Seznam vybraných zařízení a nejaderných materiálů podléhajících ohlašování dovozů a vývozů v souladu s čl. 2 písm. a) bodem ix)

1. REAKTORY A ZAŘÍZENÍ K PROVOZU REAKTORŮ

1.1 Kompletní jaderné reaktory

Jaderné reaktory, které jsou schopné udržovat kritickou řízenou řetězovou reakci štěpení, kromě reaktorů nulového výkonu. Reaktory nulového výkonu jsou definovány jako reaktory s projektovanou maximální roční produkcí plutonia nepřesahující 100 g.

Vysvětlující poznámka

Pod výraz „jaderný reaktor" se zahrnují položky, které jsou umístěny uvnitř reaktorové nádoby nebo jsou s ní přímo spojeny, zařízení řídící výkon aktivní zóny a komponenty, které obsahují, obvykle přicházející do přímého kontaktu s chladivem aktivní zóny jaderného reaktoru nebo řídící jeho oběh.

Z této položky není možné vyloučit reaktory, které lze modifikovat tak, aby ročně produkovaly podstatně více než 100 g plutonia. Reaktory konstruované pro trvalý provoz na významné úrovni výkonu bez ohledu na jejich kapacitu produkce plutonia se za „reaktory nulového výkonu" nepovažují.

1.2 Reaktorové tlakové nádoby

Kompletní kovové nádoby nebo jejich hlavní dílensky vyrobené části, které jsou speciálně konstruované nebo upravené pro umístění aktivní zóny jaderného reaktoru definovaného v bodu 1.1 a které jsou schopné odolávat provoznímu tlaku chladiva primárního okruhu.

Vysvětlující poznámka

Vrchlík tlakové reaktorové nádoby je pod bod 1.2 zahrnován jako hlavní dílensky vyráběná součást reaktorové nádoby.

Vestavby jaderných reaktorů (např. nosné konstrukce aktivní zóny a jiná vnitřní zařízení nádoby, vodící trubky regulačních tyčí, tepelná stínění, tlumící mezistěny, deskové rošty aktivní zóny, difuzorové desky apod.) obvykle dodávají jaderní dodavatelé. V některých případech jsou některé vnitřní nosné komponenty zahrnovány pod výrobu tlakových nádob. Tyto položky mají rozhodující význam pro bezpečnost a spolehlivost provozu jaderného reaktoru (a jsou tedy i zárukou a spolehlivostí jaderného dodavatele), a proto by jejich dodávka, kromě dodávky základního vybavení vlastního reaktoru, neměla být běžnou praxí. To je důvodem, proč je tento způsob dodávky považován za nepravděpodobný, ačkoli oddělená dodávka těchto jednotlivých, speciálně konstruovaných nebo upravených kritických, rozsáhlých a nákladných položek není z dotyčné oblasti vyloučena.

1.3 Zavážecí stroje pro reaktory

Manipulační zařízení speciálně konstruovaná nebo upravená pro zavážení nebo vyjímání paliva z jaderného reaktoru definovaného v bodu 1.1, která jsou schopna uskutečňovat výměnu paliva za provozu nebo používat technicky složité prvky pro jeho umísťování nebo nasměrování a která umožňují provedení komplexu operací probíhajících při výměně paliva v průběhu odstávky jaderného reaktoru, kdy obvykle není možné přímé pozorování nebo přístup k palivu.

1.4 **Regulační tyče reaktoru**

Speciálně konstruované nebo upravené tyče pro řízení změn reaktivity v jaderném reaktoru definovaném v bodu 1.1.

Vysvětlující poznámka

Tato položka kromě části absorbující neutrony zahrnuje rovněž i její nosné nebo závěsné konstrukce, jsou-li dodávány odděleně.

1.5 **Tlakové trubky reaktoru**

Trubky, které jsou speciálně konstruované nebo upravené pro pojmutí palivových článků a primárního chladiva jaderného reaktoru definovaného v bodu 1.1 při provozním tlaku vyšším než 5,1 MPa (740 psi).

1.6 **Zirkoniové trubky**

Kovové zirkonium a jeho slitiny ve formě trubek nebo trubkových sestav, které jsou speciálně konstruovány nebo upraveny pro použití v jaderném reaktoru definovaném v bodu 1.1, v množství přesahujícím pro kteroukoli zemi příjemce 500 kg kdykoli v průběhu dvanácti měsíců, a jejichž váhový poměr hafnia a zirkonia je menší než 1: 500.

1.7 **Čerpadla primárního chladiva**

Čerpadla speciálně konstruovaná nebo upravená pro zajišťování oběhu primárního chladiva jaderných reaktorů definovaných v bodu 1.1.

Vysvětlující poznámka

Speciálně konstruovaná nebo upravená čerpadla mohou zahrnovat komplikované těsnící nebo vícenásobné těsnící systémy určené k prevenci úniků primárního chladiva, hermetická motorová čerpadla a centroběžná čerpadla. Tato definice zahrnuje čerpadla kategorie NC-1 nebo odpovídajících standardů.

2. **NEJADERNÉ MATERIÁLY URČENÉ PRO JADERNÉ REAKTORY**

2.1 **Deuterium a těžká voda**

Deuterium, těžká voda (oxid deuteria) a jiné sloučeniny deuteria, jejichž poměr atomů deuteria k atomům vodíku převyšuje 1:5 000, určené pro použití v jaderném reaktoru definovaném v bodu 1.1, v množství přesahujícím 200 kg atomů deuteria pro kteroukoli zemi příjemce kdykoli v průběhu dvanácti měsíců.

2.2 **Grafit nukleární čistoty**

Grafit o čistotě lepší než 5 ppm borového ekvivalentu a o hustotě vyšší než 1,50 g/cm^3, určený pro použití v jaderném reaktoru definovaném v bodu 1.1, v množství přesahujícím 3 x 10^4 kg (30 tun) pro kteroukoli zemi příjemce kdykoli v průběhu dvanácti měsíců.

Poznámka

Pro účely ohlašování vláda rozhodne, zda jsou vývozy grafitu odpovídajícího výše uvedené specifikaci určeny pro použití v jaderném reaktoru či nikoli.

3. ZÁVODY NA PŘEPRACOVÁNÍ OZÁŘENÝCH PALIVOVÝCH ČLÁNKŮ A ZAŘÍZENÍ SPECIÁLNĚ KONSTRUOVANÁ NEBO UPRAVENÁ K TOMUTO ÚČELU

Úvodní poznámka

Přepracováním ozářeného jaderného paliva se separuje plutonium a uran od vysoce radioaktivních štěpných produktů a od dalších transuranových prvků. Této separace může být dosaženo pomocí rozdílných technologických postupů. V průběhu let se stal nejpoužívanějším a uznávaným proces Purex. Proces Purex zahrnuje rozpuštění ozářeného jaderného paliva v kyselině dusičné, po kterém následuje separace uranu a štěpných produktů pomocí kapalinové extrakce za použití směsi tributylfosfátu v organickém rozpouštědle.

Jednotlivé Purexové závody používají podobné technologické operace: sekání ozářených palivových článků, rozpouštění paliva, kapalinovou extrakci a skladování technologických roztoků. Mohou existovat také zařízení pro termickou denitraci dusičnanu uranu, pro konverzi dusičnanu plutonia na oxid nebo na kov a pro úpravu kapalných odpadů štěpných produktů do takové formy, která je vhodná pro dlouhodobé skladování nebo pro uložení. Avšak specifické typy a uspořádání zařízení, ve kterých se tyto operace provádějí, se mohou v různých Purexových závodech lišit z několika důvodů, mezi něž patří druh a množství ozářeného paliva určeného pro přepracování a zamýšleného naložení s regenerovanými materiály, jakož i filosofie bezpečnosti a údržby, které jsou součástí projektu závodu.

Pod výraz „závod na přepracování ozářených palivových článků" jsou zahrnována zařízení a komponenty, které běžně přicházejí do přímého kontaktu a přímo řídí toky ozářeného paliva a hlavní toky jaderného materiálu a technologických roztoků štěpných produktů.

Tyto procesy, včetně kompletních systémů pro konverzi plutonia a výrobu kovového plutonia, mohou být označeny jako opatření zabraňující dosažení kritičnosti (např. pomocí úpravy geometrického uspořádání), ozáření (např. pomocí stínění) a nebezpečí toxicity (například prostřednictvím ochranného kontejnmentu).

Položky odpovídající pojmu „zařízení speciálně konstruovaná nebo upravená" pro přepracování ozářených palivových článků zahrnují:

3.1 Stroje na dělení ozářených palivových článků

Úvodní poznámka

Toto zařízení rozrušuje povlak paliva a připravuje tak ozářený jaderný materiál k rozpouštění. Nejčastěji jsou používány speciálně konstruované kovové nůžky, ale mohou být použita i moderní zařízení, jakými jsou např. lasery.

Dálkově ovládaná zařízení speciálně konstruovaná nebo upravená pro použití ve výše uvedeném závodě na přepracování ozářeného jaderného paliva, která jsou určena pro rozřezávání, sekání nebo stříhání ozářených palivových kazet, svazků nebo proutků.

3.2 Rozpouštěcí nádrže

Úvodní poznámka

Rozsekané vyhořelé palivo obvykle postupuje do rozpouštěcích nádrží. V těchto nádobách zabezpečených proti dosažení kritičnosti je ozářený jaderný materiál rozpouštěn v kyselině dusičné a zbytky povlaku paliva jsou z technologického toku odstraněny.

Nádrže zabezpečené proti dosažení kritičnosti (např. malého průměru, prstencového nebo deskového provedení) speciálně konstruované nebo upravené pro použití ve výše uvedeném závodě na přepracování ozářeného jaderného paliva, jsou určeny pro rozpouštění ozářeného jaderného paliva a jsou odolné vůči horkým, vysoce korozivním kapalinám a mohou být dálkově plněny a obsluhovány.

3.3 **Kapalinové extraktory a zařízení pro kapalinovou extrakci**

Úvodní poznámka

Do kapalinových extraktorů vstupuje jak roztok ozářeného paliva z rozpouštěcích nádrží, tak i organické roztoky, které separují uran, plutonium a štěpné produkty. Zařízení pro kapalinovou extrakci je obvykle konstruováno tak, aby splňovalo přísné provozní parametry, jako je dlouhá provozní životnost bez nároků na údržbu nebo snadná vyměnitelnost, jednoduchost provozu a ovládání a flexibilita při změnách technologických podmínek.

Speciálně konstruované nebo upravené kapalinové extraktory, jako jsou náplňové a pulsní kolony, mísící a usazovací nádrže nebo odstředivkové extraktory, jsou určeny pro používání v závodě na přepracování ozářeného jaderného paliva. Kapalinové extraktory musí být odolné vůči korozi kyselinou dusičnou. Kapalinové extraktory jsou obvykle vyráběny podle extrémně přísných norem (včetně speciálního svařování, kontroly, zajištění jakosti a řízení jakosti) z nízkouhlíkatých korozivzdorných ocelí, titanu, zirkonia a jiných vysoce kvalitních materiálů.

