



SÉRGIO ANTÔNIO FRAZÃO ARAUJO
Secretário-Executivo da CIBES
ANEXO I
LISTA DE EQUIPAMENTO, MATERIAL E TECNOLOGIA NUCLEAR

NOTA GERAL
O objetivo desses controles não é o de restringir ou impedir a transferência de partes componentes. O Governo tomará medidas de modo a que este objetivo seja alcançado e continuará a procurar uma definição viável para partes componentes, que possa ser usada por todos os fornecedores.

CONTROLES DE TECNOLOGIA
A Transferência de "tecnologia" diretamente associada a qualquer item na Lista estará sujeita a um grau de análise e controle tanto quanto o próprio item, na medida do permitido pela legislação nacional.

Controles sobre transferência de "tecnologia" não aplicam as informações de domínio público ou à "pesquisa científica básica".

CONTROLES DE SOFTWARE
A Transferência de "software" diretamente associado a qualquer item na Lista estará sujeita a um grau de análise e controle tanto quanto o próprio item, na medida do permitido pela legislação nacional.

Controles sobre transferência de "software" não aplicam as informações de domínio público ou à "pesquisa científica básica".

DEFINIÇÕES
"Pesquisa científica básica" - trabalho experimental ou teórico realizado principalmente visando à aquisição de novos conhecimentos sobre princípios fundamentais de fenômenos e fatos observáveis, não direcionados basicamente a um objetivo ou propósito prático específico.

"Desenvolvimento" - está relacionado a todas as fases antes da "produção", a saber:

- projeto;
- pesquisa de projeto;
- análise de projeto;
- conceitos de projeto;
- montagem e teste de protótipos;
- esquemas de produção piloto;
- dados de projeto;
- processo de transformação de dados de projeto em um produto;

- projeto de configuração;
- projeto de integração; e
- "layouts".

"De domínio público" - conforme se aplica aqui, significa que a "tecnologia" ou "software" se tornou disponível sem restrições sobre sua disseminação. (Restrições de direitos autorais não caracterizam a "tecnologia" ou "software" de ser de domínio público).

"Microprograma" - uma sequência de instruções elementares mantidas numa memória especial e cuja execução é iniciada pela introdução da sua instrução de referência num registrador de instrução.

"Outros elementos" - todos outros elementos além de hidrogênio, urânio e plutônio.

- "Produção" - significa todas as fases de produção, a saber:

- construção;
- engenharia de produção;
- fabricação;
- integração;
- montagem;
- inspeção;
- teste; e
- garantia da qualidade.

"Programas" - sequência de instruções para realização de um processo ou a transformação de um protocolo executável por um computador.

"Software" - significa um conjunto de um ou mais "programas" ou "microprogramas", fixados em qualquer meio tangível de expressão.

"Assistência técnica" - pode significar instrução, trabalho especializado, treinamento, conhecimento do trabalho, serviços de consultoria.

Obs.: "assistência técnica" pode envolver transferência de "dados técnicos".

"Dados técnicos" - podem estar em várias formas, tais como: cópias heliográficas, esquemas, diagramas, modelos, fórmulas, especificações e projetos de engenharia, manuais e instruções escritas ou registradas em outros meios ou dispositivos tais como: disco, fita, memórias disponíveis apenas para leitura.

"Tecnologia" - significa informação específica requerida para o "desenvolvimento", "produção" ou "uso" de qualquer item contido na Lista. Essas informações podem tomar a forma de "dados técnicos" ou de "assistência técnica".

"Utilização" - operação, instalação (incluindo a instalação no local), manutenção (verificação), reparo, revisão geral ou recuperação.

"Órgãos Controladores" - órgãos a serem consultados durante o processo de uma operação de exportação de determinados itens. São eles: Ministério da Defesa - MD; Ministério das Relações Exteriores - MRE; Ministério do Desenvolvimento da Indústria do Comércio - MDIC; Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação - MCTI e Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN.

APÊNDICE A do ANEXO I
PARTE A - Material e Equipamento
1. Fonte e Material Fissionável Especial
Conforme definido no Artigo XX do Estatuto da Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA).

1.1 "Material fonte"

O termo "material fonte" significa urânio contendo a mistura de isótopos que ocorre na natureza; urânio empobrecido no isótopo 235, tório; qualquer dos materiais anteriores na forma de metal, ligas, composto químico, ou concentrado; qualquer outro material contendo um ou mais dos materiais mencionados anteriormente, em concentração a ser determinada de tempos em tempos pela Junta de Governos da AIEA; e outro tipo de material que aquela Junta de Governos de tempos em tempos assim o determinar.

1.2 "Material fissionável especial"

(i) "O termo material fissionável especial" significa o plutônio 239; o urânio 233; o urânio enriquecido nos isótopos 235 ou 233; qualquer material contendo um ou mais dos materiais mencionados anteriormente, e outro tipo de material fissionável que a Junta de Governadores, de tempos em tempos assim o determinar; mas o termo "material fissionável especial" não inclui material fonte.

(ii) O termo "urânio enriquecido nos isótopos 235 ou 233" significa urânio contendo os isótopos 235 ou 233 ou ambos em uma quantidade tal que a razão de abundância da soma desses isótopos para o isótopo 238 seja maior que a razão do isótopo 235 para o isótopo 238 que ocorre na natureza.

No entanto, para fins das Diretrizes, itens especificados no subparágrafo (a) abaixo, e exportações de material fonte ou material fissionável especial para um determinado país destinatário, dentro de um período de 12 meses, em quantidades inferiores aos limites especificados no subparágrafo (b) abaixo, não devem ser incluídos:

(a) Plutônio com uma concentração de plutônio 238 excedendo 80% Material fissionável especial quando usado em quantidades da ordem de grama ou menores, como um componente sensor em instrumentos; e

Material fonte que o Governo esteja convencido que será usado apenas em atividades não nucleares, tais como a produção de ligas ou materiais cerâmicos.

(b) Material fissionável especial 50 gramas efetivos;

Urânio natural 500 quilogramas;

Urânio empobrecido 1000 quilogramas; e

Tório 1000 quilogramas.

2. Equipamento e Materiais Não-Nucleares

A designação de itens de equipamento e materiais não-nucleares adotada pelo Governo é a seguinte (quantidades abaixo dos níveis indicados no Apêndice B serão consideradas como insignificantes para fins práticos):

2.1 Reatores nucleares e equipamentos especialmente projetados ou concebidos e seus componentes (ver apêndice B, seção 1);

2.2 Materiais não-nucleares para reatores (ver apêndice B, seção 2);

2.3 Usinas para o reprocessamento de elementos combustíveis irradiados, e equipamentos especialmente projetados ou concebidos para esse fim (ver Apêndice B, seção 3);

2.4 Usinas para a fabricação de elementos combustíveis e equipamentos especialmente projetados ou concebidos para esse fim (ver Apêndice B, seção 4);

2.5 Usinas para a separação de isótopos de urânio, urânio empobrecido ou materiais físis especiais e equipamentos, outros que não instrumentos analíticos, especialmente projetados ou concebidos para esse fim (ver Apêndice B, seção 5);

2.6 Usinas para a produção ou concentração de água pesada (água deuterada), deutério e compostos de deutério e equipamentos especialmente projetados ou concebidos para esse fim (ver Apêndice B, seção 6); e

2.7 Plantas para a conversão de urânio e plutônio para uso na fabricação de elementos de combustível e de separação de isótopos de urânio conforme definido nas seções 4 e 5, respectivamente, e equipamentos especialmente projetados ou concebidos para esse fim (ver Apêndice B, seção 7).

APÊNDICE B do ANEXO I

ESCLARECIMENTO SOBRE ITENS DA LISTA DE CONTROLE
(Conforme especificado na Seção 2 da Parte A do Apêndice A)

1. Reatores nucleares e equipamentos especialmente projetados ou concebidos e seus componentes

NOTA INTRODUTÓRIA

Vários tipos de reatores nucleares podem ser caracterizados pelo moderador utilizado (ex: água pesada, grafite, água leve), o espectro de nêutrons utilizados (ex: térmico, rápido), o tipo de refrigerante utilizado (ex: água, líquido metal, sal fundido, gás), ou pela sua função ou tipo (ex: reatores de potência, reatores de pesquisa, reatores de teste). Pretende-se que todos estes tipos de reatores nucleares estejam dentro do escopo do presente item e todos os seus subtipos onde aplicáveis. Este item não controla reatores de fusão.

1.1 Reatores Nucleares Completos

Reatores nucleares capazes de operar de tal modo a manter uma reação em cadeia de fissão controlada ou autossustentada, excluindo reatores de potência zero, os últimos sendo definidos como reatores com uma taxa máxima projetada de produção de plutônio não excedendo 100 gramas por ano.

NOTA EXPLICATIVA

Um "reator nuclear" inclui basicamente os itens internos ou conectados diretamente ao vaso do reator, o equipamento que controla o nível de potência no núcleo, e os componentes que normalmente contêm ou entram em contato direto com o núcleo ou controlam o refrigerante primário do reator.

EXPORTAÇÃO

A exportação de todo o conjunto de itens principais estabelecidos nestas orientações ocorrerá apenas de acordo com os procedimentos das Diretrizes estabelecidas pelo Governo. Aqueles itens individuais dentro desse limite definido funcionalmente que

PORTARIA Nº 1.405, DE 29 DE DEZEMBRO DE 2014

Publica a atualização das Listas de Controle de Exportação de Bens Relacionados a Equipamento, Material e Tecnologia Nuclear e a Equipamento e Material de Uso Duplo e Tecnologia Relacionada, de Aplicação na Área Nuclear.

O MINISTRO DE ESTADO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO, no uso das atribuições que lhe são conferidas pelo art. 87, parágrafo único, inciso II, da Constituição Federal, tendo em vista o disposto no parágrafo único do art. 4º e no inciso II do art. 5º da Lei nº 9.112, de 10 de outubro de 1995, no inciso II do art. 3º e no art. 6º do Anexo à Resolução nº 1, de 19 de outubro de 2004, da Comissão Interministerial de Controle de Exportação de Bens Sensíveis - CIBES, resolve:

Art. 1º Divulgar, na forma do Anexo a esta Portaria, a Resolução nº 23, de 18 de novembro de 2014, da Comissão Interministerial de Controle de Exportação de Bens Sensíveis - CIBES, que atualiza as Listas de Controle de Exportação de Bens Relacionados a Equipamento, Material e Tecnologia Nuclear e a Equipamento e Material de Uso Duplo e Tecnologia Relacionada, de Aplicação na Área Nuclear.

Art. 2º Esta Portaria entra em vigor na data de sua publicação.

Art. 3º Fica revogada a Resolução nº 14, de 31 de março de 2011, da Comissão Interministerial de Controle de Exportação de Bens Sensíveis - CIBES, publicada no Diário Oficial da União nº 77, de 25 de abril de 2011, Seção 1, página 1.

CLÉLIO CAMPOLINA DINIZ

ANEXO

RESOLUÇÃO Nº 23, DE 18 DE NOVEMBRO DE 2014

A COMISSÃO INTERMINISTERIAL DE CONTROLE DE EXPORTAÇÃO DE BENS SENSÍVEIS (CIBES), no uso da competência que lhe foi outorgada pelo art. 4º, inciso II do Decreto nº 4.214, de 30 de abril de 2002, resolve:

Art. 1º Aprovar a atualização das Listas de Controle de Exportação de Bens Relacionados a "Equipamento, Material e Tecnologia Nuclear" e a "Equipamento e Material de Uso Duplo e Tecnologia Relacionada", de Aplicação na Área Nuclear, em anexo.

serão exportados apenas em concordância com os procedimentos das Diretrizes são listados nos parágrafos 1.2 a 1.11. O Governo se reserva o direito de aplicar os procedimentos das Diretrizes a outros itens dentro do limite definido funcionalmente.

1.2 Vasos de Pressão do reator

Vasos metálicos, ou partes principais fabricadas, projetadas ou preparadas especialmente para conter o núcleo de um reator nuclear tal como definido no parágrafo 1.1 acima, bem como partes principais internas de um reator, tal como definido no parágrafo 1.8.

NOTA EXPLICATIVA

O item 1.2 abrange vasos de reatores nucleares, independentemente da faixa de pressão, e inclui vasos de pressão do reator e calandras. A tampa superior do vaso de pressão do reator é, segundo o item 1.2, considerada como item relevante para a fabricação de um vaso de pressão.

1.3 Máquinas para carregamento e descarregamento do combustível de reator

Equipamento manipulável especialmente projetado ou preparado para inserir ou remover combustível em um reator nuclear definido no parágrafo 1.1 acima.

NOTA EXPLICATIVA

O Equipamento acima é capaz de realizar a operação de carga ou, empregando dispositivos tecnicamente sofisticados de posicionamento ou alinhamento, permitir operações complexas de carregamento e descarga de combustível tais como aquelas nas quais a visão direta ou o acesso ao combustível não são possíveis.

1.4 Barras de controle do reator

Barras especialmente projetadas ou preparadas apoiadas ou em suspensão, com mecanismos de comando das barras e tubos-guia para controlar a taxa de reação em um reator nuclear, definido no parágrafo 1.1 acima.

1.5 Tubos de pressão do reator

Tubos especialmente projetados ou concebidos para conter simultaneamente os elementos combustíveis e o refrigerante do sistema primário de um reator, definido no parágrafo 1.1 acima.

NOTA EXPLICATIVA

Tubos de pressão são partes do canal do combustível nuclear concebidos para funcionar a uma pressão elevada, regularmente acima de 5 MPa.

1.6 Revestimentos para o combustível nuclear

Tubos metálicos de zircônio ou de ligas de zircônio (ou conjuntos de tubos) especialmente projetados ou concebidos para uso como revestimento do combustível em um reator nuclear, definido no parágrafo 1.1 acima, e em quantidades superiores a 10 Kg.

Observação: Para a pressão nos tubos de zircônio veja item 1.5. Para a pressão em tubos calandrados veja item 1.8.

NOTA EXPLICATIVA

Tubos metálicos de zircônio ou tubos de ligas de zircônio para uso em um reator nuclear consistindo o zircônio quando a relação de háfnio para zircônio é inferior a 1:500 partes em peso.

1.7 Bombas de resfriamento do circuito primário ou circuladores

Bombas ou circuladores especialmente projetadas ou preparadas para a circulação do refrigerante primário para reatores nucleares, definido no parágrafo 1.1 acima.

NOTA EXPLICATIVA

Bombas ou circuladores especialmente projetados ou concebidos incluem bombas para reatores resfriados a água, circuladores para reatores de gás resfriado e bombas eletromagnéticas e mecânicas para reatores resfriados por metal líquido. Estes equipamentos podem incluir bombas com sistemas de selos ou multiselos elaborados, visando evitar a fuga do refrigerante do circuito primário, bombas seladas e bombas com sistemas de massa inercial. Esta definição compreende bombas certificadas na seção III, divisão I, subitem NB (componentes classe I) Código da Sociedade Americana de Engenharia Mecânica (ASME) ou padrões equivalentes.

1.8 Partes Internas do reator nuclear

"Partes internas do reator nuclear" são especialmente projetadas ou concebidas para uso em um reator nuclear como definido no parágrafo 1.1 acima. Inclui, por exemplo, colunas de suporte do núcleo, varetas de combustível, tubos calandrados, isolamento térmicos, placas defletoras, placas superiores do núcleo e placas difusoras.

NOTA EXPLICATIVA

"Partes internas de um reator nuclear" são grandes estruturas dentro do vaso do reator que têm uma ou mais funções tais como suportar o núcleo, manter o alinhamento do combustível, dirigir o fluxo de resfriamento do circuito primário, fornecer proteção anti-irradiação do vaso do reator, e guias no interior do núcleo para instrumentação.

1.9 Trocador de Calor

a) Geradores de vapor especialmente projetados ou concebidos para serem utilizados no circuito de resfriamento primário ou intermediário de um reator nuclear, definido no parágrafo 1.1 acima.

b) Outros geradores de vapor especialmente projetados ou concebidos para serem utilizados no circuito de resfriamento primário de um reator nuclear, definido no parágrafo 1.1 acima.

NOTA EXPLICATIVA

Geradores de vapor são especialmente projetados ou concebidos para transferir o calor gerado no reator para a água de alimentação de geração de vapor. No caso de um reator rápido que possui um circuito refrigerante intermediário, o gerador de vapor está no circuito intermediário.

Em um reator arrefecido/resfriado a gás, um trocador de calor pode ser utilizado para transferir a energia em forma de calor para um circuito secundário de gás que aciona uma turbina a gás.

O escopo de controle para esta entrada não inclui trocadores de calor para os sistemas de suporte do reator, por exemplo, o sistema de arrefecimento de emergência ou o resfriamento do sistema de arrefecimento de calor.

1.10 Detectores de Nêutrons

Detectores de Nêutrons especialmente projetados ou concebidos para determinar o nível de fluxo no núcleo do reator, definido no parágrafo 1.1.

NOTA EXPLICATIVA

Os detectores abrangem aqueles internos e externos ao núcleo do reator que medem o fluxo em grande escala, normalmente de 10^4 nêutrons por cm^2 por segundo a 10^{10} nêutrons por cm^2 por segundo ou mais. Detector externo do núcleo refere-se à medição fora do núcleo do reator, definido no parágrafo 1.1, porém localizado dentro da blindagem biológica.

