IMAGENS EM RADIOGRAFIA INDUSTRIAL: FATORES QUE ALTERAM A QUALIDADE DA IMAGEM

HENRIQUE TROMBINI[1], ALINE GUERRA DYTZ[2]

RESUMO

Neste trabalho foram realizadas várias imagens radiográficas de um modelo de motor à gasolina de dois tempo para verificar o uso de raios X como um ensaio não destrutivo. As imagens foram obtidas utilizando diversos fatores técnicos e operacionais para se avaliar a qualidade de imagem e visualizar as estruturas do modelo em filmes radiográficos. Essas imagens são utilizadas como forma de ensaio não destrutivo para se verificar a integridade do material analisado.

PALAVRAS-CHAVES: Motor à gasolina de dois tempos. Qualidade de imagem. Técnica radiográfica. Telas intensificadoras. Teste não-invasivo.

IMAGES IN INDUSTRIAL RADIOGRAPHY: FACTORS AFFECTING THE QUALITY OF THE IMAGE

ABSTRACT

This work was performed several radiographic images of a instruction model two stroke petrol engine to verify the use of X-rays as non-invasive testing. The images were made by varying technical and operational factors to assess the image quality and visualization of the model structures in radiographic films. These images are held as non-destructive tests to verify the integrity of the sample.

KEY WORDS: Intensying screens. Image quality. Model two stroke petrol engine. Non-invasive test. Radiographic technique.

1. INTRODUÇÃO

A utilização de ensaios não destrutivos evoluiu muito nas últimas décadas, principalmente a partir da década de 50, e atualmente é essencial para diversos ramos da indústria, como automobilística, geração de energia, siderúrgicas, petróleo,

[1] Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Acadêmico. E-mail: henriquetrom@yahoo.com.br
[2] Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Docente. E-mail: alinedytz@furg.br

petroquímicas, naval, entre outros. Um ensaio não destrutivo serve para verificar a integridade de materiais, componentes ou processos industriais através da análise de possíveis descontinuidades ou defeitos que possam prejudicar ou inviabilizar seu uso. Além disso, o ensaio não destrutivo é importante para se atestar a qualidade e o desempenho do produto. Esses ensaios podem ser realizados em peças acabadas ou semi-acabadas, sem que haja modificação no material avaliado [4,5,7].

Os ensaios não destrutivos podem ser realizados através da inspeção visual ou através de métodos relacionados ao uso de líquidos penetrantes, de partículas magnéticas, do ultra-som, da radiografia por raios X e da gamagrafia, entre outros. A radiografia é um tipo de ensaio que utiliza o poder de penetração das radiações ionizantes do tipo raios X para se formar a imagem do objeto de interesse [2]. Assim, através da análise dessa imagem, é possível a realização de um diagnóstico sobre a integridade do material radiografado. Os raios X são ondas eletromagnéticas com pequeno comprimento de onda e, portanto, com alto poder de penetração na matéria. Dessa maneira, a imagem aérea é formada através da modulação do feixe de raios X incidente pelo material [6]. Essa modulação depende do número atômico, da densidade e da espessura do material. A imagem aérea é decodificada através do uso de um filme de raios X que, após o processamento químico, disponibiliza uma imagem radiográfica do objeto de interesse [1,8].

A análise da imagem radiográfica pode indicar, por exemplo, imperfeições em uma solda por fusão como excesso de porosidade, inclusões de escória, falta de fusão, falta de penetração e trincas. A qualidade da imagem é importante para que se possa realizar um diagnóstico adequado do objeto examinado. Essa qualidade depende, principalmente, do sistema de produção dos raios X e do sistema decodificador da imagem, como o filme de raios X, a tela intensificadora, e o sistema de processamento da imagem [3].

