



03887

A APLICAÇÃO DE ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS (NDT) EM PLANTAS DE ENRIQUECIMENTO ISOTÓPICO DE URÂNIO

Olívio Pereira de Oliveira Júnior
ASNT-NDT Level III Inspector - Leak Testing
CNEN-Inspetor Nível III - Teste de Vazamentos
Coordenadoria para Projetos Especiais - COPESP
Caixa Postal 11.253 - São Paulo - SP

1. INTRODUÇÃO

Na indústria nuclear denomina-se de ciclo combustível ao conjunto de etapas de transformação físico, química e isotópica do urânio.

Na natureza o urânio se apresenta com 3 isótopos de massas 234, 235 e 238 e abundâncias relativas de 0,01, 0,72 e 99,27% respectivamente.⁽¹⁾

A etapa tecnologicamente mais difícil do ciclo do combustível nuclear é o enriquecimento isotópico do urânio que visa aumentar a concentração do único isótopo físsil ^{235}U .⁽²⁾

Nesta etapa trabalha-se com o hexafluoreto de urânio (UF_6), composto sólido à temperatura ambiente, mas extremamente volátil e reativo. A hidrólise destes compostos é instantânea, ocorrendo de acordo com a seguinte relação:



O ácido fluorídrico (HF) formado é muito corrosivo e tóxico e o fluoreto de urânio (UO_2F_2) é um precipitado duro e abrasivo.

Ambos são prejudiciais ao processo de enriquecimento isotópico já que degradam o hexafluoreto de urânio, corroem os equipamentos utilizados diminuindo sensivelmente a eficiência global do processo separativo.⁽³⁾

Este fato implica na obrigatoriedade de se trabalhar com o UF6 na ausência de água ou umidade, ou seja, em alto vácuo.

Nas plantas de enriquecimento isotópico um sistema de tubulações operando em alto vácuo permite conduzir o UF6 de composição natural às unidades de separação chamadas de ultracentrífugas e retirá-lo em 2 frações: enriquecida e empobrecida no isótopo de interesse ^{235}U .

Para gerenciar um sistema de vácuo tão complexo é necessário dominar toda a tecnologia do vácuo especialmente os seguintes aspectos:

1.1 - Produção de alto vácuo por meio de sistemas bombeamento para gases tóxicos e corrosivos.

1.2 - Medição de baixas pressões.

1.3 - Medição de vazões extremamente baixas do gás de processo.

1.4 - Vedações especiais para válvulas, bombas de vácuo, medidores de pressão e vazão e tubulações.

1.5 - Materiais especiais para uso em atmosfera corrosiva.

1.6 - Detecção de vazamentos em sistemas de vácuo.

A operação normal de uma instalação desse porte exige também uma infra-estrutura técnica que possibilite realizar as seguintes tarefas:

1.7 - Aferição e calibração de medidores de pressão e vazão.

1.8 - Manutenção nos diversos equipamentos de vácuo utilizados.

1.9 - Decapagem e descontaminação de superfícies metálicas.

A Coordenadoria para Projetos Especiais - COPESP - do Ministério da Marinha, exercendo um notável esforço para o desenvolvimento da tecnologia nuclear, construiu diversos laboratórios de calibração para equipamentos de vácuo e formou um pessoal técnico especializado na tecnologia de vácuo de forma a poder executar os diversos procedimentos técnicos descritos nas normas internacionais como a ASTM, DIN, PNEUROP e BSI.

2.PROGRAMA DE ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS

Um aspecto particularmente interessante na utilização da tecnologia do vácuo nesta área é decorrente da necessidade de se garantir um elevado nível de estanqueidade no sistema de tubulações para que a pressão final na planta de enriquecimento isotópica atinja o valor de 1.0×10^{-4} mbar.

A fim de se obter uma taxa de vazamentos máxima permissível de 1.0×10^{-7} mbar x l/s para uma planta de médio porte a ser testada e localizada em São Paulo - SP, adotou-

se um programa de ensaios não destrutivos⁽⁴⁾ aplicado ao sistema de tubulações e aos equipamentos de processo composto pelos seguintes métodos de ensaio:

2.1 - Métodos de Ensaios não Destrutivos a serem empregados.

2.1.1 - Ensaios com líquidos penetrantes.

2.1.2 - Ensaios radiográficos.

2.1.3 - Ensaios para detecção de vazamentos com gás hélio.

Estes métodos devem ser executados nas seguintes etapas:

2.2 - Etapas de inspeção de equipamentos de processo.

2.2.1 - Inspeção durante o processo de fabricação.

2.2.2 - Inspeção do produto final no fabricante (100% do lote).

2.2.3 - Inspeção de produto final nos laboratórios do contratante (amostragem).

2.2.4 - Inspeção do produto instalado na planta.

Os métodos de ensaio por líquido penetrante e por radiografia foram utilizados nas fases de fabricação e montagem nas tubulações, enquanto que o método de detecção de vazamentos com gás hélio além de ser utilizado nas fases citadas foi muito utilizado na fase de testes final da planta.