1.11 Protetor térmico externo

Protetor térmico externo especialmente projetado ou preparado para uso em um reator nuclear definido no parágrafo 1.1 para a redução da perda de calor e também para a proteção do vaso de contenção

NOTA EXPLICATIVA

Protetor térmico externo são estruturas principais colocadas sobre o vaso do reator que reduzem as perdas de calor do reator e reduzem a temperatura no interior do vaso de contenção.

2. Materiais Não-Nucleares para reatores

2.1 Deutério é água pesada

Deutério, água pesada (óxido de deutério) e qualquer outro composto de deutério nos quais a razão do deutério para átomos de hidrogênio exceda 1:5000 para uso em um reator nuclear, definido no parágrafo 1.1 acima, em quantidades superiores a 200 Kg de átomos de deutério para qualquer país receptor em um período de 12 meses.

2.2 Grafite de grau nuclear

Grafite com um nível de pureza superior a 5 partes por milhão de equivalente em boro e com uma densidade superior a 1,50 g/cm³ para uso em um reator nuclear, definido no parágrafo 1.1 acima, em quantidades excedendo 1 Kg.

NOTA EXPLICATIVA

Para fins de controle de exportação, o Governo determinará se as exportações de grafite satisfazendo as especificações acima são para uso em reatores nucleares, ou não.

Boro equivalente (BE) pode ser determinado experimentalmente ou calculado como a soma de BE_Z para impurezas (excluindo BE_{carbono} pois carbono não é considerado impureza) incluindo Boro, onde:

$$BE_z \text{ (ppm)} = CF \times \text{concentração do elemento Z (em ppm);}$$
$$CF \text{ é a conversão do fator (Sigma}_z \times A_B) \text{ dividido por (Sigma}_B \times A_Z).$$

Sigma_B e Sigma_Z são seções transversais de captura de térmica de nêutron para ocorrência de Boro na natureza e o elemento Z respectivamente.

A_B e A_Z são as massas atômicas de ocorrência de Boro na natureza e elemento Z respectivamente.

3. Plantas/Usinas para o reprocessamento de elementos combustíveis irradiados, e equipamento especialmente projetado ou concebido para esse tipo de emprego

NOTA INTRODUTÓRIA

Reprocessamento de combustível nuclear irradiado separa plutônio e urânio de produtos de fissão intensamente radioativos e de outros elementos transurânicos. Processos tecnicamente diferentes podem realizar essa separação. No entanto, através dos anos, o processo Purex se tornou o processo mais comumente usado e aceito. Purex envolve a dissolução de combustível nuclear irradiado em ácido nítrico, seguida pela separação do urânio, plutônio, e de produtos de fissão através de extração por solvente usando uma mistura de fosfato de tributílica em um diluente orgânico.

Instalações "PUREX" (Plutonium Uranium Recovery by EXtraction) têm funções de processo similares entre si, incluindo: corte do elemento combustível irradiado, dissolução do combustível, extração por solvente e armazenamento do licor do processo. Pode também existir equipamento para denitração térmica do nitrato de urânio, conversão do nitrato do plutônio para óxido ou metal, e tratamento do licor de rejeito dos produtos de fissão para uma forma adequada à deposição ou armazenamento por longo prazo. No entanto, o tipo específico e a configuração do equipamento desempenhando essas funções podem diferir entre instalações PUREX por vários motivos, incluindo o tipo e quantidade de combustível nuclear irradiado a ser reprocessado e a forma pretendida dos materiais recuperados, bem como a filosofia de manutenção e de segurança incorporada no projeto da instalação.

Uma "instalação para o reprocessamento de elementos combustíveis irradiados" inclui o equipamento e os componentes que normalmente entram em contato direto e controlam diretamente o combustível irradiado, bem como os fluxos de processamento do material nuclear principal e dos produtos de fissão.

Esses processos, incluindo os sistemas completos para a conversão do plutônio e produção do plutônio metálico, podem ser identificados através das medidas tomadas para evitar criticidade (por exemplo, através de geometria), exposição à radiação (através de blindagem) e danos de toxicidade (através de contenção).

EXPORTAÇÃO

A exportação de todo o conjunto dos principais itens dentro deste limite ocorrerá apenas de acordo com os procedimentos estabelecidos pelo Governo.

O Governo se reserva o direito de aplicar os procedimentos das diretrizes para outros itens dentro dos limites definidos funcionalmente, conforme listado abaixo.

Itens de equipamento considerados como enquadrados no significado da citação "e equipamento especialmente projetado ou preparado" para o reprocessamento de elementos de combustível irradiado incluem:

3.1 Máquinas de corte de elemento combustível irradiado

Equipamento remotamente operado especialmente projetado ou concebido para uso em uma usina de reprocessamento, conforme identificado acima, e projetado para cortar, retalhar ou cisalhar conjuntos de combustível nuclear irradiado, feixes ou barras.

NOTA EXPLICATIVA

Este equipamento quebra o revestimento do combustível para expor o material nuclear irradiado à dissolução. Máquinas de corte de peças metálicas especialmente projetadas são comumente as mais usadas, embora equipamentos mais avançados, como o laser podem ser utilizados.

3.2 Dissolvedores

Tanques criticamente seguros ("critically safe tanks") (por exemplo, tanques de formato achatado e espessura limitada ou anular de pequeno diâmetro) especialmente projetados ou concebidos para uso em uma planta/usina de reprocessamento conforme acima mencionado, com vistas à dissolução de combustível nuclear irradiado e capazes de resistir a líquidos altamente corrosivos e quentes e que podem ser operados e reparados remotamente.

NOTA EXPLICATIVA

Dissolvedores normalmente recebem o combustível irradiado cortado em pedaços. Nesses tanques ou vasos criticamente seguros, o material nuclear irradiado é dissolvido em ácido nítrico e as aparas (seções do tubo) remanescentes são removidas do fluxo do processo.

3.3 Extratores por solvente e equipamento para extração por solvente

Extratores por solventes especialmente projetados ou concebidos tais como colunas pulsadas ou embaladas, contactores centrífugos ou misturadores decantadores, para uso em uma usina de reprocessamento de combustível irradiado. Extratores por solventes devem ser resistentes ao efeito corrosivo do ácido nítrico. Extratores por solvente são normalmente fabricados para satisfazer padrões extremamente elevados (incluindo técnicas especiais de soldagem e de inspeção de controle de qualidade, e de garantia de qualidade), com ações inoxidáveis com baixo teor de carbono, titânio, zircônio ou outros materiais de alta qualidade.

NOTA EXPLICATIVA

Extratores por solventes recebem a solução de combustível irradiado a partir dos dissolvedores e a solução orgânica que separa o urânio, o plutônio e produtos de fissão. O equipamento de extração por solventes é normalmente projetado para satisfazer parâmetros de operação mais restritos, tais como: tempo de operação mais longo sem a necessidade de manutenção ou substituição de fácil adaptabilidade, operação e controle simplificados, e flexibilidade para variações nas condições de processo.

3.4 Vaso de armazenamento ou de contenção química

Vasos de armazenamento ou de contenção especialmente projetados ou concebidos para uso em uma usina de reprocessamento de combustível irradiado. Os vasos de contenção ou de armazenamento devem ser resistentes ao efeito corrosivo do ácido nítrico. Os vasos de armazenamento ou de contenção são normalmente fabricados de materiais como aços inoxidáveis com baixo teor de carbono, titânio ou zircônio, ou outros materiais de alta qualidade. Vasos de armazenamento ou de contenção podem ser projetados para operação e manutenção remotas e podem ter as seguintes características para controle da criticidade nuclear:

- (1) paredes ou estruturas internas com um equivalente de boro de pelo menos dois por cento (2%), ou
- (2) um diâmetro máximo de 175 mm (7 polegadas) para vasos cilíndricos, ou
- (3) uma largura máxima de 75 mm (3 polegadas) para vasos em forma de anel ou retangular achatado.

NOTA EXPLICATIVA

Três fluxos principais de licor de processo resultam da fase de extração por solvente. Vasos de armazenamento ou de contenção química são usados no processamento subsequente destes três fluxos, como se segue:

(a) A solução de nitrato de urânio puro é concentrada através de evaporação e passada para um processo de denitração onde é convertida para óxido de urânio. Esse óxido é reutilizado no ciclo do combustível nuclear.

(b) A solução de produtos de fissão altamente radioativos é normalmente concentrada por evaporação e armazenada como um licor concentrado. Esse concentrado pode ser subsequentemente evaporado e convertido em uma forma adequada ao armazenamento ou deposição.

(c) A solução de nitrato de plutônio puro é concentrada e armazenada aguardando a transferência para etapas de processo posteriores. Em especial, vasos de armazenamento ou de contenção para soluções de plutônio são projetados visando evitar problemas de criticidade resultantes de mudanças de concentração e forma desse fluxo.

3.5 Sistema de medição de neutros para controle de processo

Sistema de medição de nêutrons especialmente projetado ou preparado para a integração e uso com um sistema de controle automatizado de processo em uma planta de reprocessamento de elemento combustível irradiado.

NOTA EXPLICATIVA

Estes sistemas possuem a capacidade de medição ativa e passiva de nêutrons e a capacidade de discriminação para determinar a quantidade e a composição do material fissil. O sistema completo é composto de um gerador de nêutrons, um detector de nêutrons, amplificadores e processadores de sinal eletrônico.

O escopo desta abordagem não inclui instrumentos de detecção e medição de nêutrons que são projetados para a contabilidade nuclear e de salvaguarda ou qualquer outra aplicação não relacionada com a integração e uso com sistemas de controle automatizado de processo em uma usina de reprocessamento de elementos combustíveis irradiados.



4. Plantas/Usinas para fabricação de elementos combustíveis para reatores nucleares e equipamento especialmente projetado ou preparado para essa finalidade

NOTA INTRODUTÓRIA

Elementos combustíveis são fabricados de uma ou mais fonte ou materiais físeis especiais mencionados na seção MATERIAL E EQUIPAMENTO, deste anexo.

Para óxido de combustível, o tipo mais comum de combustível faz parte de equipamentos para compressão de pastilhas, sinterização, trituração e nivelção. A mistura de óxido de combustível é manuseada em compartimento com luvas (ou contenção equivalente) até que seus revestimentos estejam vedados. Em todos os casos o combustível é hermeticamente vedado dentro de um revestimento apropriado que é projetado para ser o envelope primário envolvendo o combustível de forma a proporcionar um desempenho adequado e seguro durante a operação do reator. Além disso, em todos os casos, o preciso controle do processo, procedimentos e equipamentos de alto padrão de qualidade são necessários para garantir um desempenho adequado e seguro do combustível.

NOTA EXPLICATIVA

Itens de equipamentos que são classificados como "especialmente projetados ou concebidos" para a fabricação de elementos combustíveis, são os seguintes:

Normalmente em contato direto, diretamente com processos e controles, com o fluxo de produção do material nuclear;

Selos de vedação nuclear dentro do seu revestimento;

De verificação da integridade do revestimento ou do selo;

De verificação do acabamento final do combustível vedado;

ou

Utilizado para a montagem do combustível nuclear do reator.

Equipamentos ou sistemas de equipamentos podem incluir, por exemplo:

1) Estações ou pontos de inspeção automática de pastilhas especialmente projetadas ou concebidas para verificação das dimensões finais e defeitos de superfície das pastilhas de combustíveis;

2) Máquinas de solda automática, especialmente projetadas ou preparadas para soldagem final das cápsulas dos pinos de combustível (ou hastes);

3) Estações ou pontos de teste automático e de inspeção especialmente projetadas ou concebidas para verificar a integridade dos pinos de combustível produzidos (ou hastes/varetas); e

4) Sistemas especialmente projetados ou concebidos para a fabricação do revestimento do combustível nuclear.

No item 3, fazem parte os seguintes tipos de equipamento:

(a) raios-X para a verificação da solda das cápsulas do pino (ou haste/vareta);

(b) detector de vazamento de hélio dos pinos sob pressão (ou hastes/varetas); e

(c) varredor ou verificador de raios gama de pinos (ou hastes/varetas) para checar a correta carga no interior das pastilhas de combustível.

5. Plantas/Usinas para separação de isótopos de urânio, urânio empobrecido ou materiais físeis especiais e outros equipamentos, que não sejam instrumentos analíticos, especialmente projetados ou concebidos para essa finalidade

NOTA INTRODUTÓRIA

Plantas/Usinas, equipamentos e tecnologia para a separação de isótopos de urânio têm, em muitos casos, uma estreita relação com as plantas/usinas, equipamentos e tecnologia para a separação de isótopos estáveis. Em casos particulares, de acordo os controles da Seção 5, também se aplicam às instalações e equipamentos que se destinam para a separação de isótopos estáveis. Esses controles de plantas/usinas e equipamentos para a separação de isótopos estáveis são complementares a controles em plantas/usinas e equipamentos especialmente projetados ou concebidos para o processamento, uso ou produção de material fissil especial abrangido por este apêndice. Os controles desta seção são para isótopos estáveis e não se aplicam ao processo de separação isotópica eletromagnética, que é tratada no âmbito do anexo II desta Portaria.

Processos para os quais os controles na Seção 5 são igualmente aplicáveis são: se o uso pretendido é a separação de isótopos de urânio ou a separação de isótopos estáveis por: centrifugação a gás, difusão gasosa, processo de separação por plasma, e processos "aerodinâmicos".

Para alguns processos, a relação com a separação de isótopos de urânio depende do elemento (isótopo estável) que está sendo separado. Estes processos são: processos a laser (por exemplo: a separação isotópica molecular por laser e separação isotópica por laser de vapor atômico), produtos químicos, e troca iônica. Os supridores devem, portanto, avaliar esses processos caso a caso para aplicar os controles desta seção para isótopos estáveis.

Itens de equipamento abrangidos pelo significado da expressão "equipamento que não seja instrumentos analíticos, especialmente projetados ou concebidos" para a separação de isótopos de urânio, incluem:

5.1 Centrífugas a gás e conjuntos e componentes especialmente projetados ou concebidos para uso em centrífugas a gás

NOTA INTRODUTÓRIA

A centrífuga a gás normalmente consiste de cilindro(s) de parede(s) fina(s) de diâmetro entre 75 mm e 650 mm, contido em um meio a vácuo e que gira a alta velocidade periférica da ordem de 300m/s ou mais, sobre seu eixo central vertical. Para conseguir alta velocidade, os materiais de construção para componentes de rotação devem ter uma alta razão de resistência/densidade, e o conjunto rotor e seus componentes individuais devem ser fabricados com tolerâncias muito limitadas para minimizar o desbalanceamento. Em contraste com outras centrífugas, a centrífuga a gás para enriquecimento de urânio caracteriza-se por possuir dentro da câmara rotora uma chicana em forma de disco de rotação e um tubo estacionário para alimen-

tação e extração do gás UF₆, delineando a trajetória pelo menos três canais separados, dos quais dois são conectados a carreadores que se estendem do eixo rotor até a periferia da câmara rotora. Também contidos dentro do meio a vácuo estão um número de itens críticos que não rotacionam (estacionários) e que embora sejam especialmente projetados não são difíceis de serem fabricados, bem como não são fabricados a partir de materiais comuns. Uma instalação de centrifugação, no entanto, requer um grande número desses componentes, de tal modo que as quantidades possam fornecer uma indicação importante de uso final.

5.1.1 Componentes de rotação

(a) Conjuntos rotores completos

Cilindros de paredes finas, ou um número de cilindros de paredes finas interconectados, fabricados de um ou mais materiais de alta razão resistência/densidade e descritos na NOTA EXPLICATIVA desta Seção. Se interconectados, os cilindros são unidos com anéis ou foles flexíveis conforme descrito na seção 5.1.1 (c). Se na forma final, o rotor é equipado com um defletor interno e uma tampa, como descrito na seção 5.1.1 (d) e 5.1.1 (e). No entanto, o conjunto completo pode ser remetido apenas parcialmente montado.

(b) Tubos rotor

Cilindros de parede fina especialmente projetados ou concebidos com espessura menor ou igual a 12 mm, diâmetro entre 75 mm e 650 mm, e fabricados com um ou mais materiais de alta razão resistência/densidade descritos na NOTA EXPLICATIVA desta seção.

(c) Anéis ou foles

Componentes especialmente concebidos ou projetados para fornecer suporte localizado para o tubo rotor ou para juntar uma quantidade de tubos rotores. O fole é um cilindro pequeno com espessura de parede menor ou igual a 3 mm, diâmetro entre 75 mm e 650 mm, em convoluto (em forma de cilindro), e fabricados com materiais de alta razão resistência/densidade descritos na NOTA EXPLICATIVA desta seção.

(d) Defletores

Componentes em forma de disco de diâmetro entre 75 mm e 650 mm, especialmente projetados ou concebidos para serem montados no interior do tubo rotor da centrífuga, a fim de isolar a câmara de retirada da câmara de separação principal e, em alguns casos, para ajudar a circulação do gás UF₆, dentro da câmara de separação principal do tubo rotor, e fabricados com materiais de alta razão resistência/densidade descritos na NOTA EXPLICATIVA desta seção.

(e) Tampas superiores/ Tampas inferiores

Componentes em forma de disco de diâmetro entre 75 mm e 650 mm, de diâmetro especialmente projetados ou concebidos para se ajustarem às extremidades do tubo rotor, e em alguns casos para suportar, reter ou conter como uma parte integrada um elemento do suporte superior (tampa superior) ou para transportar os elementos de rotação do motor e do suporte inferior, e fabricados com um dos materiais de alta razão resistência descritos na NOTA EXPLICATIVA desta seção.