Geralmente, as técnicas associadas à radiografia industrial não preveem o uso da tela intensificadora fluorescente, como aquelas utilizadas na radiologia médica. Isso ocorre devido ao alto custo e a fragilidade desse material, que requer cuidados especiais durante o transporte e o uso. Entretanto, isto não exclui a necessidade da aplicação do controle de qualidade em procedimentos associados aos ensaios não destrutivos que, eventualmente, possa exigir o uso desse material. Assim, realizou-se um estudo sobre o uso da tela intensificadora fluorescente na obtenção de imagens associadas aos ensaios não destrutivos com o objetivo de estudar sua influência na produção de imagens radiográficas. Para realizar as imagens foi utilizado um protótipo de motor à gasolina de dois tempos, comparando dessa forma, as imagens obtidas utilizando-se telas intensificadoras fluorescentes e sem o uso desta tela. A determinação da qualidade da

imagem associada às estruturas de pequenas dimensões do protótipo foi feita considerando-se os seguintes parâmetros operacionais aplicados ao tubo de raios X: a) a tensão de pico na ordem de quilovolts-pico (kVp); b) a corrente na ordem de miliampéres (mA); c) o tempo de exposição na ordem de segundos (s); d) uso de filtro adicional na ordem de milímetros de alumínio (mmAl) ou de chumbo (mmPb).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizados os seguintes materiais para a realização das imagens teste, no protótipo de motor:

1. Modelo didático de motor a gasolina de dois tempos (FIGURA 1);



Figura 1 - Protótipo do motor a gasolina de dois tempos utilizado.

2. Filmes de raios X com dimensões de 35 cm x 35 cm;
3. Chassis com tela intensificadora no mesmo tamanho do filme, ou seja, 35 cm x 35 cm;
4. Equipamento de Raios X monofásico, onda cheia com 2,5 mmAl como filtração total;
5. Processadora de filmes radiográficos;
6. Placa de alumínio de 1 mm (1 mmAl);
7. Placa de chumbo 0,25 mm (0,25 mmPb);

As imagens das estruturas internas do protótipo de motor à gasolina de dois tempos (FIGURA 1) foram obtidas através do uso do equipamento de raios X, colocando-se o protótipo entre o tubo de raios X e o chassi contendo o filme no seu interior. Todas a

imagens foram processadas através de um sistema de processamento automatizado, que utilizou as mesmas condições de processamento para todas as imagens geradas.

Inicialmente, foram realizados ensaios com o objetivo de se estabelecer as condições iniciais necessárias para se gerar as imagens do protótipo. Esses ensaios foram realizados considerando-se o uso de tela intensificadora fluorescente, de uso médico, e de telas de alumínio (Al) e chumbo (Pb), de uso industrial. No caso das telas intensificadoras utilizadas em radiologia médica, o material é fluorescente, e fica em contato direto com o filme, não havendo possibilidade de alteração de espessura ou tipo de tela. No caso das telas industriais, são utilizados materiais cuja densidade eletrônica favorece a absorção decorrente do Efeito Compton (alumínio) ou a absorção pelo Efeito Fotoelétrico decorrente do retroespalhamento (chumbo). As espessuras utilizadas destes materiais neste trabalho foram de 1 até 2,5 mm para o alumínio e de 0,1 até 0,5 mm para o chumbo. Estabelecidas essas condições iniciais, os parâmetros operacionais do equipamento de raios X foram variados de maneira a obter-se imagens que incluisse pequenos detalhes relacionados à estrutura do protótipo. Esses parâmetros incluiam a tensão aplicada entre o anodo e o catodo, a corrente no tubo e tempo de exposição.

A tensão é a diferença de potencial aplicada no tubo de raios X que é responsável pela energia da radiação resultante do processo de produção de raios X. A corrente aplicada é a quantidade de elétrons que serão emitidos pelo filamento do tubo de raios X e que serão acelerados para colidirem com o anodo para produzir os raios X (além da produção de calor, que chega a 99%). Neste trabalho foi utilizado um valor fixo de 200 mA, pois valores maiores geram borramento na imagem de estruturas pequenas, como a vela de ignição, a válvula reguladora da entrada de gasolina e o carburador.

