerin Değerlendirilmesi

Röntgen filmlerinin API-1104'de göre değerlendirilmesinde aşağıdaki hususların göz önünde tutulması gerekir (Şekil 15.9).



ŞEKİL 15.9

a) Bir gözeneğin çapı 1,5 mm'yi geçmemelidir.

b) Münferit olarak dağılmış bulunan bir cüruf kalıntısının genişliği en fazla 3 mm olabilir. 300 mm'lik bir normal kesitte, münferit olarak dağılan cüruf kalıntılarının toplam uzunluğu 12 mm'yi geçmemelidir. Komşu kalıntının da en az 50 mm uzakta olması gerekir. Bir hat üzerinde bulunan kalıntılarının boyu 50 mm'den fazla olmamalı ve genişliği de 1,5 mm'yi geçmemelidir. Bir hat üzerinde bulunan ve çizgisel olarak dizilen cüruf kalıntılarının, komşu kalıntıdan en az 150 mm uzakta olması icab eder. Birbirinin yanında bulunan cüruf zincirinden, herbirinin büyüklüğü 0,8 mm'den küçük olmalıdır.

c) Kök pasosu taşkınlığının (yani şişkinliğinin) 2 mm ye olanı kabul edilir. Eğer şişkinlik daha fazla olursa, her 300 mm'lik çevre uzunluğu için bunun boyu 25 mm olabilir.

d) Kök pasosunun açık yani içeriye doğru iç bükey olması halinde (çevre dikişinin yarısına kadar olmak şartıyla), en çok cidar kalınlığının % 10'una kadar mevcut bir iç bükeylik kabul edilebilir.

e) Kökteki veya pasolar arasındaki birleşme hataları, her 300 mm'lik çevre uzunluğu için 25 mm'den fazla olamaz. Bu gibi hataların ayrıca birbirinden en az 150 mm uzaklıkta olması gerekir.

f) Gerek kapak pasosunun gerekse kök pasosunun yanlarındaki yanma oluklarının derinliği 0,8 mm den ve uzunluğu da 50 mm'den fazla olmamalıdır.

g) Kaynak dikişindeki herhangi bir çatlak hiç bir şekilde kabul edilmez ve böyle dikişlerin hemen sökülmesi icab eder.

Eğer kaynak dikişinin 200 mm den fazla bir kısmının uzunluğu veya çevre dikişinin 1/5 den fazlası hatalı ise veya birçok hataların bulunduğu kısmın uzunluğu yukarıdaki değerleri aşarsa, bütün dikişin sökülüp yeniden kaynak edilmesi gerekir. Dış hatalar, dikişi sökmeden tamir edilir.

15.5.3. Gaz Boru Tesisleri

Umumiyetle 16 kg/cm^2 den fazla işletme basıncına sahip çelik borulardan yapılan gaz tesislerinde, kaynak dikişlerinin % 10 unu tahribatsız muayeneye tabi tutmak tavsiye edilir. Bilhassa özel emniyet aranan yerlerde dikişin % 100'ünün muayene edilmesi gerekir. Örneğin, demir yolu makaslarının, endüstri tesislerinin veya büyük yapıların altından geçen gaz boru tesisleri gibi.

15.5.4. Yağ Boru Tesisleri

Yağ boru tesislerinde kaynak dikişlerinin tahribatsız olarak muayeneye tabi tutulan kısmı 1/3 ilâ % 100 arasında değişir. Burada esas rolü oynayan nokta istenen emniyettir. Emniyetin maksimum olduğu yerlerde dikişin % 100 muayeneye tabi tutulur.

15.5.5. Kazan İnşaatı

Kazan inşaatında (bilhassa yüksek basınçlı buhar kazanlarında), Büyük Kazan Sahipleri Birliği (Vereinigung der Grosskesselbesitzer - "VGB"), boru ve toplayıcıların çapına, malzemesine ve kazanın gücüne bağlı olarak kaynak dikişlerinin % 100'üne kadar röntgenle muayeneye tabi tutulmasını ister.

Çizelge 15.9'da kazan gücüne göre kazan borularından istenen radyografi yüzdeleri verilmektedir.

ÇİZELGE 15.9

- VGB'ye göre muayene esasları.

"VGB" : Vereinigung der Grosskesselbesitzer.

		Hafif Mn-Mo alaşımlı çelikler		13 Cr Mo44 10 CrMo 910		14 Mo V 63 martenitik çelikler ostenitik çelikler
		Muayene	Yüzdesi	Muayene	Yüzdesi	
Kazanın gücü		<120 t/h	≥120 t/h	<120 t/h	≥120 t/h	Anlaşmaya bağlı
Borunun dış çapı	≤ 76,1	3	5	3	5	
	> 76,1	10	30	10	50	
	> 76,1*)	100	100	100	100	

*) Buhar haznesinde bulunan boru ve toplayıcılar ile kazanın dışındaki borular.

H III, 17 Mn 4 ve 15 Mo 3 çeliklerinden imal edilen buhar kazanları ile basınçlı kaplar, bilhassa çatlama emniyeti bakımından ve 30 mm'den kalın sac kalınlıklarında belirli nispetlerde muhakkak surette röntgenle muayeneye tabi tutulmalıdır. Hele 19 Mn 5 ve 20 Mn Mo 44 çeliğinden mamul her kalınlıktaki basınçlı kablar ile buhar kazanlarının % 100 nispetinde röntgenle muayenesi gerekir.

Çizelge 15.10'da boru, toplayıcı ve basınçlı kapların değerlendirilmesi verilmiştir.

15.5.5.1. Gemi İnşaatı

Gemi inşaatında, Loyd spesifikasyonlarına göre, önemli kısımların alın kaynağı yapılan birleştirmeleri, belirli sayıda sondaj şeklinde röntgen ışınlarıyla muayeneye tabi tutulur. Çekilen röntgen filmi sayısına tesir eden ikinci faktör de geminin boyudur. Örneğin; 50 metreye, 80 metreye, 120 metreye, 160 metreye, 200 metreye kadar ve 200 metreden daha uzun gemiler gibi. Gemi inşaatında yüksek zorlamalara maruz dikiş ve bağlantılar, "IIW-Kaynak Rodyagrafileri Referans Koleksiyonunu"

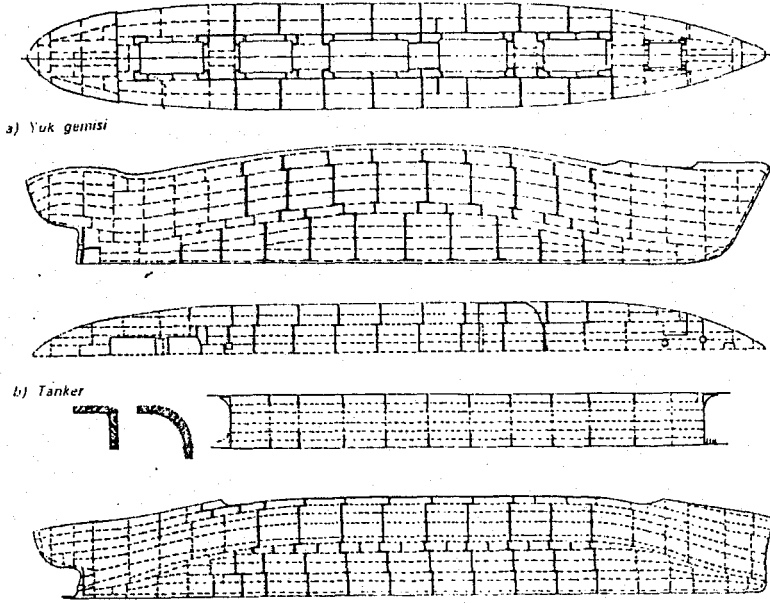
ÇİZELGE 15.10

Çapları $\geq 15 \leq 500$ mm ve cidar kalınlıkları $\geq 3 \leq 30$ mm olan alın kaynağı yapılmış boru, toplayıcı ve basınçlı kapların radyografilerinin değerlendirilmesi.

Hatanın Cinsi	Hatanın boyutu	Düzeltilmesi gereken sınır			
		> 32 atü		≤ 32 atü	
Yuvarlak gözenek	Gözeneğin çapı	$> S/3$	$> 1,5$	$> S/3$	$> 2,0$
Gözenek kanalı	Kanalın çapı	$> S/5$	$> 1,0$	$> S/5$	$> 1,5$
	Kanalın boyu	$> S/3$	$> 3.d$	$> S/3$	$> 3.d$
Gözenek zinciri ($n > 3$)	Gözeneğin çapı	$> S/3$	$> 1,5$	$> S/3$	$> 1,5$
	Gözenekler arasındaki mesafe	$< 5/d$	$< 2.S$	$< 5d$	$> 2.S$
Gözenek ağı ($n > 8$)	Gözeneğin çapı	$> S/5$	$> 1,0$	$> S/3$	$> 1,5$
	Gözenek ağının çapı	$> S/3$	$> 5,0$	$> S/3$	> 10
Cüruf kalıntısı	Kalıntının çapı	$> S/3$	$> 2,0$	$> S/3$	$> 3,0$
	Kalıntılar arasındaki mesafe	-	-	-	< 50
Cüruf iğneleri	İğnenin kalınlığı	$> S/10$	$> 0,5$	$> S/10$	$> 0,8$
	İğnenin boyu	> 10	$> Um/20$	> 20	$> Um20$
Kökte birleşme hataları	İğneler arasındaki mesafe	-	-	-	≤ 150
	Hatanın boyu	$> S$	> 10	$> 2 S$	> 20
	Hatalar arasındaki mesafe	-	-	-	≤ 150
Kökteki taşkınlık	Taşkınlığın yüksekliği	$> di/8$	$> 2,0$	$\geq di/5$	$> 3,0$
	Taşkınlığın boyu	$> Ui/2$	-	$> Ui/2$	-
Kökteki iç bükeylik	İç bükeyliğin derinliği	$> S/5$	$> 1,0$	$> S/5$	$> 2,0$
	İç bükeyliğin boyu	$> Ui/4$	-	$> Ui/2$	-
Çatlaklar	Her türlü sükülecektir	-	-	-	-
Oluklar (çentikler)	Çentiğin derinliği	$> 0,5$	-	$> 0,8$	-
	Çentiğin boyu	$> 2,5$	-	$> 4,5$	-

di = İç çap (mm) S = Cidar kalınlığı (mm) Um = Dikişin orta çevresi (mm)
Ui = Dikişin iç çevresi (mm)

Bir yük gemisi ile bir tankerin yüksek ve normal zorlamalara maruz kalan kaynak dikişleri ile birleştirmeleri. (Üstteki 1. ve 2. şekil yük Alttaki 3.- 4. ve 5. şekiller ise tankere aittir).



ŞEKİL 15.10

klasifikasyon grublarından siyah, mavi ve en az yeşil gruba uymalıdır. Normal zorlamaya maruz kalan dikişlerde ise siyah, mavi, yeşil ve en az kahverengi klasifikasyon grubu geçerli sayılabilir.

Şekil 15.10'da bir yük gemisi ile bir tankerin normal ve yüksek zorlamaya maruz kaynak dikişleriyle birleştirmeleri görülmektedir. Şekildeki koyu renkli çizgiler yüksek zorlamaya ve kesik çizgilerde normal zorlamaya maruz kalan dikişler ile bağlantıları ifade etmektedir.

15.5.5.2. ABS (Amerikan Breau of Shipping) ye Göre Su Üstü Tekne Kaynaklarının V Su Üstü Yapılarının Radyografi Kontrolü İçin Radyografi Yerlerinin Tesbiti ve Kabul Standartları

ABS ye göre radyografi tekniği diğer tanınmış standartlardaki tekniğe uygun olarak alınır. Bustandarda göre kaynatılmış saçın kaynak yerinde ve kaynak ısı bölgesinde radyografinin yanlış tefsirine sebep olacak kaynak dışı hataların olmaması gerektiğini öngörmektedir.

Alınan radyografinin duyarlılığı, % 2 veya 2T seviyesinde olan radyografilerden değerlendirilmelidir.