NOTA EXPLICATIVA

Os materiais utilizados nos componentes de rotação da centrífuga incluem o seguinte:

(a) Aço "Maraging" com tensão de resistência ao escoamento de 1,95 GPa ou superior;

(b) Ligas de alumínio com tensão de resistência ao escoamento de 0,46 GPa ou superior;

(c) Materiais filamentosos adequados para serem usados em estruturas de compósitos e com um módulo específico de $3,18 \times 10^6 \text{m}$ ou maior e uma força de tensão máxima específica de $7,62 \times 10^4 \text{m}$ ou maior (Módulo específico é o Módulo de Young em N/m², dividido pelo peso específico e N/m³; "Força de Tensão Máxima Específica" é a força de tensão máxima em N/m² dividida pelo peso específico em N/m³).

5.1.2 Componentes estáticos

(a) Mancais de suspensão magnética

1. Conjuntos de mancais especialmente projetados ou concebidos, consistindo de um magneto anular suspenso dentro de um alojamento contendo um meio amortecedor. O alojamento será fabricado de um material resistente a UF₆ (veja a NOTA EXPLICATIVA na seção 5.2.). O magneto se acopla com uma peça polar ou a um segundo magneto ajustado à tampa superior descrita na seção 5.1.1 (e). O magneto pode ter a forma de anel com uma relação entre o diâmetro interno e externo menor ou igual a 1,6:1. O magneto pode ter uma permeabilidade inicial mínima de 0,15 H/m ou maior, ou uma remanescência de 98,5% ou mais, ou um produto de energia superior a 80 kJ/m³. Adicionalmente as propriedades usuais do material, é um pré-requisito que o desvio do eixo magnético para o eixo geométrico seja limitado a tolerâncias muito pequenas (inferiores a 0,1 mm) ou que a homogeneidade do material do magneto seja especialmente adequada.

2. Mancais magnéticos ativos especialmente projetados ou concebidos para uso em centrífugas a gás.

NOTA EXPLICATIVA

Esses mancais geralmente possuem as seguintes características:

- Projetado para manter o rotor sobre o eixo de rotação girando a frequência de 600Hz ou maior, e

- Associado a uma fonte de energia confiável e/ou uma fonte de alimentação ininterrupta com capacidade de suprir energia por mais de uma hora.

(b) Mancais/Amortecedores

Mancais especialmente projetados ou concebidos compreendendo um conjunto pino/tampa montado sobre um amortecedor. O pino é normalmente uma haste de aço temperado com um hemisfério em uma extremidade e com um dispositivo de conexão para a tampa superior descrita na seção 5.1.1 (e) na outra. A haste pode ter um suporte hidrodinâmico conectado. A tampa é em forma de pastilha

com um entalhe hemisférico em uma superfície. Esses componentes são freqüentemente supridos em separado para o amortecedor.

(c) Bombas moleculares

Cilindros especialmente projetados ou concebidos com sulcos helicoidais internos extrudados ou usinados e furos internos usinados. Suas dimensões físicas são as seguintes: diâmetro interno de 75 mm a 650 mm, espessura da parede maior ou igual a 10 mm, com o comprimento igual ou maior do que o diâmetro. Os sulcos têm a seção transversal retangular com 2 mm ou mais de profundidade.

(d) Estatores de motor

Estatores em forma de anel especialmente preparado ou projetado para motores de histerese (ou relutância) AC multifásicos de alta velocidade para operação síncrona em vácuo com a frequência de 600 Hz ou maior e potência de 40 VA ou maior. Os estatores podem consistir de enrolamentos multifásicos sobre um núcleo de ferro laminado de baixa perda, composto de fins camadas, normalmente 2,0 mm de espessura ou menos.

(e) Alojamento da centrífuga/recipientes

Componentes especialmente projetados ou concebidos para conter o conjunto de tubo rotor de uma centrífuga a gás. O alojamento consiste de um cilindro rígido com espessura de parede de até 30 mm com extremidades usinadas com precisão para posicionar os suportes e com uma ou mais tampas para montagem. As extremidades usinadas são paralelas uma à outra e perpendiculares ao eixo longitudinal do cilindro dentro de 0,05 graus ou menor. O alojamento pode também ser uma estrutura do tipo colmeia para acomodar vários conjuntos de rotores.

(f) Vertedores (Scoops)

Tubos especialmente projetados ou concebidos para a extração do gás UF₆ de dentro do tubo rotor através da ação de um tubo de "Pitot" (ou seja, com uma abertura voltada para o fluxo circunferencial de gás dentro do tubo rotor, por exemplo, inclinando a ponta de um tubo radialmente colocado) e capaz de ser fixado ao sistema de extração do gás central.

5.2 Sistemas auxiliares especialmente projetados ou concebidos, equipamentos e componentes para plantas de enriquecimento de centrífuga a gás

NOTA INTRODUTÓRIA

Os sistemas auxiliares, equipamentos e componentes para uma planta de centrífuga a gás de enriquecimento são os sistemas de usina necessários para alimentar UF₆ para as centrífugas, para ligar as centrífugas individuais uma às outras, para formar cascatas (ou estágios), para permitir enriquecimentos progressivamente maiores e para extrair o UF₆ "produto" e o "rejeito" das centrífugas, juntamente com o equipamento requerido para acionar as centrífugas ou controlar a planta.

Normalmente, o UF₆ é evaporado do sólido usando autoclaves aquecidas e é distribuído na forma gasosa para centrífugas através da tubulação de distribuição da cascata. As concorrentes gasosas do UF₆ "produto" e "rejeito" que fluem das centrífugas passam também através da tubulação de distribuição da cascata para armadilhas a frio (operando em torno de 203 K (-70°C) onde se condensam antes da transferência para recipientes adequados ao transporte ou armazenamento. Como uma usina de enriquecimento consiste de milhares de centrífugas dispostas em cascatas, existem muitos quilômetros de tubulação da cascata, incorporando milhares de soldas com uma quantidade substancial de repetição de configurações. O equipamento, sistemas de tubulação e componentes são fabricados para altos padrões de vácuo e limpeza.

NOTA EXPLICATIVA

Alguns dos itens listados abaixo tanto podem entrar em contato direto com o gás UF₆ processado como controlar diretamente as centrífugas e a passagem do gás de uma para outra centrífuga e de uma cascata para outra cascata. Materiais resistentes à corrosão pelo UF₆ incluem o cobre, ligas de cobre, aço inoxidável, alumínio, óxido de alumínio, ligas de alumínio, níquel ou ligas contendo 60% ou mais de níquel e polímeros de hidrocarbonetos fluorados.

5.2.1 Sistema de alimentação/sistemas de retirada do "Produto" e de "Rejeitos"

Sistemas de processamento especialmente projetados ou concebidos ou equipamentos para plantas de enriquecimento fabricadas ou protegidas por materiais resistentes à corrosão por UF₆.

(a) Autoclaves, fornos ou sistemas usados para passagem do UF₆ no processo de enriquecimento;

(b) Dessumidores, armadilhas a frio ou câmaras a frio (cold traps) ou bombas usadas para remover o UF₆ do processo de enriquecimento para transferência após o aquecimento;

(c) Estações de solidificação ou de liquefação utilizadas para remover o UF₆ do processo de enriquecimento por compressão e conversão do UF₆ numa forma líquida ou sólida; e

(d) Estações de "Produto" ou de "Rejeitos" utilizadas para a transferência do UF₆ para recipientes.

5.2.2 Sistemas de tubulação e sistemas de tubos de distribuição

Sistemas de tubulação e sistemas de tubos de distribuição especialmente preparadores ou projetados para o manuseio do UF₆ dentro das cascatas de centrífugas. A rede de tubulação é normalmente do sistema do coletor tripla com cada centrífuga conectada a cada um dos coletores. Existe, assim, uma quantidade substancial de repetição na sua forma. É totalmente feito de materiais resistentes ou protegidos ao UF₆ (veja a NOTA EXPLICATIVA desta Seção), e é fabricado segundo altos padrões de vácuo e limpeza.

5.2.3 Válvulas de fechamento e válvulas de controle

(a) Válvulas de fechamento especialmente preparadas ou projetadas para uso na alimentação, nos fluxos gasosos do "produto" e do "rejeito" de UF₆ de uma centrífuga a gás.

(b) Válvulas de fole seladas, manuais ou automatizadas, de fechamento ou controle, produzidas ou confeccionadas com materiais de proteção resistentes a corrosão pelo UF₆, com diâmetro interno de 10 a 160 mm, especialmente projetadas ou concebidas para uso nos sistemas principal ou auxiliar de uma planta de enriquecimento de centrífugas a gás.

NOTA EXPLICATIVA

Válvulas especialmente preparadas ou projetadas normalmente incluem válvulas de fole, válvulas de fechamento rápido, válvulas de ação rápida e outras.

5.2.4 Espectrômetro de massa de UF₆/fontes de íons

Espectrômetros de massa especialmente projetados ou concebidos capazes de tirar amostras "on-line" das correntes do gás UF₆ e com todas as características seguintes:

1. Capazes de medir íons de massa atômica igual ou superior a 320 e possuir uma resolução melhor que 1 para 320;
2. Fontes iônicas construídas ou protegidas por níquel, ligas de cobre-níquel com 60% de níquel ou mais por peso ou ligas de cromo-níquel;
3. Fontes de ionização de bombardeio de elétrons; e
4. Possuir um sistema coletor adequado para análise isotópica.

5.2.5 Inversores de frequência

Inversores de frequência (também conhecidos como conversores) especialmente projetados ou concebidos para alimentar estatores de motores conforme definido no parágrafo 5.1.2 (d), ou partes, componentes e subconjuntos de tais inversores de frequência com todas as características seguintes:

1. Uma saída de frequência multifásica de 600 Hz ou maior; e
2. Alta estabilidade (com controle de frequência melhor que 0,2%)

5.3 Conjuntos e componentes especialmente projetados ou concebidos para uso em enriquecimento por difusão gasosa

NOTA INTRODUTÓRIA

No método de difusão gasosa de separação isotópica de urânio, o principal conjunto tecnológico é uma barreira porosa de difusão gasosa especial, um trocador de calor para resfriamento do gás (que é aquecido pelo processo de compressão), válvulas de vedação e válvulas de controle, e tubulações. Considerando-se que a tecnologia de difusão gasosa usa hexafluoreto de urânio (UF₆), todo o equipamento, tubulação e superfícies de instrumentação (que entram em contato com o gás) devem ser feitas de materiais que permaneçam estáveis em contato com o UF₆. Uma instalação de difusão gasosa requer uma quantidade desses conjuntos, de tal forma que grandes quantidades desse material possam representar uma importante indicação de uso final.

5.3.1 Barreiras de difusão gasosa e materiais de barreira

(a) Filtros porosos finos, especialmente projetados ou concebidos com poros de tamanho de 10 ~100 nm, espessura de 5 mm ou inferior, e para formas tubulares, um diâmetro de 25 mm ou menor, feitos de materiais metálicos, de cerâmica ou de polímero resistentes à corrosão do UF₆ (veja NOTA EXPLICATIVA da seção 5.4); e

(b) Pós ou compostos especialmente projetados ou concebidos para a fabricação de tais filtros. Tais compostos e pós incluem níquel ou ligas contendo 60 % ou mais de níquel, óxido de alumínio ou polímeros de hidrocarbonetos fluorados resistentes ao UF₆, com uma pureza de 99.9 % ou mais, um tamanho de partícula inferior a 10 µm, e um alto grau de uniformidade de tamanho de partícula, especialmente projetados ou concebidos para a manufatura de barreiras de difusão gasosa.

5.3.2 Alojamento de difusores

Vasos hermeticamente vedados especialmente projetados ou concebidos para conter a barreira de difusão gasosa, feitos de materiais resistentes ao UF₆ (veja NOTA EXPLICATIVA na seção 5.4).

5.3.3 Compressores e ventiladores ou sopradores

Compressores ou ventiladores especialmente projetados ou concebidos com uma vazão de sucção de 1m³/min ou mais de UF₆ e com uma pressão de descarga de até 500 kPa, projetados para operar por longo tempo em atmosfera de UF₆, com ou sem um motor elétrico de potência apropriado, bem como conjuntos separados de tais compressores e ventiladores. Esses compressores e ventiladores têm uma razão de pressão de 10:1 ou menor e são feitos, ou revestidos, por materiais resistentes ao UF₆ (veja NOTA EXPLICATIVA na seção 5.4).

5.3.4 Selos dos eixos rotativos

Selos de vácuo especialmente projetados ou concebidos, com conexões para alimentação e exaustão do selo, para vedar o eixo que conecta o compressor ou o ventilador ao motor acionador de tal modo a garantir uma vedação confiável contra a admissão de ar na câmara interna do compressor ou ventilador que opera com UF₆. Tais selos são normalmente projetados para uma taxa de fuga interna de gás pelo selo inferior a 1000 cm³/min.

5.3.5 Trocadores de calor para resfriamento do UF₆

Trocadores de calor especialmente projetados ou concebidos fabricados e/ou revestidos com materiais resistentes ao UF₆ (veja NOTA EXPLICATIVA na seção 5.4) e projetados ou concebidos para uma variação de pressão de fuga inferior a 10 Pa/h submetidos a uma diferença de pressão de 100 kPa.

5.4 Componentes, equipamentos e sistemas auxiliares especialmente projetados ou concebidos para uso em enriquecimento por difusão gasosa

NOTA INTRODUTÓRIA

Componentes, equipamentos e sistemas auxiliares para plantas/usinas de enriquecimento por difusão gasosa são os sistemas da usina necessários para alimentar o UF₆ ao conjunto de difusão gasosa, para ligar os conjuntos individuais uns aos outros para formar as cascatas (ou estágios) para permitir enriquecimentos progressivamente maiores e para extrair o "produto" e os "rejeitos" de UF₆ pro-

venientes das cascatas de difusão. Devido às altas propriedades de inércia das cascatas de difusão, qualquer interrupção em sua operação, e especialmente seu desligamento leva a sérias consequências. Consequentemente é de alta importância uma manutenção constante e precisa do vácuo em todos os sistemas tecnológicos, proteção automática contra acidentes e regulação automática precisa do fluxo de gás em uma usina de difusão gasosa. Tudo isso leva à necessidade de se equipar a usina com um grande número de sistemas especiais de controle, regulação e medição.

Normalmente o UF₆ é evaporado de cilindros colocados dentro de autoclaves e é distribuído em forma gasosa para o ponto de entrada através da tubulação do cabeçote da cascata. As correntes gasosas do UF₆ do "produto" e dos "rejeitos" que fluem de pontos de saída passam através da tubulação do cabeçote da cascata para armadilhas a frio ou estações de compressão onde o gás UF₆ é liquefeito antes de transferência posterior para recipientes adequados ao transporte ou armazenamento. Já que uma usina de enriquecimento de difusão gasosa consiste de um grande número de conjuntos de difusão gasosa dispostos em cascatas, existem muitos quilômetros de tubulação de cabeçotes da cascata, incorporando milhares de soldas com quantidades substanciais de repetição de arranjos. Os sistemas de tubulação, os componentes e o equipamento são fabricados de acordo com altos padrões de limpeza e vácuo.

NOTA EXPLICATIVA

Os itens listados abaixo entram em contato direto com o gás de processo UF₆ ou diretamente controlam o fluxo no interior da cascata. Materiais resistentes à corrosão pelo UF₆ incluem o cobre, ligas de cobre, aço inoxidável, alumínio, óxido de alumínio, ligas de alumínio, níquel ou ligas contendo 60% ou mais de níquel e polímeros de hidrocarbonetos fluorados.

5.4.1 Sistemas de alimentação/sistemas de retirada do "Produto" e de "Rejeitos"

Sistemas projetados ou concebidos para o processamento ou equipamentos para plantas/usinas de enriquecimento, produzidos ou protegidos por materiais resistentes a corrosão por UF₆, incluindo:

- Autoclaves, fornos ou sistemas usados para passagem do UF₆ no processo de enriquecimento;
- Dessumiladores, armadilhas a frio ou bombas utilizados para remover o UF₆ do processo de enriquecimento para transferência após o aquecimento;
- Solidificação ou estações de liquefação utilizadas para remover o UF₆ do processo de enriquecimento por compressão e conversão do UF₆ numa forma líquida ou sólida; e
- Produto ou estações de resíduos para transferência de UF₆ para recipientes.

5.4.2 Sistemas de tubulação de distribuição

Sistemas de tubulação de distribuição especialmente projetados ou concebidos para manusear o UF₆ dentro das cascatas de difusão gasosa.

NOTA EXPLICATIVA

Essa rede de tubulação é normalmente um sistema de coleta com cada célula conectada a cada um dos cabeçotes.

5.4.3 Sistemas de vácuo

(a) Tubos a vácuo, tubos de distribuição, coletores e bombas de vácuo especialmente projetados ou concebidos com uma capacidade de sucção de 5 m³/min ou maior.

(b) Bombas de vácuo especialmente projetadas para trabalhos em atmosferas contendo UF₆, produzidas e resistentes a corrosão por UF₆ (veja NOTA EXPLICATIVA nesta seção). Essas bombas podem ser rotativas ou de deslocamento positivo, com vedações de fluorcarbonetos e fluídos especiais presentes.

5.4.4 Válvulas especiais de controle e parada

Válvulas de fole de controle ou de parada, automática ou manual, especialmente projetadas ou preparadas e produzidas com materiais resistentes ao UF₆ para instalação em sistemas principais e auxiliares de plantas/usinas de enriquecimento por difusão gasosa.