3.4 **Nádoby na uskladnění chemikálií nebo zásobníky**

Úvodní poznámka

Výsledkem extrakce jsou tři hlavní toky technologických roztoků. Nádoby na uskladnění nebo zásobníky jsou pro další zpracování všech tří toků používány takto:

a) roztok čistého dusičnanu uranu je koncentrován odpařováním a postupuje do procesu denitrace, kde je převáděn na oxid uranu. Tento oxid se znovu používá v jaderném palivovém cyklu;

b) vysoce radioaktivní roztok štěpných produktů je obvykle koncentrován odpařováním a skladuje se jako kapalný koncentrát. Tento koncentrát může být následně odpařen a převeden do formy, která je vhodná pro jeho skladování nebo uložení;

c) roztok čistého dusičnanu plutonia je koncentrován a skladován až do jeho předání do dalšího stupně technologického procesu. Zejména nádoby na uskladnění nebo zásobníky pro roztoky plutonia jsou konstruovány tak, aby se předešlo problémům kritičnosti vyplývajícím ze změn v koncentraci a formě tohoto technologického toku.

V závodě na přepracování ozářeného paliva se používají speciálně konstruované nebo upravené nádoby na uskladnění nebo zásobníky. Tyto nádoby na uskladnění nebo zásobníky musí být odolné vůči korozi kyselinou dusičnou. Jsou obvykle vyráběny z takových materiálů, jako jsou nízkouhlíkaté korozivzdorné oceli, titan nebo zirkonium nebo jiné vysoce kvalitní materiály. Nádoby na uskladnění nebo zásobníky mohou být konstruovány pro dálkové ovládání a údržbu a mohou mít následující parametry umožňující řízení jaderné kritičnosti:

1) stěny nebo vnitřní konstrukce odpovídající minimálně borovému ekvivalentu 2 % nebo

2) maximální průměr 175 mm (7 in) pro válcové nádoby nebo

3) maximální šířka 75 mm (3 in) pro každou deskovou nebo prstencovou nádobu.

3.5 **Systémy konverze dusičnanu plutonia na oxid**

Úvodní poznámka

Ve většině přepracovatelských závodů je konečným procesem konverze roztoku dusičnanu plutonia na oxid plutoničitý. Tento proces zahrnuje následující hlavní úkony: dávkování, skladování a kalibraci, srážení a oddělení pevné a kapalné fáze, žíhání, manipulaci s produktem, větrání, hospodaření s odpady a řízení technologického procesu.

Kompletní systémy speciálně konstruované nebo upravené pro konverzi dusičnanu plutonia na oxid plutoničitý, jsou zvláště uzpůsobené k tomu, aby zabránily dosažení kritičnosti, vyloučily vliv radiace a minimalizovaly nebezpečí toxicity.

3.6 **Systémy na výrobu kovového plutonia z oxidu plutoničitého**

Úvodní poznámka

Tento proces, který může být součástí přepracovatelského závodu, zahrnuje fluoraci oxidu plutoničitého, obvykle pomocí vysoce korozívního fluorovodíku, jejímž produktem je fluorid plutoničitý, který je následně redukován vysoce čistým vápníkem na kovové plutonium a strusku obsahující fluorid vápenatý. Tento proces zahrnuje následující hlavní úkony: fluoraci (například za použití zařízení vyrobeného z drahých kovů nebo jimi obloženého), redukci kovem (například za použití keramických kelímků), regeneraci strusky, manipulaci s produktem, větrání, hospodaření s odpady a řízení technologického procesu.

Kompletní systémy speciálně konstruované nebo upravené pro výrobu kovového plutonia jsou zvláště uzpůsobené k tomu, aby zabránily dosažení kritičnosti, vyloučily vliv radiace a minimalizovaly nebezpečí toxicity.

4. ZÁVODY NA VÝROBU PALIVOVÝCH ČLÁNKŮ

„Závody na výrobu palivových článků" zahrnují zařízení, která:

a) obvykle přicházejí od přímého kontaktu nebo bezprostředně zpracovávají či řídí výrobní tok jaderného materiálu;

b) hermeticky utěsňují jaderný materiál uvnitř povlaku.

5. ZÁVODY NA SEPARACI ISOTOPŮ URANU A ZAŘÍZENÍ JINÁ NEŽ ANALYTICKÉ PŘÍSTROJE, SPECIÁLNĚ KONSTRUOVANÁ NEBO UPRAVENÁ K TOMUTO ÚČELU

Položky odpovídající pojmu „zařízení jiná než analytické přístroje, speciálně konstruovaná nebo upravená" pro separaci isotopů uranu zahrnují:

5.1 **Plynové odstředivky, montážní celky a komponenty speciálně konstruované nebo upravené pro použití v plynových odstředivkách**

Úvodní poznámka

Plynová odstředivka obvykle sestává z tenkostěnného válce nebo válců o průměru 75 mm (3″) až 400 mm (16″) umístěných ve vakuovém prostředí a točících se kolem své vertikální osy vysokou obvodovou rychlostí, řádově 300 m/s nebo větší. Aby se dosáhlo tak vysoké rychlosti, musí mít konstrukční materiály rotačních komponentů vysokou pevnost v poměru k hmotnosti. Aby se snížila nevyváženost chodu, musí být montážní celek rotoru, a tedy i jeho jednotlivé komponenty, být vyrobeny s velmi malými tolerancemi. Na rozdíl od jiných odstředivek se plynová odstředivka pro obohacování uranu vyznačuje rotorovou komorou s rotujícím kotoučovým deflektorem nebo deflektory a stacionární sestavou trubek pro přivádění a odběr plynného UF_6, opatřenou alespoň třemi oddělenými kanály, z nichž dva jsou spojeny s lopatkami sahajícími od osy rotoru k obvodu rotorové komory. Ve vakuovém prostředí se rovněž nachází řada kritických položek, které se neotáčejí a které, ačkoli jsou speciálně konstruovány, není obtížné vyrobit a které ani nejsou vyráběny ze zvláštních materiálů. Nicméně zařízení na plynové odstřeďování vyžadují velký počet těchto komponentů, a tak toto množství může být důležitým vodítkem pro jejich konečné použití.

5.1.1 ***Rotační komponenty***

a) Kompletní rotorové sestavy

Tenkostěnné válce nebo řada mezi sebou propojených tenkostěnných válců, které jsou vyrobeny z některého z materiálů s vysokým poměrem pevnosti k hustotě popsaných ve vysvětlivce k tomuto oddílu. Pokud jsou válce mezi sebou propojeny, je spojů docíleno pružnými vlnovci nebo prstenci, které jsou popsány v bodu

5.1.1 písm. c). Rotor je opatřen vnitřním deflektorem nebo deflektory a koncovými uzávěry popsanými v bodech 5.1.1 písm. d) a 5.1.1 písm. e). Kompletní montážní sestava však může být dodávána pouze částečně smontovaná.

b) Rotorové válce

Speciálně konstruované nebo upravené tenkostěnné válce s tloušťkou stěny 12 mm (0,5″) nebo i méně, o průměru 75 mm (3″) až 400 mm (16″) vyrobené z některého z materiálů s vysokým poměrem pevnosti k hustotě popsaných ve vysvětlivce k tomuto oddílu.

c) Prstence nebo vlnovce

Komponenty speciálně konstruované nebo upravené, které umožňují umístit podpůrnou konstrukci rotorového válce nebo mezi sebou spojit řadu rotorových válců. Vlnovec je svinutý krátký válec s maximální tloušťkou stěny 3 mm (0,12″) o průměru 75 mm (3″) až 400 mm (16″) vyrobený z některého z materiálů s vysokým poměrem pevnosti k hustotě popsaných ve vysvětlivce k tomuto oddílu.

d) Deflektory

Kotoučové komponenty o průměru 75 mm (3″) až 400 mm (16″), speciálně konstruované nebo upravené tak, aby mohly být namontovány uvnitř rotorového válce odstředivky, určené k oddělení odběrové komory od hlavní separační komory, a v některých případech nepomáhající cirkulaci plynného UF_6 uvnitř hlavní separační komory rotorového válce, vyrobené z některého z materiálů s vysokým poměrem pevnosti k hustotě popsaných ve vysvětlivce k tomuto oddílu.

e) Vrchní/spodní koncové uzávěry

Kotoučové komponenty o průměru 75 mm (3″) až 400 mm (16″), speciálně konstruované nebo upravené k uzavření konců rotorového válce a udržující UF_6 uvnitř rotorového válce, které v některých případech také fungují jako opěry, udržují nebo obsahují jako integrální součást horní ložisko (vrchní uzávěr) nebo nesou rotační části motoru a spodní ložisko (spodní uzávěr). Jsou vyrobeny z některého z materiálů s vysokým poměrem pevnosti k hustotě popsaných ve vysvětlující poznámce k tomuto oddílu.

Vysvětlující poznámka

Pro rotační komponenty odstředivek jsou používány následující materiály:

a) vysokopevnostní oceli, jejichž mez pevnosti v tahu se rovná $2{,}05 \times 10^9$ N/m^2 (300 000 psi) nebo více;

b) slitiny hliníku, jejichž mez pevnosti v tahu se rovná $0{,}46 \times 10^9$ N/m^2 (67 000 psi) nebo více;

c) vláknité materiály, vhodné pro použití v kompozitních strukturách, s měrným modulem rovným $12{,}3 \times 10^6$ m a měrnou mezí pevnosti v tahu rovnající se $0{,}3 \times 10^6$ m nebo vyšší („měrným modulem“ se rozumí Youngův modul v N/m^2 dělený měrnou hmotností v N/m^3; „měrnou mezí pevnosti v tahu“ se rozumí mez pevnosti v tabu v N/m^2 dělená měrnou hmotností v N/m^3).

