

I Congresso Geral de Energia Nuclear

Rio de Janeiro, 17 a 20 de Março de 1986

ANAIS - PROCEEDINGS

AVALIAÇÃO DO MÓDULO DE ELASTICIDADE DINÂMICO EM AMOSTRAS DE PASTA DE CIMENTO PORTLAND (TIPO I), SUBMETIDAS À IRRADIAÇÃO NEUTRÔNICA.

Alexandre Anacreonte Rosa Júnior e Georgi Lucki
IPEN-CNEN/SP - Divisão de Danos de Radiação

Resumo

A finalidade do trabalho é avaliar o efeito da radiação neutrônica e da temperatura no cimento Portland do Tipo I. Foram utilizadas técnicas ultrassônicas (velocidade de pulso e frequência de ressonância) para a avaliação do Módulo de Elasticidade Dinâmico (Ed). Irradiou-se as amostras com um fluxo integrado de $7,2 \times 10^{18}$ n/cm² (E \approx 1 Mev). A temperatura durante a irradiação foi de 120 ± 5 °C, devido ao aquecimento gama, que foi simulada em laboratório em um forno de microondas.

Abstract

The scope of this work is to study the fast neutron radiation effects and temperature on Portland cement. The Dynamic Elasticity Module (Ed) in samples of Portland cement paste was evaluated. Ultrasonic technics were applied (resonance frequency and pulse velocity). The samples were irradiated with fast neutrons to fluence of $7,2 \times 10^{18}$ n/cm² (E \approx 1 Mev), at temperature of 120 ± 5 °C, due to gamma heating. This temperature was simulated in laboratory in a microwave oven.

1. Introdução

O concreto é utilizado na tecnologia nuclear como material de blindagem e também como material estrutural. O cimento Portland (Tipo I) é um dos aglomerantes mais usados, e este motivo levou ao seu estudo, visto que, poucos trabalhos visam a variação do Ed em amostras de cimento nacional, causados pela radiação neutrônica e pelo aquecimento gama.

2. Procedimento Experimental

Na fabricação das amostras utilizou-se o cimento Portland Santa Rita CP 320, e taxa água-cimento de 0,4 l/Kg. As amostras eram cilíndricas com comprimento $l = 52,7 \pm 0,22$ mm, e o diâmetro $d = 27,38 \pm 0,17$ mm. A cura foi feita em câmara de saturação e umidade relativa (UR) de 100 %, na temperatura de

$23 \pm 2 \text{ } ^\circ\text{C}$ /1/.

Dividiu-se as amostras em: A) Amostras de Monitoração; B) Amostras para simulação do aquecimento gama; C) Amostras para Irradiação.

Análise qualitativa e quantitativa do cimento empregado consta na tabela 1.

As irradiações foram realizadas no reator IEA-R1 do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares de São Paulo, em cinco amostras, denominadas amostras irradiadas. A temperatura de irradiação foi de $120 \pm 5 \text{ } ^\circ\text{C}$ devida principalmente ao aquecimento gama, e esta foi simulada em laboratório utilizando-se um forno de microondas .

A irradiação foi em atmosfera de argônio, durante 474,5 h (fluxo integrado de $7,2 \times 10^{18} \text{ n/cm}^2$). No final deste período houve liberação de gases, e análises acusaram: N (14,44 %); O (10,12 %) e H (4,07 %).

O Módulo de Elasticidade Dinâmico (Ed) foi calculado por meio das equações:

$$E_d = 4 (Fr)^2 \frac{1}{2} \rho / g \quad (\text{ML}^{-2}) \quad (\text{Método da Freqüência de ressonância (Fr)}) \quad /2/.$$

$$E_d = (V_p)^2 \rho (1 - \eta^2) / g \quad (\text{ML}^{-2}) \quad (\text{Método da Velocidade de Pulso (Vp)}) \quad /3/.$$

sendo:

ρ = massa específica (ML^{-3}); g = aceleração da gravidade (LT^{-2}) e η o coeficiente de Poisson (adotado o valor de 1/6 em analogia com experimentos prévios /3/.

3. Resultados e Conclusões

Os resultados estão sumariados em valores percentuais na tabela 2. Estes resultados referem-se à comparações efetuadas com os valores obtidos inicialmente (amostras saturadas; UR = 100 %), e após os tratamentos realizados (irradiação e recozimento térmico cíclico) sem saturação e após a ressaturação.

A análise da variação do Ed nas amostras com e sem irradiação, mostra que os efeitos térmicos foram predominantes, contribuindo de modo decisivo para o seu decréscimo. A comparação entre os dois tipos de amostras após a ressaturação, pôs em evidência os danos

de radiação neutrônica. Apesar de não podermos assegurar como a radiação neutrônica interfere em uma estrutura complexa como a do cimento, podemos concluir que dano devido à irradiação neutrônica ocorreu, uma vez que o Ed, após a ressaturação das amostras, apresentou uma recuperação menor nas amostras irradiadas, aumentando a fragilização e comprometendo a resistência do material. O comportamento do Ed, avaliado através dos dois métodos (Fr e Vp) é mostrado nas figuras 1 e 2, e é coerente dentro do desvio experimental encontrado na literatura /4/.

