

DODATAK II. Dodatnog Protokola uz Sporazum između Republike Hrvatske i Međunarodne agencije za atomsku energiju o primjeni garancija u vezi s Ugovorom o neširenju nuklearnog oružja (NN MU 7/2000)
POPIS POSEBNE OPREME I NENUKLEARNOG MATERIJALA ZA IZVJEŠTAVANJE O IZVOZU I UVOZU U SKLADU S ČLANKOM 2.a.(ix)

1. Reaktori i njihova oprema

1.1. Potpuni nuklearni reaktori

Nuklearni reaktori sposobni za rad tako da omogućavaju kontroliranu samoodržavajuću fisijску lančanu reakciju isključujući nulto-energetske reaktore; potonji su definirani kao reaktori projektirani za maksimalnu količinu proizvodnje plutonija koja ne prelazi 100 g na godinu.

OBJAŠNJENJE

“Nuklearni reaktor” uključuje u osnovi elemente unutar reaktorske posude ili izravno dodane reaktorskoj posudi, opremu koja kontrolira razinu snage u jezgri i komponente koje obično sadrže primarno rashladno sredstvo reaktorske jezgre ili dolaze u izravan kontakt s njim, ili ga kontroliraju.

Nije namjera isključiti reaktore kod kojih postoji razumna mogućnost preinačenja tako da proizvode znatno više od 100 g plutonija na godinu. Reaktori projektirani za trajni rad na znatnim razinama snage, neovisno o njihovim kapacitetima za proizvodnju plutonija, ne smatraju se “nulto-energetskim reaktorima”.

1.2. Reaktorske posude pod tlakom

Metalne posude, kao cjelovite jedinice ili u tu svrhu pojedinačno proizvedeni glavni dijelovi, posebno su projektirane ili izrađene tako da sadrže jezgru nuklearnog reaktora, definiranog u točki 1.1. i u stanju su izdržati radni tlak primarnog rashladnog sredstva.

OBJAŠNJENJE

Gornja ploča reaktorske tlačne posude obuhvaćena je točkom 1.2. kao posebno proizveden glavni dio tlačne posude.

Unutarnje dijelove reaktora (npr. potporne stupove i ploče za jezgru i druge unutarnje elemente posude, cijevi vodilica za kontrolne šipke, toplinske štitove, pregrade, rešetkaste ploče jezgre, difuzorske ploče itd.) obično isporučuje isporučitelj reaktora. U nekim slučajevima su određene unutarnje potporne komponente uključene u proizvodnju tlačne posude. Ti su elementi dovoljno kritični za sigurnost i pouzdanost rada reaktora (i zbog toga za jamstva i odgovornost isporučitelja reaktora) tako da nije neuobičajena njihova isporuka izvan osnovnog ugovora za isporuku reaktora. Dakle, premda se odvojena isporuka tih jedinstvenih, posebno projektiranih i izrađenih, kritičnih, velikih i skupih elemenata može razmatrati, takav način isporuke smatra se nevjerovatnim.

1.3. Uređaji za izmjenu reaktorskog goriva

Oprema za rukovanje posebno projektirana ili izrađena za umetanje ili uklanjanje goriva iz nuklearnog reaktora, definiranog u točki 1.1., sposobna za radni postupak punjenja, ili primjenjujući tehnički sofisticirano pozicioniranje ili centriranje tako da se omoguće složeni postupci vađenja goriva, kod kojih obično nije moguć izravni pregled ili pristup gorivu.

1.4. *Reaktorske kontrolne šipke*

Šipke posebno projektirane ili izrađene za kontrolu reakcije u nuklearnom reaktoru, definiranom u gornjoj točki 1.1.

OBJAŠNJENJE

Ova točka uključuje, uz dio za apsorpciju neutrona, konstrukciju za potporu ili ovješeno, ako su isporučeni odvojeno.

1.5. *Reaktorske tlačne cijevi*

Cijevi koje su posebno projektirane ili izrađene da sadrže gorivne elemente i primarno rashladno sredstvo u reaktoru, definiranom u gornjoj točki 1.1. pod radnim tlakom većim od 5,1 MPa (740 psi).

1.6. *Cirkonijeve cijevi*

Cirkonij, metal i legure, u obliku cijevi ili sklopova cijevi, i u količinama koje prelaze 500 kg u bilo kojem razdoblju od 12 mjeseci, posebno projektirane ili izrađene za korištenje u reaktoru, definiranom u gornjoj točki 1.1. i u kojima je odnos hafnija prema cirkoniju manji od 1:500 težinskih dijelova.

1.7. *Pumpe za primarno rashladno sredstvo*

Pumpe posebno projektirane ili izrađene za cirkulaciju primarnoga rashladnog sredstva u nuklearnom reaktoru, definiranom u gornjoj točki 1.1.

OBJAŠNJENJE

Posebno projektirane ili izrađene pumpe mogu uključivati složeni sustav ili višestruke sustave za brtvljenje koji sprječavaju curenje primarnoga rashladnog sredstva, oklopljene pumpe i pumpe s inercijskim sustavima. Definicija se odnosi na pumpe klase NC-1 ili kvalificirane istovrijednim standardima.

2. **Nenuklearni materijali za reaktore**

2.1. *Deuterij i teška voda*

Deuterij, teška voda (deuterijev oksid) i bilo koja druga smjesa deuterija u kojoj omjer broja deuterijevih i vodikovih atoma prelazi 1:5000 za upotrebu u nuklearnom reaktoru, definiranom u gornjoj točki 1.1., u količinama koje prelaze 200 kg atoma deuterija za svaku zemlju primatelja u bilo kojem razdoblju od 12 mjeseci.

2.2. *Grafit nuklearne kakvoće*

Grafit koji ima razinu čistoće bolju od 5 ppm bor-ekvivalenta i gustoću veću od 1,5 g/cm³ za upotrebu u nuklearnom reaktoru, definiranom u gornjoj točki 1.1., u količinama koje prelaze 3·10⁴ kg (30 tona) za svaku zemlju primatelja u bilo kojem razdoblju od 12 mjeseci.

NAPOMENA

Zbog izvještavanja, Vlada Republike Hrvatske utvrdit će da li se grafit, prema gore navedenim podacima, izvozi za korištenje u nuklearnom reaktoru.

3. **Postrojenja za preradu ozračenih gorivnih elemenata i oprema posebno projektirana ili izrađena u tu svrhu**

UVODNA NAPOMENA

Prerodom ozračenoga nuklearnog goriva odvajaju se plutonij i uranij od jako radioaktivnih fisijskih produkata i drugih transuranijskih elemenata. Razdvajanje se može postići različitim tehničkim postupcima. Međutim, tijekom godina, Purex je postao najčešće korišten i prihvaćen postupak. Purex uključuje otapanje ozračenoga

nuklearnog goriva u dušičnoj kiselini, nakon čega slijedi razdvajanje uranija, plutonija i fisijskih produkata pomoću selektivne ekstrakcije otapala, koristeći mješavinu tributil fosfata i nekoga organskog razrjeđivača.

Purex postrojenja imaju međusobno slične procesne funkcije, uključujući: usitnjavanje ozračenog gorivnog elementa, otapanje goriva, ekstrakciju otapala i postupak skladištenja tekućine. Također mogu imati opremu za toplinsku denitraciju uranijevog nitrata, pretvaranje plutonijevog nitrata u oksid ili metal i obradu otpadnih tekućih fisijskih produkata u oblik pogodan za dugotrajno skladištenje ili odlaganje. Međutim, specifičan tip i oblik opreme za izvođenje tih funkcija može se razlikovati između Purex postrojenja zbog nekoliko razloga, uključujući vrstu i količinu ozračenoga nuklearnog goriva za preradu, namjeru raspolaganja natrag dobivenim materijalom i filozofiju sigurnosti i održavanja ugrađenu u projekt postrojenja.