5.1.2 ***Nepohyblivé komponenty***

a) Magnetická závěsná ložiska

Speciálně konstruované nebo upravené ložiskové sestavy sestávající z prstencových magnetů zavěšených uvnitř pouzdra, které obsahuje tlumící médium. Pouzdro je vyrobeno z materiálu odolného vůči UF_6 (viz vysvětlivka k bodu 5.2). Magnetické dvojice s pólovými nástavci nebo druhým magnetem jsou spojeny s vrchním uzávěrem popsaným v bodu 5.1.1 písm. e). Magnet může mít prstencový tvar, přičemž maximální poměr mezi vnějším a vnitřním průměrem je menší nebo roven 1,6:1. Magnet může mít počáteční permeabilitu minimálně 0,15 H/m (120 000 jednotek v soustavě CGS), minimální remanenci 98,5 % nebo více a energetický výtěžek větší než 80 kJ/m^3 (107 gauss-oerstedů). Kromě obvyklých materiálových vlastností je nezbytné, aby byla odchylka magnetické osy od osy geometrické omezena velmi malými tolerancemi (menšími než 0,1 nebo 0,004 in) nebo aby byl uplatněn zvláštní požadavek na homogenitu materiálu magnetu.

b) Ložiska/tlumiče

Speciálně konstruovaná nebo upravená ložiska složená ze sestavy otočného čepu/víčka montované na tlumiči. Otočný čep je obvykle kalená ocelová hřídel s polokoulí na jednom konci a s prostředkem na upevnění ke spodnímu koncovému uzávěru popsanému v bodu 5.1.1 písm. e) na konci druhém. Na hřídel může být připojeno i hydrodynamické ložisko. Víčko má formu pelety s polokulovitým důlkem na jednom z povrchů. Tyto komponenty jsou často dodávány odděleně od tlumiče.

c)Molekulární vývěvy

Speciálně konstruované nebo upravené válce, které mají strojově obrobené nebo protlačované šroubovité drážky a vnitřní obrobené otvory. Typické rozměry jsou následující: vnitřní průměr 75 mm (3″) až 400 mm (16″), tloušťka stěny minimálně 10 mm (0,4″) s poměrem délky k průměru 1:1 nebo větším. Drážky mají typický pravoúhlý průřez a hloubku 2 mm (0,08″) nebo více.

d) Statory motorů

Speciálně konstruované nebo upravené prstencové statory pro vysokorychlostní mnohofázové střídavé hysterezní (nebo relunktační) motory, upravené pro synchronní provoz ve vakuu v kmitočtovém rozsahu 600-2 000 Hz a výkonovém rozsahu 50-1 000 VA. Statory sestávají z multifázového vinutí na jádru z laminovaných železných plechů s malými ztrátami složeného z tenkých plechů o tloušťce 2 mm (0,08″) nebo menší.

e) Pouzdra odstředivek

Komponenty speciálně konstruované nebo upravené pro umístění sestavy rotorových válců plynové odstředivky. Pouzdra sestávají z pevného válce s tloušťkou stěn do 30 mm (1,2″) s přesně opracovanými koncovými částmi pro umístění ložisek, a s jednou nebo více montážními přírubami. Opracované koncové části jsou vzájemně rovnoběžné a kolmé k podélné ose válce s odchylkou menší nebo rovnou 0,05 stupně. Pouzdro může být rovněž voštinového typu pro uložení několika rotorových válců. Pouzdra jsou vyrobena z materiálů odolných vůči korozi UF_6 nebo jsou jimi chráněna.

f) Lopatky

Trubky o vnitřním průměru do 12 mm (0,5″) speciálně konstruované nebo upravené pro extrakci plynného UF_6 z rotorového válce na základě efektu Pitotovy trubice (s otvorem orientovaným do směru obvodového proudu plynu uvnitř rotoru, například pomocí ohnutí konce radiálně umístěné trubice), které lze upevnit k centrálnímu systému odvodu plynu. Trubky jsou vyrobeny z materiálů odolných vůči korozi UF_6 nebo jsou jimi chráněny.

5.2 **Pomocné systémy, zařízení a komponenty speciálně konstruované nebo upravené pro obohacovací závody s plynovými odstředivkami**

Úvodní poznámka

Pomocné systémy, zařízení a komponenty pro obohacovací závody s plynovými odstředivkami jsou systémy zajišťující přívod UF_6 do odstředivek a spojení jednotlivých odstředivek do kaskád nebo stupňů, což umožňuje postupný nárůst obohacení a odvádění „produktu“ a „zbytků“ UF_6 z odstředivek, jakož i zařízení potřebná pro pohon odstředivek nebo pro řízení závodu.

Obvykle se UF_6 odpařuje z pevné fáze ve vyhřívaných autoklávech a poté je v plynné formě rozváděn do odstředivek přes potrubí kaskádovitých kolektorů. „Produkt“ a „zbytky“ plynného UF_6 proudící z odstředivek rovněž prochází přes potrubí kaskádovitých kolektorů do vymrazovacích odlučovačů pracujících při teplotě 203 K (-70 °C), kde kondenzují a jsou pak převáděny do kontejnerů vhodných pro přepravu nebo skladování. Protože obohacovací závod sestává z mnoha tisíc odstředivek uspořádaných v kaskádách, obsahuje mnoho kilometrů potrubního systému kaskádovitých kolektorů zahrnujících tisíce svarů s mnohokrát se opakujícím uspořádáním. Zařízení, komponenty a potrubní systémy jsou vyráběny tak, aby vyhověly požadavkům norem na velmi vysoké vakuum a čistotu.

5.2.1 ***Napájecí systémy/systémy pro odvádění produktu a zbytků***

Speciálně konstruované nebo upravené technologické systémy zahrnují:

— napájecí autoklávy (nebo stanice) používané pro přivádění UF_6 do odstředivkových kaskád při tlacích až do 100 kPa (15 psi) a průtocích 1 kg/h nebo větších,

— desublimátory (nebo vymrazovací odlučovače) používané k odvádění UF_6 z kaskád při tlacích a do 3 kPa (0,5 psi). Desublimátory mohou být chlazeny na teplotu 203 K (-70 °C) a ohřívány na teplotu 343 K (+70 °C),

— stanice „produktu“ a „zbytků“ používané k plnění UF_6 do kontejnerů.

Tato zařízení a potrubí jsou celá zhotovena z materiálů odolných vůči korozi UF_6 nebo jsou takovými materiály obložena (viz vysvětlivka k tomuto odstavci) a vyrobena tak, aby vyhověla požadavkům norem na velmi vysoké vakuum a čistotu.

5.2.2 ***Strojové potrubní systémy kolektorů***

Speciálně konstruované nebo upravené potrubní systémy a systémy kolektorů pro dopravu UF_6 uvnitř odstředivkových kaskád. Potrubní síť je obvykle typu „trojitého“ kolektorového systému, kde je každá odstředivka spojena s každým z kolektorů. Toto uspořádání se mnohokrát opakuje. Vše je zhotoveno z materiálů odolných vůči korozi UF_6 (viz úvodní poznámka k bodu 5.2) a vyrobeno tak, aby systémy vyhovovaly požadavkům norem na velmi vysoké vakuum a čistotu.

5.2.3 ***Hmotnostní spektrometry pro analýzu UF_6/Iontové zdroje***

Speciálně konstruované nebo upravené magnetické nebo kvadrupólové hmotnostní spektrometry schopné uskutečňovat „on-line“ odběr vzorků přiváděného materiálu z proudů plynného UF_6, „produktu“ nebo „zbytků“, které mají všechny tyto charakteristiky:

1. jednotková rozlišovací schopnost pro atomovou hmotnost vyšší než 320;

2. iontové zdroje vyrobené z nichromu nebo monelu či niklu nebo těmito materiály povlakované;

3. iontové zdroje s ionizací elektronovým ostřelováním;

4. kolektorový systém vhodný pro provádění isotopické analýzy.

5.2.4 ***Měniče kmitočtu***

Měniče kmitočtu speciálně konstruované nebo upravené pro napájení statorů motorů definovaných v bodu 5.1.2 písm. d) nebo části, komponenty a montážní subsystémy takových měničů kmitočtu, které mají všechny tyto charakteristiky:

1. vícefázový výstup v kmitočtové oblasti 600-2 000 Hz,

2. vysoká stabilita (s regulací kmitočtu vyšší než 0,1 %),

3. nízká harmonická deformace (méně než 2 %),

4. účinnost vyšší než 80 %.

Vysvětlující poznámka

Výše uvedené položky buď přicházejí do přímého kontaktu s plynným UF_6 v technologickém procesu, anebo přímo regulují odstředivky a průtok plynu od odstředivky k odstředivce a z kaskády do kaskády.

Mezi materiály odolné vůči korozi UF_6 patří korozivzdorná ocel, hliník, hliníkové slitiny, nikl nebo jeho slitiny s obsahem niklu minimálně 60 %.

5.3 **Speciálně konstruované nebo upravené montážní celky a komponenty pro použití při obohacování plynovou difúzí**

Úvodní poznámka

Při metodě separace isotopů plynovou difúzí tvoří hlavní technologické zařízení speciální porézní bariéry pro plynovou difúzi, výměníky tepla pro chlazení plynu (který se stlačováním ohřívá), uzavírací a regulační ventily a potrubní sítě. Vzhledem k tomu, že technologie plynové difúze je založena na použití hexafluoridu uranu (UF_6), musí být veškeré povrchy zařízení, potrubí a přístrojů (které přicházejí do kontaktu s plynem) vyrobeny z materiálů, které zůstávají při styku s UF_6 stabilní. Závod na plynovou difúzi vyžaduje velký počet těchto celků, takže množství může být důležitou indikací konečného použití.

5.3.1 ***Plynové difúzní přepážky***

a) Speciálně konstruované nebo upravené tenké porézní filtry o velikosti pórů v rozmezí 100 až 1 000 Å (angström), tloušťce 5 mm (0,02″) nebo menší a v případě trubkového tvaru o průměru 25 mm (1″) nebo menším vyrobené z kovových, polymerních nebo keramických materiálů odolných vůči korozi UF_6.

b) Speciálně upravené sloučeniny nebo prášky pro výrobu těchto filtrů. Takové sloučeniny a prášky obsahují nikl nebo jeho slitiny s minimálním obsahem niklu 60 %, oxid hlinitý nebo vůči UF_6 plně odolné fluorované uhlovodíkové polymery o čistotě 99,9 % nebo více, o velikosti částic menší než 10^{-5} m a s vysokým stupněm uniformity velikosti částic, které jsou speciálně upraveny pro výrobu plynových difúzních přepážek.

5.3.2 ***Skříně difuzorů***

Speciálně konstruované nebo upravené, hermeticky utěsněné válcové nádoby o průměru větším než 300 mm (12″) a výšce nad 900 mm (35″) nebo pravoúhlé nádoby srovnatelných rozměrů, které mají jednu přivádějící a dvě odtokové přípojky o průměru větším než 500 mm (2″), ve kterých jsou umístěny difúzní přepážky. Tyto nádoby jsou vyrobeny nebo uvnitř obloženy materiály odolnými vůči korozi UF_6 a jsou projektovány pro instalaci v horizontální nebo vertikální poloze.

5.3.3 ***Kompresory a plynová dmychadla***

Speciálně konstruované nebo upravené axiální, odstředivé nebo objemové kompresory nebo plynová dmychadla s minimálním sacím výkonem 1 m^3/min UF_6 a výtlačným tlakem až do několika set kPa (100 psi), projektované pro dlouhodobou práci v prostředí UF_6 s elektrickým motorem nebo bez něj o odpovídajícím výkonu, jakož i jednotlivé montážní celky těchto kompresorů a plynových dmychadel. Tyto kompresory a plynová dmychadla mají poměr tlaků 2:1 až 6:1 a jsou vyrobeny z materiálů odolných vůči korozi UF_6 nebo jsou jimi obloženy.