5.4.5 Espectrômetro de massa de UF₆/fontes iônicas

Espectrômetros de massa especialmente projetados ou concebidos capazes de coletar ou extrair amostras "on-line" das correntes de gás de UF₆ e possuindo todas as características seguintes:

1. Capazes de medir íons de massa atômica igual ou superior a 320 e possuir uma resolução melhor que 1 para 320;
2. Fontes iônicas construídas ou protegidas por níquel, ligas de cobre-níquel com 60% de níquel ou superior por peso ou ligas de cromo-níquel;
3. Fontes de ionização de bombardeio de elétrons; e
4. Possuindo um sistema coletor adequado para análise isotópica.

5.5 Sistemas especialmente projetados ou concebidos, equipamentos e componentes para emprego em plantas aerodinâmicas de enriquecimento

NOTA INTRODUTÓRIA

Nos processos aerodinâmicos de enriquecimento, uma mistura de gás leve (hidrogênio ou hélio) e de UF₆ gasoso é comprimida e então passa através de elementos de separação onde a separação isotópica é realizada através da geração de altas forças centrífugas sobre uma geometria de parede curvada. Dois processos desse tipo foram desenvolvidos com sucesso: o processo de bocais de separação e o processo de tubo vórtice. Para os dois processos, os componentes principais de um estágio de separação incluem vasos cilíndricos que alojam os elementos especiais de separação (tubos vórtice ou bocais), compressores a gás, e trocadores de calor para remover o calor de compressão. Uma usina aerodinâmica requer um número desses estágios, de tal forma que quantidades possam fornecer um importante indicativo de uso final. Já que os processos aerodinâmicos usam o UF₆, todo o equipamento, tubulação e superfícies de instrumentação (que entram em contato com o gás) devem ser feitas ou resistentes a materiais que permaneçam estáveis com UF₆.

NOTA EXPLICATIVA

Os itens listados nesta seção ou entram em contato direto com o gás de processo do UF₆ ou controlam diretamente o fluxo no interior da cascata. Todas as superfícies que entram em contato com o gás de processo são totalmente feitas ou protegidas por materiais resistentes ao UF₆. Para fins da seção relativa aos itens de enriquecimento aerodinâmico, os materiais resistentes à corrosão por UF₆ incluem o cobre, ligas de cobre, o aço inoxidável, o alumínio, óxido de alumínio, ligas de alumínio, o níquel ou ligas contendo 60% ou mais de níquel em peso e polímeros de hidrocarbonetos totalmente fluorados.

5.5.1 Bocais de separação

Bocais de separação e conjuntos especialmente projetados ou concebidos para essa função. Os bocais de separação consistem de canais curvados em forma de cortes com um raio de curvatura inferior a 1 mm, resistentes à corrosão pelo UF₆ e com uma borda em forma de garfo dentro do tubo bocal que separa o gás que flui através do bocal em duas frações.

5.5.2 Tubos de vórtice

Tubos de vórtice e acessórios especialmente projetados ou concebidos para esse fim. Os tubos de vórtice são cilíndricos ou cônicos, produzidos e protegidos por materiais resistentes à corrosão pelo UF₆ com uma ou mais entradas tangenciais. Os tubos podem ser equipados com apêndices do tipo bocal em cada uma ou ambas as pontas.

NOTA EXPLICATIVA

O gás de alimentação entra no tubo de vórtice tangencialmente em uma extremidade ou através do movimento de ventoinhas ou em várias posições tangenciais ao longo da periferia do tubo.

5.5.3 Compressores e ventiladores ou sopradores

Compressores e ventiladores ou sopradores especialmente projetados ou concebidos e produzidos ou confeccionados com materiais resistentes à corrosão a mistura de gás carreador (hidrogênio ou hélio)/ UF₆.

5.5.4 Hastes rotativas seladas

Hastes seladas especialmente projetadas ou concebidas, com conexões para alimentação e exaustão do selo, para vedar a haste que conecta o rotor do compressor ou o rotor do ventilador com motor de tal modo a assegurar uma selagem confiável contra fuga de gás do processo ou de entrada de ar ou de gás do selo na câmara mais interna do compressor ou do ventilador que é cheia com uma mistura de gás de UF₆/mistura de gás carregado.

5.5.5 Trocadores de calor para resfriamento do gás

Trocadores de calor especialmente projetados e concebidos, produzidos e confeccionados com materiais de proteção resistentes a corrosão pelo UF₆.

5.5.6 Alojamentos do elemento de separação

Alojamentos do elemento de separação especialmente projetados e concebidos e produzidos com materiais de proteção resistentes a corrosão pelo UF₆, para conter tubos de vórtice ou bocais de separação.

5.5.7 Sistemas de alimentação/sistemas de retirada do "Produto" e de "Rejeitos"

Equipamentos ou sistemas de processamento especialmente projetados ou concebidos para plantas/usinas de enriquecimento e produzidos com materiais de proteção resistentes a corrosão pelo UF₆, incluindo:

- (a) Autoclaves, fornos ou sistemas de alimentação usados no fluxo de UF₆ para o processo de enriquecimento;
- (b) Dessublimadores (ou câmara de resfriamento) usados para remover o UF₆ do processo de enriquecimento para transferência subsequente por aquecimento;
- (c) Estações de liquefação ou de solidificação usadas para remover o UF₆ a partir do processo de enriquecimento por meio de compressão e conversão do UF₆ para uma forma líquida ou sólida; e
- (d) Estações de "produto" ou "rejeitos" utilizadas para transferir o UF₆ para recipientes.

5.5.8 Sistemas de tubulação de distribuição

Sistemas de distribuição de tubulação especialmente projetados ou concebidos para plantas/usinas de enriquecimento e produzidos com materiais de proteção resistentes a corrosão pelo UF₆, para o manuseio do UF₆, dentro das cascatas aerodinâmicas. Essa rede de tubulação é normalmente projetada com um coletor "duplo" com cada estágio ou grupo de estágios conectados a cada um dos coletores.

5.5.9 Bombas e sistemas de vácuo

(a) Sistemas de vácuo especialmente projetados ou concebidos, consistindo de tubos de distribuição a vácuo, coletores a vácuo e de bombas de vácuo, e projetados para trabalhos em atmosferas contendo UF₆.

(b) Bombas de vácuo especialmente projetadas ou concebidas para trabalhos em atmosfera de UF₆ e produzidas com materiais de proteção resistentes a corrosão pelo UF₆. Essas bombas podem usar selos de fluorcarbonetos e fluídos especiais.

5.5.10 Válvulas especiais de controle e parada

Válvulas seladas de fole especialmente projetadas ou concebidas, manuais ou automatizadas, de fechamento rápido ou de controle, produzidas ou protegidas/revestidas com materiais resistentes a corrosão pelo UF₆, para o manuseio do UF₆, com diâmetro maior ou igual a 40 mm, para instalação em sistemas principais e auxiliares de plantas/usinas de enriquecimento aerodinâmico.

5.5.11 Espectrômetros de massa de UF₆/fontes de íons

Espectrômetros de massa especialmente projetados ou concebidos capazes de coletar amostras "on-line" das correntes de gás de UF₆, e possuindo todas as seguintes características:

1. Capazes de medir íons de massa atômica igual ou superior a 320 e possuir uma resolução melhor que 1 para 320;
2. Fontes iônicas construídas ou protegidas por níquel, ligas de cobre-níquel com 60% de níquel ou maior por peso ou ligas de cromo-níquel;



3. Fontes de ionização de bombardeio de elétrons; e
4. Possuindo um sistema coletor adequado para análise isotópica.

5.5.12 Sistemas de separação do gás carreador/UF₆
Sistemas de processamento especialmente projetados ou concebidos para a separação do UF₆ do gás carreador (hidrogênio ou hélio)

NOTA EXPLICATIVA

Esses sistemas são projetados para reduzir o teor de UF₆ do gás carreador para 1 ppm ou menor e podem incluir equipamentos, tais como:

- Trocadores de calor criogênicos e crioseparadores, com capacidade de temperatura de 153K (-120°C) ou menor, ou
- Unidades de resfriamento criogênicas, com capacidade de temperatura de 153K (-120°C) ou menores, ou
- Bocais de separação ou unidades de tubos de vórtice para separação do UF₆ do gás carreador, ou
- Separadores de UF₆ capazes congelar o UF₆.

5.6 Sistemas, equipamentos e componentes especialmente projetados ou concebidos para uso em plantas/usinas de enriquecimento por troca iônica por troca química

NOTA INTRODUTÓRIA

A pequena diferença em massa entre os isótopos de urânio gera pequenas variações no equilíbrio da reação química que pode ser usada como uma base para a separação dos isótopos. Dois processos foram desenvolvidos com sucesso: a troca química de líquido-líquido e a troca iônica sólido-líquido.

No processo de troca química líquido-líquido, fases imiscíveis (aquosa ou orgânica) são contatadas em contrafluxo para dar o efeito em cascata de milhares de estágios de separação. A fase aquosa consiste de cloreto de urânio em solução de ácido clorídrico; a fase orgânica consiste de um extratante contendo cloreto de urânio em um solvente orgânico. Os contactores empregados na cascata de separação podem ser colunas de troca de líquido-líquido (tais como colunas pulsadas com placas de crivo) ou contactores centrífugos líquidos. Conversões químicas (oxidação e redução) são requeridas em ambas as pontas da cascata de separação para fornecer os requisitos de refluxo em cada extremidade. A principal preocupação no projeto é para evitar contaminação das correntes de processo com certos íons de metal. Consequentemente são usadas colunas revestidas de vidro e/ou revestidas de plástico (incluindo uso de polímeros hidrocarbonetos fluoretizados).

No processo de troca iônica sólido-líquido, o enriquecimento é realizado por adsorção/dessorção em um adsorvente ou resina de troca iônica especial de rápida ação. Uma solução de urânio em ácido clorídrico e outros agentes químicos passam através de colunas de enriquecimento cilíndricas contendo camadas de revestimento do adsorvente. No caso de um processo contínuo, é necessário um sistema de refluxo para liberar o urânio da parte de trás do adsorvente para o fluxo do líquido de tal modo que o "produto" e os "rejeitos" possam ser coletados. Isso é realizado usando agentes químicos de oxidação/redução adequados que são totalmente regenerados em circuitos externos e que podem ser parcialmente regenerados dentro das próprias colunas de separação isotópica. A presença de soluções ácidas de ácido clorídrico concentrado a quente no processo requer que o equipamento seja feito de ou protegido por materiais especiais resistentes à corrosão.

5.6.1 Colunas de troca líquido-líquido (Troca química)

Colunas de troca de líquido-líquido com energia mecânica de contracorrente ou contrafluxo, especialmente projetadas ou concebidas para enriquecimento de urânio usando o processo de troca química. Para resistência a corrosão, para soluções de ácido clorídrico concentrado, essas colunas e suas partes internas são normalmente produzidas ou revestidas/protegidas com materiais plásticos (tais como polímeros de hidrocarbonetos fluoretizados) ou de vidro adequados. O tempo de resistência do estágio das colunas é normalmente projetado para 30 segundos ou menos.

5.6.2 Contatores centrífugos líquido-líquido (Trocadores químicos)

Contactores centrífugos líquido-líquido especialmente projetados ou concebidos para enriquecimento de urânio usando o processo de troca química. Tais contatores usam rotação para conseguir dispersão de correntes aquosa e orgânica e a seguir a força centrífuga para separar as fases. Para a resistência a corrosão, por soluções de ácido clorídrico concentrado, os contatores são normalmente produzidos ou revestidos/protegidos com materiais plásticos (tais como polímeros de hidrocarbonetos) ou de vidro adequados. O tempo de residência dos estágios dos contatores centrifugais é projetado para ser curto (30 segundos ou menos).

5.6.3 Equipamento e sistemas de redução do urânio (Troca química)

(a) Células de redução eletroquímica especialmente projetadas ou concebidas para reduzir o urânio de um estado de valência para outro para enriquecimento de urânio usando o processo de troca química. Os materiais da célula em contato com as soluções do processo têm de ser resistentes à corrosão para soluções ácidas concentradas.

NOTA EXPLICATIVA

O compartimento catódico da célula deve ser projetado para evitar reoxidação de urânio para seu estado de valência mais alto. Para manter o urânio no compartimento catódico, a célula deve ter uma membrana de diafragma impermeável construída de material especial de troca de cátions. O catodo consiste de um condutor sólido adequado tal como o grafite.

(b) Sistema especialmente projetado ou concebido instalado na extremidade da cascata para retirar o U⁺⁴ do fluxo orgânico, ajustando a concentração do ácido e alimentando as células de redução eletroquímica.

NOTA EXPLICATIVA

Estes sistemas consistem de equipamento de extração por solventes para remover o U⁺⁴ do fluxo orgânico, transferindo-o para a solução aquosa, evaporação e/ou outro equipamento adequado para ajuste do PH e controle, e bombas ou outros instrumentos de transferência para alimentar as células de redução eletroquímica. A principal preocupação de projeto é evitar a contaminação do fluxo aquoso com certos íons metálicos. Consequentemente, para as partes em contato com o fluxo do processo, o sistema é constituído de equipamentos produzidos ou confeccionados/revestidos com materiais de proteção adequados (como vidro, polímeros de hidrocarbonetos fluoretizados e grafite impregnada com resina.)

5.6.4 Sistemas de preparação de alimentação (Troca química)

Sistemas especialmente projetados ou concebidos para produzir soluções de alimentação de cloreto de urânio com alta pureza para plantas/usinas de separação isotópica de urânio por troca química.

NOTA EXPLICATIVA

Esses sistemas consistem de equipamentos de dissolução de troca iônica e/ou de extração por solvente, para purificação e células eletrolíticas para redução do urânio U⁺⁶ ou U⁺⁴ para U⁺³. Esses sistemas produzem soluções de cloreto de urânio com apenas algumas partes por milhão de impurezas metálicas tais como o cromo, o ferro, o vanádio, o molibdênio e outros cátions bivalentes ou de alta multivalência. Materiais de construção para partes do sistema de processamento do U⁺³ com alta pureza incluem o vidro, polímeros de fluorcarbonetos, grafite impregnado de resina e revestimentos de plástico sulfônico ou de sulfato de polifenil.

5.6.5 Sistemas de oxidação de urânio (Troca química)

Sistemas especialmente projetados ou concebidos para oxidação de U⁺³ para U⁺⁴ para retorno para a cascata de separação isotópica do urânio no processo de enriquecimento por troca química.

NOTA EXPLICATIVA

Esses sistemas podem incorporar os seguintes equipamentos:

- equipamento para contacto do cloro e o oxigênio com o efluente gasoso a partir do equipamento de separação isotópica e extração do U⁺⁴ resultante, transferindo-o para o fluxo orgânico que retorna do produto final da cascata; e
- equipamento que separa a água do ácido clorídrico de tal forma que a água e o ácido concentrado possam ser reintroduzidos no processo pelos locais adequados.

5.6.6 Resinas de troca iônica de reação rápida/adsorventes (Troca iônica)

Adsorventes ou resinas de troca iônica de rápida reação especialmente projetados ou concebidos para enriquecimento de urânio, usando o processo de troca iônica, incluindo resinas macroreticulares porosas, e/ou estruturas peliculares nas quais os grupos ativos de troca química são limitados a um revestimento sobre a superfície de uma estrutura de suporte porosa inativa, e outras estruturas de compostos em qualquer forma adequada incluindo partículas ou fibras. Esses adsorventes/resinas de troca iônica têm diâmetros menor ou igual a 0,2 mm, e têm de ser quimicamente resistentes a soluções ácidas concentradas bem como fisicamente fortes o bastante para não degradar nas colunas de troca. Os adsorventes/resinas são especialmente projetados para conseguir trocas cinéticas muito rápidas de isótopos de urânio (taxa de troca de meia vida inferior a 10 segundos) e são capazes de operar a uma temperatura na faixa de 373 K (100°C) a 473 K (200°C).

5.6.7 Colunas de troca iônica (Troca iônica)

Colunas cilíndricas de diâmetro superior a 1000 mm para conter e sustentar camadas revestidas de resina/adsorvente de troca iônica, especialmente projetadas ou concebidas para enriquecimento do urânio usando o processo de troca iônica. Essas colunas são produzidas, confeccionadas ou revestidas com materiais de proteção (tais como plásticos de fluorcarbonetos ou de titânio), resistentes à corrosão por soluções concentradas de ácidos e são capazes de operar a uma temperatura na faixa de 373 K (100°C) a 473 K (200°C) e pressões superiores a 0,7 MPa.

5.6.8 Sistemas de refluxo de troca iônica (Troca iônica)

a) Sistemas de redução eletroquímica ou química especialmente projetados ou concebidos para regeneração dos agentes de redução química usados em cascatas de enriquecimento de urânio por troca iônica.

b) Sistemas de oxidação eletroquímica ou química especialmente projetados ou concebidos para regeneração dos agentes de oxidação química usados em cascatas de enriquecimento de urânio por troca iônica.

NOTA EXPLICATIVA

O processo de enriquecimento por troca iônica pode usar, por exemplo, titânio trivalente (Ti⁺³) como um cátion de redução, sendo que nesse caso o sistema de redução regeneraria o Ti⁺³ por redução do Ti⁺⁴.

O processo pode usar, por exemplo, ferrotrivalente (Fe⁺³) como oxidante, e neste caso o sistema de oxidação regeneraria Fe⁺³ por oxidação do Fe⁺².

