

Nº 206 - DOU – 29/10/2025 - Seção 1 – p.41

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO
COMISSÃO INTERMINISTERIAL DE CONTROLE DE EXPORTAÇÃO DE BENS SENSÍVEIS

RESOLUÇÃO CIBES Nº 42, DE 28 DE OUTUBRO DE 2025

Aprova 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.

A Comissão Interministerial de Controle de Exportação de Bens Sensíveis - CIBES, no uso da competência que lhe foi outorgada pelo Art. 4.º, Inciso II, do Decreto nº 4.214, de 30 de Abril de 2002, resolve:

Art. 1º Fica aprovada, na forma dos Anexos I e II desta Resolução, 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.

Art. 2º Fica revogada a Resolução CIBES nº 23, de 18 de novembro de 2014.

Art. 3º Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

SÉRGIO ANTÔNIO FRAZÃO ARAUJO
Presidente da Comissão

ANEXO I

LISTA DE EQUIPAMENTO, MATERIAL E TECNOLOGIA NUCLEAR

NOTAS GERAIS

Seção I

Objetivo

1. O objetivo desses controles não é o restringir ou impedir a transferência de partes componentes. A CIBES tomará ações necessárias para que a transferência de partes componentes seja regulada.

Seção II

Controles de Tecnologia

1. A transferência de "tecnologia" diretamente associada a qualquer item nesta Lista de Controle estará sujeita a um grau de análise e controle tão grande quanto a do próprio item, na medida permitida pela legislação nacional.

2. Os controles sobre a transferência de "tecnologia" não se aplicam às informações de domínio público ou à "pesquisa científica básica".

3. Além dos controles sobre a transferência de tecnologia por razões de não proliferação nuclear, os fornecedores devem promover a proteção dessa tecnologia para o projeto (design), construção e operação de instalações considerando o risco de ataques terroristas, e devem enfatizar aos destinatários a necessidade de fazer o mesmo.

Seção III

Controles de Software

1. A transferência de "software" especialmente projetado ou preparado para o desenvolvimento, produção ou uso de qualquer item nesta Lista de Controle estará sujeita a um grau de análise e controle tão grande quanto a do próprio item, na medida do permitido pela legislação nacional.

2. Para fins de implementação das Diretrizes para transferências de software, os fornecedores devem aplicar os mesmos princípios que para transferências de "tecnologia" (Seção II, supracitada).

Seção IV

Definições

1. "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.

2. "Desenvolvimento": Está relacionado a todas as fases antes da "produção", como:

- Projeto (design);
- 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.

3. "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 descaracterizam a "tecnologia" ou "software" de ser de domínio público).

4. "Microprogramas": 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.

5. "Outros elementos": Todos os outros elementos, além de hidrogênio, urânio e plutônio.

6. "Produção" - significa todas as fases de produção, como:

- Construção;
- Engenharia de produção;
- Fabricação;
- Integração;
- Montagem;
- Inspeção;
- Teste; e
- Garantia da qualidade.

7. "Computador": Máquina que pode ser programada para executar sequências de operações aritméticas ou lógicas automaticamente.

8. "Programa": Uma sequência de instruções para realização de um processo, ou a transformação de um protocolo executável por um computador.

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

10. "Assistência técnica": Pode significar instrução, habilidades, treinamento, trabalho especializado, treinamento, conhecimento prático ou teórico do trabalho ou serviços de consultoria.

Nota: "Assistência técnica" pode envolver transferência de "dados técnicos".

11. "Dados técnicos": Podem estar em várias formas, como: Plantas, planos, desenhos, desenhos técnicos, 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.

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

13. "Utilização" ou "Uso": Operação, instalação (incluindo a instalação no local), manutenção (verificação), reparo, revisão ou reforma.

14. "On-line": Conexão com ou sem fio que permite a transmissão de dados para um computador ou um processador eletrônico para converter sinais gerados por um equipamento em um formato adequado para a visualização, registro de informações ou atuação de alarmes.

15. "Massa efetiva": Média ponderada da massa de cada um dos isótopos que compõem o material. Não está no documento original.

16. O Sistema Internacional de Unidades (SI) é usado em toda a Lista de Controle. Em todos os casos, a quantidade física definida em unidades do SI deve ser considerada como o valor de controle recomendado. As abreviações normalmente usadas (e seus prefixos denotando grandeza) nesta Lista de Controle estão relacionadas na Tabela 1:

Tabela 1. Abreviações

"	arco-segundo(s)	ângulo
°	grau(s)	ângulo
A	ampère(s)	corrente elétrica
CAS	Serviço de registro de substância química	-
°C	graus Celsius	temperatura
cm	centímetro(s)	comprimento
cm ²	centímetro(s) quadrado(s)	área
cm ³	centímetro(s) cúbico(s)	volume
g	grama(s)	massa
g ₀	aceleração da gravidade (9,80665 m/s ²)	aceleração
GBq	gigabecquerel(eis)	atividade (radioativo)
GHz	gigahertz	frequência
GPa	gigapascal(s)	pressão
Gy	gray(s)	radiação ionizante absorvida
H	Henry(s)	indutância elétrica
h	hora(s)	tempo
Hz	Hertz	frequência
J	Joule(s)	energia, trabalho, calor
K	Kelvin	temperatura, termodinâmica
keV	quiloelétron-volt	energia, elétrica
kg	quilograma(s)	massa
kHz	quilohertz	frequência
kJ	quilojoule(s)	energia, trabalho, calor
kN	quilonewton(s)	força
kPa	quilopascal	pressão
kV	quilovolt(s)	potencial elétrico
kW	quilowatt(s)	potência
l	litro(s)	volume (líquidos)
m	metro(s)	comprimento
m ²	metro(s) quadrado(s)	área
m ³	metro(s) cúbico(s)	volume

mA	miliampère(s)	corrente elétrica
MeV	megaelétron-volt	energia, elétrica
MHz	megahertz	frequência
min	minuto(s)	tempo
ml	mililitro(s)	volume (líquidos).
mm	milímetro(s)	comprimento
MPa	megapascal(s)	pressão
mPa	milipascal(s)	pressão
MPE	erro máximo admissível	comprimento, medida
MW	megawatt(s)	potência
uF	microfarad	capacitância elétrica
um	micrômetro(s)	comprimento
us	microsegundo(s)	tempo
N	Newton(s)	força
nF	nanofarad	capacitância elétrica
nH	nanohenry(s)	indutância elétrica
nm	nanômetro(s)	comprimento
ns	nanosegundo(s)	tempo
Ohm	ohm(s)	resistência elétrica
Pa	Pascal(s)	pressão
ppm	partes por milhão	concentração, medida
ps	picosegundo(s)	tempo
rpm	rotações por minuto	velocidade angular
s	segundo(s)	tempo
T	Tesla	densidade de fluxo magnético
u	unidade de massa atômica	massa em uma escala atômica ou molecular
V	volt(s)	potencial elétrico
VA	volt-ampère(s)	potencial elétrico
W	watt(s)	potência

APÊNDICE A DO ANEXO I

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; quaisquer 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 periodicamente pela Junta de Governos da AIEA; e outro tipo de material que aquela Junta de Governos periodicamente assim o determinar.

1.2. "Material fissionável especial"

I - O termo "Material fissionável especial" significa plutônio-239 (^{239}Pu); urânio-233 (^{233}U); 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 Governos, periodicamente, 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 o ocorre na natureza.

No entanto, para fins das diretrizes de controle de exportação, itens especificados no inciso (a) abaixo, e exportações de material fonte ou material fissível especial para um determinado país destinatário, dentro de um período de 12 meses, em quantidades inferiores aos limites especificados na Tabela 2 do inciso (b) abaixo, não devem ser incluídos:

a) Plutônio com uma concentração de plutônio-238 (^{238}Pu) superior a 80%;

Material fissível especial quando usado em quantidades da ordem de gramas ou menos como um componente de sensores 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) Conforme tabela abaixo:

Tabela 2. Materiais e respectivas massas limites para controle de exportação.

Material fissível especial	50 g efetivos
Urânio natural	500 kg
Urânio empobrecido	1000 kg
Tório	1000 kg

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 DO ANEXO I serão consideradas como insignificantes para fins práticos):

2.1. Reatores nucleares e equipamentos especialmente projetados ou preparados e seus componentes (ver APÊNDICE B DO ANEXO I);

2.2. Materiais não-nucleares para reatores (ver APÊNDICE B DO ANEXO I - item 2);

2.3. Instalações para o reprocessamento de elementos combustíveis irradiados, e equipamentos especialmente projetados ou preparados para esse fim (ver APÊNDICE B DO ANEXO I item 3);

2.4. Instalações para a fabricação de elementos combustíveis e equipamentos especialmente projetados ou preparados para esse fim (ver APÊNDICE B DO ANEXO I - item 4);

2.5. Instalações para a separação de isótopos de urânio, urânio empobrecido ou materiais fissíveis especiais e equipamentos, além de instrumentos analíticos, especialmente projetados ou preparados para esse fim (ver APÊNDICE B DO ANEXO I - item 5);

2.6. Instalações para a produção ou concentração de água pesada, deutério e compostos de deutério e equipamentos especialmente projetados ou preparados para esse fim (ver APÊNDICE B DO ANEXO I - item 6); e

2.7. Instalações para a conversão de urânio e plutônio para uso na fabricação de elementos combustível e de separação de isótopos de urânio conforme definido nos itens 4 e 5 (ver APÊNDICE B DO ANEXO I), respectivamente, e equipamentos especialmente projetados ou preparados para esse fim (ver APÊNDICE B DO ANEXO I item -7).

APÊNDICE B DO ANEXO I

Esclarecimento Sobre Itens da Lista de Controle Diretamente Relacionados a Área Nuclear (Trigger List)

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

NOTA INTRODUTÓRIA

Diversos tipos de reatores nucleares podem ser caracterizados pelo moderador utilizado (por exemplo: grafite, água pesada, água leve, nenhum), pelo espectro de nêutrons (por exemplo, térmicos, rápidos), pelo tipo de refrigerante utilizado (por exemplo, água, metal líquido, sal fundido, gás) ou pela sua função ou tipo (por exemplo, reatores de potência, reatores de pesquisa, reatores de teste). Pretende-se que todos esses tipos de reatores nucleares estejam incluídos no escopo deste item e de todos seus subitens, quando aplicável. 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 autossustentada controlada.

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 núcleo 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. Os itens individuais que se enquadrem dentro desse limite o qual é definido pela funcionalidade do item, serão exportados apenas em concordância com os procedimentos das Diretrizes, e se encontram listados nos subitens 1.2. a 1.11. O Governo se reserva ao direito de aplicar os procedimentos das Diretrizes a outros itens dentro desse limite definido pela funcionalidade do item.

1.2. Vasos de reatores nucleares

Vasos metálicos, ou partes principais fabricadas, projetadas ou preparadas especialmente para conter o núcleo de um reator nuclear, tal como definido no subitem 1.1. acima, bem como os componentes internos do reator conforme definido no subitem 1.8.

NOTA EXPLICATIVA

O subitem 1.2. abrange vasos de reatores nucleares independentemente da faixa de pressão e inclui vasos de pressão do reator e calandrias. A tampa superior do vaso de pressão do reator está incluída no subitem como uma peça principal fabricada de um vaso de reator.

1.3. Máquinas para carregamento e descarregamento do combustível de reatores nucleares

Equipamento manipulável especialmente projetado ou preparado para inserir ou remover combustível em um reator nuclear, conforme definido no subitem 1.1 supracitado.

NOTA EXPLICATIVA

Os itens supracitados são capazes de realizar a operação de carregamento ou descarregamento quando o reator estiver em operação ou empregando dispositivos tecnicamente sofisticados de posicionamento ou alinhamento para permitir operações complexas de reabastecimento de combustível quando o reator estiver fora de operação, como aquelas nas quais a visualização direta ou o acesso ao combustível normalmente não são possíveis.

1.4. Equipamentos e barras de controle de reatores nucleares

Barras, estruturas de suporte ou suspensão e mecanismos de acionamento de barras ou tubos-guia de barras, especialmente projetadas ou preparadas para elas, mecanismos de acionamento ou tubos guias de barras para controlar o processo de fissão em um reator nuclear, como definido no subitem 1.1 supracitado.

1.5. Tubos de pressão do reator nuclear

Tubos especialmente projetados ou preparados para conter simultaneamente os elementos combustíveis e o refrigerante do sistema primário de um reator, tal como definido no subitem 1.1 supracitado.

NOTA EXPLICATIVA

Tubos de pressão são partes dos canais de combustível nuclear projetados para funcionar a uma pressão elevada, algumas vezes 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 preparados para uso como revestimento do combustível em um reator nuclear, tal como definido no subitem 1.1 supracitado, e em quantidades superiores a 10 Kg.

Observação: Para tubos de pressão de zircônio, consulte o item 1.5. Para tubos calandria o consulte o item 1.8.

NOTA EXPLICATIVA

Tubos metálicos de zircônio ou tubos de ligas de zircônio para uso em um reator nuclear consistem em zircônio no qual a relação de háfnio para zircônio é tipicamente inferior a 1:500 partes em peso.

1.7. Bombas ou circuladores de resfriamento do circuito primário

Bombas ou circuladores especialmente projetadas ou preparados para a circular o refrigerante primário em reatores nucleares, como definido no subitem 1.1 supracitado.

NOTA EXPLICATIVA

Bombas ou circuladores especialmente projetados ou preparados incluem bombas para reatores resfriados a água, circuladores para reatores resfriados a gás e bombas eletromagnéticas e mecânicas para reatores resfriados por metal líquido. Estes equipamentos podem incluir bombas com sistemas de vedação elaborados ou multiselados (multivedados) para prevenir a fuga do refrigerante do circuito primário, bombas seladas e bombas com sistemas de massa inercial. Esta definição compreende bombas certificadas conforme a Seção III, Divisão I, subitem NB (componentes da Classe 1) do Código da Sociedade Americana de Engenharia Mecânica (ASME), ou padrões equivalentes.

1.8. Componentes internos de reatores nucleares

Partes internas do reator nuclear são especialmente projetadas ou preparadas componentes internos de reatores nucleares especialmente projetados ou preparados para uso em um reator nuclear, conforme definido no subitem 1.1 supracitado. Isso inclui, por exemplo, colunas de suporte para o núcleo, canais de combustível, tubos calandrados, isolamentos térmicos, placas defletoras, placas superiores do núcleo e placas difusoras.

NOTA EXPLICATIVA

Os componentes internos de reatores nucleares são estruturas principais dentro do vaso do reator que têm uma ou mais funções, tais como suportar o núcleo, manter o alinhamento do elemento combustível, direcionar o fluxo de refrigerante do circuito primário, fornecer proteção ao vaso do reator contra a radiação e guiar a instrumentação no interior do núcleo.

1.9. Trocadores de Calor

(a) Geradores de vapor especialmente projetados ou preparados para serem utilizados no circuito de resfriamento primário ou intermediário de um reator nuclear, conforme definido no subitem 1.1 supracitado.

(b) Outros trocadores de calor especialmente projetados ou preparados para serem utilizados no circuito de resfriamento primário de um reator nuclear, conforme definido no subitem 1.1 supracitado.

NOTA EXPLICATIVA

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

Em um reator resfriado a gás, um trocador de calor pode ser utilizado para transferir o calor para um circuito secundário de gás que aciona uma turbina a gás.

O escopo de controle deste item não inclui trocadores de calor para os sistemas de apoio do reator (por exemplo, o sistema de refrigeração de emergência ou o sistema de resfriamento de calor residual).

1.10. Detectores de Nêutrons

Detectores de nêutrons especialmente projetados ou preparados para determinar o nível de fluxo no núcleo do reator, conforme definido no subitem 1.1 supracitado.

NOTA EXPLICATIVA

O escopo deste item abrange os detectores internos e externos ao núcleo do reator, que medem o fluxo em grande escala, tipicamente de 10^4 nêutrons por cm^2 por segundo ou mais. Detector externo ao núcleo refere-se àqueles instrumentos de medição fora do núcleo de um reator, conforme definido no subitem 1.1 supracitado, mas localizados dentro da blindagem biológica.

1.11. Blindagem térmica externa

Blindagem térmica externa especialmente projetada ou preparada para uso em um reator nuclear, conforme definido no subitem 1.1 supracitado, para a redução da perda de calor e também para a proteção do vaso de contenção.

NOTA EXPLICATIVA

Blindagens térmicas externas são estruturas principais colocadas sobre o vaso do reator que reduzem as perdas de calor do reator nuclear e reduzem a temperatura no interior do vaso de contenção.

2. Materiais não-nucleares para reatores nucleares

EXPORTAÇÃO

2.1. Deutério e água pesada

Deutério, água pesada (óxido de deutério) e qualquer outro composto de deutério em que a proporção de átomos de deutério para hidrogênio exceda 1:5000 para uso em um reator nuclear, conforme definido no subitem 1.1 supracitado, em quantidades superiores a 200 kg de átomos de deutério para qualquer país destinatário dentro de um período de um ano civil (1º de janeiro a 31 de dezembro).

2.2. Grafite de grau nuclear

Grafite com um nível de pureza superior a 5 ppm (partes por milhão) de boro equivalente e com uma densidade superior a 1,50 g/cm³ para uso em um reator nuclear, conforme definido no subitem 1.1 supracitado, em quantidades excedendo 1 kg.

NOTA EXPLICATIVA

Para fins de controle de exportação, o Governo determinará se as exportações de grafite que atendem às especificações acima são para uso em reatores nucleares. Grafite com um nível de pureza superior a 5 ppm (partes por milhão) em boro equivalente e com uma densidade maior que 1,50 g/cm³, que não seja para uso em um reator nuclear, conforme definido no subitem 1.1 supracitado, não está coberto por este parágrafo.

O Boro Equivalente (BE) pode ser determinado experimentalmente ou calculado como a soma de BE-Z para impurezas (excluindo BE-Carbono pois o carbono não é considerado uma impureza), incluindo o boro, onde:

$BE-Z \text{ (ppm)} = CF \times \text{concentração do elemento "Z" (em ppm)}$;

CF é a conversão do fator: $(-Z \times A-B)$ dividido por $(o-B \times A-Z)$

oB e oZ são seções transversais de captura de nêutrons térmicos (em barns) para o boro naturalmente presente e o elemento "Z", respectivamente.

A-B e A-Z são as massas atômicas de ocorrência de boro naturalmente presente e elemento Z, respectivamente.

3. Instalações para o reprocessamento de elementos combustíveis irradiados e equipamentos especialmente projetados ou preparados para esse fim

NOTA INTRODUTÓRIA

O reprocessamento de combustível nuclear irradiado separa plutônio e urânio de produtos de fissão intensamente radioativos e de outros elementos transurânicos. Diferentes processos técnicos podem realizar essa separação. No entanto, ao longo dos anos, o Processo de Recuperação de Plutônio e Urânio por Extração, em inglês, Plutonium Uranium Recovery by Extraction (Purex) se tornou o processo mais comumente usado e aceito. O processo Purex envolve a dissolução de combustível nuclear irradiado em ácido nítrico, seguido pela separação do urânio, plutônio, e de produtos de fissão por meio de extração por solvente usando uma mistura de fosfato de tributila em um diluente orgânico.