Radyografik Kontrolün Yerlerinin Tesbiti

Su Üstü Gemilerinin Film Adedi Tesbiti

Su üstügemilerinin 0.6 L, (Kaimeler arası boylarının ortadaki % 60 ında) boyunca radyografik kontrol yerlerinin sayısı aşağıdaki denklem ile belirlenir.

$$n = \frac{L(B+D)}{46.5} \text{ metrik birimlerde}$$

$$n = \frac{L(B+D)}{500} \text{ (pus birimi)}$$

Bu denklemde

- n = Radyografik kontrol yerlerinin en az sayısı
- L = Geminin kaimeler arası boyu (m) veya (ft) olarak
- B = Geminin en geniş eni (m) veya (ft) olarak
- D = Geminin derinliği, yani omurgasından açık hava güvertesine kadar olan yüksekliği (m) veya (ft) olarak

Not: Yukarıdaki formülle istenen en az film sayısı sürveyörün ön göreceği koşullara göre arttırılabilir.

Diğer Deniz Yapıları

Petrol arama platformları gibi diğer deniz yapılarında yukarıdaki istenen radyografik kontrol yerlerinin en az sayısı ana dizayna ve yapıda kullanılan malzemenin türüne göre değişebilir.

Kritik Yerler

a) Su Üstü Gemileri: Gemilerin Kaimeler arası boyunun % 60 orta kısmında şiyer saçlarının, sintine dönüm saçlarının güverte stringerlerinin ve omurga saçlarının armuz ve sokra kaynaklarının kesiştiği yerlerde ve ana güvertedeki ambar ağız civarındaki sokra kaynaklarında ve üst binalardaki geçiş yerleri civarındaki kaynak dikişleri gibi kritik yerlerde radyografik kontrol yapılmalıdır.

b) Diğer Deniz Yapılarında: Yüksek gerilmelerin oluşabileceği yerlerde radyografik kontroller yapılmalıdır. Petrol araştırma platformlarının boru şeklindeki ana taşıyıcı ayaklarının boyuna armuz kaynak dikişleri ile dairesel sokra kaynak dikişlerinin kesişme noktalarındaki kritik yerlerde radyografik kontrollere önem verilmelidir. Bu yerlerin dışında sürveyörün göstereceği yerlerden de radyografi alınmalıdır.

Kabul Standartları

"A" Sınıfı

a) Su Üstü Gemileri: Boyu 150 m'den daha uzun olan bütün su üstü gemilerinde yukarıda sözü geçen kritik yörelerdeki kaynak değerlendirilmeleri "A" sınıfına uymalıdır. Boyu 150 metreden daha kısa olan gemilerde de özel malzemenin (çok yüksek gerilmelere maruz kalan bazı yörelerde özel ve yüksek çentik mukavemeti olan malzemenin kullanılması istenmektedir) kullanıldığı ve bazı özel dizaynların bu "A" sınıfına uygun olması istenebilir.

b) Diğer Deniz Yapıları: Deniz yapılarının kritik yerlerdeki tam nüfuziyetli kaynakların radyografik kontrolü "A" sınıfı kurallarına uygun olarak yapılmalıdır.

c) Sıvılaştırılmış Doğal Gaz (LNG) ve Sıvılaştırılmış Petrol Gazı (LPG) Taşıyan Gemiler: LNG ve LPG taşımak için yapılacak bütün gemilerin teknenin bir parçası olarak yapılmış veya bağımsız tanklarının kaynaklarının radyografik kontrolü "A" sınıfı kurallarına uygun olmalıdır.

"B" Sınıfı

a) Su Üstü Gemileri: Boyu 150 m'den daha kısa olan gemiler için "A" sınıfı istenmemiş olması koşuluyla "B" sınıfı kurallarına uygun olmalıdır.

b) Diğer Deniz Yapıları: Kritik bölge dışında kalan yörelerde tam nüfuziyetli kaynakların radyografik kontrolü "B" sınıfı kurallarına uygun olmalıdır.

Uygulama

Kabul standartları paragrafındaki standartlar, tam nüfuziyetli kaynaklarda kurallara uygun ve sürveyörün gerek göreceği diğer yerlerde yapılan radyografik kontrollerde uygulanır.

Kaynak Hataları

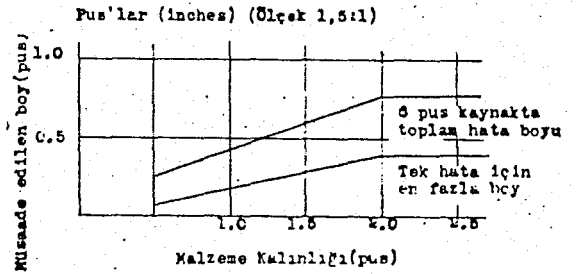
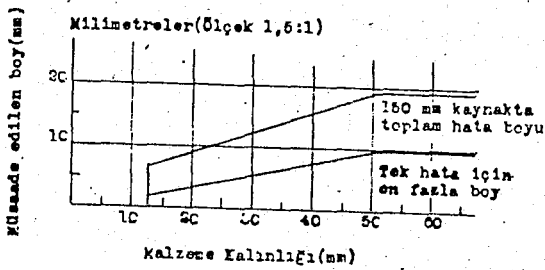
Çatlaklar

Kaynaktaki herhangi bir çatlak kabul edilmez, kaynağın çatlak kısmı mutlaka açılmalı ve tamir edilmelidir.

Eksik Kaynama veya Yetersiz Nüfuziyet

Kaynak dolgu maddesindeki herhangi bir kaynaka noksanlığı veya kaynakdolgu maddesi ile kaynatılan malzemenin birbirine birleştiği yörelerdeki herhangi bir erime noksanlığı, eksik kaynama ve yetersiz nüfuziyet olarak alınmalıdır.

a) "A" veya "B" Sınıfı: Kaynaklar, Şekil 15.11'de verilen tek veya toplamı birleştirilen boylardaki değerlerden daha fazla olan eksik kaynama veya yetersiz nüfuziyet bulguları kabul edilmez.

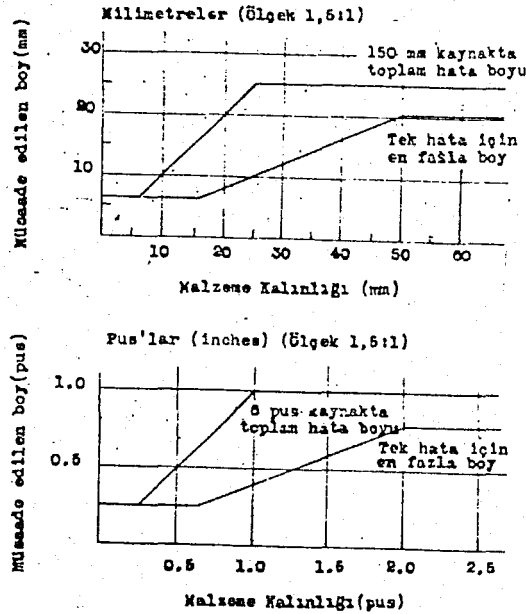


ŞEKİL 15.11

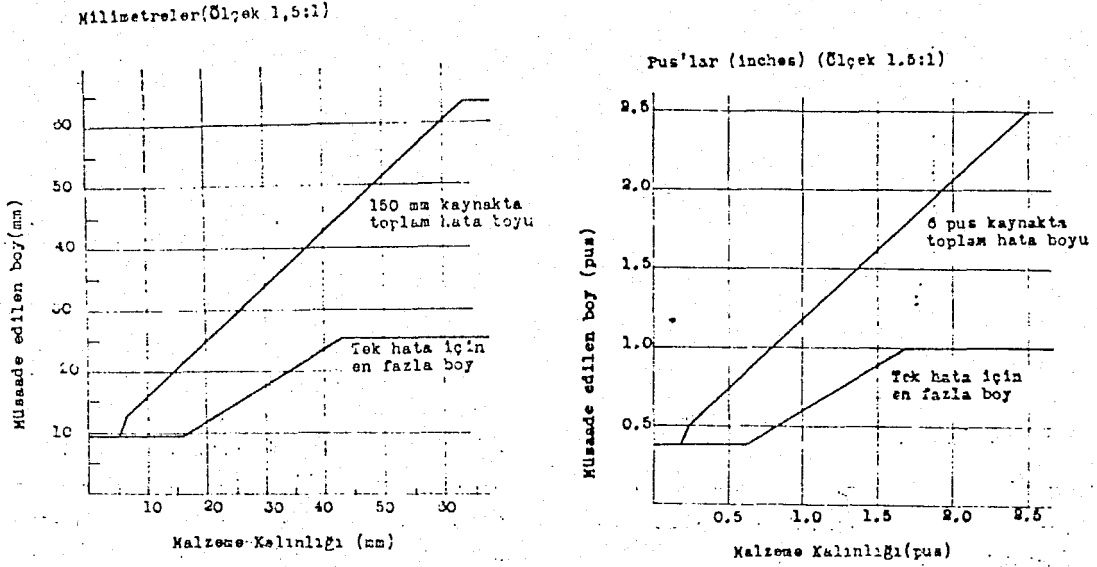
Cüruf (SLAG)

Kaynak dikişinin içinde veya kaynak dikişi ile bitişindeki ana malzeme arasında sıkışıp kalmış olan metal olmayan katı malzeme cüruf olarak değerlendirilmelidir. Kabul edilebilecek derecede az olan eksik kaynama ve yetersiz nüfuziyet hataları, "A" ve "B" sınıfları için toplam hata boyu düşünülürken tıpkı cüruf gibi değerlendirilmelidir. Boyu 3 mm den daha kısa olan eksik kaynama, yetersiz nüfuziyet veya cüruf hatalarının toplamı, cüruf veya porozite gibi (Hangisi daha bağlayıcı ise) değerlendirilir.

a) "A" Sınıfı: Kaynaklardaki tek başına ve birleştirilmiş toplam boyu Şekil 15.12'de gösterilen eğrilerdeki değerlerden daha fazla olan cüruf hataları kabul edilmezler.



ŞEKİL 15.12



ŞEKİL 15.13

b) "B" Sınıfı: Kaynaklardaki tek başına ve birleştirilmiş toplam boyu Şekil 15.13'de gösterilen eğrilerden daha fazla olan cüruf hataları kabul edilmezler.

Porozite (Gözenek)

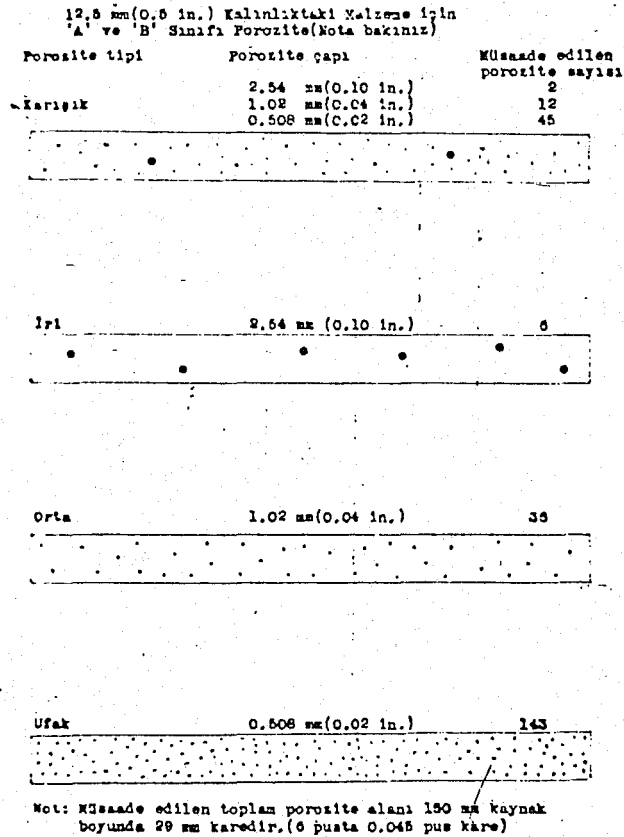
Kaynak içindeki gaz boşlukları, dairesel boşluklar ve gayet güzel dağılmış tungsten parçaları porozite olarak değerlendirilmelidir.

a) "A" veya "B" Sınıfı: Ana malzeme kalınlığı 12.5 mm den 51.0 mm'ye kadar olan ve kaynak dikişinin herhangi bir 150 mm uzunluktaki film boyunca Şekil 15.14 ilâ Şekil 15.18'de gösterilen değerlerden daha fazla olan porozite hataları kabul edilmezler. Bu şekillerde verilmeyen diğer kalınlıklarda ve değişik porozitelerin hepsinin toplamı bir yere kaydedilmeli

ve toplam porozite alanı hesaplanmalıdır. Porozitenin toplam alanı kaynak dikişi filminin herhangi bir 150 mm boyunca $2.3xt \text{ mm}^2$ yi aşmamalıdır, burada t değeri malzemenin mm olarak kalınlığını gösterir.

b) Ayrılmış (Tek Başına) Poroziteler: Tek bir porozitenin büyüklüğü kaynak dikişi filminin herhangi bir 150 mm boyunca en fazla 0.25 t veya 4.8 mm'yi (hangisi daha küçükse) aşmamalı ve toplam porozite alanı 2,3 t mm değerini geçmemelidir, burada t değeri malzemenin mm olarak kalınlığını gösterir.