5.7 Sistemas, equipamento e componentes especialmente projetados ou concebidos para uso em plantas/usinas de enriquecimento a laser

NOTA INTRODUTÓRIA

Os sistemas atuais para processos de enriquecimento usando lasers estão classificados em duas categorias: aqueles nos quais o meio de processo é vapor de urânio atômico e os nos quais o meio do processo é o vapor de um composto de urânio, às vezes misturado com um gás ou gases. A nomenclatura atual para tais processos inclui:

Primeira categoria - separação atômica isotópica a laser por vaporização; e

Segunda categoria - separação molecular isotópica a laser incluindo reação química por ativação seletiva a laser.

Os sistemas, equipamentos e compostos para plantas/usinas de enriquecimento a laser compreendem: a) dispositivos para alimentar vapor de urânio metálico (fotoionização seletiva) ou dispositivo para alimentar vapor de um composto de urânio (para seletiva foto dissociação ou seletiva/ativação); b) dispositivos para coletar urânio metálico enriquecido ou empobrecido como "produto" ou "rejeito" na primeira categoria e dispositivos para coletar compostos de urânio enriquecidos e empobrecidos como produtos e rejeito na segunda categoria; c) sistemas de processo a laser para excitar seletivamente as espécies de urânio 235; e d) equipamento de conversão de produto e de preparação de alimentação. A complexidade de espectroscopia de átomos e compostos de urânio pode requer incorporação de qualquer número de tecnologias a laser e laser óticos disponíveis.

NOTA EXPLICATIVA

Muitos dos itens listados nesta seção entram em contato direto com líquido ou vapor de urânio metálico e o gás do processo constituído de uma mistura de UF₆ com outros gases. Todas as superfícies que entram em contato direto com o urânio ou o UF₆ são totalmente produzidas, confeccionadas ou revestidas com materiais resistentes à corrosão. Para fins desta seção, relativa a itens de enriquecimento a laser, os materiais resistentes à corrosão pelo vapor ou líquido de urânio metálico ou ligas de urânio incluem grafite revestido de óxido de ítrio e tântalo; e os materiais resistentes à corrosão por UF₆ incluem cobre, ligas de cobre, aço inoxidável, alumínio, óxido de alumínio, ligas de alumínio, níquel ou ligas contendo 60% ou mais em peso de níquel e polímeros de hidrocarbonetos fluoretizados.

5.7.1 Sistemas de vaporização de urânio (método baseado no vapor atômico)

Sistemas de vaporização de urânio metálico especialmente projetados ou concebidos para uso em enriquecimento a laser.

NOTA EXPLICATIVA

Esses sistemas podem conter canhões de feixe de elétrons projetados para atingir uma faixa de alta potência (1KW ou maior) sobre o alvo suficiente para gerar vapor de urânio metálico a uma taxa exigida para a função de enriquecimento a laser.

5.7.2 Sistemas de manuseio de metal de urânio líquido ou vapor e componentes (método baseado no vapor atômico)

Sistemas especialmente projetados ou concebidos para lidar com o urânio fundido, ligas de urânio fundido ou vapor de urânio metálico para uso em enriquecimento a laser ou componentes especialmente projetados ou concebidos para este fim.

NOTA EXPLICATIVA

Os sistemas de manipulação de metal de urânio líquido podem consistir de cadinhos e equipamento de arrefecimento para os cadinhos. Os cadinhos e outras partes desse sistema que entram em contato direto com o urânio fundido ou ligas de urânio fundido ou vapor metálico de urânio são produzidos, confeccionados ou revestidos com materiais adequados resistentes ao calor e à corrosão. Materiais adequados podem incluir tântalo, grafite revestido com ítrio, grafite revestido com outros óxidos de terras raras ou misturas destes.

5.7.3 Conjuntos coletores de "produto" e "rejeitos" de urânio metálico (método baseado no vapor atômico)

Conjuntos coletores de "produto" e "rejeitos" especialmente projetados ou concebidos para urânio metálico na forma líquida ou sólida.

NOTA EXPLICATIVA

Componentes desses conjuntos são produzidos, confeccionados ou revestidos com materiais resistentes ao calor e a corrosão de líquido ou vapor de urânio metálico (tântalo ou grafite revestidos de ítrio) e podem incluir tubulações, válvulas, canais coletores "gutters" e canais de alimentação e placas de coletor para métodos magnéticos, eletrostáticos ou outros métodos de separação.

5.7.4 Alojamento de módulo separador (método baseado no vapor atômico)

Vasos retangulares ou cilíndricos especialmente projetados ou concebidos para conter a fonte de vapor de urânio metálico, o canhão de feixe de elétrons, e os coletores de "rejeito" e de "produto".

NOTA EXPLICATIVA

Esses alojamentos possuem uma multiplicidade de orifícios para passagem de tubos de água e de tubos elétricos, janelas para o feixe de laser, conexões de bomba a vácuo e instrumentação para monitoração e diagnóstico. Esses alojamentos devem possuir dispositivos de abertura e fechamento permitindo a remodelação, restauração ou renovação de componentes internos.

5.7.5 Bocais de expansão supersônica (métodos moleculares)

Bocais de expansão supersônica especialmente projetados ou concebidos para resfriamento de misturas de UF₆ e gás carreador para 150K (-123°C) ou menos, e que são resistentes à corrosão pelo UF₆.

5.7.6 Coletores de "produto" ou "rejeito" (métodos moleculares)

Componentes especialmente projetados ou concebidos ou dispositivos para coleta de "produto" ou "rejeito" de urânio através de laser.

NOTA EXPLICATIVA

Um exemplo de separação molecular isotópica a laser, os coletores do produto servem para recolher pentafluoreto de urânio enriquecido (UF₅) do material sólido. Os coletores do produto podem consistir de filtros, de impacto, ou coletores do tipo ciclone ou suas combinações, e devem ser resistente à corrosão para o ambiente ou atmosfera de UF₅ / UF₆.

5.7.7 Compressores de gás carreador/UF₆ (métodos moleculares)

Compressores especialmente projetados ou concebidos para mistura de gás carreador, projetados para operação por longo tempo em uma atmosfera ou meio de UF₆. Os componentes desses compressores que entram em contato com o gás do processo são produzidos, confeccionados ou revestidos com materiais resistentes a corrosão pelo UF₆.

5.7.8 Selos de hastes rotativas (métodos moleculares)

Selos de hastes rotativas especialmente projetadas ou concebidas com conexões para alimentação do selo e exaustão do selo para vedar a haste que conecta o rotor do compressor com o motor de tal modo a garantir selagem contra a fuga de gás de processo ou entrada de ar ou de gás de selagem para a câmara interna do compressor que é preenchido com uma mistura de gás carreador/UF₆.

5.7.9 Sistemas de fluoretação (métodos moleculares)

Sistemas especialmente projetados ou concebidos para a fluoretação do UF₅ (sólido) para o UF₆ (gás).

NOTA EXPLICATIVA

Esses sistemas são projetados para fluoretar o pó do UF₅ coletado para UF₆ para coleta subsequente em embalagens de produto ou para transferência como alimentação para unidades para fins de enriquecimento adicional. Em uma abordagem, a reação de fluoretação pode ser realizada dentro do sistema de separação isotópica para reagir e recuperar diretamente fora dos coletores de "produto". Em outra abordagem, o pó do UF₅ pode ser removido/transferido dos coletores de "produto" para um vaso apropriado de reação (por exemplo: reator de base fluidizado, reator de tipo parafuso (screw) ou de torre a chama) para fluoretação. Nas duas abordagens, é utilizado um equipamento para armazenamento e transferência de flúor (ou outros agentes adequados à fluoretação) e para a coleta e transferência do UF₆.

5.7.10 Espectrômetros de massa para o UF₆/fontes iônicas (métodos moleculares)

Espectrômetros de massa especialmente projetados ou concebidos capazes de tomar amostras "on-line" das correntes de gás do UF₆ e possuindo todas as características seguintes:

1. Capazes de medir íons de massa atômica igual ou superior a 320 e possuir uma resolução melhor que 1 para 320;
2. Fontes iônicas construídas e/ou protegidas por níquel, ligas de cobre-níquel com 60% de níquel ou mais por peso ou ligas de cromoníquel;
3. Fontes de ionização de bombardeio de elétrons; e
4. Possuindo um sistema coletor adequado para análise isotópica.

5.7.11 Sistemas de alimentação/sistemas de retirada de "produto" e "rejeito" (métodos moleculares)

Sistemas e equipamentos de processo especialmente projetados ou concebidos para plantas/usinas de enriquecimento produzidos, confeccionados ou revestidos com materiais resistentes à corrosão por UF₆, incluindo:

- a) Autoclaves, fornos ou sistemas de alimentação de passagem do UF₆ para o processo de enriquecimento;
- b) Dessublimadores (armadilhas a frio ou câmaras frias) usados para remover o UF₆ do processo de enriquecimento para subsequente transferência por aquecimento;
- c) Estações de liquefação ou solidificação usadas remover o UF₆ do processo de enriquecimento, comprimindo e convertendo o UF₆ para uma forma líquida ou sólida; e
- d) Estações de "produto" e "rejeitos" usadas para transferir o UF₆ para armazenagem.

5.7.12 Sistemas de separação de gás carreador/UF₆ (métodos moleculares)

Sistemas de processo especialmente projetados ou concebidos para separação do UF₆ do gás carreador.

NOTA EXPLICATIVA

Esses sistemas podem incorporar equipamentos tais como:

- a) Trocadores de calor criogênicos ou separadores criogênicos; com capacidade de temperatura de 153 K (-120°C) ou menor;
- b) Unidades de refrigeração criogênicas; com capacidade de temperatura de 153 K (-120°C) ou menor; ou
- c) Armadilha ou câmaras frias de UF₆ capazes de congelar UF₆.

O gás carreador pode ser o nitrogênio, argônio ou outro gás.

5.7.13 Sistemas a laser

Sistemas a "laser" ou "lasers" especialmente projetados ou concebidos para a separação de isótopos de urânio.

NOTA EXPLICATIVA

Os "lasers" e componentes a "laser" importantes em processos de enriquecimento a laser incluem aqueles identificados no Anexo II. O sistema a "laser", tipicamente, contém tanto componentes ópticos e eletrônicos para a gestão do feixe de "laser" (ou feixes) e de transmissão para a câmara de separação isotópica. O sistema de "laser" baseado para métodos de vapor atômico consiste geralmente em "lasers" variáveis ?? de corante bombardeado por outro tipo de "laser" (por exemplo, os "lasers" de vapor de cobre ou de certos "lasers" de estado sólido). O sistema "laser" baseado para métodos moleculares podem consistir de "lasers" de CO₂ ou "laser excimer" e uma célula óptica multi-passe. "Lasers" ou sistemas de "laser" para ambos os métodos requerem a estabilização de frequência do espectro para operação ao longo de períodos de tempo prolongados.

5.8 Sistemas, equipamento e componentes especialmente projetados ou concebidos para uso em plantas/usinas de enriquecimento de separação de plasma

NOTA INTRODUTÓRIA

No processo de separação de plasma, um plasma de íons de urânio passa através de campo elétrico sintonizado na frequência de ressonância de íon do ²³⁵U de tal modo que eles absorvam preferencialmente a energia e aumentem o diâmetro de suas órbitas em forma de espiral (sacarrolha). Íons com trajetórias de grande diâmetro são presos em "armadilhas" para produzir um produto enriquecido em ²³⁵U. O plasma, que é feito por ionização do vapor de urânio, está contido em uma câmara a vácuo com um campo magnético de grande força produzido por um magneto de supercondução. Os sistemas principais do processo incluem o sistema de geração de plasma de urânio, o módulo do separador com o magneto de supercondução (ver Anexo II), e os sistemas de remoção de metal para a coleta do "produto" e "rejeitos".

5.8.1 Antenas e fontes de energia de microondas

Antenas e fontes de energia de microondas especialmente projetadas e concebidas para produzir ou acelerar íons com as seguintes características: com mais de 30 GHz de frequência e mais de 50 kW de saída de potência média para produção de íons.

5.8.2 Bobinas (coils) de excitação de íons

Bobinas de radiofrequência para excitação de íons, especialmente projetadas e concebidas para frequências superiores a 100 kHz e capazes de conduzir mais de 40 kW de potência média.

5.8.3 Sistemas de geração de plasma de urânio

Sistemas especialmente projetados ou concebidos para a geração de plasma de urânio, para uso em plantas de separação de plasma.

5.8.4 Sistemas de manuseio de urânio metálico líquido (não aplicado/JUN2013)

5.8.5 Conjuntos coletores de "produto" e "rejeitos" de urânio metálico

Conjuntos coletores de "rejeitos" e "produto" especialmente projetados ou concebidos para urânio metálico na forma sólida. Esses conjuntos coletores são produzidos, confeccionados ou revestidos com materiais resistentes ao calor e corrosão de vapor de urânio metálico, tais como o tântalo ou o grafite, revestidos de ítrio.

5.8.6 Alojamentos de módulo reparador

Vasos cilíndricos especialmente projetados ou concebidos para uso em plantas/usinas de enriquecimento de separação de plasma para conter os coletores de "rejeitos" e "produto", as bobinas de radiofrequência e a fonte de plasma de urânio.

NOTA EXPLICATIVA

Esses alojamentos possuem uma multiplicidade de orifícios para canais de alimentação elétricos, conexões de bomba de difusão e instrumentação para monitoração e diagnóstico. Esses alojamentos devem possuir dispositivos de abertura e fechamento permitindo a recolocação de componentes internos e são construídos de um material não-magnético adequado tal como o ácido inoxidável.

5.9 Sistemas, equipamentos e componentes especialmente projetados e concebidos para uso em plantas/usinas de enriquecimento eletromagnético

NOTA INTRODUTÓRIA

No processo eletromagnético, íons de urânio metálico produzidos por ionização de sal de urânio (tipicamente o UCl₄) são acelerados e passam através de um campo magnético que tem o efeito de fazer com que íons de diferentes isótopos sigam diferentes trajetórias. Os componentes principais de um separador de isótopos eletromagnético incluem: um campo magnético para dispersão/separação do feixe de íons dos isótopos, uma fonte de íons com seu sistema de aceleração e um sistema de coleta para os íons separados. Sistemas auxiliares para o processo que incluem o sistema de suprimento de energia do magneto, o sistema de suprimento de energia de alta voltagem, o sistema a vácuo, e sistemas de manuseio químico para recuperação de produto e limpeza/reciclagem de componentes.

5.9.1 Separadores eletromagnéticos de isótopos

Separadores eletromagnéticos de isótopos especialmente projetados ou concebidos para a separação de isótopos de urânio, e equipamento e componentes para esse fim incluindo:

(a) Fontes de íons

Fontes simples ou múltiplas de íons de urânio especialmente projetadas ou concebidas consistindo de uma fonte a vapor, ionizador, e um acelerador de feixes, construídas de materiais adequados tais como o grafite, o aço inoxidável ou o cobre e capazes de fornecer uma corrente total de feixes de íons de 50 mA ou maior.

(b) Coletores de íons

Placas coletoras consistindo de duas ou mais fendas (slit) e cavidades (pockets) especialmente projetadas ou concebidas para a coleta de feixes de íons de urânio enriquecido e empobrecido e construídas de materiais adequados tais como o grafite ou aço inoxidável.

(c) Alojamentos a vácuo

Alojamentos a vácuo especialmente projetados ou concebidos para separadores eletromagnéticos de urânio, e construídos de materiais adequados não magnéticos tais como o aço inoxidável e projetados para operações a pressões de 0,1 Pa ou inferiores.

NOTA EXPLICATIVA

Esses alojamentos são projetados especialmente para conter as fontes iônicas, as placas coletoras e tubos de água de resfriamento, conexões para bomba de difusão e possuem dispositivos de abertura e fechamento para remoção e reinstalação desses componentes.

(d) Peças de polo do magneto

Peças de polo do magneto especialmente projetadas ou concebidas com um diâmetro maior do que 2 m usadas para manter um campo magnético constante dentro de um separador de isótopos eletromagnético e para transferir o campo magnético entre os separadores contíguos.

5.9.2 Fontes de energia de alta voltagem

Fontes de energia de alta voltagem especialmente projetadas ou concebidas para fontes de íons, com as seguintes características: capazes de operação contínua, voltagem de saída de 20.000 V ou maior, corrente de saída de 1 A ou maior e regulagem de voltagem melhor do que 0,01% sobre um período de 8 horas.

5.9.3 Fontes de energia de magneto

Fontes de energia de magneto (ímã), de corrente direta e de alta energia, especialmente projetadas ou concebidas com as seguintes características: capazes de produzir continuamente uma saída de corrente de 500 A ou maior a uma voltagem de 100 V ou maior e com uma regulagem de voltagem ou corrente melhor que 0,01% sobre um período de 8 horas.

6. Plantas/Usinas para a produção de água pesada, deutério e compostos de deutério e equipamentos especialmente projetados ou concebidos para essa finalidade

NOTA INTRODUTÓRIA

Água pesada pode ser produzida por uma variedade de processos. No entanto, os dois processos que provaram ser comercialmente viáveis são o processo de "troca de gás sulfídrico-água" (processo GS) e o processo de "troca de hidrogênio-amônia".

O processo GS está baseado na troca de hidrogênio e deutério entre a água e o gás sulfídrico dentro de uma série de torres que são operadas com a seção superior fria e a seção inferior quente. A água flui para baixo das torres enquanto o gás sulfídrico circula da parte inferior para a parte superior das torres. Uma série de bandejas perfuradas é usada para misturar o gás e a água. O deutério migra para a água a baixas temperaturas e para o gás sulfídrico a altas temperaturas. O gás ou a água, enriquecidos em deutério, é removido das primeiras torres dos estágios na junção das seções a frio e a quente e o processo é repetido nas torres dos estágios subsequentes. O produto do último estágio, água enriquecida até 30% em deutério, é enviado para uma unidade de destilação para produzir água pesada de grau para uso em reator: ou seja, 99,75 % de óxido de deutério.