5.3.4 ***Těsnění hřídele***

Speciálně konstruovaná nebo upravená vakuová těsnění, která zajišťují utěsnění vstupních a výstupních přírub, sloužící k utěsnění hřídele spojující rotor kompresoru nebo plynového dmychadla s poháněcím motorem a zajišťující spolehlivé utěsnění vnitřní komory kompresoru nebo plynového dmychadla, které jsou naplněny UF_6. Taková těsnění jsou obvykle projektována na rychlost průniku vyrovnávacího plynu dovnitř menší než 1 000 cm^3/min (60 in^3/min).

5.3.5 ***Výměníky tepla pro chlazení UF_6***

Speciálně konstruované nebo upravené výměníky tepla vyrobené z materiálů odolných vůči korozi UF_6 (kromě korozivzdorných ocelí) nebo z mědi a popřípadě i kombinací těchto kovů nebo jimi povlakované. Jsou navrženy pro maximální rychlost změny tlaku v důsledku úniků menších než 10 Pa (0,0015 psi) za hodinu při tlakovém rozdílu 100 kPa (15 psi).

5.4 **Speciálně konstruované nebo upravené pomocné systémy, zařízení a komponenty pro použití v závodech na obohacování plynovou difúzí**

Úvodní poznámka

Pomocné systémy, zařízení a komponenty pro obohacovací závody používající plynovou difúzi zahrnují systémy pro dávkování UF_6 do separačních jednotek a propojení jednotlivých celků mezi sebou k vytvoření kaskád, což umožňuje postupně dosáhnout vyššího obohacení a odvádění „produktu" a „zbytků" UF_6 z difúzních kaskád. Vzhledem k velké setrvačnosti procesu v difúzních kaskádách vede jakékoli přerušení jejich činnosti a zvláště jejich odstavení k vážným následkům. Proto je v závodech na obohacování plynovou difúzí velmi důležité přísné a nepřetržité udržování vakua ve všech technologických systémech, automatické havarijní ochrany a přesné automatické regulace proudu plynu. Všechny tyto důvody vedou k nutnosti vybavit závod velkým počtem speciálních měřících, regulačních a řídících systémů.

Obvykle UF_6 sublimuje z válců umístěných uvnitř autoklávů a poté je v plynné formě rozváděn potrubním systémem kaskádovitých kolektorů do místa vstupu. Toky „produktu" a „zbytků" plynného UF_6 proudící z výstupních míst jsou dopravovány rovněž potrubním systémem kaskádovitých kolektorů do studených jímek nebo kompresorových stanic, ve kterých je plynný UF_6 zkapalňován před jeho následným převedením do vhodných kontejnerů určených pro transport nebo skladování. Protože obohacovací závod sestává z velkého počtu plynových difúzních montážních systémů uspořádaných do kaskád, obsahuje mnoho kilometrů potrubních systémů kaskádovitých kolektorů zahrnujících tisíce svarů s mnohokrát se opakujícím uspořádáním. Zařízení, komponenty a potrubní systémy jsou vyráběny tak, aby vyhověly požadavkům norem na velmi vysoké vakuum a čistotu.

5.4.1 ***Napájecí systémy/systémy pro odvádění produktu a zbytků***

Speciálně konstruované nebo upravené technologické systémy schopné provozu při maximálním tlaku 300 kPa (45 psi) zahrnující:

— napájecí autoklávy (nebo systémy) používané pro přivádění UF_6 do kaskád plynové difúze,

— desublimátory (vymrazovací nádoby) používané pro odvádění UF_6 z kaskád plynové difúze,

— zkapalňovací stanice, ve kterých je plynný UF_6 z kaskád stlačován, chlazen, a tak převáděn do kapalné formy,

— stanice „produktu" a „zbytků" používané k plnění do kontejnerů.

5.4.2 ***Potrubní systémy kolektorů***

Speciálně konstruované nebo upravené potrubní systémy a systémy kolektorů pro dopravu UF_6 uvnitř kaskád plynové difúze. Tato potrubní síť je obvykle projektována se „zdvojeným" systémem kolektorů, kde je každá jednotka spojena s každým z kolektorů.

5.4.3 ***Vakuové systémy***

a) Speciálně konstruované nebo upravené rozsáhlé vakuové kolektory, sběrné potrubí a vakuové vývěvy se sacím výkonem 5 m^3/min (17,5 ft^3/min) nebo větším.

b) Vakuové vývěvy speciálně konstruované pro práci v prostředí obsahujícím UF_6 vyrobené z hliníku, niklu nebo ze slitin z obsahem niklu převyšujícím 60 % nebo těmito materiály povlakované. Tyto vývěvy mohou být provedeny buď jako rotační, anebo objemové. Mohou mít ucpávky a těsnění z fluorovaných uhlovodíkových polymerů a mohou používat speciální provozní kapaliny.

5.4.4 ***Speciální uzavírací a regulační ventily***

Speciálně konstruované nebo upravené uzavírací ventily s ručním nebo automatickým ovládáním a regulační vlnovcové ventily o průměru 40 až 1 500 mm (1,5 až 59″) vyrobené z materiálů odolných vůči UF_6 pro instalaci v hlavních i pomocných systémech obohacovacích závodů založených na metodě plynové difúze.

5.4.5 ***Hmotnostní spektrometry pro analýzu UF_6/Iontové zdroje***

Speciálně konstruované nebo upravené magnetické nebo kvadrupólové hmotností spektrometry schopné uskutečňovat „on-line" odběr vzorků přiváděného materiálu z proudů UF_6, produktu nebo zbytků, které mají všechny následující charakteristiky:

1. jednotková rozlišovací schopnost pro atomovou hmotnost vyšší než 320;

2. iontové zdroje vyrobené z nichromu nebo monelu či niklu nebo těmito materiály povlakované;

3. iontové zdroje s ionizací elektronovým ostřelováním;

4. kolektorový systém vhodný pro provádění isotopické analýzy.

Vysvětlující poznámka

Výše uvedené položky buď přicházejí do přímého kontaktu s plynným UF_6 v technologickém procesu, anebo přímo regulují průtok v kaskádách. Všechny povrchy, které přicházejí do kontaktu s technologickým plynem, jsou vyrobeny z materiálů odolných vůči korozi UF_6 nebo jimi potaženy. Pro účely odstavců, které se týkají položek plynové difúze, zahrnují materiály korozivzdornou ocel, hliník, hliníkové slitiny, nikl nebo slitiny obsahující maximálně 60 % niklu a plně fluorované uhlovodíkové polymery odolné vůči UF_6.

5.5 **Speciálně konstruované nebo upravené systémy, zařízení a komponenty pro použití v obohacovacích závodech založených na aerodynamickém procesu**

Úvodní poznámka

V procesu aerodynamického obohacování se směs plynného UF_6 a lehkého plynu (vodík nebo helium) stlačuje a poté prochází přes separační elementy, přičemž k isotopické separaci dochází v důsledku vzniku velkých odstředivých sil v zakřivené geometrii stěn. Úspěšně byly vyvinuty dva procesy tohoto typu: proces separačních trysek a proces vírových trubic. Hlavním komponentem separačního stupně obou těchto procesů jsou válcové nádoby, do kterých se umísťují speciální separační elementy (trysky nebo vírové trubice), plynové kompresory a výměníky tepla odvádějící kompresní teplo. Aerodynamický závod vyžaduje řadu těchto stupňů, takže množství může být důležitou indikací konečného použití. Jelikož aerodynamický proces používá UF_6, musí být povrchy nádob veškerých zařízení, potrubí a nástrojů (které přicházejí do kontaktu s plynem) vyrobeny z materiálů, které zůstávají při kontaktu s UF_6 nezměněny.

Vysvětlující poznámka

Položky uvedené v tomto odstavci buď přicházejí do přímého kontaktu s plynným UF_6 v technologickém procesu, anebo přímo regulují průtok v kaskádách. Všechny povrchy, které přicházejí do kontaktu s technologickým plynem, jsou vyrobeny z materiálů odolných vůči UF_6 nebo jsou jimi chráněny. Pro účely odstavců týkajících se položek aerodynamického obohacování zahrnují materiály odolné vůči korozi UF_6 měď, korozivzdornou ocel, hliník, hliníkové slitiny, nikl nebo slitiny obsahující minimálně 60 % niklu a plně fluorované uhlovodíkové polymery odolné vůči korozi UF_6.

5.5.1 ***Separační trysky***

Speciálně konstruované nebo upravené separační trysky nebo jejich montážní celky. Separační trysky se skládají ze štěrbinových zakřivených kanálů s poloměrem zakřivení menším než 1 mm (obvykle mezi 0,1 až 0,05 mm) odolných vůči korozi UF_6. Uvnitř trysky je břit, který rozděluje plyn proudící tryskou na dvě frakce.

5.5.2 ***Vírové trubice***

Speciálně konstruované nebo upravené vírové trubice nebo jejich montážní celky. Vírové trubice jsou cylindrické nebo kónické zhotovené z materiálů odolných vůči korozi UF_6 nebo takovými materiály chráněné o průměru mezi 0,5 a 4 cm a poměrem délky k průměru 20:1 nebo méně. Trubice mají jeden nebo více tangenciálních vstupních otvorů. Na jednom nebo obou koncích mohou být trubice opatřeny tryskami.

Vysvětlující poznámka

Plyn vstupuje do vírové trubice tangenciálně na jednom konci nebo přes vířící lopatky nebo přes četné tangenciální otvory po obvodu trubky.

5.5.3 ***Kompresory a plynová dmychadla***

Speciálně konstruované nebo upravené axiální, odstředivé nebo objemové kompresory nebo plynová dmychadla vyrobená z materiálů odolných vůči korozi UF_6 nebo takovými materiály chráněná se sacím výkonem 2 m^3/min směsi UF_6 a nosného plynu (vodík nebo helium) nebo větším.

Vysvětlující poznámka

Tyto kompresory a plynová dmychadla mají poměr tlaků obvykle mezi 1,2:1 až 6:1.

5.5.4 ***Těsnění hřídele***

Speciálně konstruovaná nebo upravená vakuová těsnění zajišťující utěsnění vstupních a výstupních přírub sloužících k utěsnění hřídele spojující rotor kompresoru nebo plynového dmychadla s poháněcím motorem a zajišťující spolehlivou hermetizaci proti úniku technologického plynu nebo nasávání vzduchu nebo těsnícího plynu do vnitřní komory kompresoru nebo plynového dmychadla, která je naplněná směsí UF_5 a nosného plynu.

5.5.5 ***Výměníky tepla pro chlazení plynu***

Speciálně konstruované nebo upravené výměníky tepla zhotovené z materiálů odolných vůči korozi UF_6 nebo jimi chráněné.