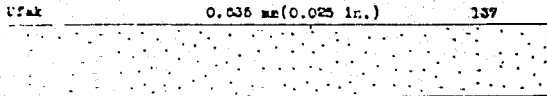
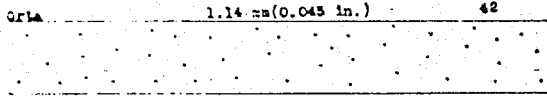
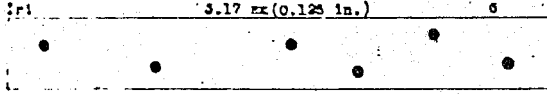
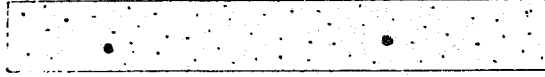
c) Ufak ve İnce Poroziteler: Çapı 0.39 mm'den küçük poroziteler kaynak hatası olarak alınmazlar.



ŞEKİL 15.14

19.0 mm(0.75 in.) Kalınlıktaki Malzeme için 'A' ve 'B' Sınıfı Porozite(Nota bakınız)

Porozite tipi	Porozite çapı	Müsaade edilen porozite sayısı
Karışık	3.17 mm(0.125 in.)	2
	1.14 mm(0.045 in.)	13
	0.635 mm(0.025 in.)	44

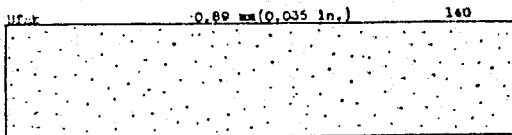
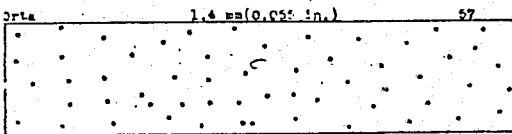
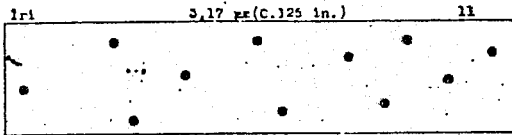


Not: Müsaade edilen toplam porozite alanı 150 mm kaynak boyunda 43,2 mm karedir.(6 pusta 0.007 pus kare)

ŞEKİL 15.15

38.0 mm(1.5 in.) Kalınlıktaki Malzeme için 'A' ve 'B' Sınıfı Porozite (Nota bakınız)

Porozite tipi	Porozite çapı	Müsaade edilen porozite sayısı
Karışık	3.17 mm(0.125 in.)	4
	1.4 mm(0.055 in.)	18
	0.89 mm(0.035 in.)	45

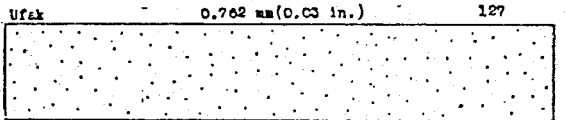
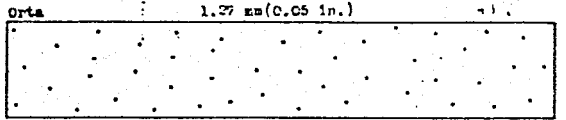
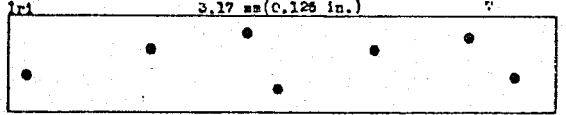
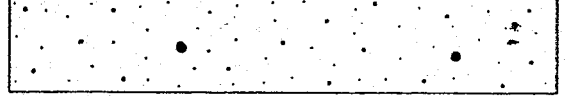


Not: Müsaade edilen toplam porozite alanı 150 mm kaynak boyunda 87,1 mm karedir.(6 pusta 0.135 pus kare)

ŞEKİL 15.17

25.5 mm(1.0 in.) Kalınlıktaki Malzeme için 'A' ve 'B' Sınıfı Porozite (Nota bakınız)

Porozite tipi	Porozite çapı	Müsaade edilen porozite sayısı
Karışık	3.17 mm(0.125 in.)	2
	1.27 mm(0.05 in.)	1
	0.762 mm(0.03 in.)	45

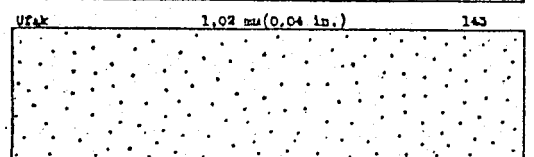
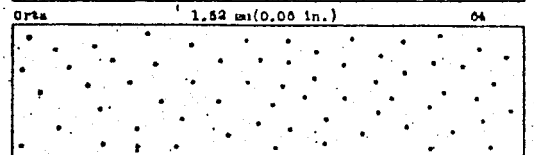
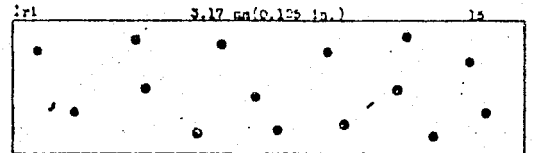


Not: Müsaade edilen toplam porozite alanı 150 mm kaynak boyunda 58,1 mm karedir.(3 pusta 0.09 pus kare)

ŞEKİL 15.16

51.0 mm(2.0 in.) Kalınlıktaki Malzeme için 'A' ve 'B' Sınıfı Porozite(Nota bakınız)

Porozite tipi	Porozite çapı	Müsaade edilen porozite sayısı
Karışık	3.17 mm(0.125 in.)	6
	1.04 mm(0.04 in.)	21
	1.02 mm(0.04 in.)	47



Not: Müsaade edilen toplam porozite alanı 150 mm kaynak boyunda 110 mm karedir.(6 pusta 0.180 pus kare)

ŞEKİL 15.18

Çeşitli Hataların Beraber Bulunuşu

Porozite ve cüruf (kabul edilebilecek eksik kaynama ve yetersiz nüfuziyet hatalarını da içerecek şekilde) hataları aşağıdaki gibi değerlendirilmelidir. Eğer filmde müsaade edilebilecek bütün cüruf görülürse, müsaade edilebilecek porozitenin yarısından fazlasına göz yummamalıdır. Eğer filmde müsaade edilebilecek bütün porozite görülürse, müsaade edilebilecek toplam cürufun yarısından fazlasına göz yummamalıdır.

Her ne olursa olsun, müsaade edilebilen cüruf yüzdesi ile porozite yüzdesinin toplamı % 150 yi aşmamalıdır.

Kabul Edilmeyen Kaynağın Tamiri

Hataların Uzantısı

Kabul edilemeyecek bir hata veya bir hatalar serisi bir yöreye toplanmışsa yalnız bu yöredeki hatalar onarılmalı ve ilk alınan filme bitişik olan yörede ek radyografik kontrol istenmemelidir.

Filmin Sonundaki Yerler

Kaynağın radyografisi alınan yerinin her iki sonunda bir kabul edilemeyecek hata veya hatalar dizisi görüldüğünde ve bu hatanın devam ediş şekli alınmış olan filmde belirlenmezse filmleri kontrol eden sürveyörün isteğine bağlı olarak hatalı yörelerin devamının ve belirlenmesi için genellikle ek radyografi alınır. Bazı durumlarda kontrol eden sürveyörün onayı ile hatalı yörenin devam eden kısmı kazınarak temizlenir ve hatanın sonu bulunabilir.

Ek Kontroller

Bir radyografide kabul edilemeyecek hatalar serisi görüldüğü ve bu hataların devam edebileceği şüphesi ortaya çıkarsa sürveyörü tatmin edecek şekilde ek filmler çekilmelidir.

Kaynak Onarımı

Radyografi sonucunda kabul edilemeyecek kaynak hataları sağlam kaynağı buluncaya kadar kazınmalı ve bu yöreler yeniden kaynatılarak onarılmalıdır.

Kaynak Onarımının Kontrolü

Onarılan bütün kaynak yöreleri sürveyörün isteğine göre kontrol edilmelidir.

16. RADYOGRAFİ MUAYENE RAPORLARININ HAZIRLANMASI

Radyografi üzerinde hataların tesbit ve değerlendirmesi yapıldıktan sonra neticenin bir rapor haline getirilmesi gerekir.

Rapor üzerindeki bilgiler açık ve anlaşılır olmalıdır. Raporu okuyan, işin nasıl yapılması gerektiğini, gereği gibi yapıp yapılmadığını radyografilere bakmadan anlayabilmelidir. Çizelge 16.1'de değerlendirme neticeleri üzerine yazabilecek bir rapor örneği verilmiştir.

Hata tipleri, Milletlerarası Kaynak Enstitüsünün kabul ettiği semboller ile ifade edilmelidir. Düşünceler sütununa, varsa dikkatsizlikten kaynaklanan lekeler gibi özel açıklamalar ile tamiri gereken radyografilerin karşısına "tamir" diye yazılmalıdır.

Rapora, işin üzerindeki çekim yerlerini film numaraları ile gösteren, bir şema eklenmelidir.

Tekrar çekilen filmlere aynı numara yazılmışsa, A, B gibi harfler konmalı şayet ayrı numara verilmişse Çizelge 15.1'deki çekim yapan operatör raporunda belirtilmelidir.

17. ULTRASONİK MUAYENE ESASLARI

17.1. ULTRASES TANIMI

Ultrason dilimizde ses ötesi anlamına gelir. İşitilmeyen ses demektir. Dalga boyu itibariyle gözümüzün duyarlık sınırları dışında kalan ve dolayısıyla göremediğimiz ışığa ultraviole veya enfrared dediğimiz gibi, dalga boyu itibariyle kulağımızın duyarlığı dışında kalan seslere de ultrases ismi verilmiştir.

İnsan kulağı 16 Hz ile 20 000 Hz : 20 kHz arasındaki frekanslara duyarlıdır. Müzikte bu frekans bandına 8 oktav denir. Kulak bu sınırların dışında kalan frekansları algılayamaz. İşte 20 kHz frekansın üstündeki seslere ultrases adı verilmiştir.

Duyulabilir ses frekanslarından başlayarak 25 MHz frekansa kadar ultrasonik dalgalar değişik amaçlarla kullanılmaktadır.

17.2. ENERJETİK YÖNÜ

Ultrases, aynen ses gibi, bir titreşim hareketidir. Titreşim hareketi ile doğar, titreşim hareketi olarak yayılır ve titreşim hareketi olarak algılanır. Atomların veya moleküllerin denge konumları etrafında titreşimidir. Dolayısıyla ultrason mekanik enerji'dir.

