

## APLICAÇÃO DA TÉCNICA DE RETROESPALHAMENTO DE PARTÍCULAS BETA NA DETERMINAÇÃO DE ESPESSURA DO REVESTIMENTO DE COMBUSTÍVEIS NUCLEARES TIPO PLACA

SADAMU KOSHIMIZU  
PAULO I. FERREIRA  
LUÍS FILIPE C.P. DE LIMA  
Departamento de Metalurgia Nuclear, IPEN-CNEN/SP

JOSE M. VIEIRA  
HOMERO E.B. PEREZ  
Departamento de Aplicação na Engenharia e Indústria, IPEN-CNEN/SP

### RESUMO

Foi construído um protótipo de uma instalação para medir espessuras do revestimento e do núcleo de combustíveis nucleares tipo placa utilizando a técnica do retroespalhamento de partículas beta. É descrito o princípio do método e calibração do sistema. As medidas de espessura do revestimento e do núcleo foram efetuadas numa placa combustível de urânio natural desenvolvida no IPEN. A confiabilidade do método é confirmada pelas medidas efetuadas destrutivamente por meio da análise metalográfica. Atualmente está sendo construída uma nova instalação completamente automatizada que permitirá uma análise mais rápida e com maior versatilidade.

### INTRODUÇÃO

A medida de espessura de um revestimento pode ser feita de uma maneira elegante e não destrutiva utilizando o método de retroespalhamento de partículas beta. Este trabalho objetiva a apresentação deste método na medida de espessura de uma placa combustível utilizada no reator IEA-R1. A placa combustível é constituída de um núcleo de  $U_3O_8$  disperso em matriz de Al ( $U_3O_8$ -Al) revestido de alumínio.

A intensidade da radiação beta retroespalhada por um dado material, no caso o núcleo ( $U_3O_8$ -Al), aumenta com a espessura do núcleo até um valor de saturação que define a espessura crítica  $E_c$ . Por causa da complexidade do tratamento analítico, o retroespalhamento é tratado empiricamente [1]. Nesta abordagem empírica a intensidade de retroespalhamento depende da espessura do núcleo, número atômico do núcleo e da energia das partículas beta. A partir da espessura  $E_c$  a intensidade da radiação beta retroespalhada é constante, i.e., um aumento adicional na espessura do núcleo não mais contribui para o retroespalhamento. Se o núcleo com espessura maior que  $E_c$  é revestido de alumínio, então a intensidade da radiação beta vai depender somente da espessura do revestimento. Portanto, para placas combustíveis com espessura do núcleo maior que  $E_c$ , é possível se determinar a espessura do revestimento nas duas faces. Conhecendo a espessura total da placa, pode-se então determinar a espessura do núcleo.

### DETERMINAÇÃO DA ESPESSURA CRÍTICA DO NÚCLEO

Para simular o núcleo das placas combustíveis foram feitos quatro briquetes de ( $U_3O_8$ -Al) de mesma

composição do núcleo. A mistura dos pós de  $U_3O_8$  e Al (aproximadamente 40% em peso de Al) foi prensada com uma carga de compactação de 74 ton. Os briquetes assim confeccionados apresentaram largura de 65 mm, comprimento de 100 mm e as espessuras médias de 250  $\mu$ m, 459  $\mu$ m, 776  $\mu$ m e 895  $\mu$ m respectivamente.

A espessura crítica do núcleo foi determinada medindo a corrente retroespalhada em função da espessura dos quatro briquetes descritos acima. O valor obtido para  $E_c$  é da ordem de 400  $\mu$ m. Este valor é bem inferior a 750  $\mu$ m que é a espessura convencional dos núcleos das placas combustíveis. Portanto, a medida da espessura do revestimento pode ser determinada sem nenhuma influência do núcleo.

O arranjo experimental utilizado para determinar a espessura crítica está descrito na seção 3.