“Postrojenje za preradu ozračenih gorivnih elemenata” uključuje opremu i komponente koje obično dolaze u izravan dodir s ozračenim gorivom, glavnim nuklearnim materijalom i fisijskim produktima ili izravno upravljaju tokovima njihove prerade.

Ti postupci, uključujući cjelovite sustave za pretvorbu plutonija i proizvodnju metala plutonija, mogu biti određeni mjerama poduzetim zbog izbjegavanja kritičnosti (npr. pomoću geometrije), ozračivanja (npr. pomoću štitova) i toksičnosti (npr. pomoću kontejnmenta reaktora).

U opremu, koja se podrazumijeva u izrazu “i oprema posebno projektirana ili izrađena” za preradu ozračenih gorivnih elemenata, uključeni su:

3.1 *Strojevi za usitnjavanje ozračenih gorivnih elemenata*

UVODNA NAPOMENA

Ova oprema lomi košuljicu goriva da se ozračeni nuklearni materijal izloži otapanju. Najčešće se upotrebljavaju posebno projektirane velike metalne škare za rezanje, premda se može koristiti i suvremena oprema, kao što je laser.

Daljinski upravljana oprema posebno projektirana ili izrađena za korištenje u gore opisanim postrojenjima za preradu i namijenjena za rezanje, sječenje i sjeckanje sklopova, snopova ili šipki nuklearnog goriva.

3.2 *Posude za otapanje*

UVODNA NAPOMENA

Posude za otapanje obično prihvaćaju usitnjeno istrošeno gorivo. U tim posudama sigurnim od kritičnosti ozračeni nuklearni materijal otopljen je u dušičnoj kiselini a preostale ljuske uklonjene su iz toka obrade.

Spremnici sigurni od kritičnosti (npr. malog promjera, kružni ili pločasti spremnici) posebno projektirani ili izrađeni za upotrebu u postrojenjima za preradu, kao što je gore naznačeno, namijenjeni za otapanje ozračenoga nuklearnog goriva, koji su sposobni izdržavati vruću visoko korozivnu tekućinu i koji mogu biti daljinski punjeni i održavani.

3.3 *Ekstraktori otapala i oprema za ekstrakciju otapala*

UVODNA NAPOMENA

Ekstraktori otapala primaju i otopinu ozračenog goriva iz posuda za otapanje i organsku otopinu koja razdvaja uranij, plutonij i fisijske produkte. Oprema za ekstrakciju otapala obično je projektirana tako da ispunjava stroge radne parametre, kao dugi radni vijek bez zahtjeva za održavanjem ili prilagodljivost lakom premještanju, jednostavnost rada i kontrole i elastičnost glede promjene uvjeta rada.

Posebno projektirani ili izrađeni ekstraktori otapala takvi kao punjene ili pulsirajuće kolone, taložne miješalice ili centrifugalni kontaktori za korištenje u postrojenjima za preradu ozračenog goriva. Ekstraktori otapala moraju biti otporni na korozivno djelovanje dušične kiseline. Ekstraktori otapala obično su proizvedeni po iznimno

visokim standardima (uključujući posebne tehnike zavarivanja i inspekcije, osiguranja kvalitete i kontrole kvalitete) iz nehrđajućeg čelika niskog postotka ugljika, titana, cirkonija ili nekoga drugog materijala visoke kakvoće.

3.4. Posude za držanje ili skladištenje kemikalija

UVODNA NAPOMENA

Kao rezultat faze ekstrakcije, otapala dobivamo tri glavna procesna tekuća toka. Posude za držanje ili skladištenje koriste se u daljnjoj preradi svih triju tokova, kako slijedi:

- (a) Čista otopina uranijevog nitrata koncentrirana je isparavanjem i prosljeđena u postupak denitracije gdje se pretvara u uranijev oksid. Taj oksid ponovno se koristi u nuklearnom gorivnom ciklusu.
- (b) Otopina visoko radioaktivnih fisijskih produkata obično se koncentrira isparavanjem i sprema kao tekući koncentrat. Taj koncentrat može se kasnije ispariti i pretvoriti u oblik prikladan za skladištenje ili odlaganje.
- (c) Otopina čistoga plutonijevog nitrata koncentrira se i sprema do njenog prijenosa u faze daljnjeg postupka. Posude za držanje ili skladištenje otopina plutonija projektirane su tako da se izbjegnu problemi kritičnosti koji su rezultat promjene u koncentraciji ili obliku ovog toka.

Posebno projektirane ili izrađene posude za držanje ili skladištenje i korištenje u postrojenju za preradu ozračenog goriva. Posude za držanje ili skladištenje moraju biti otporne na korozivno djelovanje dušične kiseline. Posude za držanje ili skladištenje obično su izrađene od materijala kao nehrđajući čelik s niskim postotkom ugljika, titan ili cirkonij ili drugi materijali visoke kakvoće. Posude za držanje ili skladištenje mogu biti projektirane za daljinsko upravljanje ili održavanje i mogu imati sljedeća svojstva za kontrolu nuklearne kritičnosti:

- (1) stijenke ili unutarnju strukturu s bor-ekvivalentom najmanje 2%, ili
- (2) maksimalni promjer 175 mm (7 in) za cilindrične posude, ili
- (3) maksimalnu širinu 75 mm (3 in) za pločastu ili za kružnu posudu.

3.5. Sustav za pretvaranje plutonijevog nitrata u oksid

UVODNA NAPOMENA

U većini postrojenja za preradu taj završni postupak uključuje pretvaranje otopine plutonijevog nitrata u plutonijev dioksid. Glavne radnje u tom postupku su: skladištenje materijala i podešavanje napajanja procesa, taloženje i razdvajanje krute/tekuće frakcije, oksidacija, rukovanje proizvodom, provjetravanje, zbrinjavanje otpada i kontrola procesa.

Potpuni sustavi, posebno projektirani ili izrađeni za pretvaranje plutonijevog nitrata u plutonijev oksid, u pojedinostima prilagođeni tako da se izbjegnu učinci kritičnosti i zračenja, te minimaliziraju opasnosti od otrovanja.

3.6. Sustav za proizvodnju metala plutonija iz plutonijevog oksida

UVODNA NAPOMENA

Ovaj postupak, koji može biti u vezi s postrojenjem za preradu, uključuje fluoriranje plutonijevog dioksida, obično s visoko korozivnim fluorovodikom, zbog proizvodnje plutonijevog fluorida koji se kasnije u proizvodnji, koristeći metal kalcij visoke čistoće, pretvara u metalni plutonij i šljaku kalcijevog fluorida. Glavne radnje u ovom postupku su: fluoriranje (uključuje opremu obloženu ili proizvedenu od plemenitih metala), pretvorba u metal (koristeći keramičke lonce za taljenje), obnavljanje šljake, rukovanje proizvodom, provjetravanje, zbrinjavanje otpada i kontrola procesa.

Potpuni sustavi posebno projektirani ili izrađeni za proizvodnju metala plutonija, u pojedinostima prilagođeni tako da se izbjegnu učinci kritičnosti zračenja, te minimaliziraju opasnosti od otrovanja.

4. Postrojenja za proizvodnju gorivnih elemenata

“Postrojenje za proizvodnju gorivnih elemenata” uključuje opremu:

- (a) koja obično dolazi u izravan dodir s nuklearnim materijalom, ili ga izravno prerađuje, ili kontrolira tok proizvodnje nuklearnog materijala, ili
- (b) koja hermetički zatvara nuklearni materijal unutar košuljice.