Ultrasonik enerji şiddeti ile titreşen atomun veya molekülün genliği arasında şu basit bağıntı vardır.

$$I = \frac{1}{2} W \cdot w^2 \cdot A^2 \quad (1.1)$$

I	W/m ²	Ultrasonik enerji şiddeti
A	m	Titreşim genliği
W	Kg/m ² ,sn	Ortamın akustik empedansı
w	: 2 nf Sn ⁻¹ Hz(Hertz)	Açısal frekans

17.3. AKUSTİK EMPEDANS

Akustik empedans ortamların ses yayınına gösterdiği dirençtir. Ortamın yoğunluğu ile bu ortamdaki c ses hızı çarpımına akustik empedans adı verilmiştir.

$$W = g \cdot c \quad (1.2)$$

W	Kg/m ² , sn	Akustik empedans
g	Kg/m ³	Yoğunluk
c	m/sn	Ses hızı

Şekilde görüldüğü gibi bazı malzemelerin akustik empedansları verilmiştir. Akustik empedansı yüksek olan malzemelere "sese karşı sert" ve akustik empedansı düşük olanlara da "sese karşı yumuşak" malzemeler denir. Bazı malzemelerin akustik empedansları ve yoğunlukları Çizelge 17.1'de verilmiştir.

ÇİZELGE 17.1

	W 10 ⁶ kg/m ² , sn	Ç 10 ³ Kg/m ³
Demir(çelik)	46,5	7,85
Dökme demir	25-40	7,2
Bakır	42	8,9
Pirinç	33	8,5
Aluminyum	17	2,7
Porselen	2,4	13-14
Perspex (plexiglass)	3,2	1,18
Naylon, Perlon	1,8-2,7	1,0-1,2
Lastik (vulkanize)	2,5-3,7	1,1-1,6
Lastik (yumuşak)	1,9-3,1	1,3-2,1
Su(20°C)	1,5	1,0
Motor yağı	1,1-1,7	0,88-1,02

17.4. SES BASINCI

Sesin içinde yayıldığı ortamlarda yarattığı titreşim bir basınç oluşturur. Buna kısaca ses basıncı adı verilir. Ses basıncı aşağıdaki formül ile hesaplanır:

$$P = W \cdot w \cdot A \quad (1.3)$$

P	N/m ²	Ses basıncı veya daha doğru bir deyimle alternatif ses basıncının amplitüdü
W	Kg/m ² . sn	Akustik empedans
w	= 2 π f Sn ⁻¹ :Hz	Açısal frekans

Akustik enerji şiddeti ile akustik basınç arasında şu bağıntı vardır:

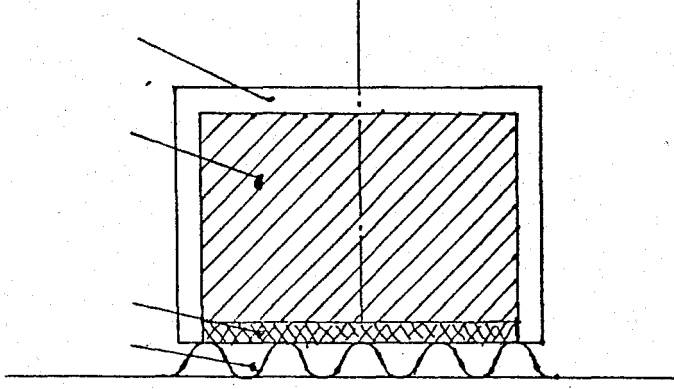
$$I = \frac{1}{2} \cdot \frac{P^2}{W} \quad (1.4)$$

Ses basıncı duyurularımızla algıladığımız ve günlük hayattan bildiğimiz bir kavramdır. Şiddetli bir gürültü kulak zarını zorlar, sıvı içine konulan bir ses kaynağının çevresinde akış başlar, sıvı içinde asılı duran parçacıklar ses kaynağından uzaklaşır. Katılar içinde ses enerjisi basma ve çekme gerilmeleri doğurur.

17.5. ULTRASONİK DALGALARIN MEYDANA GETİRİLMESİ

Önemli dalga tiplerini böylece bilmek, ultrasonik dalgaların nasıl teşekkül ettiği sorusunu geliştirir. Bu, herşeyden önce malzeme deneyleri için gerekli yüksek frekanslı ultrasonik dalgalar hasıl eden bir cihaz gerektirir. Sonra, bu ultrasonik dalgalar test parçasına geçirilmelidir. Halihazırda hasıl edici malzeme olarak piezo-elektrik maddeleri kullanılmaktadır. Bir madde, kendi sınır yüzeylelerinde meydana gelen değişik potansiyellerle ilgili olarak şekil değiştiriyorsa, piezo-elektriktir. Daha birçok arzu edilir hususiyetleri yanında kuvarz kristalleri bu özelliğe sahiptir. Bu sebepten ultrasonik dalgaların üretilmesi için genellikle kuvarz kristalleri kullanılır. Bir kuvarz kristalinden küçük bir tabaka belli bir kristallografik yüzeye paralel olarak kesilir ve bu tabaka iki elektrod arasına konur. Bu elektrodalara doğru akım tatbik edildiğinde, elektrodaların kutuplarına göre, tabaka kalınlaşır; ya da incelir. Eğer elektrodalara alternatif akım verilirse elektrodaların kutupları devamlı olarak değişeceğinden, kuvarz tabakası peşpeşe incelip kalınlaşarak tatbik edilen voltajın frekansınad eşit bir frekansta titreşir. Bu titreşimler test parçasına nakledilirse, devamlı bir boyuna dalga meydana gelir. Bu titreşimlerin deney parçasına iyi nakledilmesi kuvarz plâka ile parça arasında hiç hava olmaması ile mümkündür. Plaka ve yüzey arasına bir sıvı tatbiki suretiyle mevcut hava bertaraf edilir. Bu sıvı çoğu zaman su veya yağdır... Piezo-elektrik plâka ise gerekli bağlantılarıyla-

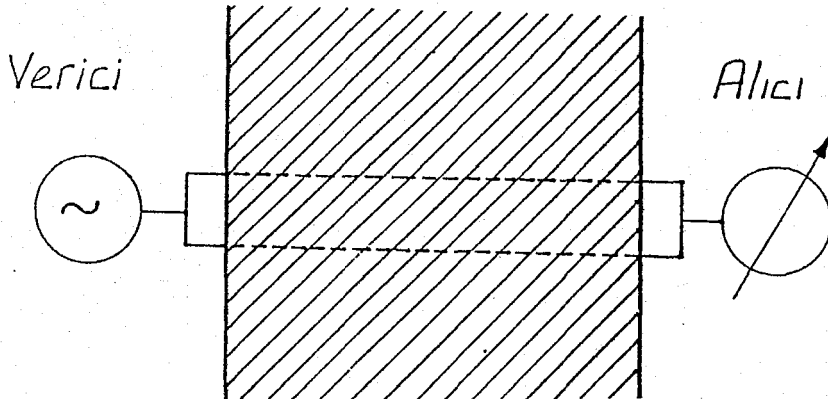
la birlikte bir kutu içerisinde yerleştirilmiştir. Bu kutu ultrasonik cihazın test başlığı olup, kısaca "prob" olarak adlandırılır. Bir prob kesiti Şekil 17.1'de görülmektedir.



ŞEKİL 17.1

17.6. TİTREŞİMİN İLETİLME USULÜ

Deney parçasında alternatif akım, prob ve kublaj ortamı vasıtasıyla bir boyuna dalga meydana getirdikten sonra deney parçasının tabiatı hakkında neticeye varabilmek için herhangi bir noktada ses basıncının ölçülmesi gerekir. Bu ses basınç ölçülmesi test parçasının arka civarına bir alıcı prob koymakla yapılır. Vericinin gönderdiği sesin alınışı Şekil 17.2'de şematik olarak görülmektedir.

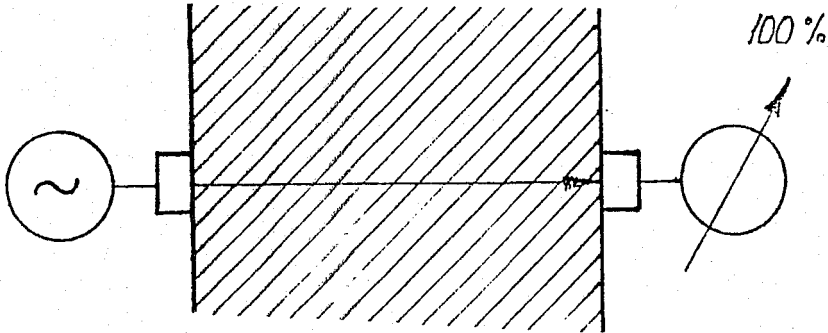


ŞEKİL 17.2

Alıcı prob, daha evvel izah edilen prob ile aynı yapıdadır. Alıcı prob deney parçasının arka cidarına akuple edildiğinde, meydana gelen ses basıncının tesiriyle titreşimleri piezo-elektrik plakaya ulaştırır ve daha evvel izah edilen şeklin aksine elektrotlarda alternatif akım meydana getirir. Bu alternatif akım titreşimlerin şiddetiyle orantılı olup, bir elektrik ölçme aleti tarafından kaydedilir. Alıcıdaki bu hareket tarzına piezo-elektrik olayı, vericidekine ise ters-piezo-elektrik olayı denir.

17.7. YANSIMA VE GEÇİRGENLİK FAKTÖRLERİ

Yukarıda izah edilen metod, verici ve alıcı problemler arasına yerleştirilen malzemede bir hata olup olmadığını gösterir. Şekilde görüldüğü gibi iki prob arasındaki malzemenin homojen ve kesiksiz olduğunu farzedelim. Bu durumda ölçü aleti % 100 geçirgenlik gösterir (Şekil 17.3). Şimdi problemler arasında 1 ve 2 nolu malzemelerin bulunduğunu farzedelim. Bu defa titreşimin bir kısmı alıcı proba erişeceği gibi bir kısmı da iki malzemenin temel yüzeylerinden tekrar verici proba doğru yansıtacaktır (Şekil 17.4).



ŞEKİL 17.3

Bu durumda alıcıda % 100 geçirgenlikten daha düşük bir değer görülür. Titreşimin ne kadarının geçtiği ne kadarının ise geri döndüğü 1 ve 2'inci malzemelerin ses dirençlerine (w) bağlıdır. Ses direnci ise malzemenin ses hızı ve özgül ağırlığına bağlıdır.

Meselâ 1'inci malzemenin ses direnci W_1 , 2'inci malzemenin ses direnci W_2 kabul edilirse, yansım faktörü D aşağıdaki formüllerle elde edilir.

$$R = \frac{W_2 - W_1}{W_2 + W_1} \quad D = \frac{2W_2}{W_2 + W_1}$$

Örnek No 1:

1'inci malzeme çelik, 2'inci malzeme ise sudur. Çeliğin ses direnci:

$$W_1 = 45 \times 10^6 \text{ kg/m}^2\text{s}$$

suyun ses direnci ise

$$W_2 = 1.5 \times 10^6 \text{ kg/m}^2\text{s} \text{ (Çizelge 17.1'den)}$$

Bu değerleri formülde yerine koyarsak yansım faktörü 0,935 ve geçirgenlik faktörü - 0.065 olarak görülür. Başka bir deyişle titreşimin % 93,5_u yansımış ve % 6,5_u alıcıya erişmiştir.

Örnek No 2:

1'inci malzeme çelik, 2'inci malzeme ise bakırdır. Bakırın ses direnci;

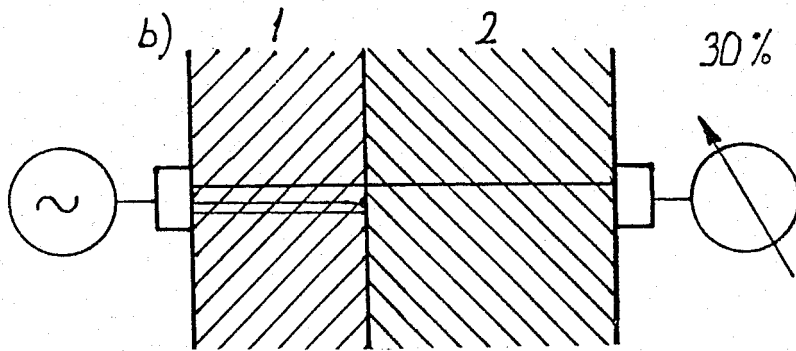
$$W_2 = 42 \times 10^6 \text{ kg/m}^2\text{s}$$

% 3.4 yansımaya ve % 96.6 geçirgenlik faktörü neticesini elde ederiz.