### ARRANJO EXPERIMENTAL E MEDIDA DE ESPESSURA DO REVESTIMENTO

Para a medida do retroespalhamento de partículas beta foi utilizada uma câmara de ionização construída no IPEN especialmente para esse fim. O esquema do sistema empregado na medida de espessura está representado na figura 1. Uma fonte de alta tensão é utilizada

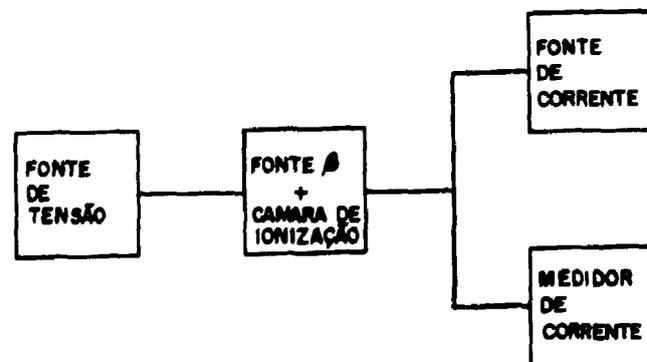


Figura 1. Esquema do sistema empregado para medida de espessura por retroespalhamento beta

para polarização da câmara de ionização com uma tensão de 200 V. As partículas beta emitidas pela fonte de  $Sr^{90}$ , retroespalhadas pela placa combustível, incidem na câmara de ionização produzindo uma corrente que pode ser medida pelo picoamperímetro. Para obter a

curva de calibração da espessura do alumínio utilizou-se o briquete nº 4 (espessura de 895  $\mu\text{m}$ ) por apresentar espessura bem acima de  $E_c$  e folhas de Al de espessura média de 15,5  $\mu\text{m}$ .

Inicialmente foi medida a variação da corrente colocando sobre o briquete, trinta folhas de Al equivalentes à espessura de 465  $\mu\text{m}$  que é superior ao valor do revestimento normal de uma placa combustível. Como a variação da corrente é muito pequena para espessuras correspondentes a algumas folhas de alumínio, utilizou-se uma fonte de corrente (figura 1) em oposição visando eliminar a corrente de fundo e aumentar a sensibilidade da leitura. Desta maneira a corrente retroespalhada foi zerada para a espessura equivalente a trinta folhas de Al (465  $\mu\text{m}$ ) e mediu-se a variação da corrente que ocorre quando as folhas de alumínio são sucessivamente retiradas. A curva de calibração assim obtida está representada na figura 2.

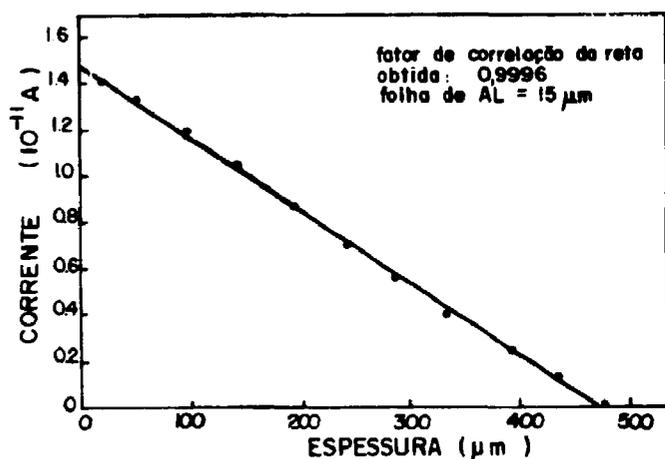


Figura 2. Curva de calibração da espessura do revestimento de alumínio

Após a calibração, foram feitas medidas de espessura do revestimento da placa CMN-B4 com núcleo  $U_3O_8-Al$  (urânio natural). As medidas foram feitas em três círculos (1, 2 e 3) de diâmetro 5,5 cm que corresponde ao diâmetro da janela da câmara, centrados no eixo da placa como mostrado na figura 3.