O processo de troca de amônia-hidrogênio pode extrair deutério do gás de síntese através de contato com amônia líquida na presença de um catalisador. O gás de síntese é alimentado nas torres de troca e para um conversor de amônia. Dentro das torres, o gás flui da parte inferior para a superior enquanto a amônia líquida flui da parte superior para a inferior. O deutério é separado do hidrogênio no gás de síntese e concentrado na amônia. A amônia flui então para o craqueador de amônia na base da torre enquanto o gás flui para um conversor de amônia na parte superior. Em estágios subsequentes ocorre enriquecimento e a água pesada de grau de uso em reator é produzida através de destilação final. A alimentação de gás de síntese pode ser fornecida por uma usina de amônia que, por sua vez, pode ser construída juntamente com uma usina de troca hidrogênio-amônia de água pesada. O processo de troca amônia-hidrogênio pode também usar água comum como uma fonte de alimentação de deutério.

Muitos dos itens de equipamento para plantas/usinas de produção de água usando "GS" ou os processos de "troca amônia-hidrogênio" são comuns em vários segmentos das indústrias de petróleo e indústrias químicas. Este fato ocorre particularmente no caso de pequenas plantas/usinas utilizando o processo "GS". No entanto, poucos itens estão disponíveis "fora da prateleira" ("off the shelf"). Os processos "GS" e "amônia-hidrogênio" requerem o manuseio de grandes quantidades de fluidos tóxicos e corrosivos inflamáveis a pressões elevadas. Consequentemente, quando se estabelecem normas de operação e de projeto para plantas/usinas e equipamentos usando esses processos, deve ser dada atenção cuidadosa às especificações e à seleção de materiais a fim de assegurar uma vida longa de serviço com fatores de confiabilidade e de alta segurança. A escolha de escala é primariamente uma função de fundo econômico e de necessidade. Assim, a maioria dos itens de equipamentos seria preparada de acordo com os requisitos do cliente.

Finalmente, deve ser observado que, nos dois processos, o de "troca amônia-hidrogênio" e o "GS", itens de equipamento que individualmente não são especialmente projetados ou concebidos para produção de água pesada podem ser reunidos em sistemas que são especialmente projetados ou concebidos para produção de água pesada. O sistema de produção do catalisador usado nos sistemas de destilação de água e de processo de "troca amônia-hidrogênio" usados para a concentração final de água pesada em grau adequado para uso em reator em cada um dos processos são exemplos de tais sistemas.

Os itens de equipamento que são especialmente projetados ou concebidos para a produção de água pesada usando o processo de troca "GS" ou o processo de "troca amônia-hidrogênio" incluem o seguinte:

6.1 Torres de "troca de água-gás sulfídrico"

Torres de troca com diâmetros de 1,5 m ou maior e capazes de operar a pressões maior ou igual a 2 MPa (300 psi), especialmente projetadas ou concebidas para a produção de água pesada utilizando o processo de "troca água-gás sulfídrico".

6.2 Compressores e Ventiladores

Compressores ou Ventiladores centrífugos de cabeçote baixo (ou seja, 0,2 MPa ou 30 psi) de estágio único para circulação de gás sulfídrico (ou seja, gás contendo mais do que 70% H₂S), especialmente projetado ou concebido para a produção de água pesada utilizando o processo de "troca de água-gás sulfídrico". Esses compressores ou ventiladores têm uma capacidade de bombeamento superior a ou igual a 56 m³/segundo (120.000 SCFM) enquanto operando a pressões maiores ou igual a 1,8 MPa (260 psi) de sucção e com selos projetados para trabalhar com H₂S úmido.

6.3 Torres de "troca amônia-hidrogênio"

Torres de "troca amônia-hidrogênio" com 35 m (114,3 pés) ou mais de altura com diâmetros de 1,5 m (4,9 pés) a 2,5 m (8,2 pés) capazes de operar a pressões superiores a 15 MPa (2225 psi), especialmente projetadas ou concebidas para produção de água pesada utilizando o processo de "troca amônia-hidrogênio". Essas torres têm,



pelo menos, abertura axial flangeada do mesmo diâmetro que a parte cilíndrica, através da qual as partes internas da torre podem ser inseridas ou retiradas.

6.4 Partes internas da torre e bombas de estágio

Bombas de estágio e partes internas da torre especialmente projetadas ou concebidas para torres de produção de água pesada utilizando o processo de "troca amônia-hidrogênio". As partes internas da torre incluem especialmente contactores de estágio especialmente projetados que promovem contato interno gás/líquido. Bombas de estágio incluem bombas submersíveis especialmente projetadas para circulação de amônia líquida dentro estágio de contatância interna às torres de estágio.

6.5 Craqueadores de amônia

Craqueadores de amônia com pressões de operação superiores ou iguais a 3 MPa (450 psi) especialmente projetados ou concebidos para produção de água pesada utilizando o processo de "troca amônia-hidrogênio".

6.6 Analisadores de absorção infravermelho

Analisadores de absorção infravermelho capazes de analisar a razão hidrogênio/deutério "on-line", onde as concentrações de deutério sejam iguais ou superiores a 90%.

6.7 Queimadores catalíticos

Queimadores catalíticos, para a conversão do gás de deutério enriquecido em água pesada, especialmente projetados ou concebidos para a produção de água pesada utilizando o processo de "troca amônia-hidrogênio".

6.8 Sistemas completos de enriquecimento de água pesada ou respectivas colunas

Sistemas completos de enriquecimento de água pesada ou respectivas colunas especialmente projetadas ou concebidas para o enriquecimento da água pesada para um nível de concentração que permita a operação do reator.

NOTA EXPLICATIVA

Esses sistemas, que normalmente utilizam a destilação de água para separar a água pesada da água leve, são especialmente projetados ou concebidos para a produção do grau de água pesada do reator (ou seja, normalmente óxido de deutério 99,75%) de matéria-prima do abastecimento de água pesada de menor concentração.

6.9 Conversores de síntese de amônia ou unidades de síntese

Conversores de síntese de amônia ou unidades de teste especialmente projetados ou concebidos para a produção de água pesada utilizando o processo de "troca amônia-hidrogênio".

NOTA EXPLICATIVA

Esses conversores ou unidades transportam o gás síntese/inerte (nitrogênio e hidrogênio) da coluna de troca de alta pressão de amônia/hidrogênio (ou colunas), e a amônia sintetizada para retorno a coluna de troca (ou colunas).

7. Plantas/Usinas para a conversão de urânio e plutônio para uso na fabricação de elementos de combustível e na separação de isótopos de urânio conforme definido nas seções 4 e 5, respectivamente, e equipamentos e especialmente projetado ou concebido para essa finalidade

EXPORTAÇÃO

A exportação de todo o conjunto de itens importantes deste tópico deverá ser feito de acordo com os procedimentos listados na legislação específica de bens sensíveis. Todas as plantas/usinas, sistemas e equipamentos especialmente projetados ou concebidos dentro deste tópico podem ser usados para o processamento, produção ou utilização de material fissil especial.

7.1 Plantas/Usinas para a conversão de urânio e equipamento especialmente projetado ou concebido para essa finalidade

NOTA INTRODUTÓRIA

Sistemas e plantas/usinas de conversão de urânio podem realizar uma ou mais transformações de uma espécie química de urânio para outra, incluindo: conversão de concentrados de minério de urânio para UO₃, conversão do UO₃ para UO₂, conversão de óxidos de urânio para UF₄, UF₆ ou UCl₄, conversão de UF₄ para UF₆, conversão de UF₆ para UF₄, conversão de UF₄ para urânio metálico, e conversão de fluoretos de urânio para UO₂. Muitos dos itens de equipamentos específicos para plantas/usinas de conversão de urânio são comuns a vários segmentos da indústria de processamento químico. Por exemplo, os tipos de equipamentos empregados nesses processos podem incluir: fornos, fornos rotatórios, reatores de leito fluidizado, reatores de torre de chama, centrífugas líquidas, colunas de destilação e colunas de extração líquido-líquido. No entanto poucos desses itens estão disponíveis "fora da prateleira" (off the shelf); muitos seriam projetados ou concebidos de acordo com os requisitos e especificações do cliente. Em alguns casos, considerações de construção e de projeto especiais são requeridas devido às propriedades corrosivas de alguns dos produtos químicos manuseados (HF, F₂, ClF₃ e fluoretos de urânio). Finalmente, deve ser observado que em todos os processos de conversão de urânio, itens de equipamento que individualmente não são projetados ou concebidos para conversão de urânio podem ser reunidos em sistemas que são especialmente projetados ou concebidos para uso em conversão de urânio.

7.1.1 Sistemas especialmente projetados ou concebidos para a conversão de concentrados de minérios de urânio para o UO₃

NOTA EXPLICATIVA

A conversão de concentrados de minério de urânio para o UO₃ pode ser realizada dissolvendo primeiramente o minério em ácido nítrico e extraindo o nitrato de uranila purificado usando um solvente tal como o fosfato de tributila. A seguir, o nitrato de uranila é convertido para o UO₃ ou por concentração e denitratização ou por neutralização com amônia gasosa para produzir diuranato de amônia com filtragem, secagem e calcinação subsequentes.

7.1.2 Sistemas especialmente projetados ou concebidos para a conversão de UO₃ para o UF₆

NOTA EXPLICATIVA

Conversão do UO₃ para o UF₆ pode ser realizada diretamente por fluorinação. O processo requer uma fonte de gás de flúor ou de trifluoreto de cloro.

7.1.3 Sistemas especialmente projetados ou concebidos para a conversão de UO₃ para o UO₂

NOTA EXPLICATIVA

A conversão do UO₃ para o UO₂ pode ser realizada através da redução do UO₃ com hidrogênio ou gás de amônia.

7.1.4 Sistemas especialmente projetados ou concebidos para a conversão do UO₂ para o UF₄

NOTA EXPLICATIVA

A conversão do UO₂ para o UF₄ pode ser realizada reagindo o UO₂ com o gás de fluoreto de hidrogênio (HF) a 300 ~ 500°C.

7.1.5 Sistemas especialmente projetados ou concebidos para a conversão do UF₄ para o UF₆

NOTA EXPLICATIVA

Conversão de UF₄ para UF₆ é realizada por reação exotérmica com flúor em um reator de torre. O UF₆ é condensado a partir de gases efluentes quentes passando o fluxo do efluente através de uma armadilha a frio, resfriada a -10°C. O processo requer uma fonte de flúor gasoso.

7.1.6 Sistemas especialmente projetados ou concebidos para a conversão do UF₄ para U metálico

NOTA EXPLICATIVA

A conversão de UF₄ para U metálico é realizada por redução com magnésio (grandes lotes) ou cálcio (pequenos lotes). A reação é realizada a temperaturas acima do ponto de fusão de urânio (1130°C).

7.1.7 Sistemas especialmente projetados ou concebidos para a conversão do UF₆ para o UO₂

NOTA EXPLICATIVA

A conversão UF₆ para UO₂ pode ser realizada por um dos três processos. No primeiro, o UF₆ é reduzido e hidrolizado para o UO₂ usando hidrogênio e vapor. No segundo, o UF₆ é hidrolizado por solução em água, a amônia é adicionada para precipitar o diuranato de amônia e o diuranato é reduzido a UO₂ com hidrogênio a 820°C. No terceiro processo, o UF₆ gasoso, o CO₂ e o NH₃ são misturados na água, precipitando o carbonato de uranila e amônia. O carbonato de uranila e amônia são combinados com o vapor e o hidrogênio a 500-600°C para produzir o UO₂.

A conversão do UF₆ para o UO₂ é realizada frequentemente como o primeiro estágio de uma usina de fabricação de combustíveis.

7.1.8 Sistemas especialmente projetados ou concebidos para a conversão do UF₆ para o UF₄

NOTA EXPLICATIVA

A conversão do UF₆ para UF₄ é realizada por redução com hidrogênio.

7.1.9 Sistemas especialmente projetados ou concebidos para a conversão do UO₂ para o UCl₄

NOTA EXPLICATIVA

A conversão de UO₂ em UCl₄ pode ser realizada por dois processos. No primeiro, o UO₂ reage com tetracloreto de carbono (CCl₄) a aproximadamente 400 °C. No segundo, o UO₂ reage a aproximadamente 700 °C na presença de carbono preto (CAS 1333-86-4), monóxido de carbono, e de cloro para originar UCl₄.

7.2 Plantas/Usinas para a conversão de plutônio e equipamento especialmente projetado ou preparado para essa finalidade

NOTA INTRODUTÓRIA

Plantas/Usinas de conversão e sistemas que executam uma ou mais transformações de tipos químicos de plutônio para outro, incluindo: a conversão de nitrato de plutônio para PuO₂, conversão de PuO₂ para PuF₄, e conversão de PuF₄ para plutônio metálico. As plantas/usinas de conversão de plutônio são geralmente associadas a instalações de reprocessamento, mas também pode estar associada com instalações de fabricação de combustível de plutônio. Muitos dos itens principais de equipamentos para as instalações de conversão de plutônio são comuns a vários segmentos da indústria de processo químico. Por exemplo, os tipos de equipamentos utilizados nesses processos podem incluir: fornos, fornos rotativos, reatores de leito fluidizado, reatores de coluna de chama, centrífugas de líquido, colunas de destilação e colunas de extração líquido-líquido. As células quentes, caixas com luvas e manipuladores remotos também podem ser utilizados. No entanto, poucos itens estão disponíveis "off the shelf", a maioria estaria disposta de acordo com as exigências e especificações do cliente. Um cuidado especial no desenho e projeto para os radiológicos, a toxicidade e os riscos associados com a criticidade do plutônio é essencial. Em alguns casos, as precauções especiais de projeto e construção são necessárias para tratar as propriedades corrosivas de alguns dos produtos químicos manuseados (por exemplo, HF). Finalmente, é importante notar que, para todos os processos de conversão de plutônio, itens de equipamento que, individualmente, não são especialmente projetados ou concebidos para a conversão de plutônio podem ser incorporados nos sistemas que são especialmente projetados ou concebidos para utilização na conversão de plutônio.

7.2.1 Sistemas especialmente projetados ou concebidos para a conversão de nitrato de plutônio para óxido

NOTA EXPLICATIVA

As principais funções envolvidas neste processo são: controle de armazenamento, precipitação e separação sólido/licor, calcinação, manipulação do produto, ventilação, gestão de resíduos e controle do processo. Os sistemas de processo são particularmente adaptados de modo a evitar os efeitos da radiação e criticidade e para minimizar os riscos de toxicidade. Na maioria das instalações de reprocessamento, este processo envolve a conversão de nitrato de plutônio em dióxido de plutônio. Outros processos podem envolver a precipitação do oxalato de plutônio ou peróxido de plutônio

7.2.2 Sistemas especialmente projetados ou concebidos para produção de plutônio metálico

NOTA EXPLICATIVA

Este processo envolve geralmente a fluoração de dióxido de plutônio, normalmente com fluoreto de hidrogênio altamente corrosivo, para produzir fluoreto de plutônio que é posteriormente reduzido utilizando cálcio metálico de alta pureza para a produção de plutônio metálico e escórias de fluoreto de cálcio. As funções principais envolvidas neste processo são fluoração (por exemplo, envolvendo equipamento fabricado ou revestido com um metal precioso), redução do metal (por exemplo, utilizando cadinhos cerâmicos), recuperação de escórias, manipulação do produto, ventilação, recuperação de resíduos e controle do processo. Os sistemas de processo são particularmente adaptados de modo a evitar a criticidade e os efeitos da radiação e para minimizar riscos de toxicidade. Outros processos incluem a fluoração de oxalato de plutônio ou peróxido de plutônio seguido por uma redução do metal.

APÊNDICE C do ANEXO I

CRITÉRIOS PARA NÍVEIS DE PROTEÇÃO FÍSICA

1. O objetivo da proteção física de materiais nucleares é prevenir o uso e o manuseio não autorizados desses materiais. O parágrafo 3(a) do documento de diretrizes do NSG determina acordos entre fornecedores sobre os níveis de proteção a serem garantidos em relação ao tipo de material, equipamento e instalação contendo esses materiais, considerando as recomendações internacionais.

2. O parágrafo 3(b) do documento de diretrizes do NSG especifica que a implementação de medidas de proteção física no país destinatário é de responsabilidade do Governo deste país. No entanto, os níveis de proteção física, nos quais estas medidas devem ser baseadas, devem ser objeto de um acordo entre o fornecedor e o destinatário. Neste contexto, estes requisitos devem ser aplicados a todos os Estados.

3. O documento INFCIRC/225 da AIEA, intitulado "The Physical Protection of Nuclear Material" e documentos similares, que de tempos em tempos são preparados por grupos de peritos internacionais e atualizados segundo mudanças no estado da arte e do conhecimento relativo à proteção física do material nuclear, são uma base útil para guiar Estados destinatários no projeto de um sistema de proteção física.

4. A categorização do material nuclear apresentado na tabela adenda ou as atualizações que possam ser feitas periodicamente por acordos mútuos entre os fornecedores, devem servir como base de acordos para definir níveis específicos de proteção física em relação aos tipos de materiais, equipamentos e instalações contendo estes materiais, referentes aos parágrafos 3(a) e 3(b) do documento de diretrizes do NSG.