Örnek No 3:

1'inci malzeme çelik, 2'nci malzeme ise havadır. Havanın ses direnci hemen hemen sıfırdır. Bu yüzden yansımaya faktörü % 100, geçirgenlik faktörü ise sıfırdır.

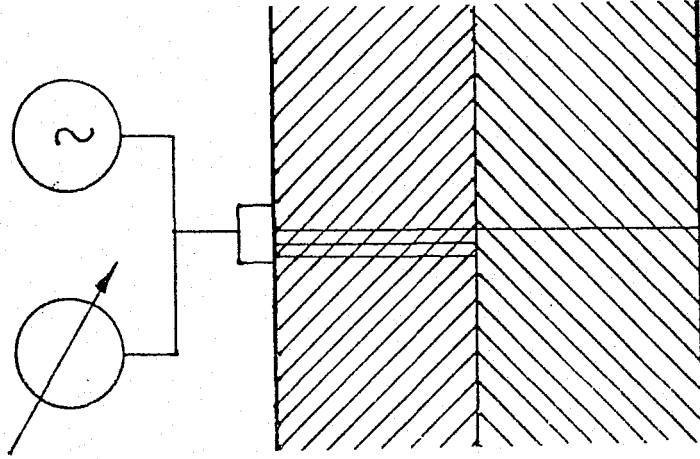
Örnekler göstermektedir ki; titreşimin nakledilebilen kısmı 1'inci ve 2'nci maddelerin ses dirençleri ile ters orantılıdır. Ses dirençleri arasındaki fark büyüdükçe muayene edilen parçanın iki ayrı malzeme tabakasından meydana geldiği kolayca anlaşılır. Bu fark küçüldükçe bunu tesbit etmek zorlaşır. Meselâ, 2. örneğe bakarsak yansımaya faktörü yalnızca % 3.4'dür. Bu durumda deney parçasının büyük bir ihtimalle tek malzemeden meydana geldiği anlaşılır. Yukarıda izah edilen metod birbirine benzeyen pek çok sayıda deney parçalarının otomatik deneyinde kullanılır elde yapılan deneyler için bu metod uygun değildir. Zira iki probun aynı şekilde tatbiki güç bir iştir. Umumiyetle test parçasının arka yüzüne erişilemez. İyi bir temas için her iki nokta da iyice muayene edilmelidir. Ayrıca kesintinin derinliği tesbit edilemez.



ŞEKİL 17.4

17.8. YANSIYAN SİNYALLER USULÜ

Yansıyan sinyaller metodunda bu mahzurlar mevcut değildir. Dolayısıyla elle yapılacak deneylere ait bütün ultrasonik deney cihazları, bu usul için geliştirilmiştir. Şimdi bu usulü inceleyelim. Verici ve alıcı prob lar arasında hiçbir değişiklik olmadığı için tek bir probu her iki gaye için de kullanabiliriz. Böylece deney parçasının arka tarafına tatbik edilen alıcı prob artık gerekli değildir. Bu durumda titreşimin geçen kısmını değil yalnızca yansıyan kısmını ölçmek yeterli olacaktır (Şekil 17.5).



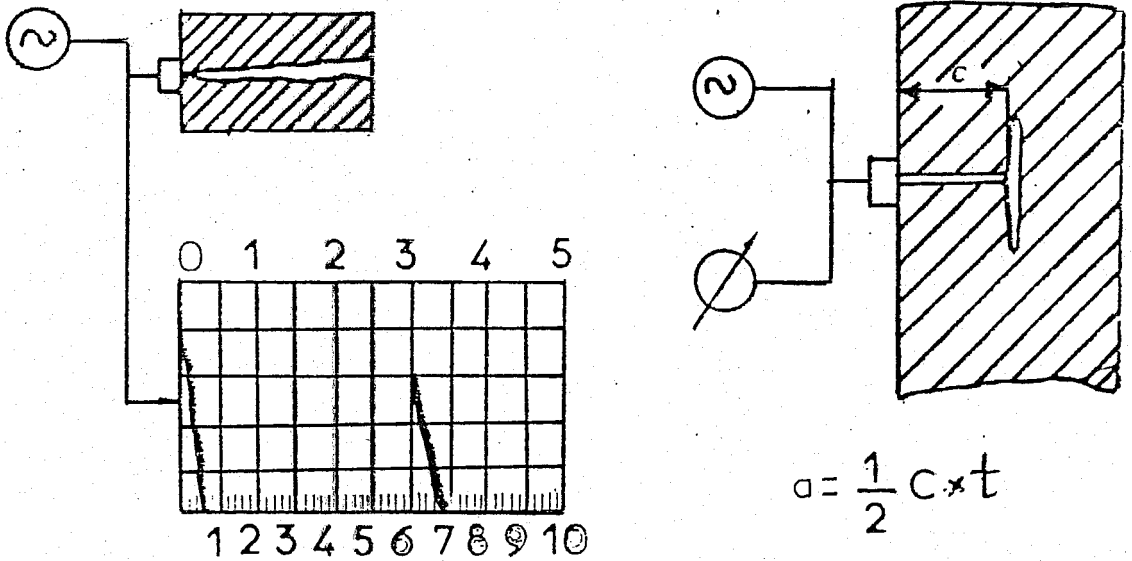
ŞEKİL 17.5

Doğru bir ölçme, probun ölçme esnasında verici olarak çalışmamasıyla mümkündür. Bu da, devamlı olarak titreşim vermektense; kesikli titreşim dalgaları kullanmayı icabettirir. Önce prob verici olarak çalışır. Hasıl olan sinyal yansıyıp geri döndüğü zaman aynı prob bir alıcı olarak görev görür ve yansıyan titreşimin şiddetiyle orantılı olarak ölçü aletine bir voltaj verir. Bundan sonra prob bir sonraki sinyali neşreder. Ses sinyallerinin kullanılmasında bir fayda daha vardır. Ses sinyallerinin yansıma yüzeyine gidip ve dönüşleri için gerekli zamanı ölçmek mümkündür. Bu zaman kullanılarak yansıma yüzeyine olan mesafe üzerinden bazı neticelere varılabilir.

Yani çoğunlukla prob ile yansıma yüzeyi arasında yalnız bir çeşit malzeme vardır ve ses sinyalleri sabit bir hızla yayılırlar. Prob ile yansıma yüzeyi arasındaki mesafe S aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$S = \frac{1}{2} c \cdot t$$

Bu metodu tatbik etmek için bir voltmetre ile bir zaman ölçüsüne ihtiyaç vardır (Osiloskop). Ekran boyunca soldan sağa doğru uygun süratte ışıklı bir nokta geçirdiğimizde ve bu nokta, giden ve yansıyan dalgaların tesiriyle saptırıldığında, osiloskop ekranında bir temel hat ve iki sinyal görülür (Şekil 17.6).

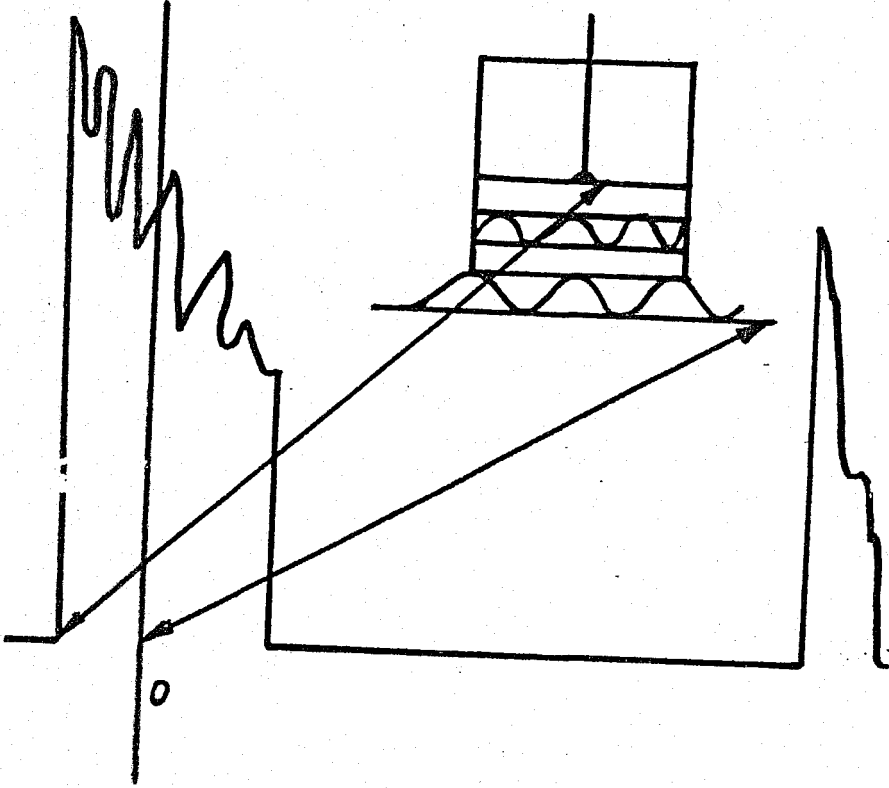


ŞEKİL 17.6

1'inci sinyal giden dalgayı, 2'inci sinyal ise ilk yansıyan dalgayı ifade eder. Yansıyan dalgalara genellikle "yankı" adı verilir. Deney parçasının arka cidarından gelen yansımış dalgalara ise "arka cidar yankıları" denir. Arka ve ön cidarlar arasındaki herhangi bir noktadan gelen yankılara ise "ara yankı" denir. Yollanan dalgaya tekabül eden sinyal ile arka cidar yankısına tekabül eden sinyal arasındaki mesafe test edilen parçanın kalınlığını ifade eder...

17.9. AYARLAMA

İncelediğimiz kısımlarda dikkate almadığımız bir nokta vardır. Gönderilen dalga'nın ekranda görülen sinyali, deney parçasının yüzeyine tekabül etmeyebilir. Arada kuplaj (Geçiş) ortamına tekabül eden bir gecikme hattı vardır (Şekil 17.7).



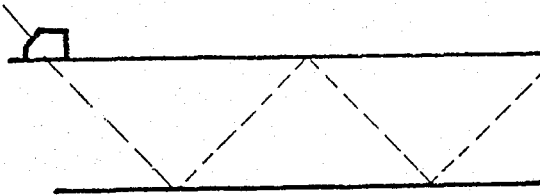
ŞEKİL 17.7

Ekranın düzgün olarak ayarlanması için bu gecikme hattı dikkate alınmalıdır. Umumiyetle bu hattın uzunluğu bilinmediğinden tam bir ayarlama direkt olarak yapılamaz. Bu ayarlama da ışıklı nokta için düşük bir sürat seçilir ki, ekranda iki veya daha fazla cidar yankısı görülebilsin.

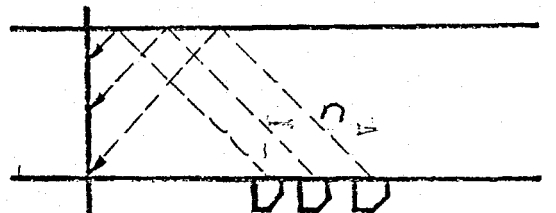
Kolaylıkla anlaşılacağı gibi tek arka cidardan, birden fazla yankı alınabilir. Zira cidar tarafından yansıtılan titreşimlerin hepsi prob tarafından alınmaz. Fakat büyük bir kısmı da deney parçasının yüzeyi ve arka cidarı arasında gider ve gelir. Titreşimlerin geri kalan kısmı yüzeye ulaştığı zaman bir kısmını proba geçirir. Eldeki malzemenin kalınlığına göre 1'inci ve 2'inci arka cidarlar arasındaki mesafeyi seçerken ve ilâve olarak 2'inci arka cidar yankısını skaladaki sıfır noktasından 1'inci de olduğu gibi iki misli mesafedeki bir noktaya getirirken sıfır noktası malzemenin sathına tekabül eder ve otomatikman gecikme hattı, giden dalga sinyaliyle skalanın sıfır noktası arasındaki mesafedir.