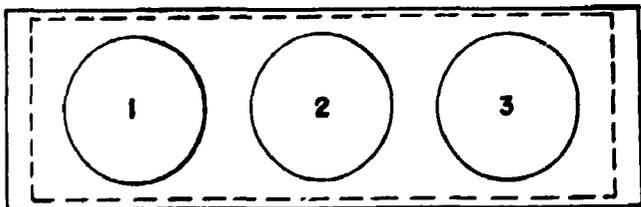


Figura 3. Círculos onde foram feitas as medidas de retroespalhamento beta

A face da placa com a inscrição "B4" foi tomada como face A e a oposta como face B. Os resultados obtidos para o revestimento de alumínio estão na tabela 1.

A espessura média da placa em cada círculo foi medida com um micrômetro (tabela 2). A partir das medidas da espessura do revestimento por retroespalhamento e das medidas da espessura da placa foi calculada a espessura do núcleo em cada círculo. Estes valores estão na tabela 2.

#### MEDIDA DA ESPESSURA DO NÚCLEO POR MEIO DA METALOGRAFIA

Tabela 1. Espessura do revestimento obtida por retroespalhamento

Círculo	1	2	3
Face A ( $\mu\text{m}$ )	397	390	394
Face B ( $\mu\text{m}$ )	400	394	397

Tabela 2. Espessura da placa e do núcleo

Círculo	Espessura da placa ( $\mu\text{m}$ )	Espessura do núcleo ( $\mu\text{m}$ )
1	1497 $\pm$ 8	700 $\pm$ 22
2	1510 $\pm$ 9	726 $\pm$ 23
3	1516 $\pm$ 3	725 $\pm$ 18

Os corpos de prova para medidas da espessura do núcleo por via destrutiva (placa CMN-B4) foram retiradas dos círculos 1, 2 e 3 conforme mostra a figura 4.

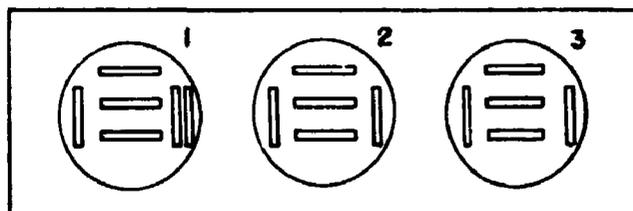


Figura 4. Amostras retiradas para a medida da espessura do núcleo por metalografia

As amostras assim obtidas foram embutidas em baquelite e polidas. As medidas de espessura do núcleo foram efetuadas no microscópio Leitz M5 numa magnificação de 80 vezes. Na figura 5 é apresentada uma micrografia típica da placa analisada. Os valores médios e os respectivos desvios-padrão estão representados na tabela 3.

Tabela 3. Espessura do núcleo medida por meio da metalografia

Círculo	Espessura do núcleo ( $\mu\text{m}$ )
1	700 $\pm$ 15
2	711 $\pm$ 14
3	700 $\pm$ 10

A comparação dos valores da espessura do núcleo obtidos por retroespalhamento beta e por metalografia (tabelas 2 e 3) nos mostra que as duas técnicas forne-



Figura 5. Micrografia típica da placa combustível analisada, onde se observa o núcleo (centro) e parte do revestimento inferior e superior. Aumento de 70 X

cem resultados que são compatíveis dentro da tolerância permitida que é de 50  $\mu$ m. Portanto, a técnica de retroespalhamento beta para medida do revestimento e do núcleo das placas combustíveis é confiável e além disso constitui-se numa maneira rápida de se medir não destrutivamente.

O protótipo de medidor de revestimento apresentado aqui, está sendo utilizado no controle dimensional das placas combustíveis e paralelamente está sendo desenvolvida uma nova instalação mais versátil e automatizada.

#### REFERÊNCIA

- [1] Gardner, R.P. and Ely, Jr. R.L., "Radioisotope measurement applications in engineering", capítulos 3 e 11. Reinhold Publishing Corp. 1967.