As instalações Purex têm funções de processo similares entre si, incluindo a remoção do revestimento e/ou corte dos elementos combustíveis irradiados, dissolução do combustível, extração com solvente e armazenamento de soluções do processo. Pode também existir equipamentos para denitração térmica do nitrato de urânio, conversão do nitrato de plutônio para óxido ou metal, e tratamento do licor de resíduos de produtos de fissão em uma forma adequada à deposição ou armazenamento por longo prazo.

No entanto, o tipo específico e a configuração do equipamento que desempenha essas funções pode diferir entre instalações Purex por vários motivos, incluindo o tipo e quantidade de combustível nuclear irradiado a ser reprocessado, a aplicação 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 equipamentos e os componentes que normalmente entram em contato direto e controlam diretamente o combustível irradiado, bem como os principais fluxos de processamento do material nuclear e dos produtos de fissão.

Esses processos, incluindo os sistemas completos para a conversão do plutônio e produção do plutônio metálico, podem ser identificados por meio das medidas tomadas para evitar criticalidade (por exemplo, geometria anticrítica), exposição à radiação (por exemplo, por meio de blindagem) e risco de toxicidade (por exemplo, por meio 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 de funcionalidade definidos, conforme listado abaixo. Os itens de equipamento considerados que são como enquadrados no significado da citação "e equipamento especialmente projetado ou preparado" para o reprocessamento de elementos de combustível irradiado, incluem:

3.1. Equipamentos de remoção de revestimento e corte de elementos combustíveis irradiados

Equipamentos operados remotamente, especialmente projetados ou preparados para uso em instalações de reprocessamento como descritas acima, e destinados a expor ou preparar o material nuclear irradiado contido em elementos combustíveis, conjuntos ou varetas para processamento.

NOTA EXPLICATIVA

Esse equipamento corta, pica, cisalha ou de outra forma rompe o revestimento do combustível para expor o material nuclear irradiado ao processamento ou prepara o combustível para o processamento.

Tesouras especialmente projetadas são os dispositivos mais comumente utilizados, embora equipamentos avançados, como lasers, máquinas de remoção de revestimento ou outras técnicas, também possam ser empregados. A remoção de revestimento do elemento combustível irradiado (decladding) consiste na remoção do revestimento do combustível nuclear irradiado antes de sua dissolução.

3.2. Dissolvedores

Vasos/tanques dissolvedores ou dissolvedores que empregam dispositivos mecânicos especialmente projetados ou preparados para uso em uma instalação de reprocessamento, conforme identificado acima, destinados à dissolução de combustível nuclear irradiado, capazes de suportar líquidos quentes e altamente corrosivos, e que podem ser carregados, operados e mantidos remotamente.

NOTA EXPLICATIVA

Os dissolvedores normalmente recebem o combustível nuclear irradiado sólido.

Combustíveis nucleares com revestimento feito de materiais como zircônio, aço inoxidável ou ligas desses materiais devem ser desrevestidos e/ou cortados ou picados antes de serem carregados no dissolvedor, para permitir que o ácido alcance a matriz do combustível. O combustível nuclear irradiado é tipicamente dissolvido em ácidos minerais fortes, como o ácido nítrico, e qualquer revestimento não dissolvido é removido. Embora certas características de projeto, como tanques de pequeno diâmetro, anelares ou em formato de placa, possam ser usadas para garantir a segurança quanto à criticidade, elas não são obrigatórias. Controles administrativos, como tamanho reduzido do lote ou baixo conteúdo de material físsil, podem ser usados em seu lugar. Os vasos dissolvedores e os dissolvedores que empregam dispositivos mecânicos são normalmente fabricados com materiais como aço inoxidável de baixo carbono, titânio ou zircônio, ou outros materiais de alta qualidade. Os dissolvedores podem incluir sistemas para remoção do revestimento ou dos resíduos de revestimento, bem como sistemas para controle e tratamento dos gases radioativos liberados. Esses dissolvedores podem contar com recursos para operação remota, já que normalmente são carregados, operados e mantidos atrás de blindagens espessas.

3.3. Solventes extratores e equipamentos para extração por solvente

Equipamentos para extração por solvente especialmente projetados ou preparados (como colunas pulsadas ou empacotadas, contadores centrífugos ou misturadores decantadores) para uso em uma usina de reprocessamento de combustível irradiado. Equipamentos para extração por solvente devem ser resistentes ao efeito corrosivo do ácido nítrico, sendo normalmente fabricados com padrões extremamente elevados (incluindo soldagem especial inspeção, e controle de qualidade e garantia de qualidade) a partir de aços inoxidáveis com baixo teor de carbono, titânio, zircônio ou outros materiais de alta qualidade.

NOTA EXPLICATIVA

Equipamentos para extração por solvente recebem a solução de combustível irradiado a partir dos dissolvedores e da solução orgânica que separa o urânio, o plutônio e produtos de fissão do líquido extratante (ácidos inorgânicos fortes). O equipamento de extração de solventes é normalmente projetado para satisfazer parâmetros de operação rigorosos, como longa vida operacional sem necessidade de manutenção ou adaptabilidade para fácil substituição, operação e controle simplificados, e flexibilidade para variações nas condições de processo.

3.4. Vasos de contenção ou armazenamento químico

Vasos de contenção ou armazenamento químico especialmente projetados ou preparados para uso em uma instalação 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 geralmente fabricados de materiais como aços inoxidáveis com baixo teor de carbono, titânio ou zircônio, ou outros materiais de alta qualidade. Os 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 Boro Equivalente (BE) de pelo menos dois por cento (2%);
2. Diâmetro máximo de 175 mm para vasos cilíndricos; ou
3. Largura máxima de 75 mm para vasos anulares ou em formato de placa.

NOTA EXPLICATIVA

Três fluxos principais de licor de processo resultam da etapa de extração por solvente. Vasos de armazenamento ou de contenção química são usados no processamento subsequente destes três fluxos, da seguinte forma:

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

(b) A solução de produtos de fissão altamente radioativa 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 descarte.

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

3.5. Sistema de medição de neutros para controle de processo

Sistemas de medição de nêutrons especialmente projetados ou preparados para a integração e uso com sistemas de controle de processo automatizados em uma instalação de reprocessamento de elementos combustíveis irradiados.

NOTA EXPLICATIVA

Estes sistemas possuem a capacidade de medição e discriminação de nêutrons ativa e passiva 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 deste item não inclui instrumentos de detecção e medição de nêutrons que são projetados para a contabilidade de materiais nucleares e salvaguardas ou qualquer outra aplicação não relacionada à integração e uso com sistemas automatizados para controle de processos em uma instalação de reprocessamento de elementos combustíveis irradiados.

4. Instalações para fabricação de elementos combustíveis para reatores nucleares e equipamentos especialmente projetados ou preparados para essa finalidade

NOTA INTRODUTÓRIA

Elementos combustíveis nucleares que são fabricados de um ou mais materiais fissionáveis especiais ou fontes mencionadas neste Anexo, em Materiais e Equipamentos. Para combustíveis na forma de óxidos, o tipo mais comum de combustível, estarão presentes equipamentos para prensagem de pastilhas, sinterização, moagem e homogeneizadores de pós. Combustíveis compostos por misturas de óxidos são manuseados em caixas de luvas (ou contenção equivalente) até serem prensados e sinterizados para após essas etapas serem introduzidos nas varetas de revestimento.

Combustíveis compostos por misturas de óxidos são manuseados 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 garantir um desempenho adequado e seguro durante a operação do reator. Além disso, em todos os casos, é necessário um controle preciso dos processos, procedimentos e equipamentos, em padrões de qualidade e controle extremamente elevados, para garantir o desempenho previsível e seguro do combustível.

NOTA EXPLICATIVA

Itens de equipamentos que são classificados como "especialmente projetados ou preparados" para a fabricação de elementos combustíveis, incluem equipamentos que:

(a) Normalmente entram em contato direto com, ou processam diretamente, ou controlam o fluxo de produção de material nuclear;

(b) Selam/vedam o material nuclear dentro do revestimento;

(c) Verificam a integridade do revestimento ou da selagem/vedação;

(d) Verificam o acabamento final do combustível selado/vedado; ou/e

(e) São utilizados para a montagem de elementos combustíveis nucleares para reatores.

Esses equipamentos ou sistemas de equipamentos podem incluir, por exemplo:

(1) Estações de inspeção de pastilhas totalmente automáticas, especialmente projetadas ou preparadas para verificação das dimensões finais e defeitos de superfície das pastilhas de combustíveis;

(2) Máquinas de solda automáticas, especialmente projetadas ou preparadas para soldagem dos tampões extremidade das varetas de combustível (ou barras);

(3) Estações de teste e de inspeção automáticas, especialmente projetadas ou preparadas para verificar a integridade das varetas e das soldas dos tampões das varetas que compõem o elemento combustível (ou hastes) finalizado;

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

O Item 3 supracitado tipicamente inclui equipamentos para:

(a) Exame por raios-X para a verificação das soldas dos tampões terminais que vedam as extremidades das varetas e também para verificação das próprias varetas (ou barras);

(b) Detecção de vazamento de hélio nas varetas já pressurizadas(ou hastes); e

(c) Escaneamento das varetas e soldas por raios gama (ou hastes) para verificar o carregamento correto das pastilhas de combustível no seu interior.

5. Instalações para separação de isótopos de urânio natural, urânio empobrecido ou material físsil especial e equipamentos, além de instrumentos analíticos, especialmente projetados ou preparados para essa finalidade

NOTA INTRODUTÓRIA

Instalações, equipamentos e tecnologia para a separação de isótopos de urânio tem, em muitos casos, uma estreita relação com as instalações, equipamentos e tecnologia para a separação isotópica de "outros elementos". Em casos particulares, os controles previstos nesse item 5, também se aplicam às instalações e equipamentos que se destinam para a separação isotópica de "outros elementos". Esses controles sob as instalações e equipamentos para a separação de "outros elementos" são complementares aos controles em instalações e equipamentos especialmente projetados ou preparados para o processamento, uso ou produção de material físsil especial abrangido por este APÊNDICE B DO ANEXO I.

Os controles complementares deste item envolvendo "outros elementos" não se aplicam ao processo de separação isotópica eletromagnética, que é tratado no Anexo II.

Os processos para os quais os controles deste item 5 se aplicam igualmente, seja para separação de isótopos de urânio ou a para separação de isótopos de "outros elementos", são: 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 que está sendo separado. Estes processos são: processos a laser (por exemplo, a separação isotópica por laser molecular e separação isotópica por laser de vapor atômico), troca química e troca iônica. A CIBES, portanto, irá avaliar adequadamente esses processos, caso a caso, para aplicar os controles deste item 5 para usos envolvendo "outros elementos".

Os itens de equipamento que se enquadram no significado da expressão "equipamentos, além de instrumentos analíticos, especialmente projetado ou preparados" para a separação de isótopos de urânio, incluem:

5.1. Centrífugas a gás e conjuntos e componentes especialmente projetados ou preparados 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 300 m/s ou mais, sobre seu eixo central vertical. Para alcançar alta velocidade, os materiais de construção para componentes de rotação devem ter uma alta razão de resistência/densidade, e, portanto, o conjunto rotor e seus componentes individuais devem ser fabricados com tolerâncias muito precisas 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 um defletor (ou defletores) rotativo em forma de disco e um arranjo de tubos estacionários para alimentação e extração do gás hexafluoreto de urânio (UF_6), apresentando pelo menos três canais separados, dos quais dois são conectados a coletores que se estendem do eixo rotor em direção à periferia da câmara do rotor.

Também estão contidos dentro do meio a vácuo uma série 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 exclusivos. 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 rotativos

(a) Conjuntos completos de rotores:

Cilindros de paredes finas, ou vários cilindros de paredes finas interconectados, fabricados de um ou mais materiais de alta razão resistência/densidade descritos na NOTA EXPLICATIVA deste item. Se interconectados, os cilindros são unidos por anéis ou foles flexíveis conforme descrito no subitem 5.1.1 (c). Na

forma final, o rotor é equipado com um defletor interno (ou defletores) e tampas, como descrito nos subitens 5.1.1 (d) e 5.1.1 (e). No entanto, o conjunto completo pode ser remetido apenas parcialmente montado.

(b) Tubos rotores

Cilindros de parede fina especialmente projetados ou preparados 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 deste item.

(c) Anéis ou foles

Componentes especialmente projetados ou preparados para fornecer suporte localizado para o tubo rotor ou para conectar vários tubos rotores. O fole é um cilindro curto 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 deste item.

(d) Defletores

Componentes em forma de disco, com diâmetro entre 75 mm e 650 mm, especialmente projetados ou preparados 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 principal de separação do tubo rotor, e fabricados com materiais de alta razão resistência/densidade descritos na NOTA EXPLICATIVA deste item.

(e) Tampas superiores/Tampas inferiores

Componentes em forma de disco, com diâmetro entre 75 mm e 650 mm, especialmente projetados ou preparados para serem encaixados nas extremidades do tubo rotor, para conter o UF₆ dentro do tubo rotor, e em alguns casos, para suportar, reter ou conter como parte integrada um elemento do rolamento superior (tampa superior) ou para transportar os elementos de rotação do motor e do rolamento inferior, e fabricados com um dos materiais de alta razão resistência/densidade descritos na NOTA EXPLICATIVA deste item.

NOTA EXPLICATIVA

Os materiais utilizados nos componentes rotativos da centrífugas incluem:

(a) Aço maraging com resistência à tração de 1,95 GPa ou superior;

(b) Ligas de alumínio com resistência à tração de 0,46 GPa ou superior;

(c) Materiais filamentosos adequados para serem usados em estruturas de compostas, com módulo específico de $3,18 \times 10^6$ m ou maior e resistência à tração máxima específica de $7,62 \times 10^4$ m ou maior. ("Módulo específico" é o Módulo de Young em N/m², dividido pelo peso específico em N/m³; "Resistência à Tração Máxima Específica" é a resistência 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 preparados consistindo de um ímã anular suspenso dentro de uma carcaça contendo um meio amortecedor. A carcaça será fabricada de um material resistente a UF₆ (veja a NOTA EXPLICATIVA no subitem 5.2.). O ímã se acopla com uma peça polar ou a um segundo ímã encaixado na tampa superior descrita no subitem 5.1.1 (e). O ímã pode ser em forma de anel, com uma relação entre o diâmetro interno e externo menor ou igual a 1,6:1. O ímã pode ter uma permeabilidade inicial de 0,15 H/m ou maior, uma remanescência de 98,5% ou mais, ou um produto de energia superior a 80 kJ/m³. Além das propriedades usuais do material, é um requisito que o desvio dos eixos magnéticos em relação aos eixos geométricos seja limitado a tolerâncias muito pequenas (inferiores a 0,1 mm) ou que a homogeneidade do material do ímã seja especialmente adequada.

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

NOTA EXPLICATIVA

Esses mancais geralmente possuem as seguintes características:

- Projetados para manter o rotor sobre o eixo de rotação girando a frequência de 600 Hz ou maior, e
- Associados a uma fonte de alimentação elétrica confiável e/ou a uma unidade de fonte de alimentação ininterrupta para funcionar por mais de uma hora.

(b) Mancais/Amortecedores

Mancais /Amortecedores especialmente projetados ou preparados consistindo em um conjunto de pino/tampa montado sobre um amortecedor. O pino é normalmente um eixo de aço temperado com um hemisfério em uma extremidade e com um dispositivo de fixação à tampa inferior, na outra extremidade, descrita no subitem

5.1.1 (e). O pino pode, no entanto, ter um mancal hidrodinâmico acoplado. A tampa tem um formato de pastilha com um entalhe hemisférico em uma das superfícies. Esses componentes são frequentemente fornecidos separadamente do amortecedor.

(c) Bombas moleculares

Cilindros especialmente projetados ou preparados com sulcos helicoidais internos extrudados ou usinados e furos internos usinados. As dimensões típicas 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 tem a seção transversal retangular com 2 mm ou mais de profundidade.

(d) Estatores de motor

Estatores em forma de anel, especialmente projetados ou preparados, para motores de histerese AC multifásicos de alta velocidade para operação síncrona em vácuo com uma frequência de 600 Hz ou maior e potência de 40 VA ou maior. Os estatores podem consistir em enrolamentos multifásicos sobre um núcleo de ferro laminado de baixa perda, composto de finas camadas, normalmente com espessura de 2 mm ou menos.

(e) Carcaça/recipientes da centrífuga

Componentes especialmente projetados ou preparados para conter o conjunto de tubos rotores de uma centrífuga a gás. A carcaça 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 flanges para montagem. As extremidades usinadas são paralelas uma à outra e perpendiculares ao eixo longitudinal do cilindro com uma precisão de até 0,05° ou menos. A carcaça também pode ser uma estrutura do tipo colmeia para acomodar vários conjuntos de rotores.

(f) Coletores

Tubos especialmente projetados ou preparados para a extração do gás UF₆ de dentro do tubo rotor através da ação de um tubo de Pitot (isto é, com uma abertura voltada para o fluxo circunferencial de gás dentro do tubo rotor, por exemplo, inclinando extremidade de um tubo radialmente disposto) e capazes de serem fixados ao sistema central de extração do gás.

5.2. Sistemas auxiliares, equipamentos e componentes especialmente projetados ou preparados para instalações de enriquecimento por centrífuga a gás

NOTA INTRODUTÓRIA

Os sistemas auxiliares, equipamentos e componentes para uma instalação de enriquecimento por centrífuga a gás são os sistemas necessários para alimentar UF₆ nas centrífugas, conectar as centrífugas individuais uma às outras para formar cascatas (ou estágios), permitindo enriquecimentos progressivamente maiores, e extrair o UF₆ "produto" (UF₆ enriquecido - material com alto teor de isótopos desejados) e o "resíduo" (UF₆ empobrecido - material residual com baixo teor de isótopos desejados) das centrífugas, juntamente com o equipamento necessário para operar as centrífugas ou controlar a instalação de enriquecimento.

Normalmente, o UF₆ é evaporado a partir de sua forma sólida 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 "resíduo" que saem das centrífugas também são direcionadas por meio das tubulações de distribuição da cascata para armadilhas frias (operando em torno de 203 K (-70°C)), onde são condensadas antes de serem transferidas para recipientes adequados ao transporte ou armazenamento. Como uma instalação/planta de enriquecimento consiste em milhares de centrífugas dispostas em cascatas, há muitos quilômetros de tubulações da cascata, incorporando milhares de soldas com uma quantidade substancial de repetição de configurações/layout. Os equipamentos, sistemas de tubulação e componentes são fabricados com altos padrões de vácuo e limpeza.