17.10. KAYNAKDİKİŞLERİNİN KONTROLU

Bu konuya girmeden evvel, eğik problemlerin yardımı ile küçük ebatlı parçaların nasıl kontrol edileceklerini görelim. Bu şartlarda hatayı direkt olarak değil, ancak muhtelif cidar yansımaları ile tesbit etmek mümkün olur. Kaynak dikişlerinin kontrolünde genel olarak paralel yüzlü parçalar mevzubahis olur (Şekil 17.8). Dikkat edilirse zig-zag bir dalga ortaya çıkmıştır. Herhangi bir noktadaki toplam kesiti kontrol etmek istersek probu ileri veya geriye doğru hareket ettirmek kafidir.



ŞEKİL 17.8

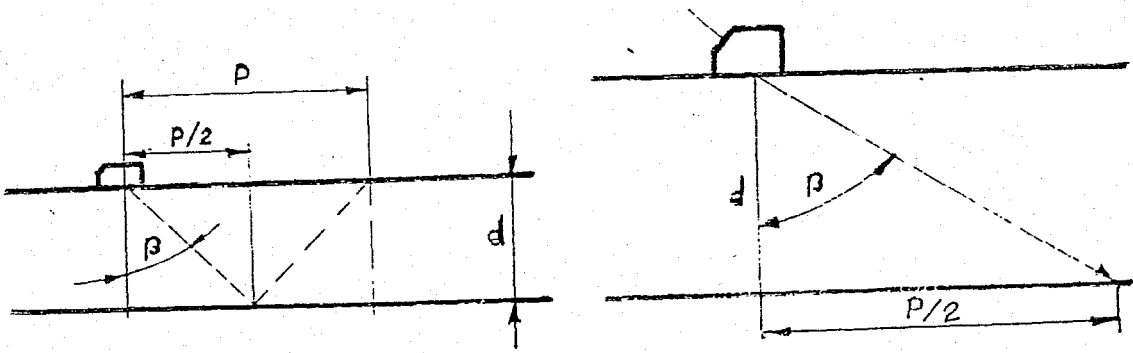


ŞEKİL 17.9

Ancak bu hareketin derecesine olmalıdır. Ses demetinin aynı yüze değdiği müteakip iki nokta arasındaki mesafe P olsun, levha kalınlığı (d) ve ses çıkış açısı β ise şu denklemler yazılabilir (Şekil 17.10).

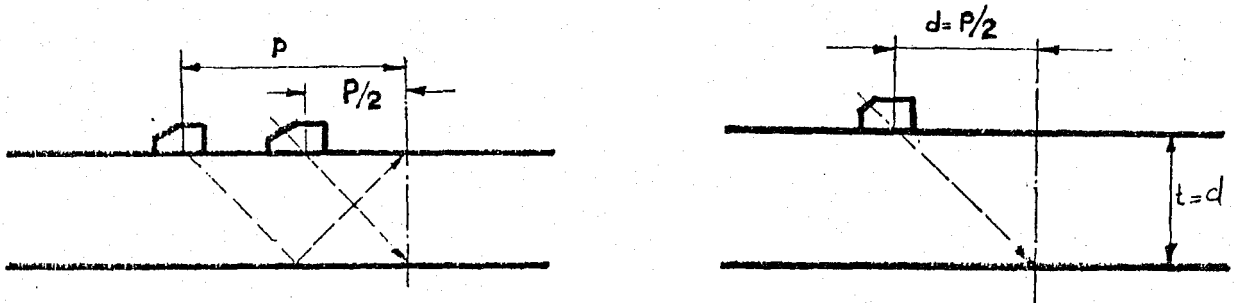
$$P/2 = d \cdot \text{tg}\beta \quad \text{ve}$$

$$P = 2d \cdot \text{tg}\beta$$



ŞEKİL 17.10

Neticede prob istenilen noktadan P mesafesine konur ve $P/2$ kadar hareket ettirilirse bu noktada bütünkesit taramış olur. Hata kesit alınan bölgenin en altında ise, arıza direkt olarak tesbit edilebilir. Bu durumda arızanın mesafesi $a=P/2$ arıza derinliği t ise $t=d$ olur. Arıza kesit alınan bölgenin en üstünde ise $a=P$ ve $t=0$ olur (Şekil 17.11).



ŞEKİL 17.11

Şekil 17.12'de genel olarak yeribilinmeyen bir arızanın tesbiti görülmektedir. Ses demetinin katettiği yol $S=S_1+S_2$ ise, süreksizlik mesafesi:

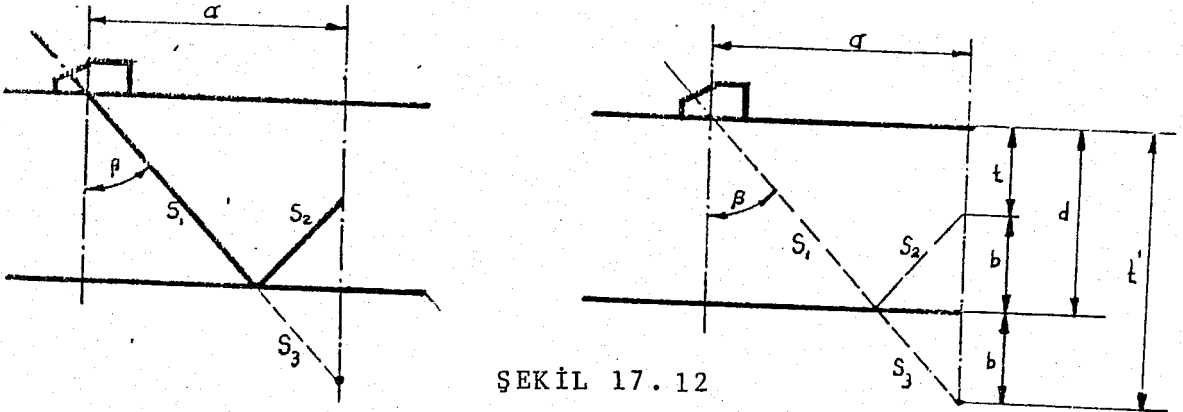
$$a = (S_1 + S_2) \cdot \sin\beta = S \cdot \sin\beta \text{ dir.}$$

Hatanın derinlik tesbiti için geometrik yöntem ile aşağıdaki bağıntılar yazılabilir.

$$t = d - b \quad b = t - d$$
$$t' = (S_1 + S_2) \text{ buradan;}$$

$$T = d - |(S_1 + S_2) \cdot \cos\beta - d| = 2d - S \cdot \cos\beta \text{ elde edilir.}$$

Görüldüğü gibi derinlik basit bir hesap ile ortaya çıkmaktadır. Buna rağmen, hata yerini bu basit hesaplara dahi lüzum kalmadan tesbit eden bazı metodları ileride göreceğiz.



17.10.1. Kaynak Dikişlerindeki Hatalar

Önce en basit dikişi olan V-alın dikişini ele alalım. Görebileceğimiz başlıca hatalar şunlardır:

Cüruf Kalıntıları

Bu hatalar dikişin her tarafında görülebilir ve kaynağın mukavemetini azaltır.

Birleşme Hataları

Bu hatalar genellikle kaynağın kesitteki birleşme noktasını düşürür, umumiyetle birleşme yüzeyine paraleldirler.

Çatlaklar

Çatlaklar kaynak dikişinin herhangi bir yerinde veya dikişe yakın ana metalde meydana gelebilir. Bu hatalar düz olup genel olarak düşey durumda ve uzunlamasına olurlar. Enine çatlaklar kaynakta ender görülen tehlikeli çatlaklardır.

Gözenekler

Gözenekler muhtelif boylarda ve kaynak dikişinin herhangi bir yerinde görülebilir. Küçük gözenekler pek mühim olmamakla beraber bunların toplanarak bir kanal teşkil etmeleri mukavemet üzerine tesir eder.

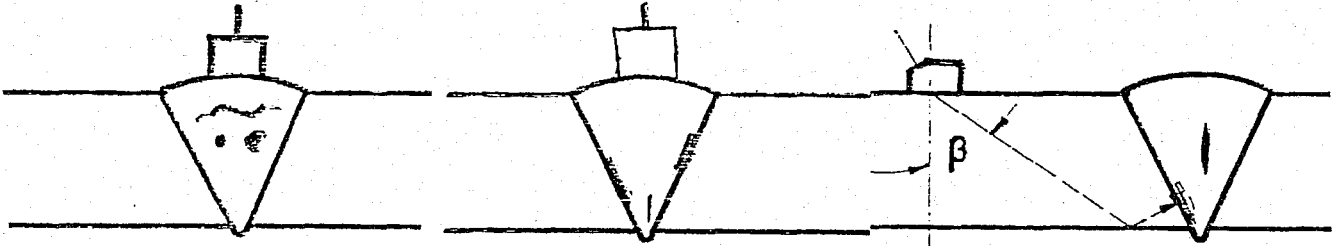
Yukarıda sayılanlardan başka: Kök hataları, nüfuziyet azlığı gibi hatalarda da vardır.

Prob Seçimi

Burada, kaynak dikişlerinin muayeneleri için en uygun probun seçimini inceleyelim. Önce normal bir probu kaynak dikişinin tepesine yerleştirelim. Hatalar şekilde görüldüğü gibi olursa, alınacak neticeler (prob dikişe iyi intibak ettirildiği takdirde) gayet net olur (Şekil 17.13). Pratikte kaynak dikişinin yüzeyi düzgün olmadığı için iyi bir temas temin et-

mek mümkün olamaz. Ayrıca hatalar şekilde görüldüğü gibi olursa, alınacak yankı sinyalleri gayet zayıf olurlar (Şekil 17.14).

Şekilde görüldüğü gibi aynı işin bir açısız prob ile yapılması görülmektedir. Şüphesiz ki bu metodla alınacak neticeler daha sarıh ve nettir (Şekil 17.15).

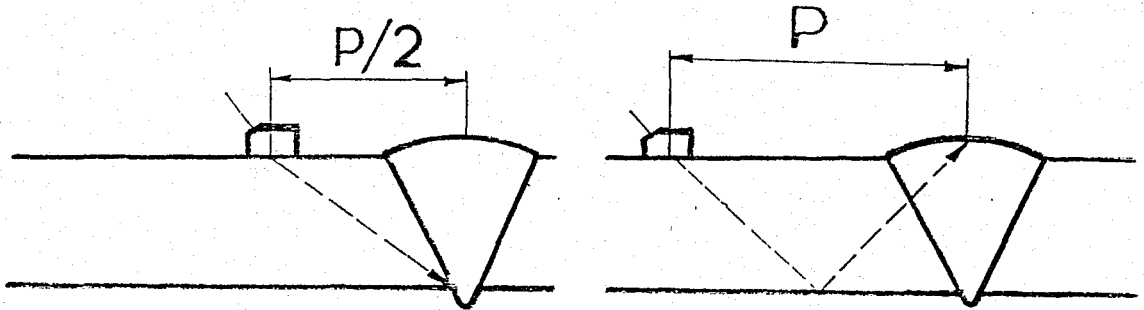


ŞEKİL 17.13

ŞEKİL 17.14

ŞEKİL 17.15

Şekillerde görüldüğü gibi, huzme çıkış noktası ile dikiş tepesi arası mesafe $P/2$ ve dikişin kökü P olursa dikişin tepesi tetkik edilmiş olur. Prob P ile $P/2$ arasında hareket ettirilirse bütün kaynak kesiti gözden geçirilmiş olur (Şekil 17.16).