O método de detecção de vazamentos empregado foi o que se utiliza de espectrômetros de massa compactos montados em unidades autônomas. Utilizou-se o gás hélio como gás de identificação dos vazamentos devido ao fato de ele ser inerte e apresentar baixo peso atômico, o que permite a penetração em pequenas fissuras ou trincas.

O procedimento de ensaio utilizado foi desenvolvido baseando-se no procedimento ASTM-E-499-73 (1980) tendo mostrado apropriado para as finalidades expostas neste trabalho.

As taxas de vazamento máximas permissíveis para cada componente foram estabelecidas de modo a não comprometer o valor da taxa de vazamento global da planta. Em que pese a grande diversidade de componentes, os valores gerais estabelecidos foram os seguintes:

- | | |
|-------------|---------------------------------|
| a) Soldas | 1.0×10^{-9} mbar x l/s |
| b) Válvulas | 1.0×10^{-8} mbar x l/s |
| c) Vedações | 1.0×10^{-9} mbar x l/s |

Iniciou-se a detecção de vazamentos em setores específicos da planta à medida que se concluía os trabalhos de montagem das tubulações e equipamentos de processo.

Quando a montagem geral foi encerrada iniciou-se a etapa de bombeamento da planta. Após atingir a pressão final de $1,0 \times 10^{-4}$ mbar, a planta permaneceu 24 horas sob bombeamento contínuo para poder eliminar possíveis materiais absorvidos nas paredes internas das tubulações.

Com a planta em um nível de alto vácuo estável iniciaram-se os testes finais de vazamentos, inspecionando-se novamente soldas, conexões, vedações e equipamentos e registrando-se graficamente as taxas de vazamentos obtidas.

A última etapa consistiu na realização de um ensaio para a verificação da composição dos gases presentes no sistema através do uso de um analisador de gases residuais.

3.RESULTADOS EXPERIMENTAIS

A execução do programa de ensaios descrito permitiu a obtenção de uma taxa de vazamentos global para a planta compatível com o valor especificado no item 2.

A análise de gases residuais do sistema produziu o espectro de massas cujos picos são apresentados na tabela 1.

4.DISSCUSSÃO DOS RESULTADOS

O valor da taxa de estanqueidade global obtido é muito bom se levarmos em consideração o grande número de soldas em tubulações e equipamentos diversos instalados.

Dentre os 3 métodos de ensaios utilizados pudemos concluir que os ensaios por líquidos penetrantes, método simples e barato, possibilitaram eliminar vazamentos grosseiros em soldas e tubulação. Os ensaios radiográficos, método muito confiável embora caro e demorado, permitiram identificar que a causa de muitas trincas ou fissuras em tubulações eram devido às condições de operação definidas para a soldagem. Os ensaios de detecção de vazamentos com gás hélio, método apropriado para sistemas de vácuo, permitiram medir as taxas de vazamentos para cada componente e para a planta além de garantir que a taxa de vazamentos máxima não tinha sido excedida.⁽⁵⁾

O espectro de massas obtido revela a presença dos seguintes picos:

m/z	COMPOSTO	
2	H ₂	
18	H ₂ O	
28	N ₂ , CO	
44	CO ₂	
45	C ₃ H ₇ OH	álcool isopropílico
69	PFPE	óleo lubrificante
95	C ₂ HCl ₃	tricloroetileno

Tabela 1 - Identificação dos picos observados

Estes picos referem-se a gases usualmente encontrados em sistemas de vácuo (H₂, H₂O, N₂, CO, CO₂), a gases provenientes de óleos de lubrificação (PFPE) ou a gases provenientes de materiais de limpeza (álcool isopropílico e tricloroetileno).⁽⁶⁾

Este espectro é típico de uma instalação que contém uma grande diversidade de equipamentos com materiais de construção metálicos e não metálicos.

5. CONCLUSÃO

O programa de ensaios mostrou-se exequível e capaz de permitir a obtenção do nível de estanqueidade estipulado na especificação técnica da planta.

O nível de limpeza final obtido no sistema foi excelente a despeito das atividades de fabricação, transporte, montagem e testes efetuados nos componentes e na tubulação do sistema.

6. AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus superiores responsáveis pela Coordenadoria para Projetos Especiais - COPESP a permissão para publicação deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 - Handbook of Chemistry and Physics 69th Edition, CRC Press.
- 2 - Villani, S. Uranium Enrichment, Springer, New York, 1979.
- 3 - Bacher, W, Jacob, E; Uranium Hexafluoride - Chemistry and Technology of a Raw Material of the Nuclear Fuel Cycle, Chemiker - Zeitung, vol. 106, nº 3, pg. 117-130, 1982.
- 4 - Mix, Paul E., Introduction to Nondestructive Testing, John Wiley and Sons, 1987.
- 5 - Nondestructive Testing Handbook - 2nd edition, vol. 1, Leak Testing, American Society for Non Destructive Testing Inc, 1985.
- 6 - Harris, N., Modern Vacuum Practice, pag. 68, Cambridge McGraw Hill Book Co., 1989.