Para obtenção de imagens com uso de tela intensificadora fluorescente, utilizou-se tensão no tubo de 40 e 50 kVp, corrente de 200 mA e tempo de exposição de 0,05 s. Foi adicionado filtro de Al com 1,0 mm de espessura na saída do feixe de raios X, com o objetivo de se minimizar a radiação de baixa energia proveniente do tubo de raios X e, portanto, melhorar a visualização de pequenos detalhes da estrutura do protótipo registrado na imagem. Quando os raios X são produzidos, existem dois processos de produção de raios X: raios X característicos (que possuem energia bem definida, e é de 69 keV para o tungstênio) e os raios X de *bremmstrahlung* (que possuem energias de todos os valores até a energia máxima). Raios X com energia baixa, não contribue na formação das imagens e podem ocasionar um acinzentamento das mesmas, por essa razão a radiação de baixa energia deve ser absorvida. Para a absorção de raios X de baixa energia utilizam-se placas ou filtros de cobre e alumínio. Neste trabalho foram utilizadas placas de alumínio e as imagens foram obtidas para 1 e 2 mmAl.

Imagens também foram obtidas utilizando-se tensões no tubo de 70 e 90 kVp, corrente de 200 mA e tempo de exposição de 0,8 s. Para a tensão operacional de 90 kVp considerou-se a obtenção de imagens com filtro adicional de Al com espessuras de 1,0 e 2,0 mm. Para a tensão operacional de 90 kVp, também foi considerada a produção de imagens utilizando-se 0,25 mmPb abaixo do filme, para se evitar o retroespalhamento dos fótons de raios X.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A FIGURA 2 apresenta uma imagem do protótipo utilizando-se uma tensão no tubo de 50 kV, corrente de 200 mA, tempo de exposição de 0,05 s e sem adição de filtro.



Figura 2 - Imagem do protótipo obtida através do uso de tensão no tubo de 50 kVp, corrente de 200 mA, tempo de exposição de 0,05 s e sem adição de filtro.

A FIGURA 3 mostra a imagem obtida do protótipo gerada através do uso de tensão no tubo de 50 kV, corrente de 200 mA, tempo de exposição de 0,05 s e com a adição de filtro de Al com espessura de 1,0 mm.

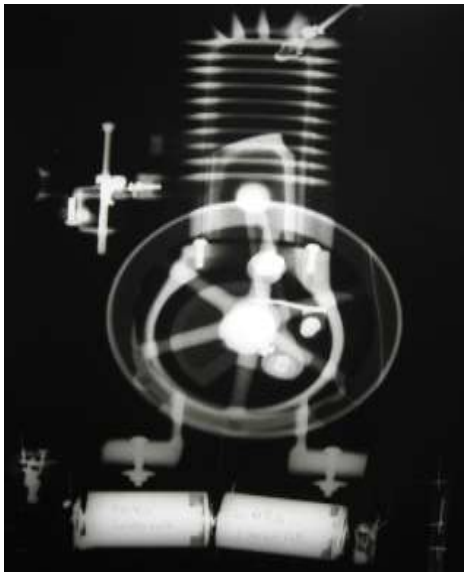


Figura 3 - Imagem do protótipo obtida através do uso de tensão no tubo de 50 kVp, corrente de 200 mA, tempo de exposição de 0,05 s e adição de filtro de Al com espessura de 1,0 mm.

Conforme a FIGURA 2 e FIGURA 3, as imagens das estruturas de maior espessura do protótipo, como o virabrequim, o cilindro e o pistão, apresentaram boa nitidez. Entretanto, de acordo com essas figuras, as imagens das estruturas de menor espessura, como a vela de ignição, a válvula reguladora da entrada de gasolina e o carburador ficaram enegrecidos. Para visualização dessas estruturas, a tensão aplicada ao tubo de raios X foi reduzido para 40 kVp, mantendo-se a corrente de 200 mA e tempo de exposição de 0,05 s. A FIGURA 4 apresenta uma imagem do protótipo gerada de acordo com essas condições operacionais do aparelho de raios X e sem adição de filtro de Al.

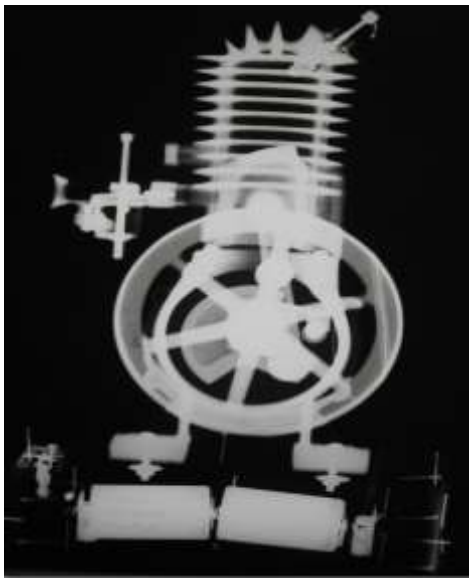


Figura 4 - Imagem do protótipo obtida através do uso de tensão no tubo de 40 kVp, corrente de 200 mA, tempo de exposição de 0,05 s e sem adição de filtro.