5. Os níveis acordados de proteção física entre as autoridades competentes para uso, estocagem e transporte dos materiais listados na tabela adenda devem ter no mínimo características de proteção tais como segue:

CATEGORIA III

Uso e armazenamento dentro de uma área de acesso controlado.

Transporte sob cuidados especiais incluindo acordos entre o remetente, o destinatário e o transportador, e acordos prévios entre entidades sujeitas a jurisdição e regras dos Estados fornecedores e destinatários, respectivamente, no caso de transporte internacional especificando o instante, o local e os procedimentos para a transferência de responsabilidade do transporte.

CATEGORIA II

Uso e armazenamento dentro de uma área protegida para a qual o acesso é controlado, isto é, uma área sob constante vigilância de guardas ou aparelhos eletrônicos, cercada por uma barreira física com um número limitado de pontos de entrada sob o controle apropriado, ou qualquer área com um nível equivalente de proteção física.

Transporte sob cuidados especiais incluindo acordos prévios entre o remetente, o destinatário e o transportador, e acordos prévios entre entidades sujeitas a jurisdição e regras dos Estados fornecedores e destinatários, respectivamente, no caso de transporte internacional, especificando o instante, o local e os procedimentos para a transferência de responsabilidade do transporte.

CATEGORIA I

Materiais classificados segundo esta categoria devem ser protegidos por sistemas altamente confiáveis contra uso não autorizado como se segue:

Uso e armazenamento em área altamente protegidas, isto é, áreas protegidas como definido para a Categoria II para as quais além do acesso ser restrito a pessoas cuja confiabilidade foi determinada, e para as quais a vigilância é feita por guardas estão em estreita comunicação com as forças de resposta apropriadas. Medidas específicas feitas neste contexto devem ter como seus objetivos a detecção e prevenção de qualquer assalto, acesso não autorizado ou remoção de material não autorizado.

Transporte sob cuidados especiais como identificado anteriormente para transporte de materiais da Categoria II e III e, além disso, sob constante vigilância por escoltas e sob condições que assegurem estreita comunicação com as forças de resposta apropriadas.

6. Fornecedores devem pedir identificação pelos destinatários dessas agências ou autoridades que têm responsabilidade para assegurar que os níveis de proteção sejam adequadamente estabelecidos e que têm responsabilidade para coordenar internamente operações de resposta/recuperação em caso de uso ou manuseio não autorizado de materiais protegidos. Fornecedores e destinatários devem também designar Pontos de Contatos entre suas autoridades nacionais para cooperar em assuntos de transporte internacional e outros assuntos de interesse mútuo.

Atendo ao Apêndice C do Anexo I

TABELA DE CATEGORIZAÇÃO DO MATERIAL NUCLEAR

MATERIAL	FORMA	CATEGORIA		
		I	II	III
1. Plutônio (a)	Não irradiado (b)	2 kg ou mais	Menor que 2 kg e maior que 500 g	500 g ou menos (c)
2. Urânio-235	Não irradiado (b)	-	-	-
	Urânio enriquecido acima de 20% em ^{235}U	5 kg ou mais	Menor que 5 kg e maior que 1 kg	1 kg ou menos (c)
	Urânio enriquecido entre 10 e 20% em ^{235}U	-	10 kg ou mais	Menor que 10 kg (c)
	Urânio enriquecido acima do natural, - mas abaixo de 10% em ^{235}U	-	-	10 kg ou mais
3. Urânio-233	Não irradiado (b)	2 kg ou mais	Menor que 2 kg e maior que 500 g	500 g ou menos (c)
4. Combustível Irradiado			Urânio natural ou empobrecido em ^{235}U , tório ou combustível com baixo enriquecimento menos que 10% de material fissil. (e) (f)	

(a) Como identificado na lista de controle.

(b) Material não irradiado em um reator, ou material irradiado em um reator, mas com um nível de radiação igual ou menor que 100 rads/h a um metro sem blindagem.

(c) Menor que uma quantidade radiologicamente significativa deve ser isento.

(d) Urânio natural, urânio empobrecido, tório, e quantidades de urânio enriquecido a menos de 10%, que não se enquadram na categoria III, devem ser protegidos de acordo com as práticas cuidadosas de uso.

(e) Embora seja esse um nível de proteção recomendado, fica a critério dos Estados, de acordo com avaliação de circunstâncias específicas, deter.

(f) Outro combustível que em virtude do conteúdo de seu material fissil original seja classificado na categoria I e II antes de irradiação, pode ser reduzido de um nível de categoria desde que o nível de radiação do combustível exceda 100rads/h a 1 metro sem blindagem.

ANEXO II

LISTA DE EQUIPAMENTO E MATERIAL DE USO DUPLO E TECNOLOGIA A ELAS RELACIONADA, DE APLICAÇÃO NA ÁREA NUCLEAR

Nota:

O Sistema Internacional de Unidades (SI) é usado neste Anexo. Em todos os casos, a quantidade física definida em unidades do SI deve ser considerada como o valor de controle recomendado. Entretanto, alguns parâmetros de máquinas operatrizes são dados em suas unidades usuais que não pertencem ao SI.

As abreviações usadas (e seus prefixos denotando grandeza) neste Anexo são as seguintes:

A	--- ampère(s)
Bq	--- Becquerel(eis)
°C	--- graus Celsius
CAS	--- Serviço de Registro de substância química
Ci	--- Curie(s)
cm ³	--- centímetro(s) cúbico(s)
dB	--- decibel(eis)
dBm	--- decibel referido a 1 miliwatt
g	--- grama(s); também, aceleração da gravidade (9,81 m/s ²)
GBq	--- gigabecquerel(eis)
Ghz	--- gigahertz
GPa	--- gigapascal
Gy	--- Gray
h	--- hora(s)
Hz	--- Hertz
J	--- Joule(s)
K	--- Kelvin
keV	--- mil elétron volts
kg	--- quilograma(s)
kHz	--- Quilohertz
kN	--- quilonewton(s)
kPa	--- quilopascal
kV	--- quilovolt(s)
kW	--- quilowatt(s)
m	--- metro(s)
mA	--- mil ampere(s)
MeV	--- milhão de elétron volts
Mhz	--- megahertz
ml	--- mililitro(s)
mm	--- milímetro(s)
MPa	--- megapascal
mPa	--- milipascal
MW	--- megawatt(s)
µF	--- Microfarad
µm	--- micrômetro(s)
µs	--- microsegundo(s)
N	--- Newton(s)
nm	--- nanômetro(s)
ns	--- nanosegundo(s)
nH	--- nanohenry(ies)
ps	--- picosegundo(s)
RMS	--- raiz quadrada média
rpm	--- rotações por minuto
s	--- segundo(s)
T	--- Tesla
TIR	--- indicador total de leitura
V	--- volt(s)
W	--- watt(s)

NOTAS GERAIS

Os parágrafos seguintes referem-se à Lista de Equipamento e Material de uso duplo e Tecnologia a elas relacionada, de aplicação na Área Nuclear.

1. A descrição de qualquer item na Lista inclui este item em suas duas condições: novo ou usado.

2. Quando a descrição de qualquer item não contiver nenhuma qualificação ou especificação, ele é considerado incluindo todas as variantes deste item. A categorização dos itens é colocada apenas por conveniência na referência e não afeta a interpretação das definições do item.

3. O controle também deve ser exercido sobre qualquer item não controlado (incluindo usinas) contendo um ou mais componentes controlados, quando o componente ou os componentes controlados são o principal elemento do item e pode ser facilmente removido ou usado com outra finalidade.

Nota: Na avaliação se o componente ou os componentes controlados devem ser considerados como elemento principal, considerar os fatores quantidade, valor e conhecimento tecnológicos envolvidos e outras circunstâncias especiais que podem tornar o componente ou os componentes controlados como principal elemento do item a ser adquirido.

4. O controle não deve ser suplantado pela transferência de componentes. O governo tomará medidas para que esse objetivo seja alcançado e procurará definir que componentes devem ser controlados.

CONTROLES DE TECNOLOGIA

A transferência de "tecnologia" diretamente associada a qualquer item da Lista estará sujeita a um mesmo grau de análise e controle tanto quanto o próprio item, na medida do permitido pela legislação nacional.

O controle sobre a transferência de "tecnologia" não se aplica às informações "de domínio público" ou à "pesquisa científica básica".

Nota:

O item sobre máquinas operatrizes contém controles específicos sobre tecnologia

NOTAS GERAIS SOBRE SOFTWARE

A transferência de "software" é controlada de acordo com as Diretrizes e conforme descrito neste anexo.

Nota:

O controle sobre a transferência de "software" não se aplica aos seguintes "software":

- 1 - Disponível ao público em geral por ser:
 - a. exposto à venda no comércio sem restrições; e
 - b. a sua instalação pelo usuário final não requer apoio técnico substancial por parte do fornecedor.

ou

- 2 - Domínio Público.

DECLARAÇÃO DE ENTENDIMENTO

A aprovação para exportação de qualquer item da Lista também autoriza a exportação, para o mesmo usuário final, da tecnologia para a instalação, operação, manutenção e reparo do item.

DEFINIÇÕES

"Precisão"

Geralmente medida em termos de imprecisão, definido como o desvio máximo, positivo ou negativo, de um valor indicado ou estabelecido de um valor padrão ou aceito como verdadeiro.

"Desvio angular de posição"

Diferença máxima entre a posição angular e a real, medida com grande precisão angular, após a base da peça sofrer deslocamento rotacional da sua posição inicial.

"Pesquisa Científica Básica"

Trabalho experimental ou teórico visando principalmente à aquisição de novos conhecimentos sobre os princípios fundamentais de fenômenos e fatos observados, não direcionados primariamente a um objetivo ou propósito prático específico.

"Controle de Contorno"

Dois ou mais movimentos "controlados numericamente" operando de acordo com instruções que especificam a próxima posição requerida e as taxas de avanço necessárias para essa posição. Estas taxas de avanço são variadas uma em relação à outra de modo que o contorno desejado é gerado. (Referência ISO/DIS 2806-1980).

"Desenvolvimento"

Está relacionado com todas as fases anteriores à "produção", a saber:

- projeto
- pesquisa de projeto
- análise de projeto
- conceitos de projeto
- montagem e teste de protótipos
- esquemas de produção piloto
- dados de projeto
- processo de transformação de dados de projeto em um produto

- projeto de configuração

- projeto de integração

- esquemas (layouts)

"Materiais fibrosos ou filamentos"

Significa monofilamentos, cordas, cabos, cordões ou fitas contínuas.

Definições:

1. "Filamento" ou "Monofilamento"
É o menor elemento constituinte de uma fibra (geralmente com alguns μm de diâmetro).

2. "Mecha de Fios"

É um feixe (normalmente 12 ~ 200) aproximado de cordas ou toro de cordas paralelas.

3. "Cordão ou Toro de corda"

É um feixe de fios (normalmente superior 120 fios), dispostos paralelamente.

4. "Fita"

É um material feito de filamentos, fios, cabos, cordões ou cordas entrelaçados unidirecionalmente, normalmente pré-impregnados com resina.

5. "Cabo ou Sirga"

É um feixe de fios ou filamentos, usualmente/aproximadamente paralelos.

6. "Fio"

É um feixe de cabos ou toro de cordas trançados ou entrançados.

"Filamento"

Ver "Filamento" ou "Monofilamento"

"De domínio público"

Conforme se aplica, significa "tecnologia" ou "software" que se tornou disponível sem restrições para posterior disseminação. Restrições de direitos autorais não impedem a "tecnologia" ou "software" ser de domínio público.

"Medida de Incerteza"

Parâmetro característico que especifica à faixa em torno do qual o valor correto da variável medida se encontra com um nível de confiança de 95%. Ele inclui os desvios sistemáticos não corrigidos, as folgas não corrigidas e os desvios aleatórios.

"Microprograma"

Sequência de instruções elementares, mantidas em armazenamento especial, cuja execução é iniciada pela introdução da sua instrução de referência em um registro de instrução.

"Monofilamento"

Ver "Filamento" ou "Monofilamento"

"Controle Numérico"

Controle automático de um processo realizado por um dispositivo que utiliza dados numéricos usualmente introduzidos durante o progresso da operação. (Ref. ISO 2382).

"Precisão de Posicionamento"

Máquinas-Ferramenta "numericamente controladas" devem ser determinadas e apresentadas de acordo com o parágrafo 1.B.2, conjuntamente com os requisitos abaixo:

(a) condições de teste (ISO/DIS/2, parágrafo 3):

(1) A máquina-ferramenta e o equipamento de medição de precisão deverão ser mantidos na mesma temperatura ambiente por um período de 12 horas antes e durante as medições. Durante o tempo de pré-edição, os "carros" ou porta-ferramentas das máquinas serão movimentados continuamente de modo idêntico ao modo como serão movimentados durante as medições de precisão;

(2) A máquina deverá estar equipada com qualquer compensação mecânica, eletrônica ou de "software" a ser exportada com a máquina;

(3) A precisão do equipamento de medição para as medidas deverá ser de pelo menos 4 vezes mais precisa do que a precisão esperada da máquina-ferramenta; e

(4) A fonte de alimentação dos acionadores dos "carros" ou porta-ferramentas deverá ser como a seguir:

i) A variação de tensão na linha não deverá ser maior que $\pm 10\%$ da tensão nominal especificada.

ii) A variação de frequência não deverá ser maior do que ± 2 Hz da frequência normal.

iii) Quedas de linha ou interrupção de serviço não são permitidas.

(b) Programa de teste (parágrafo 4):

(1) A taxa de alimentação (velocidade dos carros) durante a medição deverá ser a taxa transversal rápida;

N.B. No caso de máquinas-ferramenta que geram superfície de qualidade ótica, a taxa de alimentação deverá ser igual ou menor do que 50 mm por minuto;

(2) As medições deverão ser feitas de modo incremental de um limite do percurso do eixo até o outro, sem retornar a posição de partida para cada movimento até a posição alvo; e

(3) Os eixos não submetidos à medição deverão ser mantidos a meio-corpo durante o teste de um eixo.

(c) Apresentação dos resultados do teste (parágrafo 2):

Os resultados das medições devem incluir:

(1) "Precisão de posicionamento" (A); e

(2) Erro reverso médio (B)

"Produção"

Significa todas as fases de produção, a saber:

construção

engenharia de produção

fabricação

integração

montagem

inspeção

teste

garantia de qualidade

"Programa"

Uma sequência de instruções para conduzir um processo em, ou conversível em, uma forma executável por um computador.

"Resolução"

O menor incremento do dispositivo de medida; nos instrumentos digitais, o dígito menos significativo (Referência: ANSI B-89. 1.12).

"Fio"



Nota Técnica:
1. Item 3.B.6.d descreve espectrômetros de massa que normalmente são utilizados para análise isotópica de amostras de gás UF₆.

2. Espectrômetros de massa por bombardeamento de elétrons no item 3.B.6.d são também conhecidos como espectrômetro de massa de impacto de elétrons ou espectrômetro de massa de ionização de elétrons.

3. No item 3.B.6.d.2 armadilha fria (criogênica) é um dispositivo que retém moléculas de gás por condensação ou congelando-as sobre superfícies frias. Para fins deste item, uma bomba de vácuo de circuito fechado de hélio gasoso criogênico não é uma armadilha fria.

3.C MATERIAIS

X.X.X.

3.D.1 SOFTWARE

3.D.1 "Software" especialmente projetado para o "uso" nos equipamentos especificados nos itens 3.A.1., 3.B.3 ou 3.B.4

3.D.2 "Software" ou chaves/códigos de criptografia especialmente projetados para melhorar ou liberar as características de desempenho de equipamentos não controlados pelo item 3.A.1 de modo que eles atendam ou extrapolem as características especificadas no item 3.A.1

3.D.3 "Software" ou "Chaves/Códigos" criptografados especialmente projetado para melhorar ou liberar as características de desempenho de equipamentos controlados no item 3.A.1

3.E TECNOLOGIA

3.E.1 "Tecnologia" de acordo com os controles de tecnologia para "desenvolvimento", "produção", ou "uso" de equipamento, material ou "software" especificado no item 3.A. a 3.D

4. EQUIPAMENTOS RELACIONADOS COM USINAS DE PRODUÇÃO DE ÁGUA PESADA (Outros itens além daqueles da Lista de Equipamentos, Material e Tecnologia Nuclear)

4.A EQUIPAMENTOS, CONJUNTOS E COMPONENTES.

4.A.1 Plantas ou pacotes especiais que possam ser utilizados na separação de água pesada da água natural possuindo todas as características seguintes:

a. produzidos de malha de bronze com fósforo tratada quimicamente para melhorar a molhabilidade; e

b. projetadas para uso em torres de destilação à vácuo.

4.A.2 Bombas para circulação de soluções diluídas ou concentradas de catalisador de amido de potássio em amônia líquida (KNH₂/NH₃), possuindo todas as características seguintes:

a. vedadas (hermeticamente seladas);

b. uma capacidade maior que 8,5 m³/h; e

c. possuindo as características seguintes:

1. para soluções concentradas de amido de potássio (1% ou mais), com pressão de operação de 1,5 a 60 Mpa; ou

2. para soluções diluídas de amido de potássio (menor que 1%), com pressão de operação de 20 a 60 Mpa.

4.A.3 Conjuntos turboexpansores/compressores possuindo todas as características seguintes:

a. projetado para operar com temperatura de saída de 35K (-238 °C) ou menor; e

b. projetado para um fluxo de gás hidrogênio de 1000 Kg/h ou mais.