NOTA EXPLICATIVA

Alguns dos componentes listados abaixo entram em contato direto com o gás UF₆ do processo ou controlam diretamente as centrífugas e a passagem do gás de uma centrífuga para outra e de uma cascata para outra. Os materiais resistentes à corrosão pelo UF₆ incluem cobre, ligas de cobre, aço inoxidável, alumínio, óxido de alumínio, ligas de alumínio, níquel ou ligas contendo 60% ou mais de níquel em peso e polímeros de hidrocarbonetos fluorados.

5.2.1. Sistemas de alimentação/sistemas de retirada do "Produto" e de "Rejeitos"

Sistemas de processo ou equipamentos especialmente projetados ou preparados para instalações de enriquecimento, fabricadas ou protegidas por materiais resistentes à corrosão pelo UF₆, incluindo:

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

(b) Desumibladores, armadilhas frias ou bombas utilizadas para remover o UF₆ do processo de enriquecimento para posterior transferência após o aquecimento;

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

(d) Estações de "produto" ou de "rejeitos" utilizadas para a transferência do UF₆ para recipientes (cilindros).

5.2.2. Sistemas de tubulação e sistemas de distribuição

Sistemas de tubulação e sistemas de distribuição especialmente projetados ou preparados para o manuseio do UF₆ dentro das cascatas de centrífugas. A rede de tubulação é normalmente do tipo coletor triplo com cada centrífuga conectada a cada um dos coletores. Portanto, há uma repetição substancial em sua forma. É totalmente feito de materiais resistentes ao potencial de corrosão do UF₆ (conforme a NOTA EXPLICATIVA deste item), e fabricado seguindo altos padrões de vácuo e limpeza.

5.2.3. Válvulas de fechamento e válvulas de controle

(a) Válvulas de fechamento especialmente projetadas ou preparadas para atuar nos fluxos gasosos de UF₆ de alimentação, produto ou resíduos de uma centrífuga a gás individual.

(b) Válvulas seladas por fole, manuais ou automatizadas, de fechamento ou controle, fabricadas com ou protegidas por materiais resistentes à corrosão por UF₆, com diâmetro interno de 10 a 160 mm, especialmente projetadas ou preparados para uso nos sistemas principais ou auxiliares de instalações de enriquecimento por centrífugas a gás.

NOTA EXPLICATIVA

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

5.2.4. Espectrômetro de massa/fontes de íons para medição de UF₆

Espectrômetros de massa especialmente projetados ou preparados, capazes de realizar amostragem "on-line" das correntes/fluxos de gás UF₆ e com todas as seguintes características:

1. Capazes de medir íons de massa atômica igual ou superior a 320 u e possuir uma resolução melhor (entenda-se "melhor" como "menor", dado que quanto menor o valor maior a resolução) que 1 parte para em 320;

2. Fontes de íons construídas de ou protegidas por níquel, ligas de cobre-níquel com 60% de níquel em peso ou mais, ou ligas de cromo-níquel;

3. Fontes de ionização por bombardeio de elétrons; e

4. Um sistema coletor adequado para análise isotópica.

5.2.5. Inversores de frequência

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

1. Saída de frequência multifásica de 600 Hz ou maior; e

2. Alta estabilidade (com controle de frequência melhor/menor que 0,2%).

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

NOTA INTRODUTÓRIA

No método de separação isotópica de urânio por difusão gasosa, 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 compreensão), válvulas de vedação e válvulas de controle, e tubulações. Considerando-se que a tecnologia de difusão gasosa usa UF₆, todos os equipamentos, tubulações e instrumentação (que entram em contato com o gás) devem ser fabricadas com materiais que permaneçam estáveis em contato com o UF₆. Uma instalação de difusão gasosa requer vários desses conjuntos, de tal forma que grandes quantidades desse material podem representar uma importante indicação de uso final.

5.3.1. Barreiras de difusão gasosa e materiais de para barreiras

(a) Filtros finos, porosos, especialmente projetados ou preparados, com tamanho de poros de 10 a 100 nm, espessura de 5 mm ou inferior e, para formas tubulares, um diâmetro de 25 mm ou menor, feitos de

materiais metálicos, poliméricos ou de cerâmica resistentes à corrosão do UF₆ (veja NOTA EXPLICATIVA do subitem 5.4); e

(b) Compostos ou pós especialmente projetados ou preparados para a fabricação de tais filtros. Tais compostos e pós incluem níquel ou ligas contendo 60% ou mais em peso de níquel, óxido de alumínio ou polímeros de hidrocarbonetos totalmente fluorados resistentes ao UF₆, com uma pureza de 99,9% ou mais em peso, um tamanho de partícula inferior a 10 µm e alto grau de uniformidade de tamanho de partículas, especialmente preparados para a fabricação de barreiras de difusão gasosa.

5.3.2. Carcaças de difusores

Recipientes hermeticamente selados, especialmente projetados ou preparados para conter barreiras de difusão gasosa, feitos de ou protegidos por materiais resistentes ao UF₆ (veja NOTA EXPLICATIVA do subitem 5.4).

5.3.3 Compressores e sopradores de gás

Compressores ou ventiladores de gás especialmente projetados ou preparados, com vazão (capacidade de volume) de sucção de 1 m³/min ou mais de UF₆, e com uma pressão de descarga de até 500 kPa, e projetados para operação de longo prazo em atmosfera de UF₆, bem como conjuntos separados de tais compressores e sopradores de gás. Esses compressores e sopradores têm uma razão de pressão de 10:1 ou menor e são feitos de, ou protegidos, por materiais resistentes ao UF₆ (veja NOTA EXPLICATIVA do subitem 5.4).

5.3.4. Vedações de eixo rotativo

Vedações a vácuo especialmente projetadas ou preparadas, com conexões para alimentação e exaustão da vedação, para vedar o eixo que conecta o rotor do compressor ou o soprador ao motor acionador, garantindo uma vedação confiável contra a entrada de ar na câmara interna do compressor ou soprador que opera com UF₆. Tais vedações são normalmente projetadas para uma taxa de fuga interna (infiltração) de gás pela vedação inferior a 1000 cm³/min.

5.3.5. Trocadores de calor para resfriamento do UF₆

Trocadores de calor especialmente projetados ou preparados, fabricados e/ou revestidos com materiais resistentes ao UF₆ (veja NOTA EXPLICATIVA do subitem 5.4, e destinados para uma taxa de variação de pressão devido a fuga (vazamento) inferior a 10 Pa/h submetidos a uma diferença de pressão de 100 kPa.

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

NOTA INTRODUTÓRIA

Os componentes, equipamentos e sistemas auxiliares para usinas de enriquecimento por difusão gasosa aqueles necessários para alimentar o UF₆ ao conjunto de difusão gasosa, para conectar os conjuntos individuais entre si para formar as cascatas (ou estágios) para permitir enriquecimentos progressivamente maiores e para extrair o "produto" e os "rejeitos" de UF₆ provenientes das cascatas de difusão.

Devido às altas propriedades inerciais das cascatas de difusão, qualquer interrupção em sua operação, e especialmente seu desligamento acarreta consequências graves. Portanto, é essencial assegurar uma manutenção rigorosa e constante do vácuo e em todos os sistemas tecnológicos, garantir uma proteção automática contra acidentes e regulação automatizada 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 distribuído na forma gasosa até o ponto de entrada através da rede de tubulação principal da cascata.

As correntes gasosas do UF₆ do "produto" e dos "rejeitos" que fluem de pontos de saída, passam através da rede de tubulação principal da cascata até armadilhas frias (criogênicas) ou estações de compressão, onde o gás UF₆ é liquefeito antes de ser transferido para recipientes adequados ao transporte ou armazenamento.

Como uma usina de enriquecimento por difusão gasosa consiste de um grande número de conjuntos de difusão gasosa dispostos em cascatas, existem muitos quilômetros de rede de tubulação principal da cascata, incorporando milhares de soldas com quantidades substanciais de repetição de arranjos (layout). Os sistemas de tubulação, componentes e equipamentos são fabricados seguindo altos padrões de limpeza e vácuo.

NOTA EXPLICATIVA

Os itens listados abaixo entram em contato direto com o gás de processo UF₆ ou que controlam diretamente o fluxo no interior da cascata. Os 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% por peso ou mais de níquel e polímeros de hidrocarbonetos fluorados.

5.4.1. Sistemas de alimentação/sistemas de retirada do produto e de rejeito

Equipamento ou sistemas de processo especialmente projetados ou preparados para usinas de enriquecimento, produzidos ou protegidos por materiais resistentes à corrosão por UF₆, incluindo:

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

(b) Dessublimadores, armadilhas frias (criogênicas) ou bombas utilizados para remover o UF₆ do processo de enriquecimento para posterior transferência mediante aquecimento;

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

(d) Estações de "produto" ou de "rejeitos" usadas para transferência de UF₆ para recipientes.

5.4.2. Sistemas de tubulação principal Header piping systems

Sistemas de tubulação principal e sistemas de tubulação de distribuição especialmente projetados ou preparados para manusear o UF₆ dentro das cascatas de difusão gasosa.

NOTA EXPLICATIVA

Essa rede de tubulação é normalmente um sistema principal de distribuição "duplo", com cada célula conectada a cada um dos distribuidores.

5.4.3. Sistemas de vácuo

(a) Distribuidores de vácuo, coletores de vácuo e bombas de vácuo especialmente projetados ou preparados, com uma capacidade de sucção de 5 m³/min ou mais.

(b) Bombas de vácuo especialmente projetadas para trabalhos em atmosferas contendo UF₆, produzidas ou protegidas por materiais resistentes à corrosão por UF₆ (veja NOTA EXPLICATIVA deste subitem - 5.4). Essas bombas podem ser rotativas ou de deslocamento positivo, com vedações de fluorcarbonetos, e podem ter fluídos de trabalho especiais presentes.

5.4.4. Válvulas especiais de controle e fechamento

Válvulas especialmente projetadas ou preparadas, com vedação por fole, manuais ou automatizadas, de fechamento ou controle, e produzidas ou protegidas com materiais resistentes ao UF₆, para instalação em sistemas principais e auxiliares de usinas de enriquecimento por difusão gasosa.

5.4.5. Espectrômetro de massa de UF₆/fontes de íons

Espectrômetros de massa especialmente projetados ou preparados, capazes de realizar amostragens em tempo real (on-line) de correntes de gás de UF₆, e que possuam todas as seguintes características:

1. Capazes de medir íons de massa atômica igual ou superior a 320 u e possuir uma resolução melhor (inferior) a 1 para 320;

2. Fontes de íons construídas ou protegidas por níquel, ligas de cobre-níquel com teor de níquel em peso igual ou superior a 60% de níquel ou ligas de cromo-níquel;

3. Fontes de ionização por bombardeio de elétrons;

4. Um sistema de coleta adequado para análise isotópica.

5.5. Sistemas, equipamentos e componentes especialmente projetados ou preparados para uso 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 curva.

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 vários desses estágios, de tal forma que quantidades possam fornecer um importante indicativo de uso final. Como os processos aerodinâmicos utilizam o UF₆, todos os equipamentos, tubulações e superfícies de instrumentação (que entram em contato com o gás) devem ser feitos ou protegidos por materiais que permaneçam estáveis quando em contato com UF₆.

NOTA EXPLICATIVA

Os itens listados neste subitem 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 os itens relacionados ao enriquecimento aerodinâmico descritos nesse subitem, 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% em peso ou mais de níquel e polímeros de hidrocarbonetos fluorados.

5.5.1. Bocais de separação

Bocais de separação especialmente projetados ou preparados e conjuntos para essa função. Os bocais de separação consistem em canais curvos, em forma de fenda, com um raio de curvatura inferior a 1 mm, resistentes à corrosão pelo UF₆ e com uma lâmina (faca) dentro do bocal que separa o gás que flui através do bocal em duas frações.

5.5.2. Tubos de vórtice

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

NOTA EXPLICATIVA

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

5.5.3. Compressores e sopradores de gás

Compressores ou sopradores de gás especialmente projetados ou preparados, produzidos ou protegidos com materiais resistentes à corrosão da mistura de UF₆/gás de arraste (hidrogênio ou hélio).

5.5.4. Vedações (selos) de eixo rotativo

Vedações (selos) de eixo rotativo especialmente projetadas ou preparadas, com conexões para alimentação e exaustão do selo, para vedar a eixo que conecta o rotor do compressor ou do soprador de gás ao motor de acionamento. Esses selos garantem uma vedação confiável contra vazamento de gás do processo para fora ou entrada de ar ou gás de vedação na câmara interna do compressor ou soprador de gás, que está preenchida com uma mistura de UF₆/gás de arraste.

5.5.5. Trocadores de calor para resfriamento do gás

Trocadores de calor especialmente projetados ou preparados, produzidos ou protegidos com materiais resistentes à corrosão pelo UF₆.

5.5.6. Invólucros do elemento de separação

Invólucros do elemento de separação especialmente projetados ou preparados, produzidos ou protegidos por materiais resistentes à 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

Sistemas ou equipamentos de processo especialmente projetados ou preparados para usinas de enriquecimento, e fabricados ou protegidos por materiais resistentes à corrosão pelo UF₆, incluindo:

(a) Autoclaves, fornos ou sistemas de alimentação usados para passar o UF₆ para o processo de enriquecimento;

(b) Dessublimadores (ou armadilhas frias) usados para remover o UF₆ do processo de enriquecimento para transferência subsequente após 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;

(d) Estações de "produto" ou "rejeitos" utilizadas para transferir o UF₆ para recipientes.

5.5.8. Sistemas de tubulação de distribuição

Sistemas de tubulação de distribuição especialmente projetados ou preparados, produzidos ou protegidos com materiais resistentes à 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. Sistemas e bombas de vácuo

(a) Sistemas de vácuo especialmente projetados ou preparados, consistindo de distribuidores de vácuo, coletores de vácuo e de bombas de vácuo, e projetados para operar em atmosferas contendo UF₆ ;

(b) Bombas de vácuo especialmente projetadas ou preparados para operar em atmosfera contendo UF₆, produzidas ou protegidas por materiais resistentes à corrosão pelo UF₆. Essas bombas podem usar selos de fluorcarbonetos e fluidos de trabalho especiais.

5.5.10. Válvulas especiais de controle e fechamento

Válvulas seladas por fole especialmente projetadas ou preparadas, manuais ou automatizadas, de fechamento rápido ou de controle, fabricadas ou protegidas com materiais resistentes à corrosão pelo UF₆, com diâmetro maior ou igual a 40 mm, para instalação em sistemas principais e auxiliares de usinas de enriquecimento aerodinâmico.

5.5.11. Espectrômetros de massa de UF₆ /fontes de íons

Espectrômetros de massa especialmente projetados ou preparados, capazes de realizar amostragens on-line das correntes de gás de UF₆, e possuindo todas as seguintes características:

1. Capazes de medir íons; com unidades de massa atômica de 320 ou mais e com resolução superior a 1 parte em 320;

2. Fontes íons construídas de ou protegidas por níquel, ligas de cobre-níquel teor de níquel com 60% em peso ou mais, ou ligas de cromo-níquel;

3. Fontes de ionização por bombardeio de elétrons; e

4. Sistema coletor adequado para análise isotópica.

5.5.12. Sistemas de separação do gás de arraste/UF₆

Sistemas de processo especialmente projetados ou preparados para a separação do UF₆ do gás de arraste (hidrogênio ou hélio).

NOTA EXPLICATIVA

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

(a) Trocadores de calor criogênicos e crioseparadores, capazes de atingir temperaturas de 153 K (- 120 °C) ou menos;

(b) Unidades de refrigeração criogênicas, capazes de atingir temperatura de 153 K (- 120 °C) ou menos;

(c) Unidades de bicos de separação ou tubos de vórtice para a separação de UF₆ do gás de arraste;

(d) Armadilhas frias de UF₆ capazes de congelar o UF₆.

5.6. Sistemas, equipamentos e componentes especialmente projetados ou preparados para uso em usinas de enriquecimento por troca iônica ou 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 líquidas imiscíveis (aquosa e orgânica) são contactadas em, criando um efeito de cascata em milhares de estágios de separação. A fase aquosa consiste de cloreto de urânio em solução de ácido clorídrico, enquanto a fase orgânica consiste de um extratante contendo cloreto de urânio em um solvente orgânico (extração por solvente). Os contadores empregados na cascata de separação podem ser colunas de troca de líquido-líquido (tais como colunas pulsadas com placas perfuradas) ou contadores centrífugos líquidos. Conversões químicas (oxidação e redução) são necessárias nas extremidades da cascata para atender aos requisitos de refluxo em cada extremidade.

Um aspecto importante no projeto é para evitar contaminação das correntes de processo com certos íons metálicos. Portanto, colunas e tubulações de plástico, revestidas de plástico (incluindo polímeros fluorocarbonados) e/ou revestidas de vidro são utilizadas.

No processo de troca iônica sólido-líquido, o enriquecimento é realizado por adsorção/dessorção de urânio 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 leitos compactos do adsorvente.

Para um processo contínuo, um sistema de refluxo é necessário para liberar o urânio do adsorvente de volta ao fluxo líquido, permitindo que "produto" e "caudas"/"rejeitos" sejam coletados. Isso é realizado com o uso de 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 concentradas de ácido clorídrico quente no processo requer que o equipamento seja fabricado ou protegido por materiais especiais resistentes à corrosão.

5.6.1. Colunas de troca líquido-líquido (Troca química)

Colunas de troca de líquido-líquido em contracorrente com entrada de potência mecânica especialmente projetadas ou preparados para enriquecimento de urânio usando o processo de troca química. Para resistência à corrosão, de soluções de ácido clorídrico concentrado, essas colunas e seus componentes internos são normalmente fabricados ou protegidos por materiais plásticos adequados (como polímeros fluorocarbonados) ou vidro. O tempo de residência do estágio das colunas é normalmente projetado para ser de 30 segundos ou menos.

5.6.2. Contatores centrífugos líquido-líquido (Troca química)

Contatores centrífugos líquido-líquido especialmente projetados ou preparados para enriquecimento de urânio usando o processo de troca química. Esses contatores utilizam rotação para dispersão de correntes aquosas e orgânicas e, em seguida, força centrífuga para separar as fases. Para resistência à corrosão causada por soluções de ácido clorídrico concentrado, os contatores são normalmente fabricados ou protegidos por materiais plásticos adequados (como polímeros de hidrocarbonetos fluorados) ou vidro. O tempo de residência por estágio dos contatores centrífugos é normalmente projetado para ser de 30 segundos ou menos.

5.6.3. Sistemas e equipamentos de redução do urânio (Troca química)

(a) Células de redução eletroquímica especialmente projetadas ou preparadas para reduzir o urânio de um estado de valência para outro no enriquecimento de urânio utilizando o processo de troca química. Os materiais das células em contato com as soluções do processo devem ser resistentes à corrosão causada por soluções concentradas de ácido clorídrico.

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 catiônica. O cátodo é composto consiste de um condutor sólido adequado, tal como o grafite.

