

Termografia infravermelha aplicada ao monitoramento de tambores de rejeitos radioativos

Infrared thermography applied to monitoring of radioactive waste drums

P Kelmer^{1,2}, F Calado², B Phillip², C Viana², R M Andrade², D M Camarano¹

¹ Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear, Av. Presidente Antônio Carlos 6627 Campus da UFMG – Pampulha, Caixa Postal 941, CEP 30.161-970, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil; ² Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Elétrica, Cidade Universitária, Pampulha, Belo Horizonte, Minas Gerais

E-mail: paulafuziki@yahoo.com.br, flavio.arcalado@gmail.com, bruno.phil@gmail.com, criisviana@hotmail.com, rma@ufmg.br, dmc@cdtn.br

Resumo: O emprego da termografia na inspeção de tambores contendo rejeitos radioativos vem sendo estimulado devido à ausência de contato físico. No Brasil a maioria dos rejeitos radioativos são sólidos compactados acondicionados em tambores metálicos armazenados temporariamente por dezenas de anos e requer atenção especial. Estes tambores apresentam somente uma indicação qualitativa dos radionuclídeos presentes. Entretanto, seu estado de conservação estrutural não é acompanhado de forma sistemática. O objetivo deste trabalho é apresentar uma metodologia aplicando termografia para o monitoramento das condições estruturais dos tambores contendo rejeitos radioativos visando a detecção de regiões comprometidas dos tambores.

Palavras-chave: termografia infravermelha, rejeitos radioativos, termografia.

Abstract: The use of thermography in the inspection of drums containing radioactive waste is being stimulated by the absence of physical contact. In Brazil the majority of radioactive wastes are compacted solids packed in metal drums stored temporarily for decades and requires special attention. These drums have only one qualitative indication of the radionuclides present. However, its structural condition is not followed systematically. The aim of this work is presents a methodology by applying thermography for monitoring the structural condition of drums containing radioactive waste in order to detect degraded regions of the drums.

Keywords: infrared thermography, radioactive waste, thermography.

1. INTRODUÇÃO

Um dos importantes aspectos ao desenvolvimento da tecnologia nuclear é a gestão segura dos rejeitos radioativos provenientes de

processos e operações de usinas nucleares e instalações radioativas de diferentes aplicações em pesquisa, na medicina e na indústria [1-3]. É necessária a solidificação dos rejeitos gerados de

modo a atender a três critérios básicos (resistência mecânica, permeabilidade e estabilidade) para garantir o manuseio seguro nas etapas subsequentes da gerência de rejeitos radioativos e a aceitação em repositórios [4]. Diversos tipos de embalagens para armazenamento de rejeitos podem ser utilizados, sendo caixas e tambores as mais comuns. Podem ser adotados diversos tipos e tamanhos de tambores dos quais os de 200L com paredes composta por aço os mais usuais. Em geral, os tambores contendo rejeitos radioativos apresentam somente uma indicação qualitativa dos radionuclídeos presentes, informada pelo setor responsável pelo tratamento dos rejeitos radioativos, entretanto o seu estado de conservação estrutural não é acompanhado de forma sistemática. Dentre as diferentes formas de monitoramento a termografia vem sendo estimulada devido à ausência de contato o que garante maior segurança e confiabilidade [5]. Nesse sentido, o objetivo geral deste trabalho é apresentar uma metodologia utilizando termografia para o monitoramento das condições estruturais dos tambores de rejeitos radioativos visando a detecção de regiões comprometidas pela degradação do material devido a corrosão nas paredes internas no tambor, reduzindo assim os riscos de contaminação e aumentando a segurança física e ambiental.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Bancada experimental e procedimento

As medições foram realizadas utilizando uma amostra de uma secção qualquer de um tambor de rejeito utilizado na usina nuclear de Angra 1, contendo ranhuras de diferentes espessuras com o objetivo de simular defeitos na parede interna do tambor devido à degradação de material (figura 1). As espessuras das regiões com defeitos simulados variaram de 1,32 mm a 0,51 mm (ranhura interna do lado direito da amostra com a superfície externa sem tinta) e de 1,53 mm a

0,70mm (ranhura interna do lado esquerdo da amostra com a superfície externa com tinta). A tinta da superfície externa do lado direito da amostra foi retirada apenas para visualizar a região onde está localizada a ranhura. A espessura da amostra da secção do tambor com tinta é igual a 1,91 mm e apenas da chapa é igual a 1,42 mm.