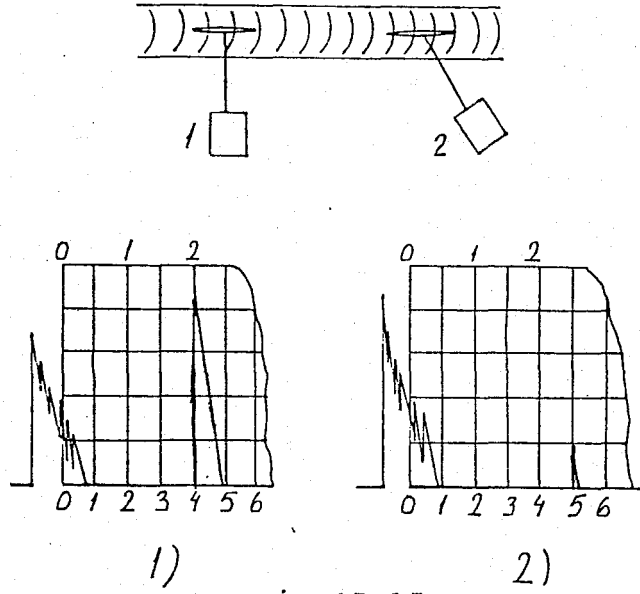
ŞEKİL 17.16

Hatanın Cinsi

Cihazda tesbit edilen bir hatanın cinsini tesbit etmek ve hata hakkında fikir yürütmek oldukça mühim bir husustur. Bu da muhtelif hataların verecekleri yankıların şekillerini ayırtetmekle mümkün olur. Muhtelif hatalara ait yankılar, aşağıda görüleceği gibi çeşitli şekiller gösterir.

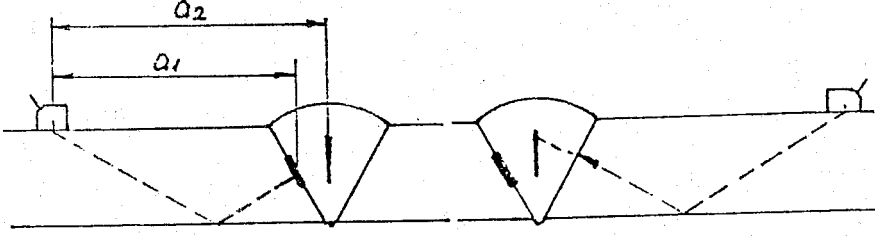
Düz Hatalar

Çatlaklar ve bağlantı yüzeyindeki düz hatalar muayyen bir mesafede sonik enerjiyi bütünüyle yansıtıklarından dar ve yüksek yankılar verirler. Eğer huzmenin yönü tam dik değilse küçük açı değişiklikleri, sonik enerjinin büyük bir kısmının dışarı yansması ve küçük bir kısmının proba dönmesine sebep olur (Şekil 17.17). Probu düz bir hatanın etrafında gez-



ŞEKİL 17.17

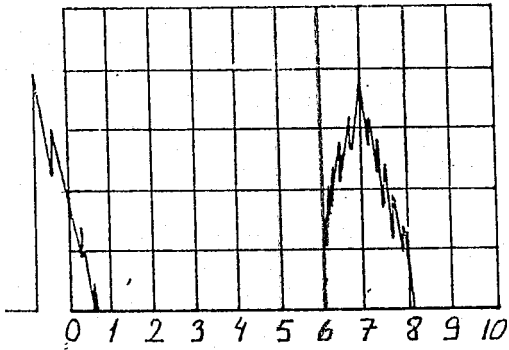
dirilirken dik olarak gelen huzmenin yankısı bu sebepten dolayı hızla azalır. Yankı yüksekliğinin prob yönüne tabi olması önem taşır. Çatlaklar ve bağlantı yüzeyindeki hatalar düz hatalar olduğundan, yankı yükseklik veya şekillerinden tefrik edilmezler. Böyledurumlarda hata yerinin doğru olarak tesbit edilmesi gerekir. Yan düz hatanın dikiş merkezinde olduğu anlaşılırsa, bu hata ufak bir ihtimalle bir bağlantı yüzeyi hatası olabilir. Hata şeklinin ne olduğu hakkında şüphe varsa o takdirde huzme Şekil 17.18'de görüldüğü gibi diğer taraftan verilir. Eğer yankı dikse, yankı yüksekliği her iki yanda da eşittir. Eğer eğikse yankı yükseklikleri de değişir. Eğik bir hata ise bu hata ise bu hata bir bağlantı yüzeyi hatası olduğunu gösterir. Dik hatalar ise çatlak olabilir.



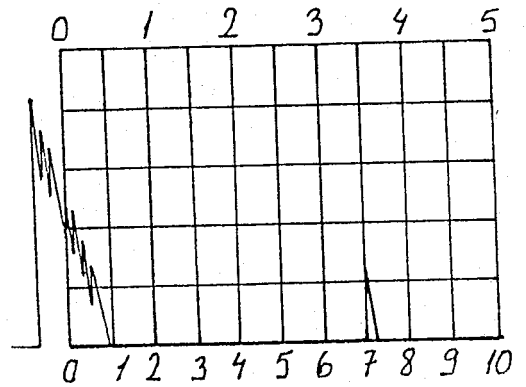
ŞEKİL 17.18

Curuf kalıntısından gelen yankı da çatlak ve bağlantı yüzeylerinden gelen yankılar kadar yüksek olmakla beraber yankının şekli değişiktir. Cüruf kalıntısının arızalı sathından gelen yankı, ekranın sıfır hattından itibaren bir çam ağacı gibi yükselir (Şekil 17.19).

Bu sebepten curuf kalıntıları düz hatalardan kolaylıkla ayırılabilir. Gözenekler umumiyetle yuvarlaktır ve iyi bir "yansıtıcı" değildir. Teorik olarak gözenek sathına dik ulaşabilen huzme ışınları yansır, açıyla ulaşan ışınlar ise yayılır. Bu sebepten yansıyan ses basıncı düşük olduğundan, beklenen yankı da gayet zayıf olacaktır. Prob bu gözenek etrafında döndürülürse de yankının yükseklik ve şekli değişmez (Şekil 17.20).



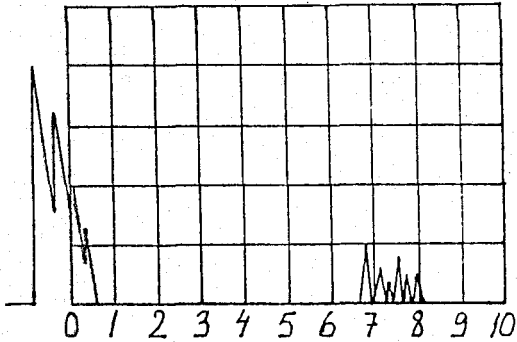
ŞEKİL 17.19



ŞEKİL 17.20

Gözenek Yığılıları

Gözeneklerin adet ve dağılışılarına göre, yukarıda zikredilen zayıf yankılar ekranda yanyana veya birbirlerinin içine geçmiş şekilde görünürler (Şekil 17.21).



ŞEKİL 17.21

Gözenek birikintileri yankı şekilleri itibariyle cüruf kalıntılarından kolaylıkla ayırđedilirler.

Kök Hataları

Yankı karakteristikleri vasıtasıyla kök çatlaklarından veya kök bağlantısının yüzeyindeki hatalardan kolayca ayırđedilemez. Çünkü, ekranın aynı noktasında çok ince ve uzun bir yankı meydana getirir. Kök dipleri dikişin iki tarafından aynı şekilde tesbit edilir. Ayırma enine genişletme vasıtasıyla yapılabilir.

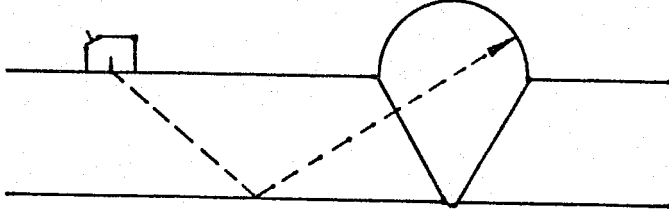
Kaynatın Fışkırması (Skallar)

Kök dibi yankısına benzer bir yankı verir. İkisi arasındaki ayırım ancak hata yerinin tesbitiyle yapılır.

Kapak Pasosu

Kaynak yüzeyine dikey verilen hüzme için iyi bir yansıma yüzeyi teşkil eder, buradan kolaylıkla ayırđedilebilen yan-

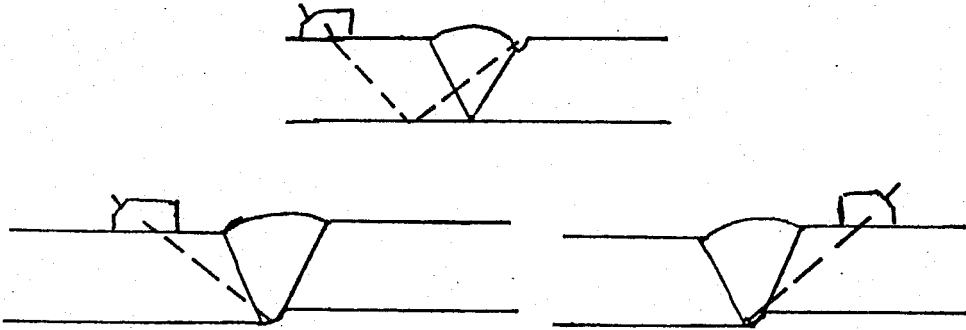
kılar beklenir. Hata, dikişin yanlarından birinde olabilir. Yansıma yalnızca bir kenardan elde edilir (Şekil 17.22).



ŞEKİL 17.22

Dikişin Nüfuziyeti

Dikişin üst tarafındaki nüfuziyetsizlik, kenardaki birleşme hatalarından tesbit edilebilir. Buradaki yankı yükseklikleri önceki hatalara ait yankı yükseklikleriyle aynı olmasına rağmen, nüfuziyetsizlik yankıları gitgide düşer ve neticede kaybolur.



ŞEKİL 17.23

Düzlemleri Uyuşmayan Yüzeyler

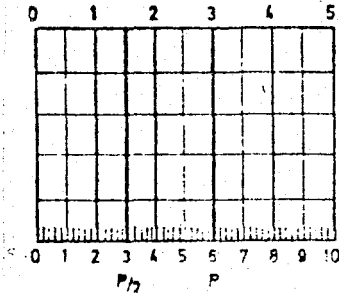
Kaynak edilen yüzeylerin aynı düzlemüne gelmemesi halinde kenara çarpan huzme ince ve uzun bir yankı meydana getirir. Diğer taraftan yollanan huzme ince ve uzun bir yankı meydana getirir. Diğer taraftan yollanan huzme ise hiçbir yankı göstermez (Şekil 17.23).

Hata Yerinin Tesbiti

Hataların giderilebilmesi bakımından olduğu kadar, hatalar üzerinde tartışılabilmesi için de hata yerinin katıyet-letesbiti önem taşır. Bir hatanın yeri bir hatadan geçen kesitin huzme çıkış noktasına olan (a) mesafesi ve parçanın yüzeyine olan (t) mesafesi bilindiği zaman tesbit edilmiş olur. Bu iş ekranda okunan (s) mesafesi ve daha evvel verilen denklemler yardımı ile yapılır. Hesaplama "Hata yeri tesbit cetveli" kullanıldığında gerekli değildir. Hata yeri tesbit cetveli huzme merkezinin güzergahını yansıtır ve böylece hataların mesafesi ve genişliğinin okunmasını mümkün kılar. Değişik huzme çıkış açıları için (35° , 45° , 60° , 70° , 80°) değişik tip cetveller vardır. Duruma uygun olan cetvel proba iliştirilir. Ayarlanabilir bir çene vasıtası ile açı probunda huzme çıkış noktası, cetveldeki çıkış noktasıyla birleştirilir ve vida vasıtasıyla tesbit edilir. Bundan sonra plastik sürgünün kenarıyla huzme çıkış hattı parça kalınlığını tayin eden kırmızı hatlardan uygun olanı üzerinde kesiktirilir. Bu durumda plastik sürgünün kenarı arka cidardan yansıyan huzmeyi temsil etmektedir. Eğer cihaz 250 mm'ye ayarlanmışsa cetvel yardımıyla huzmenin atlama mesafesi dolayısıyla P ve P/2 mesafeleri kolaylıkla okunabilir. Bulduğumuz hata yankısını azami yüksekliğe çıkaracak şekilde cihazı ayarlarız. Bulduğu taksimatın tekabül ettiği mesafe cetveldен direkt olarak okunur. Derinlik ise plastik sürgü kenarının hata yerinde kestiği yatay kırmızı çizginin ifade ettiği mm kadardır.