(b) Sistemas especialmente projetados ou preparados instalados na extremidade de produção da cascata, com a finalidade de extrair o U^{4+} da corrente orgânica, ajustar a concentração do ácido e alimentar as células de redução eletroquímica.

NOTA EXPLICATIVA

Estes sistemas consistem de equipamento de extração por solventes para remover o U^{4+} . Assim, as partes do sistema que entram em contato com a corrente de processo são construídas com materiais adequados ou protegidas por revestimentos apropriados (como vidro, polímeros fluorocarbonados, sulfato de polifenileno, polisulfona de éter e grafite impregnado com resina).

5.6.4. Sistemas de preparação de alimentação (Troca química)

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

NOTA EXPLICATIVA

Esses sistemas consistem de equipamentos de dissolução, extração por solvente e/ou de troca iônica, 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 contendo apenas algumas partes por milhão de impurezas metálicas tais como o cromo, o ferro, o vanádio, o molibdênio e outros cátions bivalentes ou multivalentes de ordem superior. Os materiais de construção para partes do sistema de processamento de U^{3+} com alta pureza incluem o vidro, polímeros de hidrocarbonetos fluorados, sulfato de polifenila ou plástico revestido de poliéter sulfona e grafite impregnado de com resina.

5.6.5 Sistemas de oxidação de urânio (Troca química)

Sistemas especialmente projetados ou preparados para oxidação de U^{3+} para U^{4+} para retorno à cascata de separação isotópica do urânio no processo de enriquecimento por troca química.

NOTA EXPLICATIVA

Esses sistemas podem incorporar os seguintes equipamentos:

(a) Equipamentos para contato do cloro e o oxigênio com o efluente aquoso proveniente do equipamento de separação isotópica e extração do U^{+4} resultante para o fluxo orgânico descarregado que retorna do final do produto da cascata;

(b) Equipamentos que separam a água do ácido clorídrico, de tal forma que a água e o ácido clorídrico concentrado possam ser reintroduzidos no processo pelos locais adequados.

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

Resinas de troca iônica ou adsorventes de reação rápida, especialmente projetados ou preparados para enriquecimento de urânio, por meio de 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 inerte, e bem como outras estruturas de compósito sem qualquer formato adequado, incluindo partículas ou fibras.

Esses adsorventes/resinas de troca iônica possuem diâmetros menor ou igual a 0,2 mm, e devem ser quimicamente resistentes a soluções concentradas de ácido clorídrico, como fisicamente robustas o bastante para não se degradarem nas colunas de troca. Os adsorventes/resinas são especialmente projetados para conseguir trocas cinéticas muito rápidas de isótopos de urânio (meia-vida da taxa de troca 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, projetadas para conter e sustentar leitos (camadas) revestidos de resina/adsorvente de troca iônica, especialmente projetadas ou preparadas para enriquecimento do urânio por meio do processo de troca iônica.

Essas colunas são fabricadas com materiais resistentes à corrosão por soluções concentradas de ácido clorídrico ou são protegidas por materiais como titânio ou plásticos fluorados. Além disso, são capazes de operar em temperaturas entre 373 K (100°C) e 473 K (200°C) e em pressões superiores a 0,7 MPa.

5.6.8. Sistemas de refluxo de troca iônica (Troca iônica)

(a) Sistemas químicos ou eletroquímicos especialmente projetados ou preparados para a regeneração do agente químico redutor utilizado em cascatas de enriquecimento de urânio por troca iônica.

(b) Sistemas químicos ou eletroquímicos especialmente projetados ou preparados para a regeneração do(s) agente(s) químico(s) oxidante(s) utilizado(s) em cascatas de enriquecimento de urânio por troca iônica.

NOTA EXPLICATIVA

O processo de enriquecimento por troca iônica pode utilizar, por exemplo, titânio trivalente (Ti^{+3}) como um cátion redutor, sendo que nesse caso o sistema de redução regeneraria o Ti^{+3} por meio da redução do Ti^{+4} .

O processo pode também utilizar, por exemplo, ferro trivalente (Fe^{+3}) como oxidante, e neste caso o sistema de oxidação regeneraria Fe^{+3} por oxidação do Fe^{+2} .

5.7. Sistemas, equipamentos e componentes especialmente projetados ou preparados para uso em 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 do processo é o vapor de urânio atômico e aqueles nos quais o meio do processo é o vapor de um composto de urânio, às vezes misturado com outro gás ou gases. A nomenclatura comum para tais processos inclui:

Primeira categoria - Separação atômica isotópica a laser por vaporização; (Atomic Vapour Laser Isotope Separation - AVLIS);

Segunda categoria - Separação molecular isotópica a laser (Molecular Laser Isotope Separation - MLIS), incluindo reações químicas por ativação seletiva por laser.

Os sistemas, equipamentos e componentes para 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 fotodissociação seletiva ou excitação/ativação seletiva);

(b) Dispositivos para coletar urânio metálico enriquecido e 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 (^{235}U); e

(d) Equipamentos para preparação do material de alimentação e conversão do produto.

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 neste parágrafo entram em contato direto com urânio metálico líquido ou vapor, ou com o gás do processo constituído de uma mistura de UF_6 ou uma mistura de UF_6 com outros gases. Todas as superfícies que entram em contato direto com o urânio ou UF_6 são totalmente compostas de materiais resistentes à corrosão ou protegidas por eles.

Para fins deste parágrafo, relativa a itens de enriquecimento a laser, os materiais resistentes à corrosão pelo urânio metálico vapor ou líquido de urânio metálico ou ligas de urânio incluem grafite revestido com ítrio e tântalo;

Já os materiais resistentes à corrosão pelo UF_6 incluem cobre, ligas de cobre, aço inoxidável, alumínio, óxido de alumínio, ligas de alumínio, níquel ou ligas contendo 60% ou mais de níquel em peso e polímeros fluorados à base de hidrocarbonetos.

5.7.1. Sistemas de vaporização de urânio (método baseado em vapor atômico)

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

NOTA EXPLICATIVA

Esses sistemas podem conter canhões de feixe de elétrons e são projetados para atingir uma faixa de alta potência (1 kW ou superior) 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 e componentes de manuseio de urânio metálico líquido ou vapor (método baseado em vapor atômico)

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

NOTA EXPLICATIVA

Os sistemas de manipulação de urânio metálico líquido podem incluir cadinhos e equipamento de resfriamento para os cadinhos. Tanto os cadinhos quanto outras partes desse sistema que entram em contato com urânio fundido, ligas de urânio fundidas ou vapor de urânio metálico são feitos de ou protegidos por materiais resistentes à corrosão e ao calor. Materiais adequados podem incluir tântalo, grafite revestida com ítrio, grafite revestido com outros óxidos de terras raras ou misturas desses materiais.

5.7.3. Conjuntos coletores de "produto" e "rejeitos" de urânio metálico (método baseado em vapor atômico)

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

NOTA EXPLICATIVA

Os componentes desses conjuntos são produzidos ou revestidos com materiais resistentes ao calor e à corrosão de líquido ou vapor de urânio metálico (por exemplo, tântalo ou grafite revestido de ítrio) e podem incluir tubulações, válvulas, conexões, calhas, passagens de alimentação, trocadores de calor e placas coletoras para métodos de separação magnética, eletrostática ou outros.

5.7.4. Alojamento (estruturas) de módulos separadores (método baseado em vapor atômico)

Vasos/recipientes retangulares ou cilíndricos especialmente projetados ou preparados 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 (estruturas) 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 possuem múltiplas portas para passagens elétricas e de água,

janelas para feixes de laser, conexões para bombas de vácuo e sistemas de diagnóstico e monitoramento de instrumentos. Além disso, incluem mecanismos de abertura e fechamento para permitir a manutenção e substituição de componentes internos.

5.7.5. Bocais de expansão supersônicos (métodos moleculares)

Bocais de expansão supersônicos especialmente projetados ou preparados para resfriamento de misturas de UF₆ e gás de arraste para 150 K (-123 °C) ou menos, sendo resistentes à corrosão pelo UF₆.

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

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

NOTA EXPLICATIVA

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

5.7.7. Compressores de gás de arrasto/UF₆ (métodos moleculares)

Compressores especialmente projetados ou preparados para mistura de gás de arrasto/UF₆, 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 ou revestidos com materiais resistentes à corrosão pelo UF₆.

5.7.8. Selos de hastes rotativas (métodos moleculares)

Selos de hastes rotativas especialmente projetadas ou preparados 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 confiável 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 de arrasto/UF₆.

5.7.9. Sistemas de fluoretação (métodos moleculares)

Sistemas especialmente projetados ou preparados 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. Em ambas 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 preparados 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 u 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 cromo-níquel;
3. Fontes de ionização por 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 preparados para usinas de enriquecimento produzidos 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) 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 de arrasto/UF₆ (métodos moleculares)

Sistemas de processo especialmente projetados ou preparados para separação do UF₆ do gás de arrasto.

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 de arrasto pode ser o nitrogênio, argônio ou outro gás.

5.7.13. Sistemas a laser

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

NOTA EXPLICATIVA

Os lasers e componentes de laser importantes em processos de enriquecimento a laser incluem aqueles identificados no Capítulo 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 de corante sintonizáveis bombeados 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 ótica multipassagem. 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 preparados para uso em 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 do íon do U-235 de tal modo que eles absorvam preferencialmente a energia e aumentem o diâmetro de suas órbitas em forma de espiral. Íons com trajetórias de grande diâmetro são presos em "armadilhas" para produzir um produto enriquecido em U-235. 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 supercondutor. Os sistemas principais do processo incluem o sistema de geração de plasma de urânio, o módulo do separador com o magneto supercondutor (ver Capítulo 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 ou preparados 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 de excitação de íons

Bobinas de radiofrequência para excitação de íons, especialmente projetadas ou preparados 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 preparados para a geração de plasma de urânio, para uso em plantas de separação de plasma.

5.8.4. [Não aplicado desde 14 de Junho de 2013].

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

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

5.8.6. Alojamentos de módulo reparador

Vasos cilíndricos especialmente projetados ou preparados para uso em 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 aço inoxidável.

5.9. Sistemas, equipamentos e componentes especialmente projetados e preparados para uso em usinas de enriquecimento eletromagnético

NOTA INTRODUTÓRIA

No processo eletromagnético, íons de urânio metálico produzidos por ionização de sal de urânio (tipicamente o UCl_4) 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 preparados para a separação de isótopos de urânio, equipamento e componentes para esse fim incluindo:

(a) Fontes de íons

Fontes simples ou múltiplas de íons de urânio especialmente projetadas ou preparadas consistindo de uma fonte a vapor, ionizador, e um acelerador de feixes, construídas de materiais adequados tais como o grafite, o aço inoxidável, 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 preparadas para a coleta de feixes de íons de urânio enriquecido e empobrecido e construídas de materiais adequados tais como o grafite ou o aço inoxidável.

(c) Alojamentos a vácuo

Alojamentos a vácuo especialmente projetados ou preparados 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 preparadas 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 preparadas para fontes de íons, com as seguintes características:

1. Capazes de operação contínua, voltagem de saída de 20.000 V ou maior, corrente de saída de 1 A ou maior; e

2. 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 alta potência especialmente projetadas ou preparadas e fontes de potência de corrente direta com as seguintes características:

1. Capazes de produzir continuamente uma saída de corrente de 500 A ou maior e a uma voltagem de 100 V ou maior; e

2. Com uma regulagem de voltagem ou corrente melhor que 0,01% sobre um período de 8 horas.

6. Usinas para a produção ou concentração de água pesada, deutério e compostos de deutério e equipamentos especialmente projetados ou preparados para essa finalidade

NOTA INTRODUTÓRIA

Água pesada pode ser produzida por uma variedade de processos. Cinco processos são demonstrados. Processos antigos que provaram ser comercialmente viáveis são o processo de troca de sulfeto de hidrogênio-água, o processo Girdler-Sulphide (GS) e o processo de troca de hidrogênio-amônia. Três processos mais recentes, demonstrados primeiramente no início dos anos 2000, baseiam-se na troca catalisada hidrogênio-água e têm demonstrado ter o potencial para produzir ou melhorar água pesada em uma escala industrial com economia favorável. Estes processos são: Troca Catalisada e Eletrólise Combinada (CECE), Troca Catalisada e Reforma Industrial Combinada (CIRCE) e Troca Água-Hidrogênio Bitermal (BHW).

O processo GS está baseado na troca de hidrogênio e deutério entre a água e o sulfeto de hidrogênio 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 sulfeto de hidrogênio 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 sulfeto de hidrogênio 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 em deutério até 30% por peso, 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 por peso.

O processo de troca de amônia-hidrogênio pode extrair deutério do gás de síntese através de contato com amônia líquida (NH_3) 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 principais para usinas de produção de água usando o processo 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 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, corrosivos e inflamáveis a pressões elevadas. Consequentemente, quando se estabelecem normas de operação e de projeto para 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 preparados para produção de água pesada podem ser reunidos em sistemas que são especialmente projetados ou preparados 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.

Dos três principais processos de produção de água pesada que empregam a troca hidrogênio-água, dois (CECE e CIRCE) só são práticos quando integrados em grandes processos de produção de hidrogênio, onde o hidrogênio é produzido para outras utilizações comerciais. O terceiro processo de troca bitérmica de hidrogênio-água (BHW) poderia potencialmente ser usado em uma usina autônoma. Todos estes processos requerem grandes quantidades de catalisadores platinados especializados, à prova de umidade, instalados em colunas longas para proporcionar um bom contato com a água que flui para baixo. O processo CECE exige que tais colunas de troca de catalisador platinadas e à prova de umidade sejam fornecidas com hidrogênio de um eletrolisador de água que

recebe sua alimentação de água das colunas de troca. Desta forma, o isótopo mais pesado (deutério) acumulará uma concentração no eletrolisador que recebe a alimentação de água das colunas de troca. O sistema eletrolisador pode potencialmente aumentar a sua concentração de deutério até chegar a água pesada quase pura. Na prática, o processo será escalonado e o primeiro estágio grande normalmente aumenta a concentração de deutério por um fator entre 5 e 20. O processo CIRCE é semelhante, mas usa um reformador de vapor-hidrocarboneto como fonte de hidrogênio, fornecendo ao reformador sua fonte de água para vapor. Em todas essas usinas, o processo CECE é normalmente usado como estágio final para produzir água pesada para reator. Deve-se notar que as maiores fábricas de produção de hidrogênio do mundo produzem hidrogênio suficiente para extrair cerca de 20-60 Mg por ano de água pesada utilizando um processo CECE ou CIRCE. Um processo BHW é conceitualmente igual ao GS, mas usa hidrogênio em vez de sulfeto de hidrogênio com um catalisador para promover a transferência de deutério. Num arranjo análogo ao processo GS, o processo BHW explora o efeito da temperatura na razão de equilíbrio do deutério entre a água e o hidrogênio. O equilíbrio cai com o aumento da temperatura. À medida que a água desce pelas torres frias superiores e pelas torres quentes inferiores, o deutério é enriquecido entre elas, enquanto o hidrogênio circula pelas torres quentes e frias, por sua vez. A água retirada entre as torres frias e quentes é enviada para estágios superiores para posterior enriquecimento com deutério. Um processo BHW poderia ser construído para qualquer escala de produção.

O componente chave nestes processos é claramente o catalisador platinado especializado à prova de umidade que provou ser relativamente difícil de fabricar em larga escala a um custo razoável. As condições de operação são benignas, com fluidos e catalisadores não tóxicos, pressão entre a atmosférica e cerca de 4 MPa e temperaturas na faixa de 293 K (20 °C) a 473 K (200 °C). Nenhum dos equipamentos é significativamente diferente daquele usado em várias partes da indústria de processos químicos, exceto o catalisador platinado à prova de umidade.

Os itens de equipamento que são especialmente projetados ou preparados para a produção de água pesada usando quaisquer das tecnologias descritas acima, incluem o seguinte:

6.1. Torres de troca de água-sulfeto de hidrogênio

Torres de troca com diâmetros de 1,5 m ou maior e capazes de operar a pressões maior ou igual a 2 MPa, especialmente projetadas ou preparadas para a produção de água pesada utilizando o processo de troca água-sulfeto de hidrogênio.

6.2. Compressores e Ventiladores

Compressores ou Ventiladores centrífugos de cabeçote baixo (ou seja, 0,2 MPa) de estágio único para circulação de sulfeto de hidrogênio (ou seja, gás contendo mais do que 70% de H_2S por peso), especialmente projetados ou preparados para a produção de água pesada utilizando o processo de troca de água-sulfeto de hidrogênio. Esses compressores ou ventiladores têm uma capacidade de bombeamento superior a ou igual a 56 m^3 enquanto operando a pressões maiores ou igual a 1,8 MPa de sucção e com vedações projetadas para trabalhar com H_2S úmido.

6.3. Torres de "troca amônia-hidrogênio"

Torres de troca amônia-hidrogênio com altura igual ou superior a 35 m e diâmetro entre 1,5 m e 2,5 m, capazes de operar a pressões superiores a 15 MPa, especialmente projetadas ou preparadas para a produção de água pesada utilizando o processo de troca amônia-hidrogênio. Essas torres também possuem pelo menos uma abertura axial flangeada, com o mesmo diâmetro da parte cilíndrica, por onde os componentes internos das torres podem ser inseridos ou retirados.

6.4. Partes internas da torre e bombas de estágio

Componentes internos de torres e bombas de estágio especialmente projetados ou preparados para torres de produção de água pesada utilizando o processo de troca amônia-hidrogênio. Os componentes internos das torres incluem contactores de estágio especialmente projetados que promovem o contato íntimo entre gás e líquido. As bombas de estágio incluem bombas submersíveis especialmente projetadas para a circulação de NH_3 líquida dentro do contato de estágio interno às torres de estágio.

6.5. Reator de decomposição de amônia / Sistema de cracking (pirólise) de amônia

Crackers de NH_3 com pressões de operação superiores ou iguais a 3 MPa especialmente projetados ou preparados para produção a água pesada utilizando o processo de troca amônia-hidrogênio.

6.6. Analisadores de absorção infravermelha

Analisadores de absorção infravermelha capazes de realizar análise on-line da razão hidrogênio/deutério, onde as concentrações de deutério são iguais ou superiores a 90% em peso.

6.7. Queimadores catalíticos

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

6.8. Sistemas completos de enriquecimento de água pesada ou suas colunas correspondentes

Sistemas completos de enriquecimento de água pesada ou colunas com diâmetros de 0,1 m ou maior, especialmente projetadas ou preparadas para o enriquecimento da água pesada para um nível de concentração de deutério que permita a operação do reator.

NOTA EXPLICATIVA

Sistemas de enriquecimento de água pesada normalmente apoiam a operação de um reator nuclear moderado por água pesada ou fazem parte de uma usina de produção de água pesada GS (nesse caso, são comumente denominadas "unidades de acabamento"). Tais sistemas geralmente empregam destilação de água, mas também podem ser baseados no processo CECE. Em reatores nucleares moderados por água pesada, os enriquecedores mantêm a concentração de água pesada no núcleo do reator.