5. Postrojenja za separaciju izotopa uranija i oprema, različita od analitičkih instrumenata, posebno projektirana ili izrađena u tu svrhu

U opremu, koja se podrazumijeva u izrazu “oprema različita od analitičkih instrumenata, posebno projektirana ili izrađena” za separaciju izotopa uranija uključeni su:

5.1. Plinske centrifuge i sklopovi i komponente posebno projektirani ili izrađeni za upotrebu u plinskim centrifugama

UVODNA NAPOMENA

Plinska centrifuga obično se sastoji od cilindra (ili više njih) tankih stijenki promjera između 75 mm (3 in) i 400 mm (16 in) koji se nalazi u vakuumu i vrti velikom obodnom brzinom od 300 m/s ili više oko svoje okomite središnje osi. Da se postigne velika brzina, materijali za izradu rotacijskih komponenata moraju biti visokog omjera čvrstoće ili gustoće, a rotorski sklopovi i njegove pojedinačne komponente moraju biti izrađeni s vrlo malim tolerancijama da se minimalizira neuravnoteženost. Za razliku od drugih centrifuga, kod plinskih centrifuga za obogaćivanje uranija karakteristično je da unutar komore rotora imaju rotirajuću pregradu (ili više njih) u obliku diska, te razmještaj stacionarnih cijevi za punjenje i vađenje plina UF₆ koje oblikuju najmanje tri odvojena kanala, od kojih su dva vezana za lopatice što se protežu od osi rotora prema obodu rotorske komore. U vakuumskoj sredini također se nalazi određeni broj kritičnih elemenata koji ne rotiraju i koje, premda su posebno projektirani, nije teško proizvesti niti se proizvode iz posebnih materijala. Centrifugalno postrojenje, međutim, zahtijeva veliki broj tih komponenata tako da te količine mogu dati važnu naznaku krajnje uporabe.

5.1.1. Rotacijske komponente

(a) Potpuni rotorski sklopovi:

Tankostijeni cilindri, ili nekoliko međusobno povezanih tankostijenih cilindara, izrađenih iz jednog ili više materijala visokog omjera čvrstoće i gustoće, opisanih u OBJAŠNJENJU ovog poglavlja. Ako su međusobno povezani, cilindri su spojeni pokretnim mjevovima ili prstenovima, kako je opisano u sljedećoj podtočki 5.1.1 (c). Rotor je opremljen s unutarnjom pregradom (ili više njih) i krajnjim poklopcima, kako je opisano u sljedećim podtočkama 5.1.1 (d) i (e), ako je u konačnom obliku. Međutim, cjeloviti sklop može biti isporučen samo djelomično sastavljen.

(b) Rotorske cijevi:

Posebno projektirani ili izrađeni tankostijeni cilindri debljine 12 mm (0,5 in) ili manje, promjera između 75 mm (3 in) i 400 mm (16 in) i proizvedeni iz jednog ili više materijala visokog omjera čvrstoće i gustoće, opisanih u OBJAŠNJENJU ovog poglavlja.

(c) Prstenovi ili mjevovi:

Komponente posebno projektirane ili izrađene da lokalno podupru rotorsku cijev ili da povežu nekoliko rotorskih cijevi. Mijeh je kratki cilindar sa stijenkama debljine 3 mm

(0,12 in) ili manje, promjera između 75 mm (3 in) i 400 mm (16 in) koji ima nabore i izrađen je iz materijala visokog omjera čvrstoće i gustoće, jednog od opisanih u OBJAŠNJENJU ovog poglavlja.

(d) Pregrade:

Komponente u obliku diska promjera između 75 mm (3 in) i 400 mm (16 in) posebno projektirane ili izrađene za ugradnju unutar centrifugalne rotorske cijevi, tako da izoliraju odvodnu komoru od glavne separacijske komore te, u nekim slučajevima, da pomognu cirkulaciju plina UF₆ unutar glavne separacijske komore rotorske cijevi, a izrađene su iz materijala visokog omjera čvrstoće i gustoće, jednog od opisanih u OBJAŠNJENJU ovog poglavlja.

(e) Gornji poklopci / donji poklopci

Komponente u obliku diska promjera između 75 mm (3 in) i 400 mm (16 in) posebno projektirane ili izrađene da pristaju na krajeve rotorske cijevi i tako zadržavaju UF₆ unutar rotorske cijevi, te u nekim slučajevima podupiru, podržavaju ili sadrže kao cjeloviti dio element gornjeg ležaja (gornji poklopac), ili nose rotirajuće elemente motora i donji ležaj (donji poklopac), a izrađene su iz materijala visokog omjera čvrstoće i gustoće, jednog od opisanih u OBJAŠNJENJU ovog poglavlja.

OBJAŠNJENJE

Materijali koji se koriste za rotacijske komponente centrifuge su:

(a) legirani čelik maksimalne vlačne čvrstoće $2,05 \times 10^9$ N/m² (300.000 psi) ili više;

(b) legure aluminija maksimalne vlačne čvrstoće $0,46 \times 10^9$ N/m² (67.000 psi) ili više,

(c) vlaknasti materijali pogodni za upotrebu u slojevitim strukturama i koji imaju specifični modul $12,3 \times 10^6$ m, ili veći i specifičnu maksimalnu vlačnu čvrstoću $0,33 \times 10^6$ m, ili veću ("specifični modul" je Youngov modul u N/m² podijeljen sa specifičnom težinom u N/m³; "specifična maksimalna vlačna čvrstoća" je specifična vlačna čvrstoća u N/m² podijeljena sa specifičnom težinom u N/m³).

5.1.2. Statičke komponente

(a) Magnetski viseći ležajevi:

Posebno projektirani ili izrađeni sklopovi ležajeva koji sadrže kružni magnet obješen unutar kućišta koje sadrži prigušujuće sredstvo. Kućište treba biti izrađeno od materijala otpornog na UF₆ (vidi OBJAŠNJENJE točke 5.2). Polovi magneta su spojeni ili je magnet povezan s drugim magnetom pričvršćenim na gornjem poklopcu, opisano u podtočki 5.1.1 (e). Magnet može biti prstenastog oblika s omjerom između vanjskog i unutarnjeg promjera manjim ili jednakim 1,6:1. Magnet može biti takvog stanja da je početna permeabilnost 0,15 H/m (120.000 CGS jedinica) ili više, ili remanentnost 98,5% ili više, ili energetski produkt veći od 80 kJ/m³ (10⁷ gauss-oersteda). Uz uobičajena svojstva materijala preduvjet je da je odstupanje magnetske osi od geometrijske osi ograničeno na vrlo malo toleranciju (manju od 0,1 mm ili 0,004 in) ili da se posebno zahtijeva homogenost materijala magneta.

(b) Ležajevi/prigušivači:

Posebno projektirani ili izrađeni ležajevi koji sadrže sklop zglobova/čašica ugrađen u prigušivač. Zglob je obično osovina od kaljenog čelika s polukuglom na jednom kraju, te s pričvršćenjem za donji poklopac, opisano u podtočki 5.1.1 (e), na drugom kraju. Međutim, osovina može imati ugrađen i hidrodinamički ležaj. Čašica je oblika kuglice s polukuglastim udubljenjem na jednoj strani. Te komponente često se pribavljaju odvojeno od prigušivača.

