

RADIOGRAFIA INDUSTRIAL

(RAIOS-X E RAIOS- γ)

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

1.1. HISTÓRICO DO MÉTODO

Os raios-X foram descobertos em 1895 pelo prof. W. C. Roentgen quando pesquisava as propriedades dos raios catódicos, estudando o fenômeno de fluorescência com auxílio de um tubo de raios catódicos.

Os raios-X foram descobertos, ocasionalmente, quando, ao ligar o tubo que se encontrava protegido por uma caixa de papelão preto, verificou que um papel recoberto com sal de bário (fluorescente), que estava perto do tubo, se tornava fluorescente. Ligando e desligando o tubo várias vezes e aumentando a espessura do papelão, o prof. Roentgen percebeu que havia descoberto novos raios, até aquele momento desconhecidos, que possuíam a propriedade de atravessar corpos opacos, denominando-os raios-X.

Inicialmente tendo seu uso restrito à área médica, por volta de 1920, na Europa, são iniciados estudos relativos à aplicação na inspeção dos materiais.

1.2. FINALIDADE DO EXAME

O exame radiográfico constitui-se num ensaio não destrutivo, que tem por objetivo a detecção de descontinuidades em materiais metálicos tais como: trincas, bolhas de gás, inclusões, segregações, porosidades, etc.

1.3. CAMPO DE APLICAÇÃO

Devido à capacidade de penetração e absorção das radiação X e γ , a radiografia industrial é usada para testar uma grande variedade de produtos metálicos tais como soldas, fundidos, forjados, laminados, etc.

1.4. VANTAGENS E LIMITAÇÕES DO TESTE RADIOGRÁFICO

a) VANTAGENS:

- a.1) pode ser aplicado à maioria dos materiais;
- a.2) pode fornecer um registro permanente do resultado do teste;
- a.3) revela a natureza interna do material;
- a.4) pode ser aplicado num processo, indicando a ação corretiva necessária em caso de defeitos.

b) LIMITAÇÕES:

- b.1) impraticável em peças de formato complexo;
- b.2) necessidade de acesso por ambos os lados da peça;
- b.3) limitado a espessuras relativamente pequenas (aproximadamente 200mm de aço);

os custos;

b.5) dificilmente detecta descontinuidades laminares.

1.5. FUNDAMENTOS DO ENSAIO

Uma radiografia é um registro fotográfico produzido quando a radiação penetrante, após atravessar determinado material, atinge um filme fotográfico. Após o processamento, esse filme apresentará áreas claras e áreas escuras, revelando as porções do material que absorveram mais ou menos radiação.

Percebe-se, portanto, que três coisas são essenciais ao processo radiográfico:

- a) a exposição de um filme à ação das radiações X ou γ ;
- b) o processamento deste filme (revelação);
- c) a interpretação da radiografia resultante.

CAPÍTULO 2 - PRINCÍPIOS FÍSICOS

2.1. A RADIAÇÃO PENETRANTE

O nome "Radiação Penetrante" se originou devido à propriedade que certas formas de energia radiante possuem de atravessar materiais opacos à luz visível. Na radiografia industrial, utiliza-se dois tipos de radiação penetrante: os raios-X e os raios- γ . Se distinguem da luz visível por possuírem um comprimento de onda (λ) extremamente curto, o que lhes dão a capacidade de atravessarem corpos opacos à luz visível.

Os raios-X possuem comprimentos de onda que vão de 0,01 a 100 Å. Os raios- γ possuem comprimentos de ondas que são ainda menores que dos raios-X. Para classificá-los não é mais conveniente usar seus comprimentos de onda (0,01 a 1 x 10⁻⁶ Å), mas sim a sua energia, expressa em elétrons-volt (ev).

A equação que relaciona a energia com λ , é a equação:

$$E = \frac{hc}{\lambda}, \text{ onde:}$$

E = energia (ergs)

h = constante de Planck (6,624 x 10⁻²⁸ ergs/s)

c = velocidade da luz (300.000 Km/s)

λ = comprimento de onda

Através desta equação podemos observar que quanto menor λ , maior a energia e, conseqüentemente, maior a capacidade de penetração.

Por serem de natureza semelhante à luz, os raios-X e γ possuem uma série de propriedades em comum com a luz visível, entre as quais podemos citar:

- a) possuem a mesma velocidade de propagação;
- b) deslocam-se em linha reta;

- e) podem provocar fenômenos de fluorescência e fosforescência;
- f) têm vários comprimentos de onda;
- g) são ondas eletromagnéticas.