Os filmes de raios X médico são sensíveis à luz em um amplo intervalo de comprimento de onda. As telas intensificadoras fluorescentes emitem luz como resultado da absorção dos fótons de raios X. O uso desse tipo de tela nos exames associados ao radiodiagnóstico é importante para se reduzir a dose no paciente. Assim sendo, imagens sem uso de telas intensificadoras fluorescentes, requerem parâmetros operacionais mais elevados.

Com o objetivo de se compensar a intensidade da luz produzida pela tela intensificadora, obteve-se imagens utilizando-se tensão no tubo de 70 kVp, corrente de 200 mA e tempo de exposição de 0,8 s (FIGURA 5). De acordo com essa figura, observou-se que essa técnica de exposição proporcionou a produção de uma imagem muito clara, que dificultou a visualização das estruturas do protótipo.

Com base nesse resultado, a tensão operacional foi aumentada para 90 kVp, para se obter uma imagem mais apropriada e menos clara, conforme a FIGURA 6. Nesse caso o aumento da tensão proporcionou um aumento no número de fótons incidentes no filme, necessário para amplificar o contraste da imagem. Essa amplificação do contraste da imagem foi importante para a visualização das diversas estruturas internas do protótipo.



Figura 5 - Imagem do protótipo obtida através do uso de tensão no tubo de 70 kVp, corrente de 200 mA, tempo de exposição de 0,8 s e sem adição de filtro.

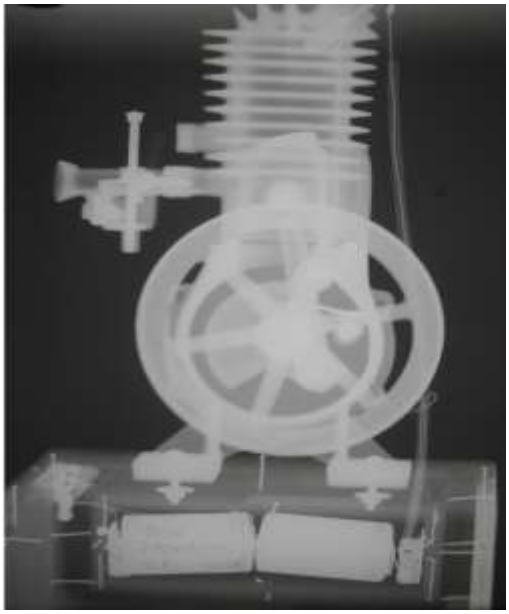


Figura 6 - Imagem do protótipo obtida através do uso de tensão no tubo de 90 kVp, corrente de 200 mA, tempo de exposição de 0,8 s e sem adição de filtro.

Considerando-se parâmetros operacionais associados à tensão de 90 kVp, corrente de 200 mA e tempo de exposição de 0,8 s, obteve-se imagens do protótipo utilizando-se filtros adicionais de Al com espessuras de 1,0 mm (FIGURA 7) e de 2,0 mm (FIGURA 8). Para tensão de 90 kVp, corrente de 200 mA, tempo de exposição de 0,8 s e filtro adicional de Al com 1,0 mm de espessura foi atribuido também um filtro de chumbo (0,25 mmPb) abaixo do filme, para se evitar o retroespalhamento (FIGURA 9).