(c) Molekularne pumpe:

Posebno projektirani ili izrađeni cilindri koji imaju unutarnje strojno obrađene ili izdubljene spiralne utore i unutarnje strojno obrađene provrte. Tipične dimenzije su

kako slijedi: unutarnji promjer 75 mm (3 in) do 400 mm (16 in), debljina stijenke 10 mm (0,4 in) ili više, duljine jednake ili veće od promjera. Utori su obično pravokutnog presjeka i duboki 2 mm (0,08 in) ili više.

(d) Statori motora:

Posebno projektirani ili izrađeni statori prstenastog oblika za višefazne izmjenične elektromotore velike brzine s histerezom (ili magnetnim otporom) za sinkroni rad u vakuumu u području frekvencija 6000-2000 Hz i području snage 50-1000 VA. Statori se sastoje od višefaznih namota na slojevitoj željeznoj jezgri malih gubitaka načinjenoj od tankih limova uobičajene debljine 2 mm (0,08 in) ili manje.

(e) Kućište centrifuge/nosači

Komponente posebno projektirane ili izrađene da drže sklop rotorskih cijevi plinske centrifuge. Kućište se sastoji od nepomičnog cilindra debljine stijenke do 30 mm (1,2 in) s precizno strojno obrađenim krajevima za smještaj ležajeva i s jednom ili više prirubnica za ugradnju. Strojno obrađeni krajevi međusobno su paralelni i okomiti na uzdužnu os cilindra s odstupanjem manjim od 0,05°. Kućište može biti i sačaste strukture za smještaj nekoliko rotorskih cijevi. Kućišta su izrađena od materijala otpornih na korozivno djelovanje UF₆ ili zaštićena takvim materijalima.

(f) Lopatice

Posebno projektirane ili izrađene cijevi unutarnjeg promjera do 12 mm (0,5 in) za ekstrakciju čina UF₆ iz unutrašnjosti rotorske cijevi načinom djelovanja Pitotove cijevi (tj. s otvorom prema obodnom toku plina unutar rotorske cijevi, na primjer, savijanjem kraja radialno postavljene cijevi) tako da se mogu pričvrstiti na središnji sustav za ekstrakciju plina. Cijevi su izrađene od materijala otpornih na korozivno djelovanje UF₆ ili zaštićene takvim materijalima.

5.2 *Posebno projektirani ili izrađeni pomoćni sustavi, oprema i komponente u postrojenjima za obogaćivanje pomoću plinskih centrifuga*

UVODNA NAPOMENA

Pomoćni sustavi, oprema i komponente u postrojenjima za obogaćivanje pomoću plinskih centrifuga su sustavi za napajanje centrifuga s UF₆, međusobno povezivanje pojedinih centrifuga tako da oblikuju kaskade (ili stupnjeve) koje omogućavaju postupno sve veće obogaćivanje, te za izdvajanje "proizvoda" i "ostatka" UF₆ iz centrifuga, uz opremu potrebnu za pogon centrifuga ili kontrolu postrojenja.

UF₆ se obično isparava iz krutine pomoću zagrijavanja u autoklavima, te se odvodi u plinovitom stanju u centrifuge pomoću kaskadnog cjevovodnog kolektora. "Proizvod" i "ostaci" plinovite struje UF₆, koji izlaze iz centrifuga, također se prosljeđuju pomoću kaskadnog cjevovodnog kolektora u hladne stupice (koje rade na otprilike 203 K (-70°C)), gdje se kondenziraju prije daljnjeg prijenosa u pogodne spremnike za prijevoz ili skladištenje. Budući da se postrojenje za obogaćivanje sastoji od više tisuća centrifuga poredanih u kaskadama, postoje kilometri kaskadnih cjevovodnih kolektora, povezanih tisućama zavara, sa znatnim brojem ponavljanja oblika. Oprema, komponente i cjevovodni sustavi su proizvedeni prema vrlo zahtjevnim standardima za vakuum i čistoću.

5.2.1 Sustavi za napajanje/sustavi za izdvajanje proizvoda i ostatka

Posebno projektirani ili izrađeni sustavi za obradu koji uključuju:

Autoklave za napajanje (ili stanice), koje se koriste za dotok UF₆ prema kaskadama centrifuga pri tlaku 100 kPa (15 psi) i količinu od 1 kg/h ili više,

Desublimatore (ili hladne stupice) koje se koriste za izdvajanje UF₆ iz kaskada pri tlaku do 3 kPa (0,5 psi). Desublimatori se mogu ohladiti do 203 K (-70°C) i zagrijati do 343 K (70°C)

Stanice za "proizvod" i "ostatke" koje se koriste za hvatanje UF₆ u spremnike.

Ovo postrojenje, oprema i cjevovod potpuno je izrađeno ili obloženo materijalima otpornim na UF₆ (vidi OBJAŠNJENJE ove točke), a proizvedeno je prema vrlo zahtjevnim standardima za vakuum i čistoću.

5.2.2 Mehanički sustavi cjevovodnih kolektora

Posebno projektirani ili izrađeni sustavi cjevovoda i sustavi cjevovodnih kolektora za rukovanje s UF₆ unutar centrifugalnih kaskada. Mreža cjevovoda obično je s trostrukim sustavom cjevovodnih kolektora tako da je svaka centrifuga spojena na svaki cjevovodni kolektor. Tako se u znatnoj mjeri ponavlja taj oblik. U cijelosti su izrađeni od materijala otpornih na UF₆ (vidi OBJAŠNJENJE ove točke), a proizvedeni su prema vrlo zahtjevnim standardima za vakuum i čistoću.

5.2.3 UF₆ maseni spektrometri/ionski izvori

Posebno projektirani ili izrađeni magnetski ili kvadrupolni maseni spektrometri sposobni za "on-line" uzimanje uzoraka iz struja plina UF₆ kod napajanja, proizvoda ili preostalog materijala, a koji imaju sva sljedeća svojstva:

1. Jedinično razlučivanje za jedinice atomske mase veće od 320,
2. Ionske izvore izrađene od ili obložene nikromom ili monelom, ili platirane niklom,
3. Izvore elektrona za ionizaciju,
4. Kolektorski sustav prikladan za analizu izotopa.

5.2.4 Mjenjači frekvencija

Mjenjači frekvencija (također poznati kao konverteri ili invertori) posebno projektirani ili izrađeni za napajanje statora motora definiranih u 5.1.2. (d), ili dijelovi, komponente i podsklopovi takvih mjenjača frekvencija koji imaju sva sljedeća svojstva:

1. Višefazni izlaz 600–2000 Hz,
2. Visoku stabilnost (s kontrolom frekvencije boljom od 0,1%)
3. Nisko harmoničko izobličenje (manje od 2%), i
4. Učinkovitost veću od 80%.

OBJAŠNJENJE

Gore nabrojani elementi ili dolaze u izravan dodir s procesnim plinom UF₆ ili izravno kontroliraju centrifuge i prolaženje plina iz centrifuge u centrifugu i iz kaskade u kaskadu.

Materijali otporni na korozivno djelovanje UF₆ uključuju nehrđajući čelik, aluminij, legure aluminija, nikal ili legure koje sadrže 60% ili više nikla.

5.3 *Posebno projektirani ili izrađeni sklopovi i komponente koji se koriste u plinskom difuzijskom obogaćivanju*

UVODNA NAPOMENA

U metodi separacije izotopa uranija plinskom difuzijom, glavni tehnološki sklop je posebna porozna plinska difuzijska barijera, izmjenjivač topline za hlađenje plina (zagrijanog stlačivanjem), brtveni i kontrolni ventili, te cjevovodi. Budući da plinska difuzijska tehnologija koristi uranijev heksafluorid (UF₆) sva oprema, cjevovod i površine instrumentacije (koje dolaze u dodir s plinom) moraju biti izrađeni od materijala koji ostaje stabilan u dodiru s UF₆. Postrojenje za plinsku difuziju zahtijeva znatan broj tih sklopova, tako da količine mogu biti značajan pokazatelj krajnje uporabe.