2.2. INTERAÇÃO DA RADIAÇÃO COM A MATÉRIA

Ao incidirmos uma radiação penetrante sobre um certo material, parte dessa energia será absorvida e a radiação emergente (que atravessa o material e atinge o filme radiográfico) terá uma intensidade menor, devido principalmente aos efeitos: fotoelétrico, espalhamento Compton e formação de pares.

Experimentalmente, sabe-se que a intensidade de um feixe que penetra na matéria diminui conforme a equação:

$$I = I_0 e^{-ux}, \text{ onde:}$$

I_0 = intensidade de radiação incidente

I = intensidade de radiação emergente

e = base dos logaritmos neperianos

x = distância percorrida pela radiação dentro da matéria

u = coeficiente de absorção linear da matéria. Esse coeficiente é determinado experimentalmente e depende principalmente de duas características do material: densidade e número atômico.

A figura 1 ilustra o que acabamos de dizer:

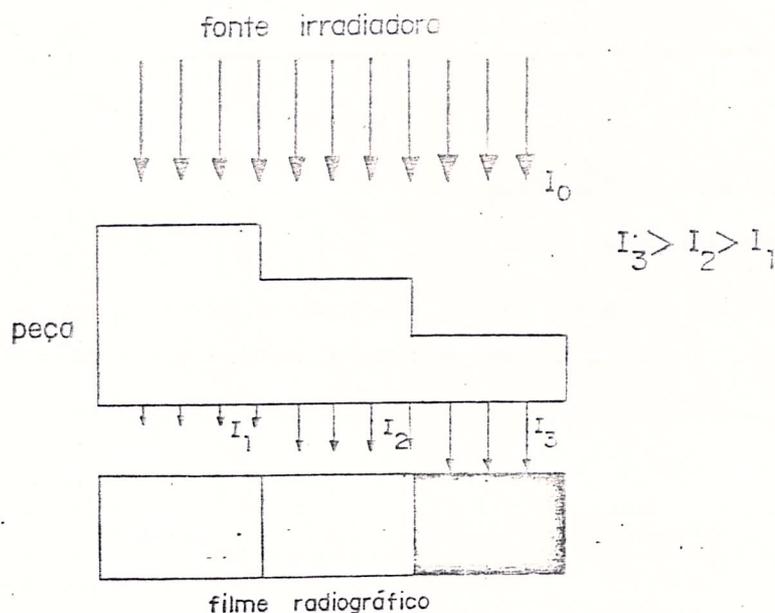


FIG. 1

2.3. PRINCÍPIO DA INSPEÇÃO RADIOGRÁFICA

Como dissemos em 1.5, uma radiografia é um registro fotográfico produzido quando

fico. Pelo exposto a respeito da interação da radiação penetrante com a matéria, podemos entender que quando a seção que se está radiografando é homogênea, isto é, não apresenta descontinuidades, a tonalidade do filme radiográfico relativo a essa seção é constante. Ao contrário, se houver nesta seção alguma descontinuidade, irá haver absorção diferenciada de energia entre a descontinuidade e a peça e, neste ponto, o filme será impressionado de maneira diferente, indicando assim a presença da descontinuidade.

Pelo exposto, percebe-se que a radiografia se baseia na absorção diferenciada de energia entre os materiais (fig. 2).

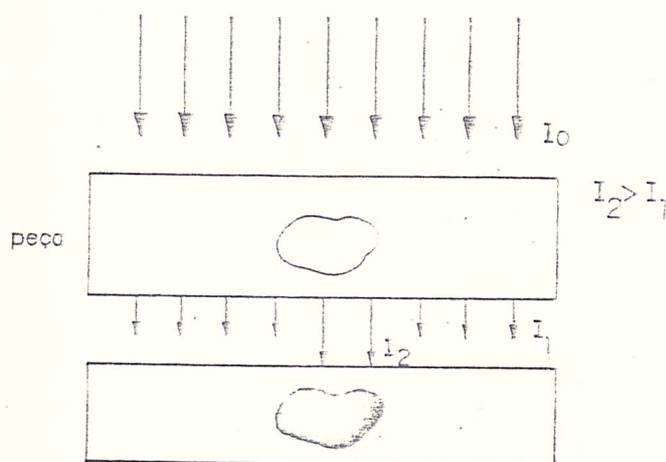
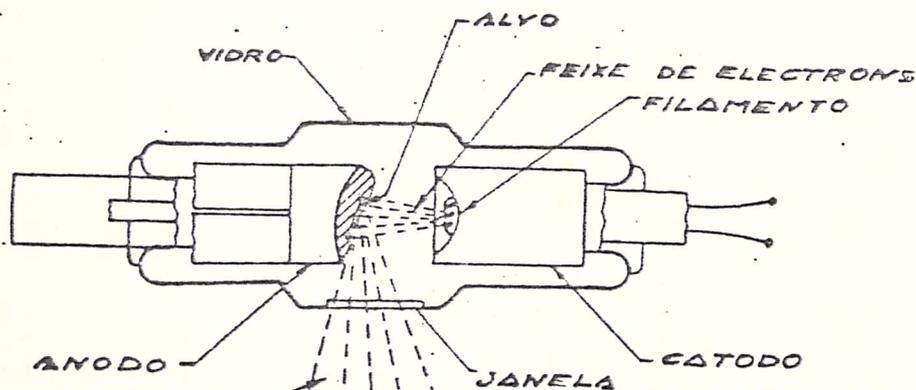