Estes sistemas, que normalmente utilizam a destilação da água para separar água pesada da água leve, são especialmente projetados ou preparados para produzir água pesada grau reator (isto é, tipicamente 99,75% em peso de D_2O) a partir de água pesada de alimentação com concentração inferior.

6.9. Conversores de síntese de NH_3 ou unidades de síntese

Conversores de síntese de NH_3 ou unidades de síntese especialmente projetados ou preparados para a produção de água pesada utilizando o processo de troca amônia-hidrogênio.

NOTA EXPLICATIVA

Esses conversores ou unidades transportam o gás (nitrogênio e hidrogênio) de uma coluna (ou colunas) de troca de alta pressão de NH_3 hidrogênio, e o NH_3 sintetizado é devolvido para a coluna (ou colunas) de troca.

7. 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 nos parágrafos 4 e 5, respectivamente, e equipamentos especialmente projetados ou preparados para essa finalidade

EXPORTAÇÃO

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

7.1. Usinas para a conversão de urânio e equipamentos especialmente projetados ou preparados para essa finalidade.

NOTA INTRODUTÓRIA

Sistemas e 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 em trióxido de urânio (UO_3), conversão de UO_3 em dióxido de urânio (UO_2), conversão de óxidos de urânio em tetrafluoreto de urânio (UF_4), hexafluoreto de urânio (UF_6) ou cloreto de urânio (UCl_4), conversão de UF_4 em UF_6 , conversão de UF_6 em UF_4 , conversão de UF_4 em metal de urânio e conversão de fluoretos de urânio em UO_2 .

Muitos dos equipamentos-chave para plantas de conversão de urânio são comuns a diversos segmentos da indústria de processos químicos.

Por exemplo, os tipos de equipamentos empregados nesses processos podem incluir: fornos, fornos rotativos, reatores de leito fluidizado, reatores de torre de chama, centrífugas para líquidos, colunas de destilação e colunas de extração líquido-líquido. No entanto, poucos desses itens estão disponíveis "prontos para uso", ou seja, não são customizados, sendo que a maioria seria fabricada de acordo com os requisitos e especificações do cliente.

Em alguns casos, são necessárias considerações especiais de projeto e construção para lidar com as propriedades corrosivas de alguns dos produtos químicos utilizados (fluoreto de hidrogênio (HF), flúor (F_2), trifluoreto de cloro (ClF_3) e fluoretos de urânio), bem como com preocupações relacionadas à criticidade nuclear.

Por fim, deve-se observar que, em todos os processos de conversão de urânio, itens de equipamento que individualmente não são especialmente projetados ou preparados para conversão de urânio podem ser montados em sistemas que são especialmente projetados ou preparados para uso em conversão de urânio.

7.1.1. Sistemas especialmente projetados ou preparados para a conversão de concentrados de minérios de urânio para o UO_3 .

NOTA EXPLICATIVA

A conversão de concentrados de minério de urânio para o UO_3 pode ser realizada dissolvendo primeiramente o minério em ácido nítrico e extraíndo o nitrato de uranilo purificado ($\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$) usando um solvente tal como o fosfato de tributíla (TBP). A seguir, o nitrato de uranilo é convertido para o UO_3 ou por concentração e denitrização ou por neutralização com amônia gasosa para produzir diuranato de amônia com filtragem, secagem e calcinação subsequentes.

7.1.2. Sistemas especialmente projetados ou preparados para a conversão de UO_3 para o UF_6 .

NOTA EXPLICATIVA

Conversão do UO_3 para o UF_6 pode ser realizada diretamente por fluorinação. O processo requer uma fonte de gás de flúor (F_2) ou difluoreto de cloro (ClF_3).

7.1.3. Sistemas especialmente projetados ou preparados para a conversão de UO_3 para o UO_2 .

NOTA EXPLICATIVA

A conversão do UO_3 para o UO_2 pode ser realizada através da redução do UO_3 com hidrogênio ou gás de amônia.

7.1.4. Sistemas especialmente projetados ou preparados para a conversão do UO_2 para o UF_4 .

NOTA EXPLICATIVA

A conversão do UO_2 para o UF_4 pode ser realizada reagindo o UO_2 com o gás de fluoreto de hidrogênio (HF) a 573 - 773 K (300 - 500 °C).

7.1.5. Sistemas especialmente projetados ou preparados para a conversão do UF_4 para o UF_6 .

NOTA EXPLICATIVA

Conversão de UF_4 para UF_6 é realizada por reação exotérmica com flúor em um reator de torre. O UF_6 é condensado a partir de gases efluentes quentes passando o fluxo do efluente através de uma armadilha a frio (criogênica), resfriada a 263 K (-10 °C). O processo requer uma fonte de flúor gasoso (F_2).

7.1.6. Sistemas especialmente projetados ou preparados para a conversão do UF_4 para urânio metálico (U).

NOTA EXPLICATIVA

A conversão de UF_4 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 do urânio (1403 K (1130 °C)).

7.1.7. Sistemas especialmente projetados ou preparados para a conversão do UF_6 para o UO_2 .

NOTA EXPLICATIVA

A conversão UF_6 para UO_2 pode ser realizada por um dos três processos. No primeiro, o UF_6 é reduzido e hidrolizado para o UO_2 usando hidrogênio e vapor. No segundo, o UF_6 é hidrolizado por solução em água, a amônia é adicionada para precipitar o diuranato de amônia e o diuranato é reduzido a UO_2 com hidrogênio a 1093 K (820 °C). No terceiro processo, o UF_6 gasoso, o CO_2 e o NH_3 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 773 - 873 K (500 - 600 °C) para produzir o UO_2 .

A conversão do UF_6 para o UO_2 é realizada frequentemente como o primeiro estágio de uma planta de fabricação de combustíveis.

7.1.8. Sistemas especialmente projetados ou preparados para a conversão do UF_6 para o UF_4 .

NOTA EXPLICATIVA

A conversão do UF_6 para UF_4 é realizada por redução com hidrogênio.

7.1.9. Sistemas especialmente projetados ou preparados para a conversão do UO_2 para o UCl_4 .

NOTA EXPLICATIVA

A conversão de UO_2 em UCl_4 pode ser realizada por dois processos. No primeiro, o UO_2 reage com tetracloreto de carbono (CCl_4) a aproximadamente 673 K (400 °C). No segundo, o UO_2 reage a aproximadamente 973 K (700 °C) na presença de carbono preto (CAS 1333-86-4), monóxido de carbono, e de cloro para originar UCl_4 .

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

NOTA INTRODUTÓRIA

Instalações e sistemas de conversão de plutônio realizam uma ou mais transformações de uma espécie química de plutônio para outra, incluindo: conversão de nitrato de plutônio (PuN) para dióxido de plutônio (PuO_2), conversão de PuO_2 para tetrafluoreto de plutônio (PuF_4), e conversão de PuF_4 para plutônio metálico. Instalações de conversão de plutônio são geralmente associadas a instalações de reprocessamento, mas também podem estar associadas com instalações de fabricação de combustível de plutônio. Muitos dos principais equipamentos utilizados em instalações de conversão de plutônio são comuns a diversos segmentos da indústria de processos químicos. 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 desses itens estão disponíveis "prontos para uso", ou seja, não são customizados, a maioria é fabricada de acordo com os requisitos e especificações do cliente. É essencial um cuidado especial no projeto para lidar com os riscos radiológicos, de toxicidade e de criticidade específicos associados ao plutônio. Em alguns casos, são necessárias considerações especiais de projeto e construção para lidar com as propriedades corrosivas de alguns dos produtos químicos utilizados (por exemplo, HF). Por fim, vale destacar que, em todos os processos de conversão de plutônio, itens de equipamento que, individualmente, não são especialmente projetados ou preparados para conversão de plutônio, podem ser reunidos em sistemas que são especialmente projetados ou preparados para esse fim.

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

NOTA EXPLICATIVA

As principais funções envolvidas neste processo são: armazenamento e ajuste de alimentação de processo, 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 (PuN) em dióxido de plutônio (PuO_2). Outros processos podem envolver a precipitação do oxalato de plutônio ou peróxido de plutônio.

7.2.2. Sistemas especialmente projetados ou preparados para produção de plutônio metálico.

NOTA EXPLICATIVA

Este processo envolve geralmente a fluoração de dióxido de plutônio (PuO_2) normalmente com fluoreto de hidrogênio (HF) 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, gestão 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. As Diretrizes Gerais para Exportação de Bens Sensíveis da Área Nuclear e Serviços Diretamente Relacionados 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 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 especialistas 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.

3. A categorização do material nuclear apresentado na tabela 3 mostrada abaixo 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. A implementação das medidas de proteção física no país destinatário é de responsabilidade do governo desse país.

4. Os níveis acordados de proteção física entre as autoridades competentes para uso, estocagem e transporte dos materiais listados na Tabela de Categorização de Material Nuclear abaixo 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 sujeitos à jurisdição e regras dos Estados fornecedores e destinatários, respectivamente, no caso de transporte internacional especificando o momento (prazo), 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 sujeitos à 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.

5. Os fornecedores devem solicitar que os destinatários identifiquem os órgãos ou autoridades responsáveis por assegurar que os níveis de proteção sejam devidamente atendidos, bem como aqueles responsáveis pela coordenação interna de operações de resposta/recuperação em caso de uso ou manuseio não autorizado de materiais protegidos. Fornecedores e destinatários também devem designar pontos de contato dentro de suas autoridades nacionais para cooperar em questões relativas ao transporte internacional e outros assuntos de interesse mútuo.

Tabela 3: Categorização do material nuclear.

Material	Forma	Categoria I	Categoria II	Categoria III
Plutônio* [a]	Não irradiado* [b]	2 kg ou mais	Mais que 500 g e menos que 2 kg	500 g ou menos* [c]
Urânio-235	Não irradiado* [b]	-	-	-
	- urânio enriquecido a 20% de U-235 ou mais	5 kg ou mais	Mais que 1 kg e menos que 5 kg	1 kg ou menos* [c]
	- urânio enriquecido a 10% de U-235 e menos que 20%	-	10 kg ou mais	Menos que 10 kg* [c]
	- urânio enriquecido acima do natural e menos que 10% de U-235* [d]	-	-	10 kg ou mais
Urânio-233	Não irradiado* [b]	2 kg ou mais	Mais que 500 g e menos que 2 kg	500 g ou menos* [c]
Combustível irradiado	-	-	Urânio natural ou empobrecido, Tório ou combustível pouco enriquecido (menos que 10% de material físsil)* [e][f]	-

[a] Como identificado na Lista de Equipamento, Material e Tecnologia Nuclear .

[b] Material não irradiado em um reator, ou material irradiado em um reator, mas com um nível de radiação igual ou menor que 1 Gy/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, determinar uma categoria diferente de proteção física.

[f] Outro combustível que em virtude do conteúdo de seu material físsil 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 1 Gy/h a 1 metro sem blindagem.

ANEXO II

LISTA DE CONTROLE DE EQUIPAMENTOS, SOFTWARES E MATERIAIS DE USO DUAL RELACIONADOS À ÁREA NUCLEAR E TECNOLOGIAS ASSOCIADAS

Seção I

Notas Gerais

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 especificação, são considerados todas as variantes desse item. A categorização dos itens é colocada apenas por conveniência na referência e não afetam 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 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, devem ser considerados os fatores de quantidade, valor e conhecimento tecnológico envolvido e outras circunstâncias especiais que podem tornar o item ou itens controlados.

Seção II

Controles de Tecnologia

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

Seção III

Notas Gerais sobre Software

1. A transferência de "software" é controlada de acordo com as Diretrizes Gerais para Exportação de Bens Sensíveis da Área Nuclear e Serviços Diretamente Relacionados e conforme descrito neste Capítulo.

2. A autorização para exportar qualquer item listado no Anexo também inclui a permissão para exportar ou transferir, ao mesmo usuário final, o "software" mínimo necessário - exceto o código-fonte - para a instalação, operação, manutenção ou reparo do item.

Nota: A exportação de software também é autorizada, excluindo código fonte, quando necessário para somente corrigir defeitos (solução de bugs) em uma exportação anterior de um item, desde que a capacidade e/ou desempenho de um item não seja aprimorada de outra forma.

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) Projetado para ser instalado pelo usuário final sem apoio técnico substancial por parte do fornecedor; ou

2 - De Domínio Público.

Seção IV

Definições

1. "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.

2. "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.

3. Dois ou mais movimentos "controlados numericamente" que operam conforme instruções que definem a próxima posição a ser alcançada e as velocidades de avanço correspondentes. Essas velocidades são coordenadas entre si de modo a gerar o contorno desejado. (Ref.: Organização Internacional para Padronização - ISO 2806 (1994).

Observação: No contexto de usinagem com controle numérico (CNC), "contorno" refere-se à trajetória ou forma geométrica que a ferramenta de corte segue sobre a peça de trabalho para obter a forma desejada.

4. "Materiais fibrosos ou filamentos": Significa monofilamentos, cordas, cabos, cordões ou fitas contínuas.

Observações

3 - "Cordão ou Toro de corda": É um feixe de fios (normalmente superior a 200 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.

5. "Filamento": Ver "Filamento" ou "Monofilamento".

6. "Linearidade": (Geralmente medido em termos de não linearidade) é o desvio máximo da característica real (média das leituras de escala superior e inferior), positiva ou negativa, de uma linha reta posicionada de modo a equalizar e minimizar os desvios máximos.

7. "Medida de Incerteza": Parâmetro característico que especifica a faixa em torno da 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.

8. "Monofilamento": Ver "Filamento" ou "Monofilamento".

9. "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 (2015)).

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

(a) condições de teste (ISO 230/2 (1988), 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-medição, 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 voltagem na linha não deverá ser maior que $\pm 10\%$ da voltagem 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;

Observação: 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 que não estiverem sendo medidos deverão ser mantidos na posição intermediária do curso 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).

11. "Resolução": O menor incremento do dispositivo de medida; nos instrumentos digitais, o dígito menos significativo (Referência: ANSI B-89.1.12).

12. "Fio": Ver "Filamento" ou "Monofilamento".

13. "Cabo": Ver "Filamento" ou "Monofilamento".

14. "Fita": Ver "Filamento" ou "Monofilamento".

15. "Corda": Ver "Filamento" ou "Monofilamento".

16. "Cordão": Ver "Filamento" ou "Monofilamento".

17. Plugin: (também conhecido por módulo de extensão, plug-in, add-in, add-on) é um programa de computador usado para adicionar funções a outros programas maiores, provendo alguma funcionalidade especial ou muito específica. Geralmente pequeno e leve, é usado somente sob demanda.

Seção V

Itens Controlados

1. EQUIPAMENTO INDUSTRIAL

1.A. EQUIPAMENTOS, CONJUNTOS E COMPONENTES

1.A.1. Janelas ou visores de alta densidade (vidro plumbífero - óxido de chumbo ou outros) para blindagem da radiação e armações especialmente projetadas para este fim, possuindo todas as seguintes características:

a. "Área fria" maior que $0,09 \text{ m}^2$;

b. Densidade maior que 3 g/cm^3 ; e

c. Espessura de 100 mm ou maior.

Nota Técnica: No item 1.A.1.a. o termo "área fria" significa a área de visualização da janela exposta ao menor nível de radiação prevista no projeto.

1.A.2. Câmaras de TV resistentes à radiação, ou lentes para este fim, especialmente projetadas ou classificadas para resistir a uma dose total de radiação maior que $5 \times 10^{-4} \text{ Gy}$ (silício), sem degradação operacional.

Nota Técnica: O termo Gy (silício) refere-se à energia em "Joule" por quilograma absorvido por uma amostra de silício desprotegida quando exposta à radiação ionizante.

1.A.3. "Robôs" ou "ejetores finais (End-of-Arm Tool - EOAT))" e unidades de controle como a seguir:

a. "Robôs" ou "ejetores finais" que têm uma das seguintes características:

1. Especialmente projetados para atender as Normas nacionais de segurança, aplicados à manipulação de altos explosivos (por exemplo, atendem as especificações elétricas para altos explosivos); ou

2. Especialmente projetados ou resistentes à radiação de modo a suportar uma dose total de radiação maior que $5 \times 10^{-4} \text{ Gy}$ (Silício) sem sofrer degradação operacional.

Nota Técnica: O termo Gy (silício) refere-se a energia em "Joule" por quilograma absorvido por uma amostra de silício desprotegida quando exposta à radiação ionizante.

Nota Técnica: Ejetores finais são dispositivos terminais de braços de robôs como garras, cortadores ou elementos de solda.

b. Unidades de controle especialmente projetada para qualquer tipo de "robô" ou "ejetores finais" especificado no item 1.A.3.a.

Nota: Item 1.A.3.: não controla os robôs projetados especialmente para aplicações industriais não nucleares tais como salas de pulverização de tinta em automóveis.

Notas Técnicas:

1. "Robôs"

No item 1.A.3.: "robôs" significa um mecanismo de manipulação, que pode ser do tipo passo contínuo ou ponto-a-ponto, pode usar "sensores", e possui todas as seguintes características:

- (a) multifuncionalidade;
- (b) Capazes de posicionar ou orientar materiais, peças, ferramentas, ou dispositivos especiais por meio de vários movimentos no espaço tridimensional;
- (c) Incorpora três ou mais servo dispositivos de malha fechada ou aberta, os quais podem incluir motores de passo; e
- (d) Possui 'programação acessível ao usuário' por meio do método de ensino/reprodução (teach/playback) ou por meio de um computador eletrônico, que pode ser um controlador lógico programável (CLP), ou seja, sem intervenção mecânica.

Observação 1:

"Sensores": significam detectores de um fenômeno físico cuja saída (depois da conversão em um sinal que possa ser interpretado por um controlador) é capaz de gerar "programa" ou modificar instruções programadas ou dados de programas numéricos. Isso inclui "sensores" com visão de máquina, imagem infravermelha, sensoramento acústico, sensoramento por contato, medição de posição inercial, medição de alcance ótico ou acústico ou capacidade de medição de torque ou força.

Observação 2:

Na definição acima, "programação acessível ao usuário", significa a possibilidade que permite ao usuário inserir, modificar, ou substituir "programas" por outro meio que não seja:

- (a) uma mudança física na fiação ou interconexões; ou
- (b) o ajuste de controle de função incluindo a entrada de parâmetros.