5.3.1 Plinske difuzijske barijere

- (a) Posebno projektirani ili izrađeni tanki porozni filteri, veličine pora 100–1.000 Å (angstrema), debljine 5 mm (0,2 in) ili manje, te za cjevaste oblike, promjera 25 mm (1 in) ili manje, izrađeni od metalnih, polimernih ili keramičkih materijala otpornih na korozivno djelovanje UF₆, i
- (b) Posebno pripremljene smjese ili prašci za izradu takvih filtera. Takve smjese i prašci uključuju nikal ili legure koje sadrže 60% ili više nikla, aluminijev oksid ili potpuno fluorirane polimere ugljikovodika otporne na UF₆ koji imaju čistoću 99,9% ili više, veličinu čestica manju od 10 µm i visoki stupanj jednolikosti veličine čestica, koje su posebno pripremljene za izradu plinskih difuzijskih barijera.

5.3.2 Kućišta difuzora

Posebno projektirane ili izrađene hermetički zatvorene cilindrične posude promjera većeg od 300 mm (12 in) i duže od 900 mm (35 in), ili pravokutne posude sličnih dimenzija, koje imaju jedan ulazni i dva izlazna priključka promjera većeg od 50 mm (2 in), za držanje plinskih difuzijskih barijera, izrađene od materijala otpornih na UF₆ ili obložene takvim materijalima, te projektirane za vodoravnu ili okomitu ugradnju.

5.3.3 Kompresori i plinska puhala

Posebno projektirani ili izrađeni aksijalni, centrifugalni ili nadtladni kompresori ili plinska puhala, s kapacitetom usisa UF₆ od najmanje 1m³/min, s tlakom ispuha do nekoliko stotina kPa (100 psi), projektirani za dugotrajan rad u UF₆ okruženju, sa ili bez elektromotora odgovarajuće snage, isto kao i zasebni sklopovi takvih kompresora i plinskih puhala. Ti kompresori i plinska puhala imaju omjer kompresije od 2:1 do 6:1, a izrađeni su od materijala otpornih na UF₆ ili obloženi takvim materijalima.

5.3.4 Brtve rotorskih osovine

Posebno projektirane ili izrađene vakuumske brtve, s priključcima za napajanje i ispuhivanje brtve, za brtvljenje spojne osovine rotora kompresora ili plinskog puhala s pogonskim motorom, tako da se osigura pouzdano brtvljenje protiv ucurivanja zraka u unutarnju komoru kompresora ili plinskog puhala napunjenog s UF₆. Takve brtve obično su projektirane za količinu ucurivanja zaštitnog plina manju od 1000 cm³/min (60 in³/min).

5.3.5 Izmjenjivači topline za hlađenje UF₆

Posebno projektirani ili izrađeni izmjenjivači topline načinjeni od materijala otpornih na UF₆ (osim nehrđajućeg čelika) ili obloženi takvim materijalima ili bakrom, ili bilo kojom kombinacijom tih metala, te namijenjeni za veličinu promjene tlaka kod curenja manju od 10 Pa (0,0015 psi) na sat pri razlici tlakova od 100 kPa (15 psi).

5.4 *Posebno projektirani ili izrađeni pomoćni sustavi, oprema i komponente koji se koriste u plinskom difuzijskom obogaćivanju*

UVODNA NAPOMENA

Pomoćni sustavi, oprema i komponente u postrojenjima za plinsko difuzijsko obogaćivanje su sustavi potrebni za napajanje s UF₆ plinskoga difuzijskog sklopa, povezivanje pojedinačnih sklopova u kaskade (ili stupnjeve) koje omogućavaju postupno sve veće obogaćivanje, te za izdvajanje "proizvoda" i "ostatka" UF₆ iz difuzijskih kaskada. Zbog velikih inercijskih svojstava difuzijskih kaskada, bilo koji prekid u njihovom radu, a posebno zaustavljanje, ima ozbiljne posljedice. Zato je veoma važno u plinskom difuzijskom postrojenju strogo i trajno održavanje vakuuma u cijelom tehnološkom sustavu, automatska zaštita od nezgoda i precizno automatsko upravljanje strujom plina. Sve to stvara potrebu opremanja postrojenja velikim brojem posebnih mjernih, upravljačkih i kontrolnih sustava.

Obično se UF₆ isparava u cilindrima smještenim u autoklavima, te se pomoću kaskadnoga cjevovodnog kolektora u plinskom stanju dovodi do ulaznog mjesta. "Proizvod" i "ostaci" plinske struje UF₆ odvođe se pomoću kaskadnog cjevovodnog kolektora od izlaznih točaka do hladnih stupica ili do kompresorskih stanica gdje se plin UF₆ ukapljuje prije daljnjeg prijenosa u prikladne spremnike za prijevoz ili skladištenje. Budući da se postrojenje za plinsko difuzijsko obogaćivanje sastoji od velikog broja difuzijskih sklopova poredanih u kaskade, postoji mnogo kilometara kaskadnog cjevovodnog kolektora, povezanog tisućama zavora, sa znatnim brojem ponavljanja oblika. Oprema, komponente i cjevovodni sustavi su proizvedeni prema vrlo zahtjevnim standardima za vakuum i čistoću.

5.4.1 Sustavi za napajanje/sustavi za izdvajanje proizvoda i ostatka

Posebno projektirani ili izrađeni procesni sustavi za radne tlakove do 300 kPa (45 psi), koji uključuju:

Autoklave za napajanje (ili sustave) koji se koriste za dotok UF₆ prema plinskim difuzijskim kaskadama;

Desublimatore (ili hladne stupice) koji se koriste za izdvajanje UF₆ iz difuzijskih kaskada;

Stanice za ukapljivanje gdje se plin UF₆ iz kaskada stlačivanjem i hlađenjem prevodi u tekućinu UF₆,

Stanice za "proizvod" ili "ostatke" koje se koriste za prijenos UF₆ u spremnike.

5.4.2 Sustavi cjevovodnih kolektora

Posebno projektirani ili izrađeni sustavi cjevovoda i cjevovodnih kolektora za rukovanje s UF₆ u plinskim difuzijskim kaskadama. Ova mreža cjevovoda obično je s "dvostrukim" sustavom cjevovodnih kolektora tako da je svaka ćelija spojena sa svakim cjevovodnim kolektorom.

5.4.3 Vakuumski sustavi

(a) Posebno projektirani ili izrađeni veliki vakuumski višepriključni cjevovodni razvodnici, vakuumski cjevovodni kolektori i vakuumske pumpe usisnog kapaciteta jednakog ili većeg od 5m³/min (175 ft³/min);

(b) Vakuumske pumpe posebno projektirane za rad u atmosferi koja sadrži UF₆, izrađene od aluminija, nikla ili legura koje sadrže više od 60% nikla ili su obložene njima. Te pumpe mogu biti ili rotacijske ili nadtlačne, mogu imati nadtlačne i fluorouglične (teflonske) brtve te mogu imati posebni radni fluid.

5.4.4 Posebni ventili za zatvaranje i kontrolu

Posebno projektirani ili izrađeni ventili s mjehovima za ručno ili automatsko zatvaranje i kontrolu, izrađeni od materijala otpornih na UF₆ i promjera od 40 do 1500 mm (1,5 do 59 in) za ugradnju u glavnim i pomoćnim sustavima postrojenja za plinsko difuzijsko obogaćivanje.