5.5.6 ***Pouzdra separačních elementů***

Speciálně konstruovaná nebo upravená pouzdra separačních elementů zhotovená z materiálů odolných vůči korozi UF_6 nebo jimi chráněná, ve kterých jsou umístěny vírové trubice nebo separační trysky.

Vysvětlující poznámka

Tato pouzdra mohou tvořit speciálně konstruované nebo upravené válcové nádoby o průměru větším než 300 mm a délce větší než 900 mm nebo pravoúhlé nádoby srovnatelných rozměrů. Tyto nádoby mohou být navrženy pro instalaci v horizontální nebo vertikální poloze.

5.5.7 ***Napájecí systémy/systémy pro odvádění produktu a zbytků***

Speciálně konstruované nebo upravené technologické systémy nebo zařízení obohacovacích závodů zhotovené z materiálů odolných vůči korozi UF_6 nebo jimi chráněné zahrnující:

a) napájecí autoklávy, pece nebo systémy používané k přivádění UF_6 do obohacovacího procesu;

b) desublimátory (nebo vymrazovací nádoby) používané k odvádění UF_6 z procesu obohacování k jeho dalšímu přemístění následně po ohřevu;

c) solidifikační nebo zkapalňovací stanice používané k odvedení UF_6 z obohacovacího procesu stlačováním plynného UF_6 a jeho převáděním do pevné nebo kapalné formy;

d) stanice „produktu“ a „zbytků“ používané k plnění UF_6 do kontejnerů.

5.5.8 ***Potrubní systémy kolektorů***

Speciálně konstruované nebo upravené potrubní systémy kolektorů pro dopravu UF_6 uvnitř aerodynamických kaskád zhotovené z materiálů odolných vůči korozi UF_6 nebo jimi chráněné. Tato potrubní síť je obvykle projektována se zdvojeným systémem kolektorů, kde každá jednotka nebo skupina jednotek je spojena s každým z kolektorů.

5.5.9 ***Vakuové systémy a vakuové vývěvy***

a) Speciálně konstruované nebo upravené vakuové systémy s minimálním sacím výkonem 5 m^3/min sestávající z vakuového sběrného potrubí, vakuových kolektorů a vakuových vývěv projektovaných pro provoz v prostředí obsahujícím UF_6.

b) Vakuové vývěvy speciálně konstruované nebo upravené pro provoz v prostředí obsahujícím UF_6 vyrobené z materiálů odolných vůči korozi UF_6 nebo takovými materiály chráněné. Tyto vývěvy mohou používat těsnění z fluorovaných uhlovodíkových polymerů a speciální provozní kapaliny.

5.5.10 ***Speciální uzavírací a regulační ventily***

Speciálně konstruované nebo upravené uzavírací a regulační vlnovcové ventily vyrobené z materiálů odolných vůči korozi UF_6 nebo jimi chráněné s ručním nebo automatickým ovládáním o průměru 40 až 1 500 mm, které se instalují na hlavních i pomocných systémech aerodynamických obohacovacích závodů.

5.5.11 ***Hmotnostní spektrometry pro analýzu UF_6/Iontové zdroje***

Speciálně konstruované nebo upravené magnetické nebo kvadrupólové hmotnostní spektrometry schopné uskutečňovat „on-line" odběr vzorků přiváděného materiálu z proudů UF_6, produktu nebo zbytků, které mají všechny následující charakteristiky:

1. jednotková rozlišovací schopnost pro atomovou hmotnost vyšší než 320;

2. iontové zdroje vyrobené z nichromu nebo monelu či niklu nebo těmito materiály povlakované;

3. iontové zdroje s ionizací elektronovým ostřelováním;

4. kolektorový systém vhodný pro provádění isotopické analýzy.

5.5.12 ***Systémy separace UF_6 a nosného plynu***

Speciálně konstruované nebo upravené systémy pro separaci UF_6 a nosného plynu (vodík nebo helium).

Vysvětlující poznámka

Tyto systémy jsou projektovány za účelem snížení obsahu UF_6 v nosném plynu do hodnoty 1 ppm nebo nižší a mohou obsahovat následující zařízení:

a) kryogenní výměníky tepla a kryoseparátory dosahující teplot -120 °C nebo nižších;

b) kryogenní vymrazovací jednotky dosahující teplot -120 °C nebo nižších;

c) separační trysky nebo vírové trubice k separaci UF_6 a nosného plynu;

d) vymrazovací nádoby pro UF_6 dosahující teplot -20° nebo nižších.

5.6 **Speciálně konstruované nebo upravené systémy, zařízení a komponenty používané v obohacovacích závodech založených na chemické nebo iontové výměně**

Úvodní poznámka

Malý rozdíl hmotností isotopů uranu vyvolává malé změny v rovnováhách chemických reakcí, které mohou být využity jak základ procesů separace isotopů. Úspěšně byly vyvinuty dva procesy: chemická výměna kapalina-kapalina a iontová výměna pevná fáze-kapalina.

V procesu chemické výměny kapalina-kapalina dochází k protiproudému kontaktu dvou nemísitelných kapalných fází (vodní a organické) s výsledným kaskádovým efektem mnoha tisíc separačních stupňů. Vodní fázi tvoří roztok chloridu uranu v kyselině chlorovodíkové; organická fáze je složena z roztoku chloridu uranu v organickém rozpouštědle obsahujícím extrahovadlo. Extraktory používané v separačních kaskádách mohou být výměníkové kapalinové kolony (např. pulsní kolony se síťovými etážemi) nebo kapalinové odstředivkové extraktory. Pro splnění požadavků na zpětný tok (reflux) je na obou koncích separační kaskády nutná chemická konverze (oxidace a redukce). Hlavním problémem konstrukce je vyloučení kontaminace technologických toků kovovými ionty. Proto se používají kolony a potrubí vyrobené z plastů, povlakované plasty (včetně flurovaných polymerů) anebo skleněné nebo sklem chráněné.

Na speciálních ionexech nebo adsorbentech, které zajišťují rychlou výměnu iontů, se dosahuje obohacení uranu v procesu iontové výměny mezi pevnou a kapalnou fází. Roztok uranu v kyselině chlorovodíkové a jiná chemická činidla procházejí přes válcové obohacovací kolony s náplní adsorbentu. Aby bylo možné zajistit odvádění uranu z adsorbentu a jeho návrat zpět do toku kapaliny a shromažďování „produktu“ a „zbytků“, je pro kontinuální proces nezbytný refluxní systém. To se uskutečňuje použitím vhodných redukčně-oxidačních chemických činidel, která se plně regenerují v oddělených vnějších okruzích a která mohou být regenerovány částečně uvnitř vlastních separačních kolon. Přítomnost horkých koncentrovaných roztoků kyseliny chlorovodíkové v technologickém procesu vyžaduje, aby zařízení bylo vyrobeno ze speciálních korozivzdorných materiálů nebo jimi bylo chráněno.

5.6.1 ***Kapalinové výměníkové kolony (chemická výměna)***

Protiproudé kapalinové kolony s mechanickým pohonem (tj. pulsní kolony se síťovými etážemi, talířové kolony s vratným pohybem a kolony s vnitřními turbínovými míchadly) speciálně konstruované nebo upravené pro obohacování uranu při použití procesu chemické výměny. Pro zajištění odolnosti vůči korozi koncentrovanými roztoky kyseliny chlorovodíkové jsou tyto kolony a jejich vestavby vyrobeny z vhodných plastů (jako fluorované polymery) nebo skla nebo jsou jimi chráněny. Projektovaná zádrž na náplni filtru je krátká (30 sekund nebo méně).

5.6.2 ***Kapalinové odstředivkové extraktory (chemická výměna)***

Speciálně konstruované nebo upravené kapalinové odstředivkové extraktory pro obohacování uranu při použití procesu chemické výměny. Takové extraktory využívají rotaci k dosažení disperze organického a vodního toku a následně odstředivé síly k separaci těchto fází. Pro zajištění odolnosti vůči korozi kyselinou chlorovodíkovou jsou tyto extraktory vyrobeny z vhodných plastů (jako fluorované polymery) nebo obloženy sklem. Projektovaná zádrž v odstředivkových extraktorech je krátká (30 sekund nebo méně).

5.6.3 ***Systémy a zařízení k redukci uranu (chemická výměna)***

a) Speciálně konstruované nebo upravené elektrochemické redukční kyvety k redukci uranu z jednoho valenčního stavu do jiného pro účely obohacení uranu při použití procesu chemické výměny. Materiály kyvet, které přicházejí do kontaktu s technologickými roztoky, musí být odolné vůči korozi koncentrovanými roztoky kyseliny chlorovodíkové.

Vysvětlující poznámka

Katodové části kyvet musí být projektovány tak, aby neumožňovaly zpětnou oxidaci uranu do jeho vyšších valenčních stavů. K udržení uranu v katodové části mohou mít kyvety nepropustné diafragmatické membrány ze speciálního kationy vyměňujícího materiálu. Katodu tvoří vhodný pevný vodič jakým je např. grafit.

b) Speciálně konstruované nebo upravené systémy pro extrakci U^{4+} z organického toku u výstupu z kaskády, regulování koncentrace kyseliny a napájení elektrochemických redukčních kyvet.

Vysvětlující poznámka

Tyto systémy se skládají ze zařízení na extrakci rozpouštědel, která slouží k převedení U^{4+} z organického toku do vodního roztoku, z odpařovacího nebo jiného zařízení pro úpravu a regulaci pH roztoku a z čerpadel nebo jiných transportních zařízení zajišťujících zásobování elektrochemických redukčních kyvet. Hlavním problémem celé konstrukce je vyloučení kontaminace vodního toku určitými kovovými ionty. Proto jsou ty části systému, které přicházejí do kontaktu s technologickými toky, vyrobeny z vhodných materiálů (jako sklo, fluorované polymery, polyfenylsulfát, polyethersulfon a grafit impregnovaný pryskyřicí) nebo jsou jimi chráněny.

5.6.4 ***Systémy pro přípravu napájecích roztoků (chemická výměna)***

Speciálně konstruované nebo upravené systémy pro přípravu napájecích roztoků vysoce čistého chloridu uranu pro obohacovací závody založené na chemické výměně.

Vysvětlující poznámka

Tyto systémy obsahují zařízení pro čištění rozpouštědly nebo čištění pomocí iontové výměny elektrolytické redukce U^{6+} nebo U^{4+} na U^{3+}. Tyto systémy produkují roztoky chloridu uranu obsahující pouze malé množství kovových nečistot řádově v jednotkách ppm jako chrom, železo, vanad, molybden a jiné dvojmocné nebo vícevalenční kationy. Konstrukčními materiály částí systému zpracovávajícího vysoce čistý U^{3+} jsou sklo, fluorované polymery, polyfenylsulfát, polyethersulfon nebo jimi povlakované materiály a grafit impregnovaný pryskyřicí.

5.6.5 ***Systémy oxidace uranu (chemická výměna)***

Speciálně konstruované nebo upravené systémy pro oxidaci U^{3+} na U^{4+} před zpětným přiváděním uranu do separační kaskády v procesu obohacování založeném na chemické výměně.