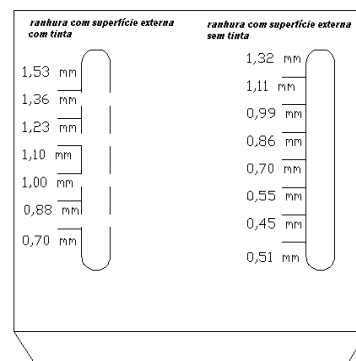


Figura 1 – Amostra da superfície externa da secção do tambor de rejeitos radioativos.

As imagens termográficas foram realizadas na bancada experimental do Laboratório de Termometria da Universidade Federal de Minas Gerais utilizando termovisor calibrado marca FLIR, modelo A20. A banca experimental consiste de uma mesa de coordenadas (x e y) e de um sistema para o aquecimento (2 lâmpadas halógenas de 1000 W cada) da amostra localizado no interior da câmara. A câmara foi projetada para minimizar grandezas de influência durante a realização das medições (figura 2). A distância da amostra ao termovisor foi fixada em 50 cm. A emissividade estimada para parte externa da amostra sem tinta é igual a 0,42 e da superfície externa da amostra com a tinta igual a 0,90.

Foram realizados 2 experimentos para verificar a variação da temperatura com a espessura nas ranhuras internas (lado esquerdo e lado direito) da amostra. No primeiro, a região da ranhura interna localizada à direita da amostra (com a superfície externa sem tinta) foi aquecida

diretamente por 120 s e as imagens adquiridas. Após, esta mesma região foi aquecida indiretamente por 7 min e novamente as imagens foram adquiridas. No segundo experimento, inicialmente foram adquiridas imagens da região correspondente à ranhura interna do lado esquerdo da amostra (com a superfície externa com tinta) à temperatura ambiente. Após, esta região foi aquecida indiretamente por 7 min e as imagens termográficas obtidas de (1 a 30)min após o desligamento da fonte de excitação térmica.

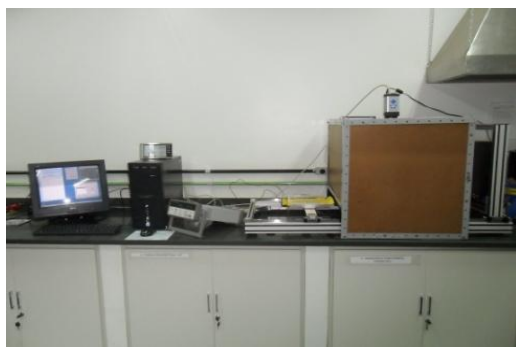


Figura 2 – Bancada de testes com a amostra posicionada.

3. RESULTADOS

3.1 1° Experimento – Ranhura interna do lado direito da amostra com a superfície externa sem tinta

A figura 3 apresenta o termograma correspondente após uma exposição térmica da amostra por 120 s (com o aquecimento direto). Os resultados indicam uma diferença de temperatura máxima na região de temperatura uniforme (região verde escuro) igual a 3,7°C (região correspondente à faixa de espessura de 0,45 mm a 0,70 mm).

A figura 4 apresenta o termograma correspondente ao aquecimento indireto da região de interesse por 7 min. Como era de se esperar, é visível a diferença de temperatura entre região sem tinta e com tinta. Verifica-se a propagação de calor da região mais quente (parte inferior da

figura – espessura igual a 1,32 mm) para a região mais fria (parte superior da figura – espessura igual a 0,51 mm). A maior diferença de temperatura encontrada entre duas regiões é igual a 2,9 °C (parte inferior da figura – menor espessura e máxima temperatura).

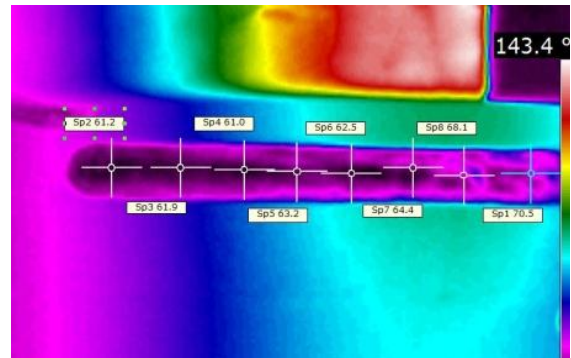


Figura 3 – Termograma da ranhura interna do lado direito da amostra com a superfície externa sem tinta (tempo de aquecimento de 120 s).