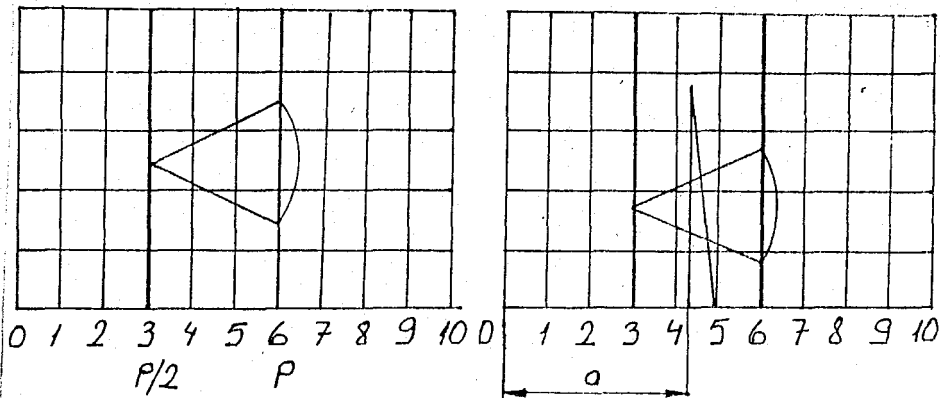
Ses çıkış açısı tam nominal değere uymuyorsa ve çıkış noktası işaret edilen yerden değilse muhakkak ki cetvel hata yapacaktır. Hata yerini, hesap yapmadan bulmanın diğer bir metodu da şudur; cihazın skalası üzerinde P ve P/2 mesafeleri işaretlenir. Şekilde de görüldüğü gibi dikkat edilirse kaynak dikişinin dibindeki hatalar P/2 taksimatına, tepesindeki hatalar ise P taksimatına yakın olacaktır. Elde ettiğimiz hatalar

yankısının yerini nazarı itibara alınarak, P ile P/2 arasında mesafeyi d olarak kabul edersek basit bir orantıyla hatanın tam yeri belli olur. Bu hesabı da yapmaktan kaçınıyorsak ekran skalası bize bu mesafeyi direkt olarak verecek şekilde ayarlanabilir (Şekil 17.24).

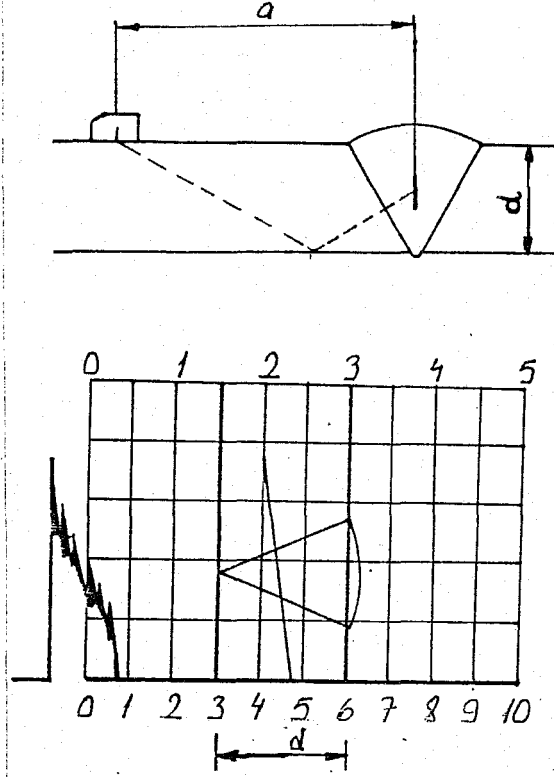


ŞEKİL 17.24

(a) işdüşümü mesafesine göre ayarlamayı yapmak yakından tanıdığımız V1 ve V2 test blokları ile nispeten kolaydır. Gerekli iki yankı, ses kanalının genişliğine göre ekrana yerleştirilmesi yerine birinci yankı S_1 . $\sin\beta$ da, ikinci yankı ise S_2 . $\sin\beta$ da olacak şekilde yerleştirilir. Böylece hesaplama bir kere ve ayarlama esnasında yapılır. Ayarlama yapıldıktan sonra işdüşümü mesafesi (a) seçilen kademe içinde okunur. Netice olarak bir kaynak dikisinde hata yerinin tesbiti şöyle olur; Ara yankısı verilir, bu yankının P ve P/2 gövdeleri arasındaki pozisyona göre keşfedilen hatanın derinliği ara yankının alt kısmından itibaren izdüşüm mesafesi o-unmak suretiyle tahmin edilir. Bu şerit metre vasıtasıyla bu mesafe prob-kaynak dikışı hattına getirilir ve böylece dikışteki hatanın pozisyonu elde edilir(Şekil 17.26 ve 17.27).



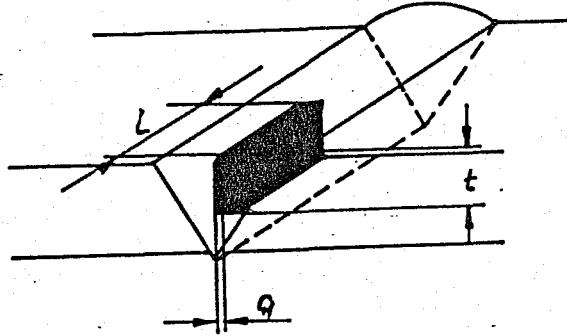
ŞEKİL 17.25



ŞEKİL 17.26

Hata Ebadları

Şimdiye kadar hatanın yerini tayin ederken, hatanın ses huzmesine nisbetle daha küçük olduğunu düşündük. Kaynak hatalarında bu ekseriyetle böyle olmaz. Kaynakları kontrol ederken, hatanın asgari derinlik uzunluğunu (t), enine uzunluğunu (q) ve boyuna uzunluğunu (L) tesbit etmeliyiz (Şekil 17.27).

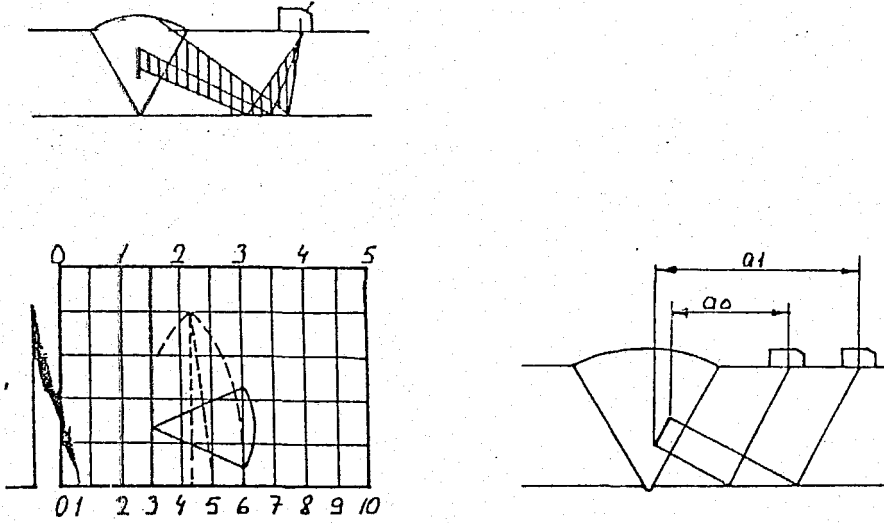


ŞEKİL 17.27

- 1- Yankı yüksekliği
- 2- Yankı şekli
- 3- Proben hareketi ile yankının değişmesi
- 4- Hatanın pozisyonu
- 5- Hata ebadları
- 6- 1-4 hususlarının dikişin diğer tarafından tetkiki

Düz Bir Hatanın Eğik Durması

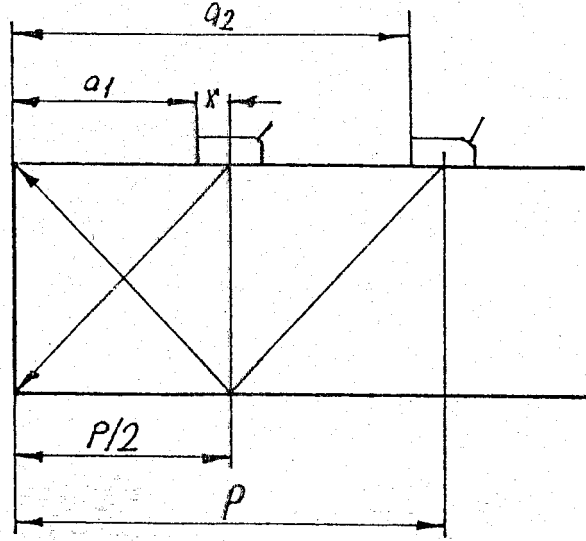
Yukarıdaki 6 hususa ilaveten, düz bir hatanın eğimi de tayin edilebilir. Şekil 17.29'da görüldüğü gibi hatanın üst noktası, alt noktasından evvel görülürse, hatanın eğik olduğu hükmüne varılır.



ŞEKİL 17.29

Bir Plaka (Levha) Kenarına Ayar

Bu ayar yardımı ile, hata yeri tesbit cetvelini kullanmadan, her arıza tesbiti için ses huzme uzunluğunu hesaplamaktan kurtuluzu. V1 ve V2 blokları yardımı ile yapılan hesap iki izdüşüm mesafesi ile atlama mesafesinin hesabından ibarettir. Bu hesabı da ortadan kaldırmak üzere izdüşüm mesafelerini, doğrudan doğruya plakanın kenarlarından tayin etmek mümkündür. Bunun nasıl yapılacağını Şekil 17.30 üzerinde görelim.



ŞEKİL 17.30

Ses huzmesini önce tam alt kenara tevcih edelim. Bu durumda a_1 mesafesini ölçeriz. Bundan sonra huzme tam üst kenara gelecek şekilde probu kaydıralım. Bu durumda da a_2 mesafesini ölçeriz. Bundan sonra mesele, probu kaydırarak, yankıyı a_1 ile a_2 arasına tam olarak yerleştirmekten ibaret kalır.

K A Y N A K L A R

- 1- Agfa-GEVEART
Industrielle Radiographie , Agfa-Gevaert N.V.
B-2510, Mortsel-Belgien.
- 2- Endüstriyel Radyografi
Prof.Dr.Müh.Nezihi Özden, Mayıs 1981, Ankara,
(SEGEM Yayın No: 45).
- 3- Kaynak dikişlerinin Radyografik Muayenesi,
Böhler Kaynak Çubukları, Elektrotları Sanayi ve Ticaret
A.Ş. Yayını, Haziran 1972.
- 4- Reprodüksiyon ve Klise Teknolojisi
Recep Yaman - Demir Anadol, Milli Eğitim Basımevi, 1984.
- 5- Sanayide Uygulamalı Radyografi,
Prof.Dr.Ali Nezihi Bilge - Dr.Beril Tuğrul
Haziran 1986, İstanbul (SEGEM Yayını).
- 6- Gemi Mühendisliği,
TMMOB Gemi Mühendisleri Odası Yayın Organı, Sayı 87
Ocak 1986.
- 7- Ultrasonik ile Tahribatsız Malzeme Muayenesi
Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek
Lisans Tezi
- 8- Ultrasonik Malzeme Muayenesinin Esasları
Y.Müh.Karl Dahmen
Oerlikon Kaynak Elektrotları ve Sanayi A.Ş. Yayını.

- 9- İonizan Radiationdan Korunma
Seyfettin Kurter
İstanbul Üniversitesi Radyoloji Enstitüsü Kliniği
Fizisyeni, İstanbul 1959.

- 10- ISO Standards
Handbook 19, 1983.

- 11- ABS (Amerikan Bureau of Shipping)
RULES FOR
NONDESTRUCTIVE
INSPECTION OF
HULL WELDS
1975
Notice No 1
45 Broad Street
New York, New York 10004 U.S.A.

Ö Z G E Ç M İ Ş İ M

1944 yılında Burdur'un Kayaaltı köyünde doğdum. 1969 yılında Yüksek Teknik Öğretmen Okulu'ndan mezun oldum. 1973 yılında İstanbul'a tayin oldum. 1976 yılında İstanbul Yüksek Teknik Öğretmen Okulu'na atandım.

Halen Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi'nde Öğretim Görevlisi olarak görev yapmaktayım.