Observação 3:

As definições acima não incluem os seguintes dispositivos:

- (a) Mecanismos de manipulação que tem somente controle manual ou operação à distância;
- (b) Mecanismos de manipulação com sequência fixada que têm dispositivos de movimentação automática, operando de acordo com movimentos fixos programados mecanicamente. O "programa" é limitado mecanicamente por paradas fixas, tais como pinos ou comandos. A sequência de movimentos e a seleção de passos ou ângulos não é variável ou cambiável por sistemas mecânicos, eletrônicos ou elétricos;
- (c) Mecanismos de manipulação com sequência variável mecanicamente controlada que têm dispositivos de movimentação automatizados operando conforme movimentos fixos programados mecanicamente. O "programa" é mecanicamente limitado por paradas fixas, mas ajustáveis, tais como pinos ou comandos. A sequência de movimentos e a seleção de passos ou ângulos são variáveis dentro de uma estrutura do "programa" fixada. Variações ou modificações de estrutura do "programa" (por exemplo, mudança dos pinos ou mudança dos comandos) em um ou mais eixos são conseguidas somente através de operações mecânicas;
- (d) Mecanismos de manipulação de sequência variável não servo-controlados que têm dispositivos de movimentação automáticos, operando conforme movimentos programados fixados mecanicamente. O "programa" é variável, mas a sequência provém somente do sinal do sistema binário através de dispositivos elétricos binários fixados mecanicamente ou interruptores ajustáveis;
- (e) Empilhadeiras definidas como sistemas manipuladores de coordenadas Cartesianas fabricadas como parte integrante de um arranjo vertical de caixas e projetado para acessar o conteúdo dessas caixas para armazenamento ou retirada.

2. "Ejetores finais" (End-of-Arm Tool - EOAT)

No item 1.A.3.Ejetores finais são dispositivos terminais de braços de robôs como garras, cortadores ou elementos de solda. Eles incluem garras, "unidades ativas de ferramental", e qualquer outro ferramental acoplado à placa-base na extremidade do braço manipulador de um "robô".

Observação:

Na definição acima "unidades ativas ferramental" são dispositivos para aplicar força motriz, energia ou monitoramento da peça a ser trabalhada.

1.A.4. Manipuladores remotos que podem ser usados para executar ações remotas nas operações de separação radioquímica ou em células quentes, possuindo qualquer uma das seguintes características:

- a. A capacidade de penetração de 0,6 m, ou maior, na parede de uma célula quente (operação "através da parede"); ou
- b. A capacidade de transpor o topo da parede de uma célula quente, com uma espessura de 0,6 m ou maior (operação "sobre a parede").

Nota Técnica: Manipuladores remotos possibilitam a transferência das ações de um operador humano para um braço operado remotamente com mecanismo na extremidade. Podem ser do tipo "mestre/escravo" ou operados por teclado ou "joystick".

1.B. EQUIPAMENTO DE TESTE E PRODUÇÃO

1.B.1. Máquinas de repuxo, conformação por fluxo (flow-forming), máquinas de conformação por rotação (spin-forming) com capacidade de realizar operações de conformação por fluxo, e mandris, conforme especificado a seguir:

- a. Máquinas que possuam qualquer das seguintes características:

1. Três ou mais roletes (ativos ou guias); e
 2. De acordo com as especificações técnicas do fabricante pode ser equipado com unidades de "controle numérico" ou com um controle computadorizado.
- b. Mandris rotativos de conformação projetados para formar rotores cilíndricos com diâmetro interno entre 75 e 650 mm.

Nota: O item 1.B.1.a. inclui máquinas que tenham um único rolete projetado para deformar metais e dois roletes auxiliares que suportam o mandril, mas não participam diretamente do processo de deformação.

1.B.2. Máquinas ferramentas, ou qualquer combinação delas, para remoção ou corte de metais, cerâmicas, ou materiais compostos os quais, de acordo com as especificações técnicas do fabricante, possam ser equipadas com dispositivos eletrônicos para "controle de posicionamento e contorno" simultâneo em dois ou mais eixos:

Observação:

Para unidades de "controle numérico" controladas por "softwares" próprios, veja item 1.D.3.

- a. Máquinas ferramentas para torneamento, que tenham "precisão de posicionamento" com todas as compensações disponíveis melhores (inferior) que 0,006 mm (6 μ m) conforme ISO 230/2 (1988) ao longo de qualquer eixo linear (posicionamento total) para máquinas capazes de usinar diâmetros maiores do que 35 mm;

Nota: O item 1.B.2.a não controla tornos automáticos tipo 'bar machine' (Swissturn), limitados exclusivamente à usinagem por alimentação de barras, desde que o diâmetro máximo da barra seja igual ou inferior a 42 mm e que não haja capacidade de montagem de castanhas (chucks). As máquinas podem possuir capacidades de furação e/ou fresamento para usinagem de peças com diâmetro inferior a 42 mm."

- b. Máquinas ferramentas para fresar, tendo qualquer uma das seguintes características:

1. "Precisão de Posicionamento" com todas as compensações disponíveis melhor (menor) do que 0,006 mm (6 μ m) conforme ISO 230/2 (1988) ao longo de qualquer eixo linear (posicionamento total);
2. Dois ou mais eixos de rotação para contorno (usinagem); ou
3. Cinco ou mais eixos que podem ser controlados simultaneamente por "controle de contorno".

Nota: Controle de contorno (contouring control) indica a capacidade de controlar simultaneamente múltiplos eixos para gerar superfícies tridimensionais complexas.

Nota: Item 1.B.2.b. não controla máquinas para fresar que possuam ambas as características seguintes:

1. Percurso (distância entre pontas de usinagem) no eixo x maior que 2 m, e
2. "Precisão de posicionamento" total no eixo x superior ou maior do que 0,03 mm (30 μ m), conforme ISO 230/2 (1988).

- c. Máquinas ferramentas para retificar, que tenham qualquer uma das seguintes características:

1. "Precisão de Posicionamento" com todas as compensações disponíveis melhor (menor) do que 0,004 mm (4 μ m) conforme ISO 230/2 (1988) ao longo de qualquer eixo linear (posicionamento total);
2. Dois ou mais eixos de rotação para contornos; ou

3. Cinco ou mais eixos que podem ser posicionados simultaneamente para "controle de contorno".

Nota: Item 1.B.2.c. não controla as seguintes máquinas retificadoras:

1. Máquinas de retificação cilíndrica externa, interna ou combinada (externa-interna), que atendam simultaneamente a todas as seguintes características:

- a. Diâmetro externo ou comprimento máximo da peça trabalhada de 150 mm; e
- b. Eixos limitados a X, Z e C.

2. Retificadoras de moldes (jig grinders) que não possuem o eixo z ou o eixo w com "precisão de posicionamento" total menor (melhor) que 0,004 mm (4 µm), conforme norma ISO 230/2 (1988).

(d) Máquinas de eletro-erosão (EDM-Eletrical Discharge Machines) sem-fio que tenham dois ou mais eixos de rotação para contorno e que possam ser posicionadas simultaneamente para "controle de contorno".

Nota:

1. Os níveis declarados de "precisão de posicionamento" obtidos dos procedimentos a seguir de medições feitas de acordo com a norma ISO 230/2 (1988) ou por normas nacionais equivalentes podem ser usados para cada tipo de máquina ferramenta, se fornecidos e aceitos pela autoridade nacional ao invés de testes de máquinas individuais.

Os níveis declarados de "precisão de posicionamento" podem ser obtidos das seguintes formas:

- a. Selecionando cinco máquinas do mesmo modelo para serem avaliadas;
- b. Medindo as precisões dos eixos lineares de acordo com a norma ISO 230/2 (1988);
- c. Determinando os valores de precisão (A) para cada eixo de cada máquina. O método de calcular os valores de precisão é descrito na ISO 230/2 (1988) padrão;
- d. Determinando o valor médio de precisão de cada eixo. Este valor médio será a "precisão de posicionamento" de cada eixo ($\bar{A}_x, \bar{A}_y...$);
- e. Devido ao item 1.B.2. referir-se a cada eixo linear, existirão tantos valores declarados de "precisão de posicionamento" quanto eixos lineares existentes; e
- f. Se qualquer eixo de uma máquina ferramenta não controlada pelos itens 1.B.2.a., 1.B.2.b. ou 1.B.2.c. possuir uma "precisão de posicionamento" de 0,006 mm (6 µm) ou melhor (menor) para máquinas de retificar e 0,008 mm (8 µm) ou melhor (menor) para máquinas de usinar e fresar, ambas de acordo com ISO 230/2 (1988), o fabricante deverá confirmar o nível de precisão a cada dezoito (18) meses.

2. Item 1.B.2 não controla máquinas ferramentas exclusivas para fabricação de qualquer dos seguintes componentes:

- a. Engrenagens.
- b. Eixo de manivelas ou eixo de comando.
- c. Ferramentas ou lâminas de corte.
- d. Extrusora de parafuso helicoidal.

Nota Técnica:

1. A nomenclatura dos eixos deve estar de acordo com a Norma ISO 841 (2001), "Numerical Control Machines - Axis and Motion Nomenclature".

2. Não é contado no número total de eixos de rotação para contorno, os eixos rotativos para contorno paralelos secundários (exemplo: eixo-w nas mandriladoras horizontais ou um eixo de rotação secundário da linha central que é paralelo ao eixo primário de rotação).

3. Os eixos de rotação não necessitam girar 360 graus. Um eixo de rotação pode ser acionado por um dispositivo linear, exemplo, um parafuso ou pinhão e coroa.

4. No item 1.B.2. o número de eixos que podem ser controlados simultaneamente por "controle de contorno" é o número de eixos ao longo ou em torno do qual, durante o trabalho da peça, movimentos simultâneos e inter-relacionados são realizados entre a peça a ser trabalhada e a ferramenta. Isso não inclui quaisquer eixos adicionais ao longo ou em torno dos quais outros movimentos relativos dentro da máquina são executados, tais como:

- a. Sistema de dressamento de rebolo em máquinas retificadoras.
- b. Eixos rotativos paralelos projetados para montagem de peças separadas.

c. Eixos rotativos co-lineares projetados para manipulação da mesma peça mantendo-a em um mandril por extremidades diferentes.

5. A máquina ferramenta possuindo pelo menos duas das três capacidades de usinagem, fresa ou retífica (ex: máquina de usinagem com capacidade para fresar) deve ser avaliada nos itens 1.B.2.a., 1.B.2.b. e 1.B.2.c. para confirmar se é controlada ou não.

6. Itens 1.B.2.b.3. e 1.B.2.c.3. incluem máquinas baseadas em dimensionamento cinemáticos lineares paralelos (exemplo: hexapodes) que possuem cinco ou mais eixos, nenhum dos quais é um eixo rotativo.

1.B.3. Máquinas, instrumentos ou sistemas para inspeção dimensional, como as seguintes:

a. Controladas por computador ou máquinas de medição de Comando Numérico Computadorizado (CNC), que tenham qualquer uma das características seguintes:

1. Possuindo somente dois eixos com erro máximo de precisão na medida de comprimento ao longo de qualquer eixo (unidimensional), identificado como qualquer combinação de E0xMPE, E0YMPE ou E0zMPE, igual ou menor (melhor) que $(1,25 + L/1000) \mu\text{m}$ (onde L é a medida do comprimento em mm) em qualquer ponto da faixa de operação da máquina, (isto é, dentro do comprimento do eixo), conforme Norma ISO 10360-2 (2009); ou

2. Três ou mais eixos e três dimensões (volumétrica) com erro máximo de precisão na medida de comprimento (E0, MPE igual ou menor (melhor) que $(1,7 + L/800) \mu\text{m}$ (onde L é a medida do comprimento em mm) em qualquer ponto da faixa de operação da máquina, (isto é, dentro do comprimento do eixo), conforme Norma ISO 10360-2 (2009).

Nota Técnica: O E0, MPE de configuração mais precisa da CNC especificada conforme Norma ISO 10360-2 (2009) pelo fabricante (por exemplo, a melhor do que segue: sonda, comprimento da ponta, parâmetros de movimento, ambiente) e todas as compensações disponíveis devem ser comparadas no limite de $1,7 + L/800$.

b. Dispositivos de medida de deslocamento linear, como se segue:

1. Sistemas de medida sem contato, com uma "resolução" igual ou melhor (menor) que $0,2 \mu\text{m}$ dentro da faixa de medida até $0,2 \text{ mm}$;

2. Sistemas de transformadores diferenciais variáveis lineares (TDLV), que tenham as duas características abaixo:

a.1. "Linearidade" igual ou melhor (menor) que $0,1\%$, medido de zero até a faixa de operação total ou máxima, para um TDLV com faixa de operação superior 5 mm ; ou

2. "Linearidade" igual ou melhor (menor) que $0,1\%$, medido de zero até 5 mm , para um TDLV com faixa de operação maior que 5 mm ; e

b. Variação igual ou menor (melhor) que $0,1\%$ por dia em um ambiente padrão de teste com temperatura controlada de $\pm 1 \text{ K}$;

3. Sistemas de medida que tenham as duas seguintes características:

a. Possuem um laser; e

b. Mantidos por pelo menos 12 horas, em uma variação de temperatura de $\pm 1 \text{ K}$ em torno de uma temperatura padrão em uma pressão padrão:

1. Uma "resolução" sobre a escala de $0,1 \mu\text{m}$ ou melhor; e

2. Uma "incerteza de medida" igual ou melhor (menor) que $(0,2 + L/2000) \mu\text{m}$ (L é o comprimento medido em mm).

Nota: Item 1.B.3.b.3. acima não controla sistemas de medida em interferômetros, sem circuito de realimentação aberto ou fechado, que tenham um laser para medir erros de escorregamento de máquinas operatrizes, máquinas de inspeção dimensional, ou equipamento similar.

Nota Técnica: No item 1.B.3.b. "deslocamento linear" significa a variação da distância entre o ponto inicial da medição e o objeto a ser medido.

c. Instrumentos para medição angular tendo um "desvio angular de posição" igual ou melhor (menor) que $0,00025^\circ$;

Nota: Item 1.B.3.c. não controla instrumentos óticos, tais como autocolimadores usando luz colimada (exemplo: luz de laser) para detectar o deslocamento angular com um espelho.

d. Sistemas para inspecionar simultaneamente características lineares e angulares de semiesferas, tendo as duas características seguintes:

1. "Incerteza de medida" ao longo de qualquer eixo igual ou melhor (menor) que $3,5 \mu\text{m}$ por 5 mm ; e

2. "Desvio da posição angular" igual ou menor que 0,02°.

Nota:

1. Item 3.B.3. inclui máquinas ferramentas, além das especificadas em 1.B.2, que possam ser utilizadas como máquinas de inspeção dimensional, se elas atendem ou excedem os critérios especificados para a função máquina de inspeção dimensional.

2. Máquinas descritas no item 1.B.3. são controladas se excedem o limite da faixa de controle em qualquer lugar dentro da sua faixa de operação.

Nota Técnica: Todos os parâmetros dos valores medidos neste item são relacionados a mais, ou menos, o valor de referência, isto é, não a faixa/banda total. (ex: precisão: + ou - 0,02; valor de referência 3,00; então o limite seria 3,02 ou 2,98)

1.B.4. Fornos de indução com atmosfera controlada (vácuo ou gás inerte) e fontes de potência associadas, como as seguintes:

a. Fornos tendo todas as seguintes características:

1. Capazes de operar a temperaturas acima de 1123 K (850 °C);

2. Possuir bobinas/solenoides de indução de 600 mm ou menor em diâmetro; e

3. Projetados para potências de entrada (power inputs) de 5 kW ou mais;

Nota: Item 1.B.4.a. não controla fornos projetados para o processamento de pastilhas (bolachas) semicondutoras.

b. Fontes de potência com a potência de saída (output power) de 5 kW ou maior, especialmente projetadas para fornos especificados no item 1.B.4.a.

1.B.5. "Prensas isostáticas" e equipamentos relacionados como os seguintes:

a. "Prensas isostáticas" possuindo as seguintes características:

1. Capazes de atingir a pressão máxima de trabalho de 69 MPa ou maior; e

2. Possuir uma cavidade com um diâmetro interno acima de 152 mm;

b. Cadinhos (matrizes), moldes e controles especialmente projetados para "prensas isostáticas" especificadas no item 1.B.5.a.

Notas Técnicas:

1. No item 1.B.5. "prensas isostáticas" são equipamentos capazes de pressurizar uma cavidade fechada através de vários meios (gás, líquido, partículas sólidas, etc.) para criar pressão igual em todas as direções dentro da cavidade sobre uma forma ou material.

2. No item 1.B.5. a dimensão interna da cavidade é aquela na qual a temperatura de trabalho e a pressão de trabalho são atingidas e não inclui acessórios. Esta dimensão será a menor entre o diâmetro interno da câmara de pressão ou o diâmetro interno da câmara do forno isolada, dependendo de qual das duas cavidades está localizada dentro da outra.

2. A dimensão interna da câmara refere-se ao espaço no qual são alcançadas simultaneamente a temperatura e a pressão de operação, não incluindo dispositivos ou componentes auxiliares.

1.B.6. Sistema de teste de vibração, equipamentos e componentes, como os seguintes:

a. Sistemas de teste de vibração eletrodinâmicos, possuindo todas as seguintes características:

1. Empregando técnicas de controle de realimentação ou controle de malha fechada e incorporando uma unidade de controle digital;

2. Capaz de vibrar a 10 g₀ ou mais, em Raiz Média Quadrática (RMS), na faixa de 20 a 2000 Hz; e

3. Capaz de transmitir uma força de 50 kN ou maior, medida na "mesa vazia".

b. Controladores digitais, combinados com "software" especialmente projetado para testes de vibração, com uma largura de banda em tempo real maior do que 5 kHz e destinados para uso em sistemas controlados do item 1.B.6.a.;

c. Indutores de vibração (unidades vibradoras), com ou sem amplificadores associados, capazes de transmitir uma força de 50 kN, medida na "mesa vazia", ou maior, os quais são utilizados nos sistemas especificados no item 1.B.6.a.;

d. Estruturas de suporte para teste de peças e unidades eletrônicas projetadas a combinar unidades vibratórias em um sistema completo de vibração capaz de prover uma força combinada efetiva de 50 kN, ou maior, medida na "mesa vazia", os quais são utilizados nos sistemas especificados no item 1.B.6.a.

Nota Técnica: No item 1.B.6. "mesa vazia" designa uma mesa ou superfície plana sem instalações, equipamentos ou acessórios.

1.B.7. Fornos de fundição, fusão metalúrgica a vácuo ou com atmosfera controlada e equipamentos relacionados, como os seguintes:

a. Fornos de refusão a arco, fornos de fusão a arco e fornos de fusão e fundição a arco possuindo todas as características seguintes:

1. Com eletrodos consumíveis com capacidade entre 1.000 cm³ e 20.000 cm³; e
2. Capazes de operar com uma temperatura de fusão acima de 1.973 K (1.700 °C);

b. Fornos de fusão por feixe de elétrons, fornos de atomização de plasma e fornos de fusão de plasma possuindo todas as características seguintes:

1. Potência de 50 kW ou maior; e
2. Capazes de operar com uma temperatura de fusão acima de 1.473 K (1.200 °C);

c. Sistemas de controle e monitoramento de computador especialmente configurados para qualquer tipo de fornos especificados no item 1.B.7.a. ou 1.B.7.b.

d. Maçaricos de plasma especialmente projetados para os fornos especificados em 1.B.7.b. tendo ambas as seguintes características:

1. Funcionamento com potência superior a 50 kW; e
2. Capaz de operar acima de 1.473 K (1.200 °C);

e. Canhões de feixes de elétrons especialmente projetados para os fornos especificados em 1.B.7.b. operando com potência superior a 50 kW.