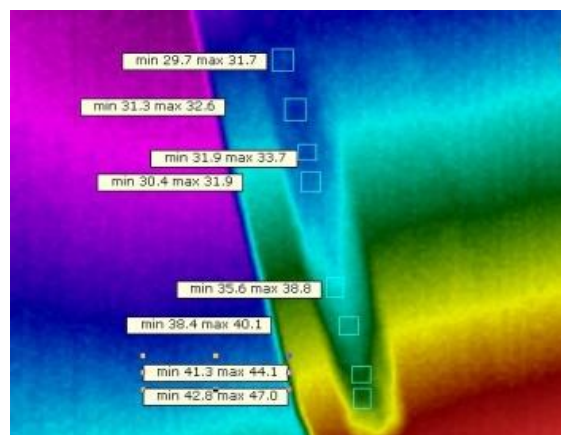


Figura 4 – Termograma da ranhura interna do lado direito da amostra com a superfície externa sem tinta após 7 min de aquecimento.

3.2 2° Experimento – Ranhura interna do lado esquerdo da amostra com a superfície externa com tinta

A figura 5 apresenta a imagem termográfica adquirida à temperatura ambiente da ranhura da parte interna do lado esquerdo da amostra.

Observa-se a existência de uma região com diferença de temperatura (área em vermelho), indicando uma anomalia correspondente a ranhura interna com espessura variando de 1,32 mm a 0,70 mm. Verifica-se também a existência de uma região menor localizada no centro da amostra. Esta região corresponde a um defeito decorrente provavelmente da preparação das ranhuras da amostra quando da utilização da fresa. A figura 6 apresenta a mesma imagem após 30 min do aquecimento, indicando novamente as mesmas regiões com as anomalias térmicas. Outras imagens foram adquiridas mas apenas foi possível detectar diferença de temperatura na amostra após 30 min do desligamento da fonte de excitação térmica.

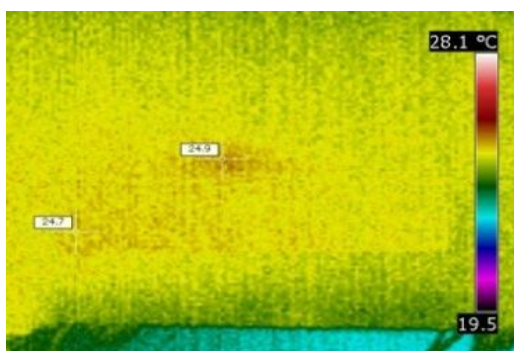


Figura 5 – Termograma da ranhura interna do lado esquerdo da amostra com a superfície externa com tinta à temperatura ambiente.

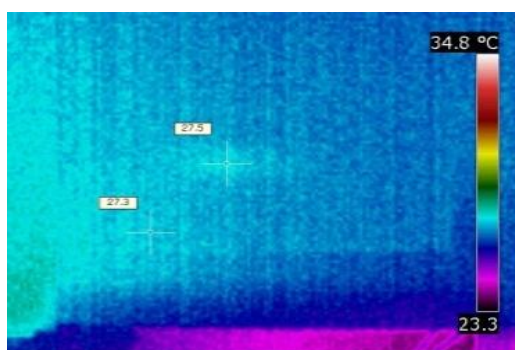


Figura 6 – Termograma da ranhura interna do lado esquerdo da amostra com a superfície externa com tinta aquecida por 7min e após 30 min.

4. CONCLUSÃO

Os resultados indicam que é possível verificar variações na espessura do tambor devido a anomalias nestas regiões, confirmando a viabilidade da aplicação da técnica de termografia na inspeção de tambores de rejeitos radioativos. Quanto menor a espessura maior é a variação de temperatura quando aquecida a amostra. A temperatura ambiente é possível verificar a presença de anomalias com variação de espessura da ordem de 1,32 mm a 0,86 mm. Os resultados confirmam que os danos referentes à corrosão do material, assim como, defeitos superficiais decorrentes da fabricação do tambor podem ser detectados utilizando termografia.

5. REFERÊNCIAS

- [1] Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear. Programa de gerência de rejeitos radioativos. Belo Horizonte, CDTN, 1993. 15p.
- [2] Comissão Nacional de Energia Nuclear. Gerência de rejeitos radioativos em instalações radiativas. Rio de Janeiro: CNEN, 1985. (CNEN-NE-6.05).
- [3] Ministério do Meio Ambiente. Plano Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília: 2012.
- [4] Tello, C. C. O. Efetividade das bentonitas na retenção de césio em produtos de rejeitos cimentados. 2001. Tese (Doutorado em Engenharia Química), Faculdade de Engenharia Química, Unicamp, Campinas, 2001.
- [5] Chrzanowski, K., Non-Contact Thermometry – Measurement Errors, Research & Development Treatises 2001, 7, Polish Chapter of SPIE, Warsaw

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FAPEMIG (Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais) pelo apoio financeiro à pesquisa.