5.4.5 UF₆ maseni spektrometri / ionski izvori

Posebno projektirani ili izrađeni magnetski ili kvadrupolni maseni spektrometri sposobni za "on-line" uzimanje uzoraka iz struja plina UF₆ kod napajanja, proizvoda ili preostalog materijala, a koji imaju sva sljedeća svojstva:

1. Jedinичno razlučivanje za jedinice atomske mase veće od 320,
2. Ionske izvore izrađene od ili obložene nikromom ili monelom, ili platirane niklom,
3. Izvora elektrona za ionizaciju,
4. Kolektorski sustav prikladan za analizu izotopa.

OBJAŠNJENJE

Gore nabrojani elementi ili dolaze u izravan dodir s procesnim plinom UF₆, ili izravno nadziru protok unutar kaskada. Sve površine koje dolaze u dodir s procesnim plinom, u potpunosti su izrađene od materijala otpornih na UF₆ ili obložene takvim materijalima. U vezi s točkama koje se odnose na elemente plinske difuzije materijali otporni na korozivno djelovanje UF₆ uključuju nehrđajući čelik, aluminij, aluminijske legure, aluminijev oksid, nikal ili legure koje sadrže 60% ili više nikla i potpuno fluorirane polimere ugljikovodika otporne na UF₆.

5.5. *Posebno projektirani ili izrađeni sustavi, oprema i komponente koji se koriste u postrojenjima za aerodinamičko obogaćivanje*

UVODNA NAPOMENA

U postupcima aerodinamičnog aerodinamičnog obogaćivanja smjesa plinovitog UF₆ i lakog plina (vodik ili helij) se stlači i zatim propušta kroz elemente za separaciju u kojima se odvajanje izotopa potpuno provodi jakim centrifugalnim silama duž zakrivljenih stijenki. Uspješno su razvijena dva postupka ovog tipa: postupak sa separacijskim mlaznicama i postupak s vrtložnim cijevima. Za oba postupka glavne komponente stupnja separacije uključuju cilindrično kućište posuda posebnih elemenata za odvajanje (mlaznice ili vrtložne cijevi), plinske kompresore i izmjenjivače topline za uklanjanje topline stlačivanja. Jedno aerodinamičko postrojenje zahtijeva veći broj tih stupnjeva tako da količine mogu biti značajan pokazatelj krajnje uporabe. Budući da aerodinamički postupci koriste UF₆, sva oprema, cjevovodi i površine instrumentacije (koji dolaze u dodir s plinom) moraju biti izrađeni od materijala koji ostaje stabilan u dodiru s UF₆.

OBJAŠNJENJE

Elementi nabrojani u ovoj točki ili dolaze u izravan dodir s procesnim plinom UF₆ ili izravno kontroliraju protok unutar kaskada. Sve površine koje dolaze u dodir s procesnim plinom u potpunosti su izrađene od materijala otpornih na UF₆ ili zaštićene takvim materijalima. U vezi s točkom koja se odnosi na elemente aerodinamičkog obogaćivanja, materijali otporni na korozivno djelovanje UF₆ uključuju bakar, nehrđajući čelik, aluminij, aluminijske legure, nikal ili legure koje sadrže 60% ili više nikla i potpuno fluorirane polimere ugljikovodika otpornih na UF₆.

5.5.1 Mlaznice za separaciju

Posebno projektirane ili izrađene mlaznice za separaciju i njihovi sklopovi. Mlaznice za separaciju oblikovane su kao zakrivljeni kanali s uskom pukotinom, polumjera zakrivljenosti manjeg od 1 mm (najčešće 0,1–0,5 mm), otporne su na korozivno djelovanje UF₆ i imaju oštricu unutar mlaznice koja razdvaja struju plina što teče kroz mlaznicu u dvije frakcije.

5.5.2 Vrtložne cijevi

Posebno projektirane ili izrađene vrtložne cijevi i njihovi sklopovi. Vrtložne cijevi cilindrične su ili konusne, izrađene ili zaštićene materijalima otpornim na korozivno djelovanje UF₆, imaju promjer od 0,5 cm do 4 cm, a omjer duljine i promjera do 20:1 te s jednim ili više tangencijskih ulaza. Cijevi mogu biti opremljene na jednom ili na oba kraja s dodacima za priključak tipa mlaznice.

OBJAŠNJENJE

Plin ulazi u vrtložne cijevi tangencijalno na jednom kraju, ili kroz vrtložne lopatice, ili na brojnim mjestima tangencijalno uzduž oboda cijevi.

5.5.3 Kompresori i plinska puhala

Posebno projektirani ili izrađeni aksijalni, centrifugalni ili nadtlačni kompresori ili plinska puhala izrađeni od materijala otpornih na korozivno djelovanje UF₆ ili zaštićeni takvim

materijalima, s usisnim kapacitetom od najmanje 2 m³/min za smjesu UF₆/noseći plin (vodik ili helij).

OBJAŠNJENJE

Ti kompresori i plinska puhala najčešće imaju omjer kompresije od 1,2:1 do 6:1.

5.5.4 Brtve rotorskih osovina

Posebno projektirani ili izrađene brtve rotorskih osovina, s priključcima za napajanje i ispuhivanje brtve, za brtvljenje spojne osovine rotora kompresora ili plinskog puhala s pogonskim motorom, tako da se osigura pouzdano brtvljenje protiv iscurivanja procesnog plina ili ucurivanja zraka ili brtvenog plina u unutarnju komoru kompresora ili plinskog puhala napunjenog sa smjesom UF₆/noseći plin.

5.5.5 Izmjenjivači topline za hlađenje plina

Posebno projektirani ili izrađeni izmjenjivači topline načinjeni od materijala otpornih na korozivno djelovanje UF₆ ili zaštićeni takvim materijalima.

5.5.6 Kućišta elemenata za separaciju

Posebno projektirana ili izrađena kućišta elemenata za separaciju načinjena od materijala otpornih na UF₆ ili zaštićena takvim materijalima, za držanje vrtložnih cijevi ili mlaznica za separaciju.

OBJAŠNJENJE

Ta kućišta mogu biti cilindrične posude promjera većeg od 300 mm i dulje od 900 mm, ili mogu biti pravokutne posude sličnih dimenzija, projektirane za vodoravnu ili okomitu ugradnju.

5.5.7 Sustavi za napajanje/sustavi za izdvajanje proizvoda i ostatka

Posebno projektirani ili izrađeni procesni sustavi ili oprema u postrojenjima za obogaćivanje izrađeni od materijala otpornih na korozivno djelovanje UF₆ ili zaštićeni takvim materijalima, koji uključuju:

- (a) Autoklave za napajanje, peći ili sustave koji se koriste za dotok UF₆ u proces obogaćivanja,
- (b) Desublimatore (ili hladne stupice) koji se koriste za izdvajanje UF₆ iz procesa obogaćivanja zbog prijenosa nakon zagrijavanja,
- (c) Stanice za skrućivanje ili ukapljivanje koje se koriste za izdvajanje UF₆ iz procesa obogaćivanja stlačivanjem i pretvaranjem UF₆ u tekući ili čvrsti oblik,
- (d) Stanice za "proizvod" ili "ostatke" koje se koriste za prijenos UF₆ u spremnike.

5.5.8 Sustavi cjevovodnih kolektora

Posebno projektirani ili izrađeni sustavi cjevovodnih kolektora, izrađeni od materijala otpornih na korozivno djelovanje UF₆ ili zaštićeni takvim materijalima, za rukovanje s UF₆ unutar aerodinamičkih kaskada. Ova mreža cjevovoda obično je projektirana kao dvostruki cjevovodni kolektor tako da je svaki stupanj ili grupa stupnjeva povezana sa svakim kolektorom.