FIG. 2

CAPÍTULO 3 - FONTES DE RADIAÇÃO

3.1. GERAÇÃO DOS RAIOS-X

Os raios-X são gerados quando elétrons fortemente acelerados dentro de uma ampola de vidro contendo alto vácuo se chocam contra um alvo metálico (fig. 3).



Quando são acelerados, devido a uma grande ddp existente entre o catodo (emissor de elétrons) e o anodo (alvo), os elétrons podem atingir altas velocidades e, assim, quando se chocam com um metal, penetram na estrutura atômica do mesmo, deslocando pela força de colisão, outros elétrons, liberando energia na forma de radiação eletromagnética com λ muito pequeno (0,01 a 100 Å), denominada raios-X. Pode-se perceber que quanto maior a ddp existente entre o anodo e o catodo e o número atômico do metal do alvo, maior será a energia dos raios-X e conseqüentemente, maior o poder de penetração.

3.2. CARACTERÍSTICAS DO MATERIAL DO ALVO

Nomalmente, somente 0,01 a 10% da energia do elétron se transforma em raios-X. O restante da energia se transforma em calor, que é cedido ao alvo.

O rendimento da transformação da energia cinética em raios-X é encontrado pela expressão:

$$\eta = 1,4 \times 10^{-9} Z.V, \text{ onde:}$$

η = rendimento

Z = nº atômico do material do alvo

V = ddp entre anodo e catodo

Dessa forma, três características importantes são requeridas do material do alvo:

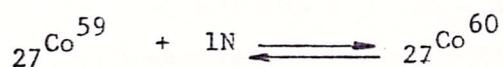
- a) alto ponto de fusão
- b) alto nº atômico
- c) alta condutividade térmica

Com base nestas exigências, o material mais usado na construção de alvo é o tungstênio (PF = 3410°C; $d = 19,3 \text{ g/cm}^3$)

3.3. GERAÇÃO DOS RAIOS- γ

Os raios- γ são gerados quando se faz o bombardeamento de certos elementos naturais, estáveis, com nêutrons. Alguns desses nêutrons são capturados pelo núcleo dos átomos do elemento, rompendo o equilíbrio de forças existente no núcleo, fazendo com que o átomo passe ao que se chama de "estado excitado". Para retornar ao estado de equilíbrio, o núcleo do átomo excitado emite o excesso de energia que possui, na forma de onda eletromagnética com alta energia (λ muito pequeno: 0,01 a 0,000001 Å), com alta capacidade de penetração, denominada raios- γ .

Tomemos como exemplo o átomo de cobalto estável, que possui número de massa (Prótons + nêutrons do núcleo) igual a 59 e número atômico (nº de prótons) igual a 27. Após o bombardeamento com nêutrons teremos:



É dessa maneira que são produzidos os principais radioisótopos usados na gamagrafia: cobalto-60; Tório-170 e Irídio-192. O césio-137 é um dos produtos da fissão do urânio-235.

OBS.: Embora sã os raios- γ sejam usados na gamagrafia, as fontes de radiação podem emitir energia de outras formas, tais como, por meio de partículas α e β .