4. Bibliografia

- /1/ Associação Brasileira de Normas Técnicas. Ensaio de Cimento Portland (ABNT - Mb - 79) In: ABNT Materiais para Concreto e Concreto Armado. Especificações e Métodos de Ensaio. p. 37-50
- /2/ Whitehurst, E.A. Evaluation of Concrete Properties from Sonic Tests. American Concrete Institute, The Iowa State University press, 1966.
- /3/ Jones, R. Non Destructive Testing of Concrete. Cambridge, Cambridge at the University press, 1962
- /4/ Whitehurst, E. A & Malhotra, V.M. Non Destructive Tests. In: ASTM Significance of tests and properties of concrete and concrete-making materials. 1978 Capítulo 15 p. 200-25

TABELA I - Componentes de cimento Portland detectados através de análise por ativação

elem. químico	Ca	Fe	Na	Co	La	Sm	Th	Sc	Ce	Hf					
teor	24,05 %	1,85 %	0,097 %	166 ppm	685 ppm	10 ppm	92 ppm	755 ppm	47 ppm	3,8 ppm					
elem. químico	Eu	Lu	Nd	Be	Yb	Tb	Cr	Au	Sr	Cs	Rb	As	Sb	Te	U
teor	1,75 ppm	0,42 ppm	traços												

TABELA 2 - Variações percentuais no módulo de elasticidade dinâmico (E_d)

parâmetro	amostras irradiadas		amostras submetidas ao recozimento térmico cíclico	
	sem saturação	após ressaturação	sem saturação	após ressaturação
Ed(Fr)	- 59,79	- 23,54	- 69,07	- 17,45
Ed(Vp)	- 60,62	- 27,65	- 61,37	- 18,07

notação:

(Fr) - Método da frequência de ressonância

(Vp) - Método da velocidade de pulso

(-) - Redução percentual

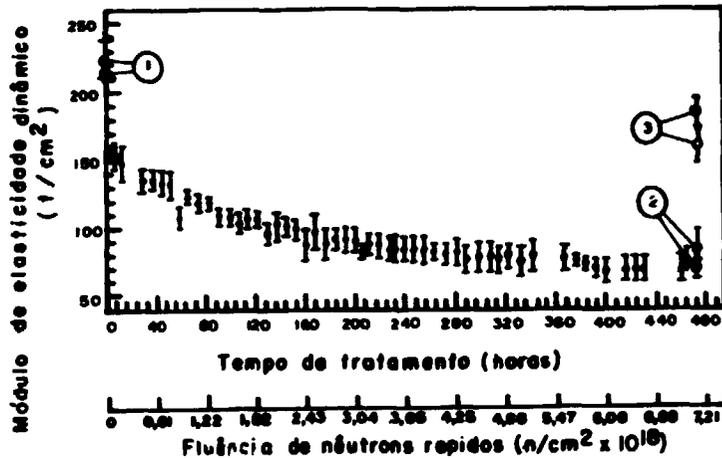


FIGURA 1 - Variação no módulo de elasticidade dinâmico (método da frequência de ressonância)

Legenda:

- ① Valor inicial (UR=100%)
- ② Após tratamento
- ③ Após ressaturação (UR=100%)

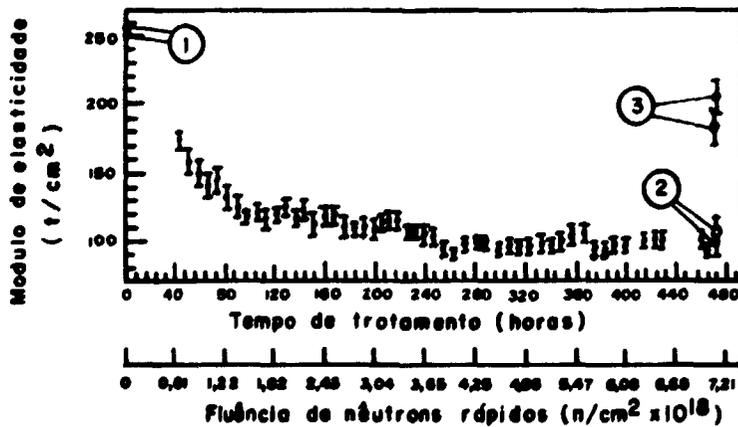


FIGURA 2 - Variação no módulo de elasticidade dinâmico (método da velocidade de pulso)

○ Amostras irradiadas

○ Amostras não irradiadas, submetidas ao recozimento térmico cíclico