Vysvětlující poznámka

Tyto systémy mohou zahrnovat taková zařízení jako:

a) zařízení pro mísení chlóru a kyslíku s kapalinou vytékající ze zařízení na separaci isotopů a extrakci výsledného U^{4+} do ochuzeného organického toku a zpětně přiváděného z výstupního konce kaskády;

b) zařízení, které odděluje vodu od kyseliny chlorovodíkové takovým způsobem, že voda i koncentrovaná kyselina chlorovodíková mohou být znovu vráceny do technologického procesu na odpovídajících místech.

5.6.6 ***Rychle reagující iontoměniče na bázi pryskyřic/adsorbentů (iontová výměna)***

Speciálně konstruované nebo upravené iontoměniče na bázi pryskyřic nebo adsorbentů s rychlou kinetikou výměny pro obohacování uranu založené na procesu iontové výměny, včetně porézních makro-síťovaných pryskyřic nebo nosičů se strukturou tenkých vrstev, ve kterých jsou aktivní skupiny účastnící se chemické výměny soustředěny pouze na povrchu neaktivního porézního nosiče nebo na kompozitních materiálech vhodného tvaru, které mohou být částice nebo vlákna. Tyto iontoměniče na bázi pryskyřic/adsorbentů mají průměr 0,2 mm nebo méně a musí být chemicky odolné vůči koncentrovaným roztokům kyseliny chlorovodíkové a musí mít dostatečnou pevnost, která zabrání jejich opotřebení a degradaci ve výměníkových kolonách. Tyto pryskyřice/adsorbenty jsou speciálně navrženy tak, aby dosahovaly velmi rychlé kinetiky výměny isotopů uranu (poločas výměny je menší než 10 sekund) a mohou být provozovány při teplotách v intervalu 100 až 200 °C.

5.6.7 ***Kolony pro iontovou výměnu (iontová výměna)***

Válcové kolony o průměru větším než 1 000 mm pro umístění náplně iontoměničů na bázi pryskyřic/adsorbentů speciálně konstruované nebo upravené pro obohacování uranu založeného na procesu iontové výměny. Tyto kolony jsou zhotoveny z materiálů (jako titan, fluorouhlíkové plasty) odolných vůči korozi koncentrovanými roztoky kyseliny chlorovodíkové nebo jsou jimi chráněny a mohou být provozovány při teplotách v intervalu 100 až 200 °C a tlacích nad 0,7 MPa (102 psi).

5.6.8 ***Regenerační systémy pro iontovou výměnu (iontová výměna)***

a) Speciálně konstruované nebo upravené systémy chemické nebo elektrochemické redukce pro regeneraci chemického redukčního činidla nebo činidel používaných v obohacovacích kaskádách při iontové výměně uranu.

b) Speciálně konstruované nebo upravené systémy chemické nebo elektrochemické oxidace pro regeneraci oxidačních činidel používaných v obohacovacích kaskádách při iontové výměně uranu.

Vysvětlující poznámka

V procesu obohacování iontovou výměnou může být jako redukující kationt použit například trojmocný titan (Ti^{3+}). V tomto případě by redukční systém redukoval Ti^{4+}, a tak regeneroval Ti^{3+}. V tomto procesu může být jako oxidant použito trojmocné železo (Fe^{3+}). V tomto případě by oxidační systém oxidoval Fe^{2+}, a tak regeneroval Fe^{3+}.

5.7 **Speciálně konstruované nebo upravené systémy, zařízení a komponenty obohacovacích závodů založených na laserové technologii**

Úvodní poznámka

Současné systémy procesu obohacování založeného na laserové technologii lze rozdělit do dvou kategorií: ty, u kterých jsou technologickým médiem páry atomárního uranu, a ty, u kterých jsou technologickým médiem páry uranové sloučeniny. Běžná nomenklatura takových procesů zahrnuje: pro první kategorii –laserovou separaci par atomárního uranu (AVLIS nebo SILVA); pro druhou kategorii – molekulární laserovou isotopickou separaci (MLIS nebo MOLIS) a chemickou reakci vyvolanou selektivní aktivací laserem (CRISLA). Systémy, zařízení a komponenty pro laserové obohacování zahrnují:

a) zařízení pro dodávání par kovového uranu (pro selektivní foto-ionizaci) nebo par uranové sloučeniny (pro foto-disociaci nebo chemickou aktivaci);

b) sběrné zařízení pro obohacený nebo ochuzený kovový uran jako „produkt“ a „zbytky“ první kategorie a sběrné zařízení pro komponenty disociace nebo reakce jako „produkt“ a nedotčený materiál jako „zbytky“ druhé kategorie;

c) technologické laserové systémy pro selektivní excitaci atomů nebo molekul obsahujících uran 235;

d) zařízení pro přípravu vstupujícího materiálu a konverzi produktu. Složitost spektroskopie atomů nebo sloučenin uranu si může vyžádat začlenění kterékoliv z dostupných laserových technologií.

Vysvětlující poznámka

Mnohé položky uvedené v tomto odstavci přicházejí do bezprostředního kontaktu s plynným nebo kapalným kovovým uranem nebo s technologickým plynem sestávajícím z UF_6 nebo směsi UF_6 s jiným plynem. Veškeré povrchy, které přicházejí do kontaktu s uranem nebo s UF_6, jsou zhotoveny nebo chráněny korozivzdornými materiály. Pro účely tohoto bodu, který se týká obohacování na základě laserových technologií, zahrnují materiály odolné vůči korozi plynným kapalným kovovým uranem nebo uranovými slitinami grafit povlakovaný oxidem yttria a tantal, materiály odolné vůči korozi UF_6, měď, korozivzdornou ocel, hliník, hliníkové slitiny, nikl nebo niklové slitiny s obsahem niklu minimálně 60 % a plně fluorované uhlovodíkové polymery odolné vůči UF_6.

5.7.1 ***Systémy odpařování uranu (AVLIS)***

Speciálně konstruované nebo upravené odpařovací systémy, jejichž součástí jsou vysoce výkonná elektronová děla s užitečným výkonem na terčíku minimálně 2,5 kW/cm.

5.7.2 ***Systémy manipulace s kapalným kovovým uranem (AVLIS)***

Speciálně konstruované nebo upravené systémy používané při manipulaci s roztaveným kovovým uranem nebo jeho slitinami sestávající z kelímků a zařízení na chlazení kelímků.

Vysvětlující poznámka

Kelímky a jiné části tohoto systému, které přicházejí do kontaktu s roztaveným uranem nebo jeho slitinami, jsou vyrobeny z vhodných žáruvzdorných a korozivzdorných materiálů nebo jsou jimi chráněny. Vhodné materiály zahrnují tantal, grafit povlakovaný oxidem yttria, grafit povlakovaný jinými oxidy vzácných zemin.

5.7.3 ***Montážní celky kolektorů „produktu" a „zbytků" kovového uranu (AVLIS)***

Speciálně konstruované nebo upravené montážní celky kolektorů pro kovový uran v kapalné nebo pevné formě.

Vysvětlující poznámka

Komponenty těchto montážních celků jsou vyrobeny ze žáruvzdorných materiálů odolných vůči korozi parami kovového uranu nebo roztaveným uranem (takovým jako je např. grafit povlakovaný oxidem yttria nebo tantal) nebo jsou jimi chráněny. Zahrnují potrubí, ventily, fitinky, „žlábky", průchodky, výměníky tepla a sběrné deskové elektrody pro magnetickou, elektrostatickou nebo jinou separační metodu.

5.7.4 ***Pouzdra separačních modulů (AVLIS)***

Speciálně konstruované nebo upravené válcové nebo pravoúhlé nádoby pro umístění zdroje par uranu, elektronového děla a kolektorů „produktu" a „zbytků".

Vysvětlující poznámka

Tato pouzdra mají celou řadu otvorů pro umístění průchodek pro přívod elektřiny a vody, oken pro laserový svazek paprsků, připojení vakuové vývěvy a čidel systému diagnostiky a monitorování. Jsou opatřena prostředky pro jejich otevírání a uzavírání umožňující výměnu vnitřních komponentů.

5.7.5 ***Nadzvukové expanzní trysky (MLIS)***

Speciálně konstruované nebo upravené nadzvukové expanzní trysky pro chlazení směsi UF_6 a nosného plynu na teplotu 150 K a nižší, které jsou odolné vůči korozi UF_6.

5.7.6 ***Kolektory produktu – pentafluoridu uranu (MLIS)***

Speciálně konstruované nebo upravené kolektory pevného produktu – pentafluoridu uranu (UF_5) - sestávající z filtru, kolektorů nárazového nebo cyklónového typu nebo jejich kombinace, které jsou odolné vůči korozívnímu působení prostředí UF_5/UF_6.

5.7.7 ***Kompresory pro nosný plyn/UF_6 (MLIS)***

Speciálně konstruované nebo upravené kompresory pro směsi UF_6 a nosného plynu projektované pro dlouhodobý provoz v prostředí UF_6. Komponenty těchto kompresorů, které přicházejí do kontaktu s technologickým plynem, jsou zhotoveny z materiálů odolných vůči korozi UF_6 nebo jsou jimi chráněny.

5.7.8 ***Těsnění hřídelí (MLIS)***

Speciálně konstruovaná nebo upravená vakuová těsnění s utěsněnými vstupními a výstupními přírubami, pro utěsnění hřídelí spojujících rotory kompresorů s hnacími motory a zajišťující spolehlivou hermetizaci pro úniku technologického plynu nebo nasávání vzduchu nebo těsnícího plynu do vnitřní komory kompresoru, která je naplněna směsí UF_6 a nosného plynu.

5.7.9 ***Systémy fluorace (MLIS)***

Speciálně konstruované nebo upravené systémy pro fluoraci UF_5 (v pevné fázi) na UF_6 (plyn).

Vysvětlující poznámka

Tyto systémy jsou konstruovány pro fluoraci shromážděného práškového UF_5 na UF_6, který se následně shromažďuje v kontejnerech produktu nebo bezprostředně napájí jednotky MLIS, kde se dodatečně obohacuje. V jednom z možných postupů se reakce fluorace může uskutečňovat v rámci systému separace isotopů a UF_6 odebírá bezprostředně z kolektorů „produktu". V jiném z postupů se práškový UF_5 může odebírat nebo převádět z kolektorů „produktu" do vhodné reakční nádoby na fluoraci (například reaktor s fluidní vrstvou, šnekový reaktor nebo spalovací věžový reaktor). V obou případech se dále používá zařízení pro skladování a přepravu fluoru (nebo jiného vhodného fluoračního činidla) a zařízení pro shromažďování a přepravu UF_6.