5.5.9 Vakuumski sustavi i pumpe

- (a) Posebno projektirani ili izrađeni vakuumski sustavi usisnog kapaciteta jednakog ili većeg od 5 m³/min, koji se sastoje od vakuumskih višepriključnih cjevovodnih razvodnika, vakuumskih kolektora i vakuumskih pumpi, te projektiranih za rad u atmosferi koja sadrži UF₆,

- (b) Vakuumske pumpe posebno projektirane ili izrađene za rad u atmosferi koja sadrži UF₆, izrađene od materijala otpornih na korozivno djelovanje UF₆ ili zaštićene takvim materijalima. Te pumpe imaju brtve iz fluorouglijika i mogu se koristiti za posebne radne fluide.

5.5.10 Posebni ventili za zatvaranje i kontrolu

Posebno projektirani ili izrađeni ventili s mješovima za ručno ili automatsko zatvaranje ili kontrolu, izrađeni od materijala otpornih na korozivno djelovanje UF₆ ili zaštićeni takvim materijalima, s promjerom od 40 do 1.500 mm za ugradnju u glavnim i pomoćnim sustavima postrojenja za aerodinamičko obogaćivanje.

5.5.11 UF₆ maseni spektrometri/ionski izvori

Posebno projektirani ili izrađeni magnetski ili kvadrupolni maseni spektrometri sposobni za "on-line" uzimanje uzoraka kod napajanja, "proizvoda" ili "ostataka" iz struja plina UF₆, a koji imaju sva sljedeća svojstva:

1. Jedinično razlučivanje za jedinice atomske mase veće od 320,
2. Ionske izvore izrađene od ili obložene nikromom ili monelom, ili platirane niklom,
3. Izvore elektrona za ionizaciju,
4. Kolektorski sustav prikladan za analizu izotopa.

5.5.12 Sustavi za odvajanje UF₆/noseći plin

Posebno projektirani ili izrađeni procesni sustavi za odvajanje UF₆ od nosećeg plina (vodik ili helij).

OBJAŠNJENJE

Ti sustavi projektirani su za smanjenje sadržaja UF₆ u nosećem plinu na 1 ppm ili manje te mogu uključivati opremu kao što su:

- (a) Kriogeni (niskotemperaturni) izmjenjivači topline i krioseparatori sposobni za temperature jednake ili niže od -120°C, ili
 - (b) Kriogene jedinice za hlađenje sposobne za temperature jednake ili niže od -120°C, ili
 - (c) Jedinice s mlaznicama za odvajanje ili vrtložnim cijevima za odvajanje UF₆ od nosećeg plina, ili
 - (d) Hladne stupice za UF₆ sposobne za temperature jednake ili niže od -20°C.
- 5.6. *Posebno projektirani ili izrađeni sustavi, oprema i komponente koji se koriste u postrojenjima za obogaćivanje kemijskom ili ionskom izmjenom*

UVODNA NAPOMENA

Neznatna razlika u masi između izotopa uranija uzrokuje male promjene u ravnoteži kemijskih reakcija koje mogu biti korištene kao osnova za separaciju izotopa. Dva su procesa uspješno razvijena: kemijska izmjena tekuće-tekuće i ionska izmjena kruto-tekuće.

U procesu kemijske izmjene tekuće-tekuće, tekuće faze koje se ne miješaju (vodena i organska), protustrujno su usmjerene tako da daju kaskadni učinak tisuća stupnjeva separacije. Vodena faza sastoji se od uranijevog klorida u otopini klorovodične kiseline; organska faza sastoji se od ekstraktanta koji sadrži uranijev klorid u organskom otapalu. Kontaktori uključeni u separacijske kaskade mogu biti kolone za izmjenu tekuće-tekuće (kao pulsirajuće kolone sa sitastim pločama) ili tekući centrifugalni kontaktori. Kemijska pretvaranja (oksidacija i redukcija) potrebna su na oba kraja separacijske kaskade tako da se na svakom kraju ostvare zahtjevi povratnog toka. Glavni je zadatak projekta izbjeći kontaminaciju procesnih struja s određenim metalnim

ionima. U tu svrhu koriste se plastične, plastikom obložene (uključujući korištenje fluorougličnih polimera) i/ili staklom obložene kolone i cjevovodi.

U procesu ionske izmjene kruto-tekuće obogaćivanje se provodi adsorpcijom/desorpcijom uranija u posebnoj, vrlo brzo djelujućoj, smoli za ionsku izmjenu ili adsorbentu. Otopina uranija u klorovodičnoj kiselini i drugim kemijskim sredstvima propušta se kroz cilindrične kolone za obogaćivanje koje sadrže punjene osnove adsorbenta. Za trajni postupak potreban je sustav povratnog toka za oslobađanje uranija iz adsorbenta natrag u tekući tok tako da se mogu skupiti "proizvod" i "ostaci". To se provodi korištenjem pogodnih kemijskih sredstava za redukciju/oksidaciju koja se potpuno obnavljaju u odvojenim vanjskim krugovima i koja mogu biti djelomično obnovljena unutar samih kolona za separaciju izotopa. Prisutnost vrućih koncentriranih otopina klorovodične kiseline u procesu zahtijeva opremu izrađenu od materijala otpornih na koroziju ili zaštićenu takvim materijalima.

5.6.1 Kolone za izmjenu tekuće-tekuće (kemijska izmjena)

Kolone za izmjenu tekuće-tekuće protustrujnog smjera koje imaju ulaznu mehaničku snagu (tj. pulsirajuće kolone sa sitastim pločama, stepne pločaste kolone i kolone s unutarnjim turbinskim mješalicama), posebno projektirane ili izrađene za obogaćivanje uranija postupkom kemijske izmjene. Zbog otpornosti na korozivno djelovanje koncentrirane otopine klorovodične kiseline te kolone i njihova unutrašnjost izrađeni su od prikladnih plastičnih materijala (takvih kao fluorouglični polimeri) ili zaštićeni njima ili obloženi staklom. Projektom je predviđeno kratko rezidentno vrijeme stupnja kolona (do 30 sekundi).

5.6.2 Centrifugalni kontaktori tekuće-tekuće (kemijska izmjena)

Centrifugalni kontaktori tekuće-tekuće posebno projektirani ili izrađeni za obogaćivanje uranija postupkom kemijske izmjene. Takvi kontaktori koriste rotaciju za raspršivanje organskih i vodenih struja, a zatim centrifugalnu silu za odvajanje faza. Zbog otpornosti na korozivno djelovanje koncentrirane otopine klorovodične kiseline kontaktori su izrađeni od prikladnih plastičnih materijala (takvih kao fluorouglični polimeri) ili su obloženi njima ili staklom. Projektom je predviđeno kratko rezidentno vrijeme stupnja centrifugalnih kontakatora (do 30 sekundi).

5.6.3 Sustavi oprema za redukciju uranija (kemijska izmjena)

- (a) Posebno projektirane ili izrađene redukcijske komore za elektrokemijsku redukciju pretvaranja uranija iz stanja jedne valencije u drugo pri obogaćivanju uranija postupkom kemijske izmjene. Materijali komora, u dodiru s procesnom otopinom, moraju biti otporni na korozivno djelovanje koncentriranih otopina klorovodične kiseline.

OBJAŠNJENJE

Katodni odjeljak komore mora biti projektiran tako da spriječi ponovnu oksidaciju uranija u njegova viševalentna stanja. Da bi se uranij zadržao u katodnom odjeljku, komora može imati nepropusnu membransku dijafragmu izrađenu od posebnih materijala kationskih izmjenjivača. Katoda se sastoji od prikladnih čvrstih vodiča takvih kao grafit.