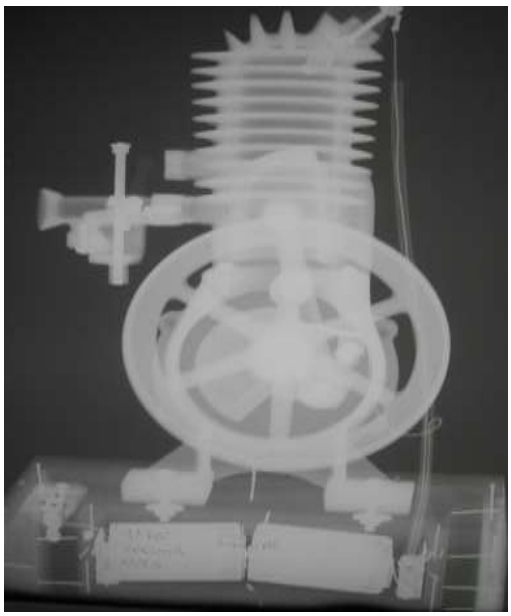


Figura 7 - Imagem do protótipo obtida através do uso de tensão no tubo de 90 kVp, corrente de 200 mA, tempo de exposição de 0,8 s e com adição de filtro de Al com espessura de 1,0 mm.

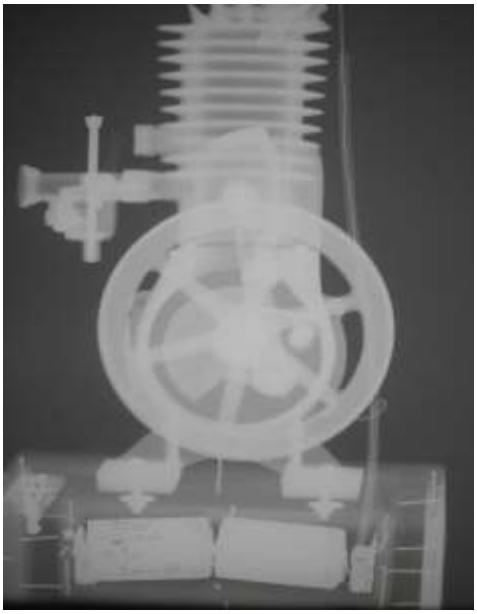


Figura 8 - Imagem do protótipo obtida através do uso de tensão no tubo de 90 kVp, corrente de 200 mA, tempo de exposição de 0,8 s e com adição de filtro de Al com espessura de 2,0 mm.

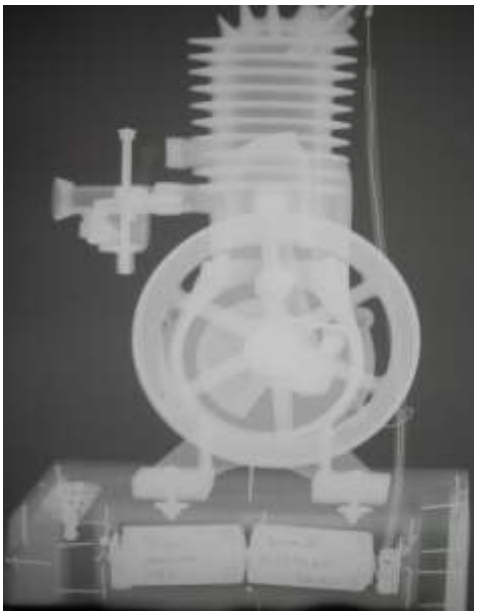


Figura 9 - Imagem do protótipo obtida através do uso de tensão no tubo de 90 kVp, corrente de 200 mA, tempo de exposição de 0,8 s, com adição de filtro de Al com espessura de 1,0 mm e utilizando-se 0,25 mm de chumbo abaixo do filme.

Comparando com as imagens médicas, as técnicas aplicadas em radiografia industrial, o contraste das imagens com uso da tela intensificadora fluorescente é maior, conforme as FIGURA 2, FIGURA 3 e FIGURA 4, mas como o objetivo é identificar

imperfeições, descontinuidades ou fissuras, através da imagem radiografica do protótipo, obteve-se com excesão da FIGURA 4, imagens onde se visualiza um fio que passa próximo ao cilindro, saíndo da vela em direção as pilhas que fazem o protótipo funcionar. A visualização deste fio é um detalhe que permite simular o negativo de uma fissura (uma vez que a fissura ficaria enegrecida por não atenuar a radiação, contrário ao fio, que fica branco pela sua atenuação). Com base neste detalhe da imagem, pode-se afirmar que, embora nas imagens com tela intensificadora fluorescente o contraste seja melhor, a técnica não permite a visualização do fio em toda sua continuidade. Este fato poderia ser corrigido, por uma tensão operacional menor (não possível de se realizar neste caso, uma vez que a tensão mínima do equipamento utilizado é de 40 kVp).