5.7.10 ***Hmotnostní spektrometry pro analýzu UF_6/Iontové zdroje (MLIS)***

Speciálně konstruované nebo upravené magnetické nebo kvadrupólové hmotností spektrometry schopné uskutečňovat „on-line" odběr vzorků přiváděného materiálu z proudů plynného UF_6, produktu nebo zbytků, které mají všechny následující charakteristiky:

1. jednotková rozlišovací schopnost pro atomovou hmotnost vyšší než 320;

2. iontové zdroje vyrobené z nichromu nebo monelu či niklu, nebo těmito materiály povlakované;

3. iontové zdroje s ionizací elektronovým ostřelováním;

4. kolektorový systém vhodný pro provádění isotopické analýzy.

5.7.11 ***Napájecí systémy/systémy pro odvádění produktu a zbytků (MLIS)***

Speciálně konstruované nebo upravené technologické systémy nebo zařízení obohacovacích závodů zhotovené z materiálů odolných vůči korozi UF_6 nebo jimi chráněné, které zahrnují:

a) napájecí autoklávy, pece nebo systémy používané k přivádění UF_6 do obohacovacího procesu;

b) desublimátory (nebo vymrazovací nádoby) používané k odvádění UF_6 z procesu obohacování pro jeho následující převod ohříváním;

c) solidifikační nebo zkapalňovací stanice používané k odvádění UF_6 z obohacovacího procesu prostřednictvím stlačování plynného UF_6 a jeho převáděním do pevné nebo kapalné formy;

d) stanice „produktu" a „zbytků" používané k plnění UF_6 do kontejnerů.

5.7.12 ***Systémy pro separaci UF_6 a nosného plynu (MLIS)***

Speciálně konstruované nebo upravené technologické systémy pro separaci UF_6 od nosného plynu. Nosným plynem může být dusík, argon nebo jiný plyn.

Vysvětlující poznámka

Tyto systémy mohou zahrnovat následující zařízení:

a) kryogenní výměníky tepla a kryoseparátory dosahující teplot -120 °C nebo nižších;

b) kryogenní vymrazovací jednotky dosahující teplot -120 °C nebo nižších;

c) vymrazovací nádoby pro UF_6 destilující při teplotách -20° nebo nižších.

5.7.13 ***Laserové systémy (AVLIS, MLIS a CRISLA)***

Lasery nebo laserové systémy speciálně konstruované nebo upravené pro separaci isotopů uranu.

Vysvětlující poznámka

Lasery a komponenty laserů důležité v procesech obohacování založených na laserech obvykle sestávají ze dvou laserů: laseru na bázi mědi a barvivového laseru. Laserový systém MLIS sestává obvykle z laseru na bázi CO_2 nebo excimérového laseru a optické víceprůchodové kyvety s rotujícími zrcadly na obou koncích. Lasery nebo laserové systémy pro oba procesy vyžadují dlouhodobě stabilizované kmitočtové spektrum.

5.8 **Speciálně konstruované nebo upravené systémy a komponenty pro použití v obohacovacích závodech založených na plazmové separaci**

Úvodní poznámka

V procesu plazmové separace prochází plazma uranových iontů elektrickým polem nastaveným na rezonanční kmitočet iontů ^{235}U, které proto preferenčně absorbují energii a zvětšují průměr svých spirálových orbit. Ionty s trajektorií většího průměru jsou zachycovány a tvoří produkt obohacený ^{235}U. Plazma, kterou tvoří ionizované páry uranu, se nachází ve vakuové komoře se silným magnetickým polem vytvořeným supravodivým magnetem. Hlavní technologické systémy tohoto procesu zahrnují systém generace uranové plazmy, separační modul se supravodivým magnetem a systémy odvádění a shromažďování kovu ve formě „produktu" a „zbytků".

5.8.1 ***Mikrovlnné silové zdroje a antény***

Speciálně konstruované nebo upravené mikrovlnné silové zdroje a antény pro generaci nebo urychlování iontů, které mají následující charakteristiky: kmitočet převyšující 30 GHz a průměrný výkon pro tvorbu iontů větší než 50 kW.

5.8.2 ***Iontové excitační cívky***

Speciální konstruované nebo upravené vysokofrekvenční cívky soužící pro excitaci iontů při kmitočtech převyšujících 100 kHz vhodné pro průměrný výkon vyšší než 40 kW.

5.8.3 ***Systémy tvorby uranové plazmy***

Speciálně konstruované nebo upravené systémy pro tvorbu uranové plazmy, které mohou obsahovat vysokovýkonná elektronová děla (strip nebo scan) s užitečným výkonem na terčíku větším než 2,5 kW/cm.

5.8.4 ***Systémy pro manipulaci s kapalným kovovým uranem***

Speciálně konstruované nebo upravené systémy používané při manipulaci s roztaveným kovovým uranem nebo jeho slitinami sestávající z kelímků a zařízení na chlazení kelímků.

Vysvětlující poznámka

Kelímky a jiné části tohoto systému, které přicházejí do kontaktu s roztaveným uranem nebo jeho slitinami, jsou vyrobeny z vhodných žáruvzdorných a korozivzdorných materiálů. Vhodnými materiály jsou tantal, grafit povlakovaný oxidem yttria, grafit povlakovaný jinými oxidy vzácných zemin nebo jejich směsmi.

5.8.5 ***Montážní celky kolektorů „produktu" a „zbytků" kovového uranu***

Speciálně konstruované nebo upravené montážní celky kolektorů pro kovový uran v pevné formě. Tyto montážní celky jsou vyrobeny ze žáruvzdorných materiálů odolných vůči korozi parami kovového uranu jako je grafit povlakovaný oxidy yttria nebo tantal, popřípadě jsou jimi chráněny.

5.8.6 ***Pouzdra separačních modulů***

Speciálně konstruované nebo upravené válcové nádoby pro umístění zdroje par uranu, vysokofrekvenční cívky a kolektorů „produktu" a „zbytků".

Vysvětlující poznámka

Tato pouzdra mají celou řadu otvorů pro umístění průchodek pro přívod elektřiny, připojení difúzní vývěvy a čidel systémů diagnostiky a monitorování. Jsou opatřena prostředky pro jejich otevírání a uzavírání umožňujícími výměnu vnitřních komponentů a jsou vyrobena z vhodných nemagnetických materiálů např. austenitické korozivzdorné oceli.

5.9 **Speciálně konstruované nebo upravené systémy, zařízení a komponenty obohacovacích závodů založených na technologii elektromagnetického obohacování**

Úvodní poznámka

V elektromagnetickém procesu jsou ionty kovového uranu získané ionizací vstupní suroviny – soli (obvykle UCl_4) urychlovány a procházejí magnetickým polem, které působí tak, že ionty různých isotopů sledují různé trajektorie. Hlavní komponenty elektromagnetického separátu isotopů zahrnují: magnetické pole pro vychýlení svazku iontů/separaci isotopů, iontový zdroj se svým urychlovacím systémem a systém pro shromažďování oddělených isotopů. Pomocné systémy tohoto procesu zahrnují systém elektrického napájení magnetu, vysokonapěťový systém iontového zdroje, vakuový systém a extenzívní chemické systémy pro regeneraci produktu a čištění/recyklování komponentů.

5.9.1 ***Elektromagnetické separátory isotopů***

Elektromagnetické separátory isotopů speciálně konstruované nebo upravené pro separaci isotopů uranu a zařízení a komponenty určené k tomuto účelu, mezi něž patří zejména:

a) Iontové zdroje

Jednoduché nebo vícenásobné zdroje iontů uranu sestávající ze zdroje par, ionizátoru a urychlovače svazku, vyrobené z vhodných materiálů, jakými je např. grafit, korozivzdorná ocel nebo měď, které jsou schopné poskytnout celkový proud svazku 50 mA nebo větší.

b) Kolektory iontů

Desky kolektorů sestávající ze dvou nebo více štěrbin a sběrných komůrek speciálně konstruované nebo upravené pro shromažďování iontových svazků obohaceného a ochuzeného uranu a vyrobené z vhodných materiálů, jakými je např. grafit nebo korozivzdorná ocel.

c) Vakuová pouzdra

Speciálně konstruovaná nebo upravená pouzdra pro elektromagnetické separátory vyrobené z vhodných materiálů, jakými jsou austenitická korozivzdorná ocel a projektovaná pro provoz při tlaku 0,1 Pa nebo nižším.

Vysvětlující poznámka

Pouzdra jsou speciálně konstruovaná pro umístění iontových zdrojů, sběrných desek a výstelek chlazených vodou a mají zařízení pro připojení difúzní vývěvy a pro otevírání a uzavírání těchto zařízení, aby se umožnilo vyjmutí a opětovná instalace vnitřních komponentů.

d) Pólových nástavců magnetu

Speciálně konstruované nebo upravené pólové nástavce magnetu o průměru větším než 2 m používané pro udržení konstantního magnetického pole uvnitř magnetického separátoru isotopů a pro přenos magnetického pole mezi dvěma sousedícími separátory.

5.9.2 ***Vysokonapěťové zdroje***

Speciálně konstruované nebo upravené vysokonapěťové zdroje pro iontové zdroje vyznačující se všemi následujícími charakteristikami: schopnost nepřetržitého provozu, výstupní napětí 20 000 V nebo více, výstupní proud 1 A nebo větší a regulace napětí lepší než 0,01 % v průběhu 8 hodin.

5.9.3 ***Zdroje pro napájení elektromagnetů***

Speciálně konstruované nebo upravené výkonné stejnosměrné zdroje pro napájení magnetů vyznačující se všemi následujícími charakteristikami: schopnost nepřetržitě dodávat výstupní proud 500 A nebo větší při napětí 1 000 V nebo více s proudovou nebo napěťovou regulací napětí lepší než 0,01 % v průběhu 8 hodin.

6. ZÁVODY A VÝROBU NEBO ÚPRAVU KONCENTRACE TĚŽKÉ VODY, DEUTERIA A JEHO SLOUČENIN A ZAŘÍZENÍ SPECIÁLNĚ KONSTRUOVANÁ NEBO UPRAVENÁ K TOMUTO ÚČELU

Úvodní poznámka

Těžká voda může být vyráběna různými postupy. Dva postupy však prokázaly svou komerční životaschopnost. První je založen na výměnném procesu voda – sirovodík (GS proces) a druhý na výměnném procesu amoniak – vodík.

GS proces je založen na výměně vodíku a deuteria mezi vodou a sirovodíkem v řadě kolon, které jsou provozovány tak, že jejich horní sekce je studená a spodní sekce je horká. Voda protéká kolonami shora dolů, zatímco plynný sirovodík proudí ode dna kolon k jejich horní části. K lepšímu promíchání plynu a vody slouží řada perforovaných pater. Deuterium přechází do vody v nízkých teplotách a do sirovodíku při vysokých. Plyn nebo voda obohacené deuteriem jsou odváděny z prvního stupně kolon do kontaktu horké a studené sekce a tento proces se opakuje i v kolonách následujících stupňů. Produkt z posledního stupně, voda obohacená deuteriem do koncentrace 30 % deuteria, je dopravován do destilační jednotky, kde je vyráběna těžká voda reaktorové kvality, tj. 99,75 % oxid deuteria.