3.4. CARACTERÍSTICAS DAS FONTES DE RADIAÇÃO γ

As fontes de radiação γ possuem uma série de características, tais como: decaimento radioativo, meia-vida, atividade, energia etc. No entanto, dado o objetivo do curso, consideraremos apenas a meia-vida e a energia, por serem características importantes das fontes de radiação γ .

a) MEIA-VIDA

Meia-vida do elemento radioativo é o intervalo de tempo necessário para que metade do número inicial de átomos excitados libere sua energia. Como a taxa de desintegração dos átomos é diferente para cada material, a meia-vida também será uma característica de cada elemento.

b) ENERGIA

Como dissemos anteriormente, não é conveniente caracterizar os raios- γ através de seu comprimento de onda, mas sim, através de sua energia.

A unidade mais usada para medir a energia dos raios- γ é o elétron-volt (eV). 1 eV representa a energia gerada por um elétron ao ser acelerado por uma ddp de 1V.

OBS.: 1 KeV = 1×10^3 eV

1 MeV = 1×10^6 eV

3.4. PRINCIPAIS FONTES DE RADIAÇÃO USADAS COMERCIALMENTE E SUAS CARACTERÍSTICAS

Os mais usados são: Cobalto-60; Tório-170; Irídio-192 e Césio-137.

RADIOISÓTOPO	MEIA-VIDA	ENERGIA DA RADIAÇÃO-MeV	FAIXA DE UTILIZAÇÃO MAIS EFETIVA	EQUIVALÊNCIA COM OS RAIOS-X (KV)
COBALTO-60	5,3 anos	1,17 e 1,33	60 a 200mm de aço	2000
TÓRIO-170	127 dias	0,084 e 0,054	1 a 10mm de aço	100
IRÍDIO-192	74,4 dias	0,137 a 0,65	10 a 40mm de aço	400
CÉCIO-137	33 anos	0,66	20 a 80mm de aço	800

3.5. COMPARAÇÃO ENTRE RAIOS-X E RAIOS GAMA

Um dos problemas mais comuns em radiografia é a escolha do tipo de equipamento a ser usado: se raios-X ou raios- γ . Faremos aqui uma comparação entre os dois métodos, indicando suas vantagens e desvantagens.

a) COMPARAÇÃO QUANTO AO TIPO DE RADIAÇÃO:

Nos raios-X é possível controlar-se a qualidade da radiação gerada, através do controle de voltagem do tubo. Isso permite que se use o mesmo aparelho de raios-X para radiografar uma faixa mais ampla de materiais e espessuras, e sempre usando uma ótima energia de radiação.

Nos raios-X é possível controlar a intensidade de radiação através do controle de miliamperagem. Isso permite, dentro de certos limites, tempos de exposição mais curtos que os obtidos com o emprego de raios gama.

Dentro das mesmas dimensões e peso de equipamento, certos isótopos permitem a obtenção de uma energia mais alta de radiação que os equipamentos de raios-X. Ou seja, para se obter energia da mesma qualidade do Césio-137, por exemplo, é necessário preparar-se um aparelho de raio-X com capacidade de 1 milhão de volts, cujas dimensões e peso são maiores que o irradiador de Césio.

b) COMPARAÇÃO QUANTO AO TIPO DE EQUIPAMENTO:

Os irradiadores são mais simples e têm manutenção mais barata que os aparelhos de raios-X, representando um investimento inicial menor e um custo de manutenção mais baixo.

Os irradiadores, de modo geral, não necessitam de energia para operarem. Isso representa uma grande vantagem sobre os equipamentos de raios-X, que necessitam de fonte de energia elétrica, água para refrigeração etc. Essa vantagem torna-se mais sensível quando os serviços são executados no campo.

Por serem mais robustos, os irradiadores estão menos sujeitos a quebras e ao aparecimento de defeitos de operação.

Os irradiadores são menores e mais leves que os aparelhos de raios-X, permitindo a tomada de radiografias em lugares de difícil acesso e posicionamento.

A operação dos irradiadores é mais simples, pois o operador somente se preocupa com o tempo de exposição. Isso não ocorre com os aparelhos de raios-X, onde o operador precisa se preocupar com o tempo de exposição, voltagem, amperagem, ligação de cabos etc.

CONCLUSÃO

De uma forma geral, podemos concluir que os aparelhos de raios-X possuem uma faixa de utilização mais ampla que os irradiadores, fornecendo também radiografias de melhor qualidade. Em compensação, são aparelhos de custo e manutenção caros, possuindo também grandes dimensões de peso. São equipamentos ideais para instalações fixas, onde a peça a ser radiografada é levada até o aparelho.

Embora tenham uma faixa de atuação limitada, os irradiadores apresentam uma versatilidade maior, sendo ideais para serviços de campo. São mais baratos, mais robustos e têm manutenção mais simples e barata.