1.C. MATERIAIS

Nenhum.

1.D. SOFTWARE

1.D.1. "Software" especialmente projetado ou modificado para o "uso" nos equipamentos especificados nos itens 1.A.3., 1.B.1., 1.B.3., 1.B.5., 1.B.6.a., 1.B.6.b., 1.B.6.d. ou 1.B.7.

Nota: "Software" especialmente projetado ou modificado para sistemas especificados no item 1.B.3.d. inclui "software" para medições simultâneas de espessura da parede e do contorno.

1.D.2. "Software" especialmente projetado ou modificado para "desenvolvimento", "produção", ou "uso" de equipamento especificado no item 1.B.2.

Nota: Item 1.D.2. não controla parte de "software" de programação que gera o "controle numérico" de códigos de comando mas não permite o uso direto do equipamento para usinagem de várias peças.

1.D.3. "Software" para qualquer combinação de dispositivos eletrônicos ou sistemas habilitando estes dispositivos para funcionar como uma unidade de "controle numérico" para máquinas ferramentas com capacidade de controlar cinco ou mais eixos de interpolação que possam ser coordenados simultaneamente para "controle de contorno".

Notas:

1. "Software" é controlado no caso de ser exportado separadamente ou residindo em uma unidade de "controle numérico" ou qualquer dispositivo eletrônico ou sistema.

2. O item 1.D.3. não controla "software" especialmente projetado ou modificado pelos fabricantes da unidade de controle ou máquinas ferramenta para operar uma máquina ferramenta que não está especificada no item 1.B.2.

1.E. TECNOLOGIA

1.E.1. "Tecnologia" de acordo com os Controles de Tecnologia para "desenvolvimento", "produção", ou "uso" de equipamento, material ou "software" especificado em 1.A. a 1.D.

2. MATERIAIS

2.A. EQUIPAMENTOS, CONJUNTOS E COMPONENTES

2.A.1. Cadinhos (matrizes) produzidos de material resistente aos metais actínídeos líquidos, como segue:

a. Cadinhos possuindo as duas características seguintes:

1. Volume entre 150 cm^3 (150 ml) e 8.000 cm^3 (8L); e

2. Produzidos ou recobertos com qualquer dos seguintes materiais, ou combinação dos seguintes materiais, possuindo um nível de impurezas total de 2% ou menos por peso:

a. Fluoreto de cálcio (CaF_2);

b. Zirconato de cálcio (metazirconato) (CaZrO_3);

c. Sulfeto de cério (Ce_2S_3);

d. Óxido de érbio (erbia) (Er_2O_3);

e. Óxido de háfnio (hafnia) (HfO_2);

f. Óxido de magnésio (MgO);

g. Liga de nitrato de tungstênio-titânio-nióbio (aproximadamente 50% Nb, 30% Ti, 20% W);

h. Óxido de ítrio (íttria) (Y_2O_3); ou

i. Óxido de zircônio (zircônia) (ZrO_2);

b. Cadinhos possuindo as duas características seguintes:

1. Volume entre 50 cm^3 (50 ml) e 2.000 cm^3 (2 litros); e

2. Produzidos ou recobertos com tântalo, possuindo uma pureza de 99,9% ou mais por peso.

c. Cadinhos possuindo todas as seguintes características:

1. Volume entre 50 cm^3 (50 ml) e 2.000 cm^3 (2 litros);

2. Produzidos ou recobertos com tântalo, possuindo uma pureza de 98% ou mais por peso; e

3. Revestidos com carvão de tântalo, nitreto ou borato ou qualquer outra combinação deles.

2.A.2. Catalisadores platinados à prova de umidade, especialmente projetados ou preparados para promover a reação de troca do isótopo de hidrogênio entre hidrogênio e água, para recuperação do trítio da água ou para a produção ou enriquecimento de água pesada.

2.A.2. Catalisadores platinizados especialmente projetados ou preparados para promover a reação de troca isotópica de hidrogênio entre hidrogênio e água, para a recuperação de trítio da água pesada ou para a produção de água pesada.

Nota Técnica: Em reatores moderados a água pesada, os (enriquecedores) mantêm a concentração de água pesada no núcleo do reator. Catalisadores platinados à prova de umidade também podem ser usados para modular água pesada.

2.A.3. Estruturas de compósitos na forma de tubos de parede fina possuindo todas as características seguintes:

a. Diâmetro interno entre 75 e 650 mm;

b. Uma espessura de 12 mm ou menos;

c. Produzidas com qualquer dos "materiais fibrosos ou filamentados" especificados no Item 2.C.7.a. ou com materiais de fibra de carbono pré-impregnado especificados no Item 2.C.7.c.

2.A.4. Conjuntos alvos e componentes direcionados para a produção de trítio da seguinte forma:

a. Conjuntos de alvos feitos de ou contendo lítio enriquecido no isótopo lítio-6, especialmente projetados para a produção de trítio por irradiação, incluindo inserção num reator nuclear;

b. Componentes especialmente projetados para os conjuntos alvo especificados no Item 2.A.4.a.

Nota técnica: Os componentes especialmente projetados para conjuntos alvo para a produção de trítio podem incluir pastilhas de lítio, getters de trítio e revestimentos com revestimento especial.

2.B. EQUIPAMENTO DE TESTE E PRODUÇÃO

2.B.1. Instalações de trítio e equipamentos para os mesmos, como segue:

- a. Instalações ou usinas para produção, recuperação, extração, concentração ou manuseio de trítio;
- b. Equipamento para instalações ou usinas de trítio, como segue:

1. Unidades de refrigeração de hidrogênio ou hélio, capazes de refrigerar até 23 K (-250 °C) ou menos, com capacidade de remoção do calor maior do que 150 W;

2. Sistemas de estocagem e purificação de isótopos de hidrogênio, usando hidretos de metal como meio para estocagem ou purificação.

2.B.2. Instalações ou usinas para separação de isótopos de lítio, e sistemas e equipamentos para os mesmos, como segue:

Observação: Certos equipamentos e componentes de separação de isótopos de lítio para o processo de separação de plasma também são diretamente aplicáveis à separação de isótopos de urânio e são controlados no Capítulo II deste Anexo.

a. Instalações ou usinas para a separação de isótopos de lítio;

b. Equipamentos para separação de isótopos de lítio baseados no processo de amalgama lítio-mercúrio, como segue:

1. Colunas compactas para troca líquido-líquido especialmente projetadas para amálgamas de lítio;

2. Bombas de amálgamas de lítio ou mercúrio;

3. Células de eletrólises de amálgamas de lítio;

4. Evaporadores para soluções concentradas de hidróxido de lítio.

c. Sistemas de troca iônica especialmente projetados para separação de isótopos de lítio e componentes especialmente projetados para o mesmo uso.

d. Sistemas de troca química (empregando éteres de coroa, cryptands ou lauril éter) especialmente projetados para a separação de isótopos de lítio, bem como peças componentes especialmente desenvolvidas para esses sistemas."

2.C. MATERIAIS

2.C.1. Ligas de alumínio possuindo as duas seguintes características:

a. Com limite de resistência à tração de 460 MPa ou maior a 293K (20°C); e

b. Na forma de tubos ou barras cilíndricas (incluindo forjadas), com um diâmetro externo maior que 75 mm.

Nota Técnica: No item 2.C.1. o valor do limite de resistência à tração refere-se às ligas de alumínio antes ou após tratamento térmico.

2.C.2. Berílio metálico, ligas contendo mais de 50% de berílio em peso, compostos de berílio manufaturados e restos e sucatas contendo berílio.

Nota: Item 2.C.2. não controla os seguintes itens:

a. Janelas metálicas para equipamentos de raio-x ou para dispositivo de registro de furos;

b. Óxidos em formas acabadas semi-acabadas especialmente projetadas para componentes eletrônicos ou como substratos para circuitos eletrônicos; e

c. Berilo (silicato de berílio e alumínio) na forma de esmeraldas ou águas-marinhas.

2.C.3. Bismuto possuindo as duas seguintes características:

a. Pureza de 99,99% ou maior por peso; e

b. Contendo menos que 10 ppm (partes por milhão) por peso de prata.

2.C.4. Boro isotopicamente enriquecido em Boro-10 (B-10) maior que a sua abundância isotópica na natureza, tais como: elementos de Boro, compostos, misturas contendo boro, manufaturados de Boro, restos e sucatas contendo Boro.

Nota: Item 2.C.4 misturas contendo boro incluem materiais de boro.

NotaTécnica: A abundância isotópica natural do Boro-10 é de aproximadamente 18,5% do peso.

2.C.5. Cálcio possuindo as duas seguintes características:

- a. Contendo menos de 1000 partes por milhão em peso de impurezas metálicas, exceto magnésio; e
- b. Contendo menos que 10 partes por milhão por peso de boro.

2.C.6. Trifluoreto de cloro (ClF_3).

2.C.7. "Materiais fibrosos ou filamentosos", pré-impregnados como os seguintes:

a. "Materiais fibrosos ou filamentosos", de carbono ou aramida, possuindo as seguintes características:

- 1. "Módulo específico" de $12,7 \times 10^6$ m ou superior; ou
- 2. "Tensão específica" de $23,5 \times 10^4$ m ou maior;

Nota: Item 2.C.7.a. não controla os "materiais fibrosos ou filamentosos", de aramida com 0,25% ou mais em peso, com superfície fibrosa modificada à base de ésteres.

b. "Materiais fibrosos ou filamentosos", de vidro, possuindo as duas seguintes características:

- 1. "Módulo específico" de $3,18 \times 10^6$ m ou superior; e
- 2. "Tensão específica" de $7,62 \times 10^4$ m ou maior;

c. Cordas, cabos, cordões ou fitas contínuas impregnadas com resinas termofixadas, com largura de 15 mm ou menor, feitos de "materiais fibrosos ou filamentosos de carbono ou vidro", especificados nos itens 2.C.7.a. ou 2.C.7.b.

Nota Técnica: A resina forma a matriz do compósito.

Notas Técnicas:

1. No item 2.C.7. "Módulo específico" é o módulo de Young em N/m^2 , dividido pelo peso específico em N/m^3 , quando medido a uma temperatura de $296 \pm 2 \text{ K}$ ($23 \pm 2^\circ \text{C}$) e uma umidade relativa de $50 \pm 5\%$.

2. No item 2.C.7. "Tensão específica" é o limite de resistência à tração em N/m^2 , dividida pelo peso específico em N/m^3 , quando medida a uma temperatura de $296 \pm 2 \text{ K}$ ($23 \pm 2^\circ \text{C}$) e a uma umidade relativa de $50 \pm 5\%$.

2.C.8. Háfio metálico, ligas contendo mais de 60% de háfio em peso, compostos de háfio contendo mais de 60% de háfio em peso, manufaturados e restos e sucatas contendo háfio.

2.C.9. Lítio enriquecido com isótopo Lítio-6 (Li-6), maior que a sua abundância na natureza e produtos ou dispositivos contendo lítio enriquecido, como os seguintes: elementos de lítio, ligas, compostos, misturas contendo lítio, manufaturados e restos e sucatas contendo lítio.

Nota: Item 2.C.9 não controla dosímetros termo luminescentes.

Nota Técnica: A abundância do isótopo de Lítio-6 (Li-6) na natureza é aproximadamente 6,5% por peso (7,5% átomos por cento).

2.C.10. Magnésio possuindo as duas seguintes características:

- a. Contendo menos do que 200 partes por milhão em peso de impurezas metálicas exceto de cálcio; e
- b. Contendo menos que 10 partes por milhão em peso de Boro.

2.C.11. Aços "Maraging" com limite de resistência à tração superior a 1950 MPa ou maior a 293 K (20°C).

Nota: Item 2.C.11. não controla formas em que todas dimensões lineares tenham 75 mm ou menos.

Nota Técnica: No item 2.C.11. o valor do limite de resistência à tração refere-se ao aço "Maraging" antes ou após o tratamento térmico.

2.C.12. Rádio-226 (Ra-226), ligas de Rádio-226, compostos de Rádio 226, misturas contendo Rádio-226, manufaturados e produtos ou dispositivos contendo Rádio-226.

Nota: Item 2.C.12. não controla os seguintes itens:

- a. Aplicações médicas;
- b. Produto ou dispositivo contendo menos do que 0,37 GBq de Rádio-226.

2.C.13. Ligas de titânio possuindo as duas características seguintes:

- a. Com limite de resistência à tração de 900 MPa ou mais a 293 K (20°C); e

b. Na forma de tubos ou barras cilíndricas (incluindo forjados), com um diâmetro externo maior do que 75 mm.

Nota Técnica: No item 2.C.13. o valor do limite de resistência à tração refere-se às ligas de titânio antes ou após o tratamento térmico.

2.C.14. Tungstênio, carbeto de tungstênio, e ligas contendo mais de 90% de tungstênio em peso, possuindo as duas seguintes características:

a. Na forma de simetria cilíndrica com furo interno (incluindo segmentos cilíndricos) com um diâmetro interno entre 100 e 300 mm; e

b. Massa maior que 20 kg.

Nota: Item 2.C.14. não controla peças projetadas especificamente para a utilização como peso ou colimadores de raios gama.

2.C.15. Zircônio com um conteúdo de háfnio menor que uma parte de háfnio para 500 partes de zircônio em peso, em forma de metal, ligas contendo mais do que 50% de zircônio em peso, compostos, manufaturados, restos e sucatas feitos com esses materiais.

Nota: Item 2.C.15. não controla zircônio em forma de lâmina, com uma espessura que não exceda a 0,10 mm.

2.C.16. Pó de níquel e esponja de níquel, como segue:

Observação: Pós de níquel especialmente preparados para a fabricação de barreiras de difusão gasosa são controlados pelo item 5.3.1.(b) do Capítulo II.

a. Pó de níquel possuindo as duas características seguintes:

1. Níquel com pureza de 99,0 % ou superior em peso; e

2. Um tamanho médio de partícula menor do que 10 μm , medido pelo padrão ASTM B 330.

b. Esponja de níquel produzida com materiais especificados no item 2.C.16.a.

Nota: Item 2.C.16. não controla os seguintes itens:

a. Pós de níquel filamentosos; e

b. Esponjas de níquel em lâminas com uma área de 1000 cm^2 ou menor por lâmina.

Nota Técnica: Item 2.C.16.b. refere-se a esponjas formadas por compactação e sintetização de material do item 2.C.16.a. para formar um material metálico com poros finos interconectados através da estrutura.

2.C.17. Trítio, compostos de Trítio, ou misturas contendo Trítio, nas quais a razão de trítio em relação ao hidrogênio ultrapasse em átomos 1 parte em 1000, e produtos ou dispositivos contendo qualquer um destes produtos.

Nota: Item 2.C.17. não controla produto ou dispositivo contendo menos do que $1,48 \times 10^3$ GBq de Trítio.

2.C.18. Hélio-3 (He-3), misturas contendo hélio-3 e produtos ou derivados contendo qualquer um destes elementos.

Nota: Item 2.C.18. não controla produto ou dispositivo contendo menos do que 1 g de hélio-3.

2.C.19. Radionuclídeos próprios para fabricação de fontes de nêutrons com base na reação alfa-N:

Tabela 4: Relação de radionuclídeos controlados.

Actínio-225 (Ac-225)	Cúrio-244 (Cm-244)	Polônio-209 (Po-209)
Actínio-227 (Ac-227)	Einstênio-253 (Es-253)	Polônio-210 (Po-210)
Califórnio-253 (Gf-253)	Einstênio-254 (Es-254)	Rádio-223 (Ra-223)
Cúrio-240 (Cm-240)	Gadolínio-148 (Gd-148)	Tório-227 (Th-227)
Cúrio-241 (Cm-241)	Plutônio-236 (Pu-236)	Tório-228 (Th-228)
Cúrio-242 (Cm-242)	Plutônio-238 (Pu-238)	Urânio-230 (U-230)
Cúrio-243 (Cm-243)	Polônio-208 (Po-208)	Urânio-232 (U-232)

Na seguinte forma:

a. Elementar ou básica;

- b. Compostos com atividade total de 37 GBq por Kg ou maior;
- c. Misturas com atividade total de 37 GBq por Kg ou maior; e
- d. Produtos ou dispositivos contendo qualquer um dos elementos acima.

Nota: Item 2.C.19. não controla produto ou dispositivo contendo menos do que 3,7 GBq de atividade.

2.C.20. Rênio, e ligas contendo 90% em peso ou mais de rênio e ligas de rênio e tungstênio contendo 90% em peso ou mais de qualquer combinação de rênio e tungstênio possuindo ambas as características:

- a. Em forma de simetria cilíndrica oca (incluindo segmentos cilíndricos) com diâmetro interno entre 100 e 300 mm; e
- b. Massa maior que 20 kg.

2.D. SOFTWARE

Nenhum

2.E. TECNOLOGIA

2.E.1. "Tecnologia" de acordo com os controles de tecnologia para "desenvolvimento", "produção", ou "uso" de equipamento, material ou "software" especificado no item 2.A. a 2.D.

3. EQUIPAMENTOS E COMPONENTES PARA SEPARAÇÃO ISOTÓPICA DE URÂNIO (Outros itens além daqueles da Lista de Equipamentos, Material e Tecnologia Nuclear)

3.A. EQUIPAMENTOS, CONJUNTOS E COMPONENTES

3.A.1. Conversores ou geradores de frequência variável, utilizados como motor de frequência variável ou fixa, possuindo todas as características seguintes:

Observação 1: Conversores ou geradores de frequência especialmente projetados ou preparados para o processo de centrifuga a gás são controlados no Capítulo II.

Observação 2: "Software" especialmente projetado para aumentar ou liberar a performance dos conversores ou geradores de frequência para que satisfaçam as características abaixo é controlado nos itens 3.D.2. e 3.D.3.

Observação: "Software" especialmente projetado para melhorar ou habilitar o desempenho de conversores ou geradores de frequência, de modo a atender às características descritas abaixo, está sujeito a controle nos itens 3.D.2 e 3.D.3

- a. Uma saída multifase supridora de potência de 40 VA ou maior;
- b. Que opere na frequência de 600 HZ ou maior; e
- c. Controle de frequência melhor (menor) que 0,2 %.

Notas:

1. No item 3.A.1 somente controla conversores de frequência para uso em maquinário específico industrial e/ou bens de consumo (máquinas ferramentas, veículos, etc.) se os conversores de frequência podem satisfazer as características acima quando removidos, e sujeitos à nota geral 3.

2. Para o propósito de controle de exportação, a CIBES determinará se o conversor de frequência em particular tem as características acima, considerando as restrições de software e hardware.