Quanto as imagens radiográficas obtidas sem o uso de tela intensificadora fluorescente, verifica-se que com o uso de uma tensão operacional maior, fica mais fácil de observar estruturas de maior espessura.

A FIGURA 5, que é uma imagem do protótipo obtida sem o uso da tela intensificadora fluorescente cuja técnica radiográfica teve aumento na tensão no tubo para 70 kVp, manteve-se a corrente em 200 mA e utilizou-se um tempo de exposição de 0,8 s, sem adição de filtro, ficou muito clara, não permitindo a visualização dos detalhes das estruturas do protótipo, com perda significativa das estruturas de menor dimensão. Já na FIGURA 6, o ajuste de técnica para 90 kVp permite que sejam visualizadas as estruturas de menor dimensão, comparando com a FIGURA 5. Na FIGURA 7 e FIGURA 8 foram utilizados filtros de alumínio e percebeu-se que as imagens ficaram melhores que na imagem da FIGURA 6. Ressalta-se que estas imagens foram digitalizadas, e com isso houve uma perda de resolução em relação a imagem original em filme radiográfico.

Tensões maiores não foram possíveis de serem utilizadas pelas limitações do equipamento em que os testes foram realizados. Além disso, o uso de alumínio e chumbo, como descrito nos procedimentos adotados permitem uma melhor visualização das estruturas menores, minimizando o borramento da imagem, como pode ser observado nos parafusos do protótipo que são mostrados nas imagens, em especial na FIGURA 8 e FIGURA 9.

4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos mostraram a necessidade de se utilizar valores mais elevados associados aos parâmetros operacionais do tubo de raios X quando não se utiliza a tela intensificadora fluorescente. Isso indica uma exposição (dose) superior relacionada à produção da imagem quando não se considera o uso da tela intensificadora

fluorescente. A elevação dos niveis de exposição associada a uma determinada prática é relevante em consideração à proteção radiológica do trabalhador. Nas práticas envolvendo o uso de radiações ionizantes, como a radiografia industrial, por exemplo, todos os cuidados relacionados à proteção radiológica devem ser tomados com o objetivo de se minimizar a taxa de exposição e os efeitos indesejáveis decorrentes destas práticas, para os operadores dos equipamentos emissores de radiação ionizante. Dessa forma, planos de radioproteção devem ser elaborados, considerando-se cada prática, e executados para que esse resultado possa ser obtido.

A utilização de filtros de alumínio mais espessos não foram viáveis para este trabalho, por exigir uma técnica radiográfica com mAs muito elevado. O aumento da filtração de alumínio absorve a radiação de baixa energia mas também absorve a radiação de energias maiores, sendo necessária uma compensação de técnica radiográfica. No caso da radiografia industrial, as imagens são de objetos inertes, havendo a preocupação de efeitos nocivos das radiações ionizantes apenas com o pessoal que realiza os procedimentos, não havendo exposição humana proposital no feixe primário.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] ALMENDRA, A. Soldagem, 1ª ed, São Paulo, SENAI, 1997, vol.1.

[2] BUSHONG, S.C. Radiologic Science for Technologists, 8th ed, Mosby, 2003.

[3] IEA Nº 29, Instituto de Energia Atômica, São Paulo, 1974K

[4] LEITE, P.G.P. Curso de Ensaios Não Destrutivos, São Paulo, 8ª ed.

[5] Petrobrás, Norma N-1595 d – Ensaio Não Destrutivo – Radiografia.

[6] SANCHEZ, W. Ensaios não Destrutivos pela Técnica de Raios X e Gama, Informação.

[7] TURNER, J. E. Atoms, Radiation, and Radiation Protection, 2nd ed., John Wiley & Son, inc, 1995.

[8] USA, EASTMAN KODAK COMPANY, “Radiography in Modern Industry”, 4ª Ed. New York, 1980.