Pomocí procesu výměny mezi amoniakem a vodíkem lze extrahovat deuterium ze syntézního plynu při jeho kontaktu s kapalným amoniakem za přítomnosti katalyzátoru. Syntézní plyn je přiváděn do výměnných kolon a do konvertoru amoniaku. V kolonách plyn proudí ode dna k horní části, zatímco kapalný amoniak stéká shora dolů. Deuterium přechází z vodíku obsaženého v syntézním plynu do amoniaku, kde se koncentruje. Amoniak se potom přivádí do krakovacího zařízení na dno kolony, kde se koncentruje. Amoniak se potom přivádí do krakovacího zařízení na dno kolony, zatímco plyn proudí do horní části konvertoru amoniaku. Další obohacování probíhá v následujících stupních a těžká voda vhodná pro použití v jaderném reaktoru se vyrábí v konečné fázi destilací. Výchozí syntézní plyn může být poskytován závodem na výrobu amoniaku, který může být postaven jako součást závodu na výrobu těžké vody využívající výměny amoniak – vodík. Zdrojem pro získání deuteria při výměnném procesu amoniak – vodík může být rovněž obyčejná voda.

Mnohá klíčová zařízení pro závody na výrobu těžké vody využívajících procesu GS nebo procesu výměny mezi amoniakem a vodíkem jsou stejná jako v některých provozech chemického průmyslu a průmyslu zpracování ropy. To platí především pro malé závody využívající GS proces. Nicméně jen málo položek bývá „běžně dostupných ke koupi". GS proces i výměnný proces amoniak – vodík vyžadují manipulaci s velkým množstvím hořlavých, korozívních a toxických kapalin při zvýšených tlacích. V souvislosti s tím je vyžadován velmi pečlivý výběr a specifikace materiálů při stanovení projekčních a provozních norem pro závody a zařízení, využívající výše uvedené procesy, s cílem zajištění jejich dlouhodobé životnosti, vysoké bezpečnosti a spolehlivosti. Volba velikosti závodu závisí především na ekonomické stránce a potřebách. Většina položek by tedy byla upravována podle požadavků zákazníka.

Závěrem je třeba poznamenat, že v obou výměnných procesech (proces GS a proces založený na výměnné reakci amoniak – vodík) mohou být části zařízení, které nejsou jednotlivě speciálně konstruovány nebo upraveny pro výrobu těžké vody, smontovány do systémů, které jsou speciálně konstruovány nebo upraveny pro tuto výrobu. Příkladem takových systémů je výroba katalyzátoru používaného ve výměnném procesu amoniak – vodík a destilace vody používaná ke konečnému koncentrování těžké vody do úrovně reaktorové kvality.

Zařízení, která jsou speciálně konstruovaná nebo upravená pro výrobu těžké vody, využívající buď výměnný proces voda – sirovodík nebo amoniak – voda zahrnují následující:

6.1 Kolony pro výměnu voda – sirovodík

Pro výrobu těžké vody založené na procesu výměny mezi vodou a sirovodíkem jsou speciálně konstruovány nebo upraveny výměnné kolony vyrobené z měkké nelegované oceli (např. ASTM A516) o průměru 6-9 m (20–39′), schopné pracovat při tlacích 2 MPa (300 psi) a více a s přípustnou tolerancí 6 mm a více na možný korozní úbytek.

6.2 Dmychadla a kompresory

Jednostupňová nízkotlaká odstředivková dmychadla nebo kompresory (tj. 0,2 MPa nebo 30 psi) speciálně konstruovaná nebo upravená pro cirkulaci sirovodíkového plynu (tj. plynu obsahujícího více než 70 % H_2S) při výrobě těžké vody založené na výměnné procesu voda – sirovodík. Tato dmychadla nebo kompresory mají minimální výkon 56 m^3/s (120 000 SCFM), pracují při tlacích 1,8 MPa (260 psi) a více a jsou opatřena těsněním vhodným pro práci v prostředí vlhkého H_2S.

6.3 Kolony pro výměnu amoniak – vodík

Výměnné kolony o minimální výšce 35 m (114,3′) a průměru 1,5 m - 2,5 m (4,9-8,2′) schopné pracovat při tlacích 15 MPa (225 psi) speciálně konstruované nebo upravené pro výrobu těžké vody na výměnném procesu amoniak – vodík Tyto kolony mají v axiálním směru alespoň jeden přírubový otvor o stejném průměru jako vnitřní válcová část, přes který může být vkládáno nebo vyjímáno vnitřní zařízení kolony.

6.4 Vnitřní zařízení kolon a patrová čerpadla

Vnitřní zařízení a patrová čerpadla kolon speciálně konstruovaná nebo upravená pro kolony na výrobu těžké vody založené na výměnném procesu amoniak - vodík. Vnitřní zařízení kolon tvoří speciálně konstruovaná patra reaktorů, která zajišťují co nejlepší kontakt mezi plynem a kapalinou. Patrová čerpadla jsou speciálně konstruovaná ponorná čerpadla určená pro cirkulaci kapalného amoniaku uvnitř kontaktního patra a pro dopravu amoniaku do pater kolon.

6.5 Krakovací zařízení amoniaku

Krakovací zařízení s minimálním pracovním tlakem 3 MPa (450 psi) speciálně konstruovaná nebo upravovaná pro výrobu těžké vody založené na výměnném procesu amoniak – vodík.

6.6 **Infračervené absorpční analyzátory**

Infračervené absorpční anatalyzátory schopné provádět „on-line“ analýzu poměru vodík/deuterium při koncentracích deuteria 90 % a výše.

6.7 **Zařízení pro katalytické spalování**

Zařízení pro katalytické spalování, tj. převod plynného obohaceného deuteria na těžkou vodu, speciálně konstruovaná nebo upravená pro výrobu těžké vody založené na výměnném procesu amoniak – vodík.

7. ZÁVODY NA KONVERZI URANU A ZAŘÍZENÍ SPECIÁLNĚ KONSTRUOVANÁ NEBO UPRAVENÁ K TOMUTO ÚČELU

Úvodní poznámka

Závody a systémy na konverzi uranu mohou provádět jednu nebo více transformací uranu z jedné jeho chemické formy do jiné, k nimž patří: konverze uranových rudných koncentrátů na UO_3, konverze UO_3 na UO_2, konverze oxidů uranu na UF_4 nebo UF_6, konverze UF_4 na UF_6, konverze UF_6 na UF_4, konverze UF_4 na kovový uran a konverze fluoridů uranu na UO_2. Mnohé klíčové položky zařízení závodů na konverzi uranu se shodují se zařízením pro jiné oblasti chemického průmyslu. Typy zařízení používaných v těchto procesech mohou například zahrnovat: pece, rotační sušárny, fluidní reaktory, spalovací věžové reaktory, kapalinové odstředivky, destilační kolony a kolony pro extrakci kapalina - kapalina. Avšak jen málo z těchto položek je „běžně dostupných“, většina z nich bývá upravena podle požadavků a specifikací zákazníka. V některých případech je nutno brát v úvahu speciální projektové a konstrukční požadavky spojené s korozními vlastnostmi používaných chemických látek (HF, F_2, ClF_3 a fluoridy uranu). Závěrem je nutné uvést, že ve všech procesech konverze uranu jsou používána speciálně konstruovaná nebo upravená zařízení, která mohou být smontována z jednotlivých dílů a částí, které jednotlivě nejsou speciálně konstruovány nebo upraveny pro konverzi uranu.

7.1 **Speciálně konstruované nebo upravené systémy pro konverzi uranových rudných koncentrátů na UO_3**

Vysvětlující poznámka

Konverze uranových rudných koncentrátů na UO_3 může být prováděna rozpuštěním rudy v kyselině dusičné a extrahováním čistého uranylnitrátu za použití takového rozpouštědla jako je tributylfosfát. Uranyl nitrát je dále konvertován na UO_3, buď pomocí koncentrace a denitrifikace, anebo neutralizace plynným amoniakem za vzniku diuranátu amonného, který je následně filtrován, sušen a žíhán.

7.2 **Speciálně konstruované nebo upravené systémy pro konverzi UO_3 na UF_6**

Vysvětlující poznámka

Konverze UO_3 na UF_6 může být prováděna přímou fluridací. Tento proces vyžaduje zdroj plynného fluoru nebo trifluoridu chloru.

7.3 **Speciálně konstruované nebo upravené systémy pro konverzi UO_3 na UO_2**

Vysvětlující poznámka

Konverze UO_3 na UO_2 může být prováděna redukcí UO_3 krakovaným plynným amoniakem nebo vodíkem.

7.4 **Speciálně konstruované nebo upravené systémy pro konverzi UO_2 na UF_4**

Vysvětlující poznámka

Konverze UO_2 na UF_4 může být prováděna na základě reakce UO_2 s plynným fluorovodíkem (HF) při teplotách 300-500 °C.

7.5 **Speciálně konstruované nebo upravené systémy pro konverzi UF_4 na UF_6**

Vysvětlující poznámka

Konverze UF_4 na UF_6 je prováděna exotermickou reakcí s fluorem ve věžových reaktorech. UF_6 je kondenzován z horkých výtokových plynů při průchodu přes studenou jímku ochlazenou na -10 °C. Tento proces vyžaduje zdroj plynného fluoru.

7.6 **Speciálně konstruované nebo upravené systémy pro konverzi UF_4 na kovový uran**

Vysvětlující poznámka

Konverze UF_6 na kovový uran je prováděna redukcí hořčíkem (velké dávky) nebo vápníkem (malé dávky). Tato reakce probíhá při teplotách nad bodem tavení uranu (1 130 °C).

7.7 **Speciálně konstruované nebo upravené systémy pro konverzi UF_6 na UO_2**

Vysvětlující poznámka

Konverze UF_6 na UO_2 může být prováděna jedním ze tří procesů. V prvním je UF_6 redukován a hydrolyzován na UO_2 za použití vodíku a páry. Ve druhém procesu je UF_6 hydrolyzován rozpuštěním ve vodě, přidáním amoniaku je vysrážen diuranát amonný, který je následně redukován na UO_2 vodíkem při teplotě 820 °C. Ve třetím procesu reagují UF_6, CO_2 aNH_3 ve vodě a vysráží se uhličitan amoniumuraniltrikarbonát. Při reakci amoniumuraniltrikarbonátu s párou a vodíkem při teplotě 500-600 °C vzniká UO_2.

Konverze UF_6 na UO_2 je často prováděna jako první stupeň v závodech na výrobu paliva.

7.8 **Speciálně konstruované nebo upravené systémy pro konverzi UF_6 na UF_4**

Vysvětlující poznámka

Konverze UF_6 na UF_4 je prováděna redukcí vodíkem.