4.B EQUIPAMENTO DE TESTE E PRODUÇÃO

4.B.1 Colunas e contadores internos, como segue:

N.B.:
Para colunas especialmente projetadas ou adaptadas para a produção de água pesada ver anexo I.

a. colunas de pratos para a troca de sulfeto de hidrogênio-água possuindo todas as características seguintes:

1. podem operar a pressões de 2 MPa ou maior;

2. construídas em aço carbono austenítico ASTM (ou padrão equivalente) com granulatura ou tamanho de grão cinco (5) ou maior; e

3. com diâmetro de 1,8 m ou maior;

b. contadores internos para colunas de pratos para a troca de sulfeto de hidrogênio-água especificados no item 4.B.1.a.

Nota Técnica:
Contadores internos das colunas são pratos segmentados de 1,8 m ou mais, que são projetados para facilitar o contato em contracorrente, onde são construídos de aço inoxidável com conteúdo de carbono de 0,03% ou menos. Estes contadores podem ser pratos ou bandejas perfuradas, bandejas ou pratos valvulados, bandejas ou pratos com orifícios tipo "bubble cap" ou bandejas ou pratos tipo "turbogrid".

4.B.2 Colunas de destilação criogênica de hidrogênio, possuindo todas as características seguintes:

a. projetadas para operar com temperaturas internas de 35 K (-238 °C) ou menores;

b. projetadas para operar com uma pressão interna de 0,5 a 5 MPa;

c. construídas de:

1. aço inox de granulatura fina da série 300 com baixo teor de enxofre com austenítico de granulatura fina com tamanho de grão ASTM (ou padrão equivalente) número 5 ou mais; ou

2. materiais equivalentes compatíveis com hidrogênio e compostos criogênicos; e

d. com diâmetro interno de 30 cm ou maior e "comprimento efetivo" de 4m ou maior.

Nota Técnica:
O termo "comprimento efetivo" significa a altura ativa do material de enchimento em uma coluna de enchimento, ou a altura ativa dos pratos em uma coluna tipo prato.

4.C MATERIAIS

X.X.X.

4.D SOFTWARE

X.X.X.

4.E TECNOLOGIA

4.E.1 "Tecnologia" de acordo com os controles de tecnologia para "desenvolvimento", "produção", ou "uso" de equipamento, material ou "software" especificado no item 4.A. a 4.D

5. TESTE E EQUIPAMENTOS DE MEDIÇÃO PARA DESENVOLVIMENTO DE DISPOSITIVO DE EXPLOSIVO NUCLEAR

5.A EQUIPAMENTOS, CONJUNTOS E COMPONENTES.

5.A.1 Tubos fotomultiplicadores possuindo todas as características seguintes:

a. fotocatódo com uma área maior que 20 cm²; e

b. anodo com tempo de subida do pulso menor que 1 ns.

5.B EQUIPAMENTO DE TESTE E PRODUÇÃO

5.B.1 Geradores para flash de raios-X ou aceleradores de elétrons pulsados possuindo as características seguintes:

a. pico de energia de aceleração de elétrons de 500 keV ou maior, porém menor que 25 MeV; e

2. figura de mérito (K) de 0,25 ou maior; ou

b. 1. pico de energia de aceleração dos elétrons de 25 MeV ou maior; e

2. potência de pico maior que 50 MW.

Nota:
Item 5.B.1 não controla aceleradores que são componentes de dispositivos projetados para finalidades diferentes daquela de radiação com feixe de elétrons ou raios-X (microscopia eletrônica, por exemplo) e aqueles projetados para utilização médica.

Nota Técnica:
1. A figura de mérito K é definida como: $K = 1,7 \times 10^{3V^{2,65}Q}$, onde V é o pico de energia do elétron em milhões de elétron volts. Se a duração do pulso de aceleração é menor que 1µs, então Q é a carga total acelerada em Coulombs. Se a duração do pulso de aceleração for maior que 1µs, Q é a máxima carga acelerada em 1 µs. Q é igual à integral de i com relação a t, sobre o primeiro µs ou sobre a duração do pulso do feixe (Q=? idt), onde i é a corrente do feixe em Amperes e t é o tempo em segundos.

2. potência de pico = (pico da tensão em volts) x (pico da corrente do feixe em Amperes).

3. Em máquinas baseadas em cavidades de aceleração por microondas, o tempo de duração do pulso do feixe é menor de 1 µs ou a duração do conjunto de feixe resultante de um pulso o modulador de microondas.

4. Em máquinas baseadas em cavidades de aceleração por microondas, o pico de corrente do feixe é a corrente média durante o tempo de duração de um conjunto de feixes.

5.B.2 Disparadores de alta velocidade (propulsor, gás, bobinas, eletromagnéticos, eletrotérmicos ou outros sistemas avançados) capazes de acelerar projéteis a 1,5 km/s ou superior.

Nota:
Este item não controla armas especialmente projetadas para sistemas de armas de alta velocidade.

5.B.3 Câmeras de alta velocidade e dispositivos de imagens e respectivos componentes como os seguintes:

N.B.:
"Software" especialmente projetado para aumentar ou liberar o desempenho das câmeras ou dispositivos de imagens para que atendam as características abaixo é controlado em 5.D.1 e 5.D.2

a. câmeras de banda e componentes especialmente projetados a ela associada como os seguintes:

1. câmeras de banda com velocidade de registro maior que 0,5 mm/µs;

2. câmeras de banda eletrônica com 50 ns ou menos de tempo de resolução;

3. tubos de banda para câmeras especificadas no item 5.B.3.a.2;

4. plug-ins especialmente projetados para uso em câmeras de banda com estrutura modular e que possibilitem as especificações de performance descritas em 5.B.3.a.1 ou 5.B.3.a.2; e

5. unidades de sincronização eletrônica, conjunto de rotor constituídos por turbinas, espelhos e rolamentos especialmente projetados para as câmeras especificadas em 5.B.3.a.1.

b. câmeras de imagem e componentes especialmente projetados como os seguintes:

1. câmeras de imagens com taxas de registro superiores a 225.000 imagens/quadros por segundo;

2. câmeras de imagens com 50 ns ou de menor de tempo de exposição;

3. tubos e dispositivos de imagem de estado-sólido com fechamento rápido de imagens (shutter) de 50 ns ou menor especialmente projetado para as câmeras especificadas em 5.B.3.b.1 ou 5.B.3.b.2;

4. plug-ins especialmente projetados para uso em câmeras de imagem de banda com estrutura modular que possibilitem as especificações de performance descritas em 5.B.3.b.1 ou 5.B.3.b.2; e

5. unidades de sincronização eletrônica, conjunto de rotor constituídos por turbinas, espelhos e rolamentos especialmente projetados para as câmeras especificadas em 5.B.3.b.1 ou 5.B.3.b.2.

c. câmeras de estado sólido ou tubo de elétrons e componentes especialmente projetados como os seguintes:

1. câmeras de estado sólido ou tubo de elétrons com tempo de fechamento rápido de 50 ns ou menos.

2. dispositivos de imagem de estado sólido e tubos intensificadores de imagem com fechamento rápido de imagens (shutter) de 50 ns ou menos especialmente projetadas para câmeras especificadas em 5.B.3.c.1;

3. dispositivo de fechamento eletro-óptico (Kerr ou células de bolso) com fechamento rápido de imagens ("shutter") de 50 ns ou menos; e

4. plug-ins especialmente projetado para uso em câmeras de banda com estrutura modular que atendem as especificações descritas em 5.B.3.c.1.

Nota Técnica:
Câmeras de alta velocidade de um único quadro podem ser usadas sozinhas para produzir uma única imagem de um evento dinâmico, ou várias dessas câmeras podem ser combinadas num sistema ativado de forma sequencial para produzir múltiplas imagens de um evento.

5.B.4 Não mais utilizado.

5.B.5 Instrumentação especializada para experimentos hidrodinâmicos como segue:

a. interferômetros de velocidade para medir velocidades acima de 1 km/s durante intervalo de tempo menor que 10µs;

b. medidores de pressão de choque capazes de medir pressões superiores a 10GPa, incluindo medidores feito com manganina, itérbio e biflureto de polivinilideno (PVBF, PVF2);

c. transdutores de pressão de quartzo para pressões maiores 10GPa.

Nota:
O item 5.B.5.a inclui interferômetros de velocidade como VISARS (Velocity Interferometer Systems for Any Reflector), DLIs (Doppler Laser Interferometers) e PDV (Photon Doppler Velocimeters) também conhecido como Het-V (Heterodyne Velocimeters).

5.B.6 Geradores de pulso de alta velocidade e suas respectivas cabeças de pulso possuindo as características seguintes:

a. tensão de saída maior que 6 V em uma carga resistível menor que 55 Ohms; e

b. "tempo de transição de pulso" menor que 500 ps.

Notas técnicas:

1. No item 5.B.6.b "tempo de transição de pulso" é definido como intervalo de tempo entre 10% e 90% da amplitude da tensão.

2. Cabeças de pulso são redes formadoras de impulsos projetados para aceitar função etapa de tensão e moldá-la em uma variedade de formas de pulso tais como: retangular, triangular, etapa, impulso tipo exponencial ou monociclo. Cabeças de pulso podem ser parte integrante do gerador de pulsos, que pode ser um plug-in para módulo dispositivo ou podem ser um dispositivo conectado externamente.

5.B.7 Vasos de contenção de altos explosivos, câmaras, containers e outros dispositivos de contenção semelhantes projetados para teste de altos explosivos ou artefatos explosivos possuindo ambas as características seguintes:

a. projetado para conter totalmente uma explosão equivalente a 2 kg de TNT ou mais; e

b. possuindo elementos ou características que permitem transmitir em tempo real ou com atraso o resultado ou informações de diagnóstico ou medição.

5.C MATERIAIS

X.X.X.

5.D SOFTWARE

5.D.1 "Software" ou chaves/códigos de criptografia especialmente projetados para melhorar ou liberar as características de desempenho de equipamentos não controlados pelo item 5.B.3 de modo que eles atendam ou extrapolem as características especificadas no item 5.B.3

5.D.2 "Software" ou chaves/códigos de criptografia especialmente projetados para melhorar ou liberar as características de desempenho dos equipamentos controlados no item 5.B.3

5.E TECNOLOGIA

5.E.1 "Tecnologia" de acordo com os controles de tecnologia para "desenvolvimento", "produção", ou "uso" de equipamento, material ou "software" especificado no item 5.A. a 5.D

6. COMPONENTES PARA DISPOSITIVOS EXPLOSIVOS NUCLEARES

6.A EQUIPAMENTOS, CONJUNTOS E COMPONENTES.

6.A.1 Detonadores e sistemas de iniciação multiponto como segue:

a. Detonadores de explosivos comandados eletricamente como segue:

1. Pontes eletrônicas para explosão (EB);

2. Fios para pontes explosão (EBW);

3. Acionador; e

4. Iniciadores de lâmina de explosão (EFI).

b. Arranjos utilizando detonadores simples ou múltiplos detonadores projetados para iniciar quase simultaneamente uma área de explosão maior que 5 000 mm² a partir de um único sinal de disparo com um atraso distribuído sobre a superfície menor que 2,5 µs.

Nota:
Item 6.A.1 não controla detonadores usando somente explosivos primários, como azida de chumbo.

Nota Técnica:

No item 6.A.1 os detonadores em questão utilizam um pequeno condutor elétrico (ponte, fio ou lâmina) que vaporiza explosivamente quando pulso elétrico rápido e de alta corrente passa através dele. Nos tipos que não utilizam acionador, o condutor da explosão inicia uma detonação química num material de contato, altamente explosivo como o PETN (pentaeritritol tetranitrato). Em detonadores com acionador, a vaporização explosiva do condutor elétrico aciona uma peça através de uma cavidade e o impacto desta peça do explosivo inicia uma detonação química. O acionador em alguns projetos é impulsionado por força magnética. O termo detonador "lâmina de explosão" refere-se tanto a um detonador EB como ao detonador tipo acionador. Também, a palavra "iniciador" é algumas vezes utilizada em substituição da palavra "detonadora".

6.A.2 Conjuntos de disparo e geradores de pulso de alta corrente equivalentes, com as seguintes características:

a. conjuntos de disparo para detonadores (sistemas de iniciação, "firesets"), incluindo carregamento eletrônico, explosivamente comandado e disparo opticamente comandado projetados para comandar detonadores múltiplos controlados, especificados no item 6.A.1 acima;

b. geradores modulares de pulso elétrico (pulsadores) possuindo todas as características seguintes:

1. projetados para uso portátil, móvel ou, em locais "acidentados";

2. capazes de descarregar sua energia em menos de 15 µs em cargas inferiores a 40 ohms;

3. possuindo uma corrente de saída maior que 100 A;

4. nenhuma dimensão maior que 30 cm;

5. peso menor que 30 Kg; e

6. especificado para uso sobre uma larga faixa de temperatura de 223 a 373 K (-50°C até 100°C) ou especificado como apropriado para aplicações aeroespaciais.

c. unidades de micro-disparadores possuindo todas as seguintes características:

1. nenhuma dimensão maior que 35 mm;

2. taxa de tensão igual ou superior a 1 kV; e

3. capacitância igual ou maior que 100 nF.

Nota:

Disparo opticamente comandado incluem iniciação e carregamento a laser. Dispositivos de ignição explosiva comandada incluem explosivos com conjunto de disparos ferroelétricos e ferro-magnéticos. Item 6.A.2.b. inclui comandos para lâmpadas de xenônio.

6.A.3 Dispositivos de contato, ligação, comutação ou interrupção, com as seguintes características:

a. tubos/válvulas de catodo frio, preenchidos ou não com gás, operando semelhantemente a um espaço de faísca, possuindo todas as características seguintes:

1. Contendo três ou mais eletrodos;

2. Classe do pico de tensão no anodo de 2.5kV ou mais;

3. Classe de pico de corrente no anodo de 100 A ou mais;

e

4. Tempo de atraso de anodo de 10 µs ou menos;

Nota:

Item 6.A.3.a. inclui válvulas de gás krypton e válvulas de vácuo spryton.

b. faiscadores disparados possuindo ambas características seguintes:

1. tempo de atraso de anodo de 15 µs ou menos; e

2. estimados para um pico de corrente de 500 A ou mais;

c. módulos ou conjuntos com uma função de contato rápido possuindo todas as características seguintes:

1. Classe do pico de tensão no anodo maior que 2 kV;

2. Classe de pico de corrente no anodo de 500 A ou maior;

e

3. Tempo para ligar de 1µs ou menor.

6.A.4 Capacitores de descarga de pulso, com qualquer das características seguintes:

a. 1. Classe de tensão maior que 1,4 kV;

2. Armazenamento de energia maior que 10 J;

3. Capacitância maior que 0,5 µF; e

4. Indutâncias em série menores que 50 nH, ou

b. 1. Classe de tensão maior que 750 V;

2. Capacitância maior que 0,25 µF; e

3. Indutâncias em série menores que 10 nH.

6.A.5 Sistemas geradores de nêutrons, incluindo tubos/válvulas, possuindo as características seguintes:

a. projetados para operação sem um sistema externo de vácuo; e

b. 1. utilizando aceleração eletrostática para induzir uma reação nuclear trítio-deutério; ou

2. utilizando aceleração eletrostática para induzir uma reação nuclear deutério-deutério e com capacidade de gerar 3×10^9 nêutrons/s ou mais.

6.A.6 Linhas de transmissão (Striplines) de baixa indutância para detonadores com as seguintes características:

a. taxa de tensão maior que 2 kV; e

b. indutância menor que 20 nH.

6.B EQUIPAMENTO DE TESTE E PRODUÇÃO

X.X.X.

6.C MATERIAIS

6.C.1 Explosivos de alto poder ou substâncias ou misturas contendo mais dos 2% de qualquer dos seguintes materiais:

a. Ciclotetrametilenotetranitramina (HMX) (CAS 2691-41-0);

b. Ciclotrimetilenotritramina (RDX) (CAS 121-82-4);

c. Triaminotritrobenzeno (TATB) (CAS 3058-38-6);

d. Aminodinitrobenzeno-furoxano ou 7-amino-4, 6 nitrobenzofurazano-1-óxido (ADNBF) (CAS 97096-78-1);

e. 1,1-diamino-2, 2-dinitroetileno (DADE ou FOX7) (CAS 145250-81-3);

f. 2, 4-dinitroimidazol (DNI) (CAS 5213-49-0);

g. Diaminoazoxifurazano (DAAOF ou DAAF) (CAS 78644-89-0);

h. Diaminotritrobenzeno (DATB) (CAS 1630-08-6);

i. Dinitroglicolurilo (DNGU ou DINGU) (CAS 55510-04-8);

j. 2,6-Bis (picrilamino)-3,5-dinitropiridina (PYX) (CAS 38082-89-2);

k. 3,3'-diamino-2,2',4,4',6,6'-hexanitrobifenilo ou dipicramida (DIPAM) (CAS 17215-44-0);

l. Diaminoazofurazano (DAAzF) (CAS 78644-90-3);

m. 1,4,5,8-tetranitro-piridazino[4,5-d]piridazina (TNP) (CAS 229176-04-9);

n. Hexanitrostilbeno (HNS) (CAS 20062-22-0); ou

o. Qualquer explosivo com uma densidade do cristal maior que 1,8 g/cm³ tendo uma velocidade de detonação maior que 8.000 m/s.

6.D SOFTWARE

X.X.X.

6.E TECNOLOGIA

6.E.1 "Tecnologia" de acordo com os controles de tecnologia para "desenvolvimento", "produção", ou "uso" de equipamento, material ou "software" especificado no item 6.A. a 6.D