

# OBTENÇÃO DE UF<sub>4</sub> A PARTIR DO UO<sub>2</sub> POR VIA AQUOSA A QUENTE

JAMIL MAHMOUD SAID AYOUB  
AFONSO RODRIGUES DE AQUINO  
WAGNER DOS SANTOS OLIVEIRA  
ALCÍDIO ABRÃO  
COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR - SÃO PAULO

## RESUMO

Apresentam-se os critérios adotados para a elaboração do Projeto Conceitual de uma Unidade Piloto para fabricação de UF<sub>4</sub> por via aquosa a quente. O projeto é fundamentado em experimentos de laboratório e informações da literatura técnico-científica e na experiência dos autores adquirida na operação de outras unidades piloto.

## INTRODUÇÃO

A transformação do concentrado de urânio em urânio metálico U<sup>0</sup> ou hexafluoreto de urânio UF<sub>6</sub> compreende três tipos distintos de operação. Primeiro, o urânio é separado das impurezas às quais está associado. O urânio purificado é então transformado em um composto intermediário, o tetrafluoreto de urânio - UF<sub>4</sub>. A 3ª etapa é a produção do urânio metálico ou do hexafluoreto de urânio a partir daquele composto [01, 02, 03, 05, 06, 11, 12].

A obtenção do tetrafluoreto de urânio pode ser classificada em via seca ou via úmida [03, 04, 05, 07, 09, 10, 12].

Os primeiros trabalhos para a obtenção de UF<sub>4</sub> foram realizados por via úmida pelo uso de solução aquosa de HF [07, 08] no final do século XIX e tiveram preponderância, do ponto de vista industrial, até meados deste século.

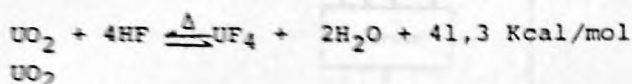
Com o desenvolvimento dos processos por via seca que é uma reação do tipo gás-sólido, aqueles por via úmida foram abandonados por apresentarem operações unitárias de filtração, lavagem e secagem [07, 09, 12] embora continuassem a interessar aos pesquisadores pela sua simplicidade e segurança.

## DESCRIÇÃO DO PROCESSO

O processo para a obtenção de tetrafluoreto de urânio (UF<sub>4</sub>) por via aquosa a quente realiza-se em 06 etapas:

1. Reação de dióxido de urânio com solução aquosa de ácido fluorídrico.
2. Aquecimento da solução reagente.
3. Filtração
4. Secagem
5. Moagem
6. Tratamento de efluentes e recuperação do urânio.

Utiliza-se como matéria-prima o dióxido de urânio (UO<sub>2</sub>) que reage com solução aquosa de HF (cerca de 40% de excesso em relação a quantidade estequiométrica) de acordo com a equação abaixo:



O período de reação é de 5 a 7 horas.

## PARTE EXPERIMENTAL

É preparada uma carga de dióxido de urânio (UO<sub>2</sub>) a qual é adicionada a solução aquosa de HF.

Esta etapa do processo consiste na reação do dióxido de urânio com a solução de HF. O produto resultante desta reação é uma suspensão reacional de tetrafluoreto de urânio (UF<sub>4</sub>) de coloração esverdeada de pureza nuclear. Nesta etapa ocorre uma elevação de temperatura de cerca de 150°C devido a reação ser exotérmica. A suspensão reacional permanece sob agitação durante 3 horas.

Após este período é adicionado água deionizada quente ao reator o qual deverá ser mantido aquecido com vapor d'água de modo que a temperatura permaneça em torno de 80°C e sob agitação constante.

O incremento de temperatura visa obter um tetrafluoreto de urânio com densidade superior a 1,5 g/cm<sup>3</sup>.

Descarrega-se a massa do reator para o filtro estático a vácuo formando-se a torta de UF<sub>4</sub>.

Após a filtração da suspensão com UF<sub>4</sub>, são efetuadas 3 lavagens com água deionizada na torta. A lavagem objetiva a retirada do fluoreto de urânio e do excesso de HF existentes no tetrafluoreto.

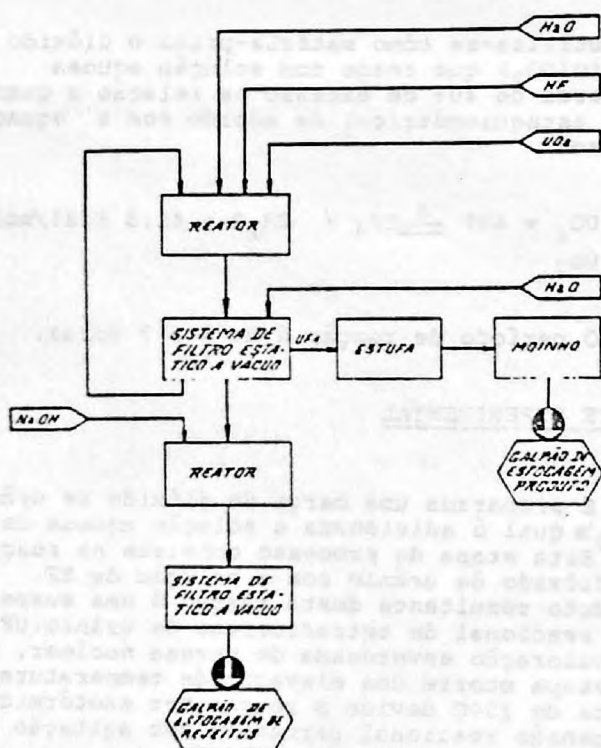
A secagem do produto se processa colocando o material em estufa com circulação de ar. A temperatura de secagem adotada é de 250°C.