Notas Técnicas:

1. Conversores de frequência no item 3.A.1. são também conhecidos reguladores ou inversores.

2. As características especificadas no item 3.A.1. podem ser satisfeitas por alguns equipamentos comercializados tais como: Geradores, equipamento de teste eletrônico, fontes de alimentação AC, motor de acionamento de velocidade variável, variador de velocidade, variador de frequência, variador de frequência ajustável ou acionadores de velocidade ajustáveis.

3.A.2. Lasers, amplificadores de lasers e osciladores, como os seguintes:

a. Lasers de vapor de cobre possuindo todas as características seguintes:

- 1. Operando num comprimento de onda entre 500 e 600 nm; e
- 2. Potência média de saída de 30 W ou maior;

b. Lasers de íons de argônio possuindo todas as características seguintes:

1. Operando num comprimento de onda entre 400 e 515 nm; e
2. Potência média de saída de 40 W ou maior;
- c. Lasers dopados com Neodímio (não de vidros) com saída de comprimento de onda entre 1000 e 1100 nm, possuindo qualquer das características seguintes:
 1. Pulsados e desencadeados ("Q-switched") com duração de pulso igual ou maior do que 1 ns, e tendo uma das condições seguintes:
 - a. Saída monomodo transversal, tendo em média uma potência de saída maior que 40 W; ou
 - b. Saída multimodo transversal, tendo em média uma potência de saída maior que 50 W; ou
 2. Incorporando um dobrador de frequência fornecendo um comprimento de onda de saída entre 500 e 550 nm, com uma potência média de frequência maior do que 40 W;
 - d. Osciladores de lasers de corante monomodo, pulsados e sintonizáveis, possuindo todas as características seguintes:
 1. Operando num comprimento de onda entre 300 e 800 nm;
 2. Potência média de saída maior que 1 W;
 3. Taxa de repetição maior que 1 kHz; e
 4. Largura de pulso menor que 100 ns;
 - e. Amplificadores e osciladores de lasers de corante sintonizáveis e pulsados, possuindo todas as características seguintes:
 1. Operando num comprimento de onda entre 300 e 800 nm;
 2. Potência média de saída maior que 30 W;
 3. Taxa de repetição maior que 1 kHz; e
 4. Largura de pulso menor que 100 ns;
- Nota: Item 3.A.2.e. não controla osciladores monomodo.
- f. Lasers de Alexandrita possuindo todas as características seguintes:
 1. Operando num comprimento de onda entre 720 e 800 nm;
 2. Largura de banda de 0,005 nm ou menor;
 3. Taxa de repetição maior que 125 Hz; e
 4. Potência média de saída maior que 30 W;
- g. Lasers pulsados de dióxido de carbono possuindo todas as características seguintes:
 1. Operando num comprimento de onda entre 9000 e 11000 nm;
 2. Taxa de repetição maior que 250 Hz;
 3. Potência média de saída maior que 500 W; e
 4. Largura de pulso menor que 200 ns;
- Nota: Item 3.A.2.g. não controla os lasers industriais de CO₂ de alta potência (tipicamente de 1 a 5 kW), usados em aplicações como soldagem e corte, uma vez que esses lasers são contínuos ou pulsados, com uma largura de pulso maior que 200 ns.
- h. Lasers "excimer" pulsados (XeF, XeCl, KrF) possuindo todas as características seguintes:
 1. Operando num comprimento de onda entre 240 e 360 nm;
 2. Taxa de repetição maior que 250 Hz; e
 3. Potência média de saída maior que 500 W;
- i. Conversor "Raman" para hidrogênio projetados para operar a um comprimento de onda de saída de 16 µm e a uma taxa de repetição maior que 250 Hz.
- j. Lasers de monóxido de carbono pulsados possuindo todas as seguintes características:
 1. Operarem comprimento de ondas entre 5000 e 6000 nm;

2. Taxa de repetição superior a 250 Hz;
3. Potência média de saída superior a 200 W; e
4. Largura de pulso menor que 200 ns.

Nota: Item 3.A.2.j. não controla os lasers de CO₂ industriais de potência mais alta (geralmente de 1 a 5 kW) utilizados em aplicações tais como corte e solda, uma vez que estes são lasers de onda contínua ou pulsadas com largura de pulso maior que 200 ns.

3.A.3. Válvulas possuindo todas as características seguintes:

- a. Dimensão nominal de 5 mm ou maior;
- b. Vedação por fole; e
- c. Totalmente feita de ou revestida com alumínio, liga de alumínio, níquel ou liga de níquel contendo 60% ou mais de níquel.

Nota Técnica: Para válvulas com diferentes diâmetros de entrada e saída, a dimensão nominal no item 3.A.3.a. refere-se ao diâmetro menor.

3.A.4. Eletroímãs solenoidais supercondutores, com todas as características seguintes:

- a. Capacidade de criação de campos magnéticos maior que 2 T;
- b. Razão do comprimento dividido pelo diâmetro interno maior que 2;
- c. Com um diâmetro interno maior que 300 mm; e
- d. Com um campo magnético uniforme melhor que 1% sobre os 50% centrais do volume interno.

Nota: Item 3.A.4. não controla ímãs especialmente projetados e exportados como partes de sistemas médicos de imagem de ressonância magnética nuclear (NMR).

Observação: É entendido que a expressão, "parte de" não significa necessariamente parte física na mesma remessa. Remessas separadas de diferentes procedências são permitidas, desde que os documentos de exportação especifiquem claramente a relação entre as partes componentes.

3.A.5. Fontes de alimentação de corrente contínua de alta potência possuindo ambas as características seguintes:

- a. Capacidade de produzir continuamente, durante um período de 8 horas, 100 V ou mais, com saída de corrente de 500 A ou mais; e
- b. Regulagem de voltagem ou corrente de 0,1% ou melhor durante um período de 8 horas.

3.A.6. Fontes de alimentação de corrente contínua de alta voltagem possuindo ambas as características seguintes:

- a. Capacidade de produzir continuamente, durante um período de 8 horas, 20 kV ou mais, com saída de corrente de 1 A ou mais; e
- b. Regulagem de voltagem ou corrente de 0,1% ou melhor durante um período de 8 horas.

3.A.7. Todos os tipos de transdutores de pressão capazes de medir pressões absolutas e possuindo todas as características seguintes:

a. Com sensores de pressão feitos de ou protegidos/revestidos por alumínio ou ligas de alumínio, óxido de alumínio (alumina ou safira), níquel, ligas de níquel com mais de 60% de níquel em peso, ou polímeros de hidrocarbonetos totalmente fluorados;

b. Selos, se houver, essenciais para vedar o sensor de pressão e em contato direto com o meio medido, feitos ou revestidos por alumínio ou liga de alumínio, óxido de alumínio (alumina ou safira), níquel, liga de níquel com mais de 60% de níquel em peso, ou polímeros de hidrocarbonetos totalmente fluorados; e

c. Possuindo qualquer das características seguintes:

1. Escala total menor que 13 kPa e uma "precisão" melhor que $\pm 1\%$ da escala total ou fundo de escala; ou
2. Escala total de 13 kPa ou maior e uma "precisão" melhor que ± 130 Pa quando medida a 13 kPa.

Notas Técnicas:

1. No item 3.A.7. transdutores de pressão são dispositivos que convertem medidas de pressão em sinais.

2. No item 3.A.7. "precisão" inclui não-linearidade, histereses e repetibilidade à temperatura ambiente.

3.A.8. Bombas de vácuo possuindo todas as características seguintes:

- a. Com um bocal de entrada de 380 mm ou maior;
- b. Com velocidade de bombeamento de $15 \text{ m}^3/\text{s}$ ou maior; e
- c. Capacidade de produção de um vácuo máximo melhor que 13,3 mPa.

Notas Técnicas:

1. A velocidade de bombeamento é determinada no ponto da medida com gás nitrogênio ou ar.

2. O vácuo máximo é determinado na entrada da bomba com a entrada da bomba bloqueada.

3.A.9. Compressores do tipo espiral selados por fole e bombas de vácuo do mesmo tipo possuindo todas as características seguintes:

- a. Capacidade de um fluxo de volume de entrada de $50 \text{ m}^3/\text{h}$ ou mais;
- b. Capacidade de razão de pressão de 2:1 ou maior; e
- c. Possuindo todas as superfícies que entram em contato como fluido de trabalho produzidas com qualquer um dos seguintes materiais:

1. Alumínio ou liga de alumínio;
2. Óxido de alumínio;
3. Aço inoxidável;
4. Níquel ou liga de níquel;
5. Fósforo-bronze; ou
6. Fluoropolímero.

Notas Técnicas:

1. Em um compressor ou bomba de vácuo espiral, bolsões de gás em forma de meia-lua ficam presos entre um ou mais pares de palhetas em espiral justapostas, ou rolos, onde uma das quais gira e a outra permanece fixa. Ocorre um movimento de rolagem em torno da espiral estacionária, mas esta não gira. Com o movimento de rolagem em torno da espiral estacionária, os bolsões de gás diminuem de tamanho (isto é, eles são comprimidos) à medida que se movem direção ao fluxo de saída da máquina.

2. Em um compressor ou bomba de vácuo espiral selado por fole o fluido de trabalho é totalmente isolado das partes lubrificadas da bomba e da atmosfera por um fole de metal. Uma extremidade do fole está conectada ao rolamento que se move e a outra extremidade está conectada à estrutura fixa da bomba.

3. Fluoropolímeros incluem, mas não se limitam aos seguintes materiais:

- a. Politetrafluoroetileno (PTFE),
- b. Etileno-propileno fluoretizado (FEP),
- c. Perfluoroalcóxi (PFA),
- d. Policlorotrifluoroetileno (PCTFE); ou
- e. Copolímero de fluoreto de vinilideno e hexafluoropropileno.

3.B. EQUIPAMENTO DE TESTE E PRODUÇÃO

3.B.1. Células eletrolíticas para produção de flúor com capacidade de produção maior do que 250 g de flúor por hora.

3.B.2. Equipamento de fabricação ou montagem de rotor, equipamento de montagem e mandris de conformação de foles e matrizes, como segue:

a. Equipamento de montagem de rotor para montagem das seções tubulares de centrífugas a gás, separadores e tampas.

Nota: Item 3.B.2. inclui mandris de precisão, braçadeiras e máquinas de redução.

b. Equipamento de alinhamento de rotores para alinhamento de seções tubulares de rotor de centrífuga a gás a um eixo comum.

Nota Técnica: No item 3.B.2.b. normalmente tal equipamento consiste de sondas de medida de precisão, ligadas a um computador, que, controla a ação de, por exemplo, pistões pneumáticos usados para alinhamento dos rotores tubulares.

c. Mandris de conformação de foles e matrizes para produção de foles de ondulação simples.

Nota Técnica: Os foles citados no item 3.B.2.c. possuem todas as características seguintes:

1. Diâmetro interno entre 75 e 650 mm;
2. Comprimento de 12,7 mm ou maior;
3. Profundidade de cada ondulação maior do que 2 mm; e
4. Produzidos de alumínio de alta resistência, aço "Maraging" ou materiais "fibrosos ou filamentados" de alta resistência.

3.B.3. Máquinas centrífugas de balanceamento em vários planos, fixas ou portáteis, horizontais ou verticais, como se segue:

a. Máquinas de balanceamento centrífugas projetadas para balanceamento de rotores flexíveis, possuindo um comprimento de 600 mm ou mais, com todas as características a seguir:

1. Um diâmetro de abertura ou de mancal de 75 mm ou maior;
2. Capacidade de trabalhar massas de 0,9 a 23 kg; e
3. Capacidade de balancear a uma velocidade angular maior do que 5.000 rpm;

b. Máquinas centrífugas de balanceamento projetadas para balancear rotores cilíndricos vazados possuindo todas as características seguintes:

1. Um diâmetro de abertura ou de mancal de 75 mm ou maior;
2. Capacidade de trabalhar massas de 0,9 a 23 kg;
3. Desequilíbrio específico residual mínimo igual ou menor a 10 g mm/kg por plano; e
4. Tipo transmissão por correia.

3.B.4. Máquinas de bobinagem de fios e equipamentos relacionados como se segue:

a. Máquinas de bobinagem de fios possuindo todas as características seguintes:

1. Possuir movimentos para posicionamento, enrolamento e envolvimento de fibras coordenados e programados em 2 ou mais eixos;

2. Especialmente projetadas para fabricar estruturas de materiais compostos ou laminados de fibras ou materiais filamentados; e

3. Capazes de enrolar tubos cilíndricos com diâmetro interno entre 75 e 650 mm e comprimento de 300 mm ou maior.

b. Com controles programados e coordenados especialmente desenvolvidos para máquinas de bobinagem de fios especificadas no item 3.B.4.a.;

c. Mandris de precisão especialmente desenvolvidos para máquinas de bobinagem de fios especificadas no item 3.B.4.a.

3.B.5. Separadores eletromagnéticos de isótopos projetados para, ou equipados, com, fontes de íon simples ou múltiplas, com capacidade de produção de uma corrente total de feixe de íons de 50 mA ou maior.

Notas:

1. Item 3.B.5. inclui separadores capazes de enriquecer isótopos estáveis, bem como aqueles para urânio.

Observação :

Um separador capaz de separação de isótopos de chumbo com diferença de uma unidade de massa é inerentemente capaz de enriquecer isótopos de urânio com diferença de três unidades de massa.

2. Item 3.B.5. inclui separadores com coletores e fontes de íons, tanto no campo magnético, quanto naquelas configurações em que eles estão externos ao campo magnético.

Nota Técnica: Uma fonte de íons simples de 50 mA não produzirá mais do que 3g de HEU (urânio altamente enriquecido) por ano a partir de alimentação da abundância natural.

3.B.6. Espectrômetros de massa capazes de medir íons de 230 u ou mais e possuindo uma resolução de mais do que 2 partes em 230, e fontes de íon para isso, como segue:

Observação: Espectrômetro de massa especialmente projetados ou preparados para analisar amostras "on-line" do gás UF₆ são controlados no Capítulo II.

a. Espectrômetros de massa de plasma indutivamente acoplado (ICP/MS);

b. Espectrômetros de massa de descarga elétrica (GDMS);

c. Espectrômetros de massa termoiônicos (TIMS); e

d. Espectrômetros de massa por bombardeamento de elétrons, possuindo ambas características:

1. Um sistema de entrada de feixe molecular que injeta um feixe colimado de moléculas de analito numa região da fonte de íons, onde as moléculas são ionizadas por um feixe de elétrons; e

2. Uma ou mais armadilhas criogênicas com a capacidade de resfriamento até uma temperatura de 193 K (-80 °C) ou menos a fim de aprisionar moléculas de analito que não são ionizadas pelo feixe de elétrons;

e. Espectrômetro de massa equipados com uma fonte de íons microfluoração projetados para uso com actínídeos ou fluoretos de actínídeos.

Notas Técnicas:

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

Nenhum.

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" 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. Tanques ou dispositivos de armazenamentos 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. Turboexpansores ou conjuntos turboexpansores-compressores possuindo todas as características seguintes:

a. Projetado para operar com temperatura de saída de 35 K (-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. [Não aplicado desde 23 de Junho de 2017]

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

a. Projetadas para operar com temperaturas internas na faixa de 15 K (-258 °C) a 35 K (-238 °C);

b. Projetadas para operar com pressões internas na faixa de 0,1 a 1 MPa;

c. Construídas de:

1. Aço inox austenítico; ou

2. Materiais equivalentes compatíveis com hidrogênio (H₂) e compostos criogênicos entre 15 K (-258 °C) a 35 K (-238 °C); e

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

Notas Técnicas:

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

2. Materiais equivalentes podem incluir, mas não estão limitados aos seguintes materiais:

a. Alumínio,

b. Ligas de alumínio,

c. Ligas de cobre,

d. ligas de níquel, e

e. ligas de titânio.

4.B.3. [Não aplicado desde 14 de Junho de 2013]

4.C. MATERIAIS

Nenhum.

4.D. SOFTWARE

Nenhum.

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. Fotocátodo com uma área maior que 20 cm²; e

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

5.B. EQUIPAMENTO DE TESTE E PRODUÇÃO

5.B.1. Geradores de Raios-X que emitem pulsos de curta duração (flash X-ray) ou aceleradores de elétrons pulsados possuindo as características seguintes:

- a. 1. 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 nem aqueles projetados para utilização médica.

Notas Técnicas:

1. A figura de mérito K é definida como: $K = 1,7 \times 10^{-3} \times V^{2,65} \times Q$. Onde V é o pico de energia do elétron em milhões de elétron volts. Se a duração do pulso de aceleração é menor que 1 μ s, então Q é a carga total acelerada em Coulomb. Se a duração do pulso de aceleração for maior que 1 μ s, então Q é a máxima carga acelerada em 1 μ s. Q é igual à integral de i com relação a t, sobre o primeiro μ s ou sobre a duração do pulso do feixe [$Q = \int (idt)$], 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 μ s ou a duração do conjunto de feixe resultante de um pulso 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:

Observação: "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/ μ s;
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. Plugins 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 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 projetados para as câmeras especificadas em 5.B.3.b.1 ou 5.B.3.b.2.;

4. Plugins 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-ótico (Kerr ou células de bolso) com fechamento rápido de imagens (shutter) de 50 ns ou menos; e

4. Plugins 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 aplicado desde 14 de Junho de 2013).

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 10 μ s;

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

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

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 (Photonic 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, elas podem ser um módulo plugin para 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

Nenhum.

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 5000 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 (pentaeritritoltetranitrato). 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, conjuntos de disparo "firesets"), incluindo conjuntos de disparo carregados eletronicamente, acionados por explosivos e acionados opticamente, 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: Conjuntos de disparo opticamente comandado incluem iniciação e carregamento a laser. Conjuntos de disparo acionados por explosivos incluem explosivos ferroelétricos e explosivos ferromagnéticos. 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 ânodo de 2,5 kV ou mais;
3. Classe de pico de corrente no ânodo de 100 A ou mais; e
4. Tempo de atraso de ânodo de 10 µs ou menos;

Nota: Item 6.A.3.a. inclui válvulas de gás kryton e válvulas de vácuo spryton.

b. Faiscadores disparados possuindo ambas características seguintes:

1. Tempo de atraso de ânodo de 15 μ s 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 ânodo maior que 2 kV;
2. Classe de pico de corrente no ânodo de 500 A ou maior; e
3. Tempo para ligar de 1 μ s 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 μ F; 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 μ F; 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. Tensão elétrica maior que 2 kV; e

b. Indutância menor que 20 nH.

6.B. EQUIPAMENTO DE TESTE E PRODUÇÃO

Nenhum.

6.C. MATERIAIS

6.C.1. Substâncias ou misturas altamente explosivas contendo mais de 2% de qualquer dos seguintes materiais:

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

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

c. Triaminotrinitrobenzeno (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. Diaminotrinitrobenzeno (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

Nenhum.

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.