Terminada a secagem, o UF<sub>4</sub> é colocado em tambores de polietileno e segue para moagem visando obter granulometria em torno de 20 mesh.

A possibilidade de reutilização do HF leva a recirculação do filtrado utilizando-o no lugar da água deionizada para preparação da solução de HF. A frequência de reutilização do filtrado será controlada pela concentração do urânio.

A recuperação do urânio será feita com a adição de hidróxido de sódio ou potássio e o urânio precipitado como diuranato de sódio ou potássio.

#### DIAGRAMA DE BLOCOS :



#### Características do UF<sub>4</sub> Obtido

Composição Química :

U total	> 75,75%
UF <sub>4</sub>	> 96,00%
UO <sub>2</sub>	< 2,5%
UO <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	< 2,0%
H <sub>2</sub> O	< 0,5%

Densidade Batida : 1,5 - 2,0 g/cm<sup>3</sup>

Composição típica do UF<sub>4</sub> em relação ao UO<sub>2</sub>:

Elemento Teor (ppm)	UO <sub>2</sub>	Processo via aquosa bancada	Processo Via aquosa Piloto	Processo Via Sêca
Fe	< 14	~ 60	< 10	20
Cr	< 5	< 10	~ 10	18
Ni	< 4	< 10	< 10	100
Mo	< 2	< 5	< 5	< 5
Al	< 14	< 10	< 10	< 10
Mn	< 2	< 5	< 5	< 5
Cu	~ 1,4	< 5	< 5	15

A diferença no teor de ferro justifica-se pelo fato de ser o filtro usado no laboratório construído em aço inoxidável e o da unidade piloto ser revestido com borracha.

#### CONCLUSÃO

As vantagens do processo via úmida em relação ao de via sêca são numerosos. Economia de custos de produtos químicos é verificada devido a reutilização do HF no próprio processo. Menos rejeitos são gerados com a conseqüente diminuição dos riscos ao meio ambiente. Podemos ainda dizer, que o processo é mais seguro por trabalhar com solução diluída de HF e mais simples pelos equipamentos requeridos.

#### REFERÊNCIAS

- [1] Collée, R. Materiaux de centrales nucleaires. Liège, Technique et Documentation, 1972.
- [2] Cussiól, A. F. Tecnologia para a preparação de tetrafluoreto de urânio. Fluoretação de UO<sub>2</sub> obtido a partir de diuranato de amônio. São Paulo, 1974. (Dissertação de mestrado, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo).
- [3] Galkin, N.P.; Sudarikov, B.N. Veryatin, U. D., Shishvov, Yu.D.; Maiorov, A.A. Technology of uranium. Jerusalem, Israel Program for Scientific Translations, 1966. cap.11.
- [4] Gmelin, L. Gmelins Handbuch der Anorganischen Chemie. 8. ed. Berlin, Springer Verlag, 1980. C - 8.
- [5] Harrington, C.D. & Ruehle, E. Uranium production technology. New Jersey, Van Nostrand, 1969.

- [6] Institut National des Sciences et Techniques Nucléaires. Génie atomique. Tome.S: Elaboration des matériaux nucléaires de base. Elaboration et utilisations des éléments artificiels. Paris, Universitaires de France, 1965.
- [7] Katz, J.J. & Rabinowitch, E. The chemistry of uranium. Part 1. The elements, its binary and related compounds. New York, Mc Graw-Hill, 1951.
- [8] Mellor, J.W. A comprehensive treatise on inorganic and theoretical chemistry. London, Longmans, 1932. V.12.
- [9] Pascal, P.; ed Nouveau traité de chimie minérale. Tome XV: Uranium et transuraniens. Premier fascicule: Combinaisons de L'uranium. Paris, Masson, 1960.
- [10] Pascal, P., ed. Nouveau traité de chimie minérale. Tome XV : Uranium et transuraniens. Deuxieme fascicule : Combinaisons de L' uranium. Paris, Masson, 1961.
- [11] Pascal, P. , ed. Nouveau Traité de chimie minérale. Tome XV: Uranium et transuraniens. Quatrième fascicule : Uranium (compléments). Paris, Masson, 1967.
- [12] Aquino, A.R., Obtenção de Tetrafluoreto de Urânio por via Aquosa a partir do Dióxido. Sao Paulo, 1988 (Dissertação de mestrado, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares-SP.

#### SUMMARY

The criteria adopted to elaborate a conception project of a pilot plant to manufacture  $UF_4$  by hot wet process is related. The project is based on laboratory experiments, in information obtained of the scientific literature and also in the experience acquired in the operation of other pilot plants. The advantage of this process, is the possibility of obtention of uranium tetrafluoride  $UF_4$  with density higher than  $1,5 \text{ g/cm}^3$ . The major demand of  $UF_4$  is in the manufacture of uranium hexafluoride  $UF_6$  and metallic uranium.  $U^0$  which process became easier as long as the material present major densities.