- (b) Posebno projektirani ili izrađeni sustavi na proizvodnom kraju kaskade za izdvajanje U^{4+} iz organske struje, prilagođavanje koncentracije kiseline i napajanje elektrokemijskih redukcijskih komora.

OBJAŠNJENJE

Ti se sustavi sastoje od opreme za ekstrakciju otopala i izdvajanje U^{4+} iz organske struje u vodenu otopinu, za isparavanje i/ili druge opreme za podešavanje i kontrolu pH otopine, te pumpi ili drugih transportnih uređaja zbog napajanja komora za elektrokemijsku redukciju. Glavni je zadatak projekta izbjeći kontaminaciju vodene struje određenim metalnim ionima. Zbog takvih dijelova koji dolaze u dodir s procesnom strujom, u sustav je ugrađena oprema izrađena od odgovarajućih materijala ili

zaštićena takvim materijalima (kao staklo, fluorouglični polimeri, polifenil sulfat, polieter sulfon i smolom impregnirani grafit).

5.6.4 Sustavi za pripremu materijala za napajanje (kemijska izmjena)

Posebno projektirani ili izrađeni sustavi za proizvodnju otopina uranijevog klorida visoke čistoće za napajanje postrojenja za separaciju izotopa uranija kemijskom izmjenom.

OBJAŠNJENJE

Ti se sustavi sastoje od opreme za otapanje, ekstrakciju otapala i/ili ionsku izmjenu zbog pročišćavanja i od elektrolitičkih komora za redukciju uranija U^{6+} ili U^{4+} u U^{3+} . Ti sustavi proizvode otopinu uranijevog klorida koja ima samo nekoliko ppm-a metalnih nečistoća takvih kao krom, željezo, vanadij, molibden i drugih dvovalentnih ili viših viševalentnih kationa. Konstrukcijski materijali za dijelove sustava za obradu U^{3+} visoke čistoće su staklo, fluorouglični polimeri, polifenil sulfat, polieter sulfon obložen plastikom i smolom impregnirani grafit.

5.6.5 Sustavi za oksidaciju uranija (kemijska izmjena)

Posebno projektirani ili izrađeni sustavi za oksidaciju U^{3+} u U^{4+} zbog povratka u kaskadu za separaciju izotopa uranija u postupku obogaćivanja kemijskom izmjenom.

OBJAŠNJENJE

Ti sustavi mogu uključivati opremu kao što je:

- (a) Oprema za vezanje klora i kisika s vodenim izljevom iz opreme za odvajanje izotopa i ekstrakciju izlaznog U^{4+} u odstranjenu organsku struju koja se vraća iz proizvodnog kraja kaskade,
- (b) Oprema koja odvaja vodu od klorovodične kiseline tako da se voda i koncentrirana klorovodična kiselina mogu ponovno koristiti u procesu na prikladnim mjestima.

5.6.6 Brzo reagirajuće ionsko-izmjenjivačke smole/adsorbenti (ionska izmjena)

Brzo reagirajuće ionsko-izmjenjivačke smole ili adsorbenti posebno projektirani ili izrađeni za obogaćivanje uranija postupkom ionske izmjene, uključujući porozne makromrežaste smole i/ili opnaste strukture u kojima su aktivne grupe za kemijsku izmjenu ograničene na površinski sloj neaktivne porozne potporne strukture i druge složene strukture u bilo kojem odgovarajućem obliku, uključujući čestice ili vlakna. Te smole za ionsku izmjenu/adsorbenti imaju promjer do 0,2 mm i moraju biti kemijski otporne na koncentrirane otopine klorovodične kiseline te biti fizički dovoljno čvrste da se ne smanje u izmjenjivačkim kolonama. Smole/adsorbenti posebno su projektirane da se postignu vrlo brze kinetike izmjene izotopa uranija (poluvrijeme brzine izmjene manje od 10 sekundi) i sposobne su za rad na temperaturama u rasponu od 100 do 200°C.

5.6.7 Kolone za ionsku izmjenu (ionska izmjena)

Cilindrične kolone veće od 1000 mm u promjeru za držanje i podupiranje nosača ispunjenih smolom za ionsku izmjenu smola/adsorbent, posebno projektirane ili izrađene za obogaćivanje uranija postupkom ionske izmjene. Te su kolone izrađene od materijala otpornih na korozivno djelovanje koncentrirane otopine klorovodične kiseline ili zaštićene takvim materijalima (kao titan ili fluorouglične plastike) i sposobne za rad na temperaturama u rasponu od 100 do 200°C i tlakovima iznad 0,7 Mpa (102 psi).

5.6.8 Sustavi ionske izmjene povratnog toka (ionska izmjena)

- (a) Posebno projektirani ili izrađeni kemijski ili elektrokemijski redukcijski sustavi za obnavljanje kemijskih redukcijskih sredstava koja se koriste u kaskadama za obogaćivanje uranija ionskom izmjenom,
- (b) Posebno projektirani ili izrađeni kemijski elektrokemijski oksidacijski sustavi za

obnavljanje kemijskih oksidacijskih sredstava koja se koriste u kaskadama za obogaćivanje uranija ionskom izmjenom.

OBJAŠNJENJE

Proces obogaćivanja ionskom izmjenom može koristiti na primjer trovalentni titan (Ti^{3+}) kao redukcijski kation u kojem će slučaju redukcijski sustav obnoviti Ti^{3+} redukcijom Ti^{4+} .

U procesu se može koristiti na primjer trovalentno željezo (Fe^{3+}) kao oksidant u kojem će slučaju oksidacijski sustav obnoviti Fe^{3+} oksidacijom Fe^{2+} .

5.7. Posebno projektirani ili izrađeni sustavi, oprema i komponente koji se koriste u postrojenjima za lasersko obogaćivanje

UVODNA NAPOMENA

Sadašnji sustavi za postupak obogaćivanja korištenjem lasera, dijele se u dvije kategorije: one u kojima su procesni medij pare atomarnog uranija i one u kojima su procesni medij pare uranijevih spojeva. Uobičajeno nazivlje za takve postupke je: prva kategorija – lasersko odvajanje izotopa u atomskim parama (AVLIS ili SILVA); druga kategorija – molekularno lasersko odvajanje izotopa (MLIS ili MOLIS) i kemijska reakcija pomoću selektivne laserske aktivacije izotopa (CRISLA). Sustavi, oprema i komponente obuhvaćeni u postrojenjima za lasersko obogaćivanje su: (a) Uređaji za napajanje parom metala uranija (za selektivnu fotoionizaciju) ili uređaji za napajanje parom uranijevih spojeva (za fotodisocijaciju ili kemijsku aktivaciju), (b) Uređaji za prikupljanje obogaćenog i osiromašenog uranija, kao “proizvod” i “ostaci” u prvoj kategoriji, te uređaji za prikupljanje razdvojenih ili izreagiranih spojeva, kao “proizvod” i nepromijenjenih materijala kao “ostaci” u drugoj kategoriji, (c) Sustavi za laserski postupak za selektivnu pobudu izotopa uranija -235, i (d) Oprema za pripremu napajanja i pretvaranje proizvoda. Složenost spektroskopije atoma uranija i njegovih spojeva može zahtijevati korištenje bilo koje od brojnih raspoloživih laserskih tehnologija.

OBJAŠNJENJE

Mnogi elementi nabrojani u ovoj točki dolaze u izravan dodir s parama ili tekućinom metala uranija ili s procesnim plinom koji se sastoji od UF_6 ili smjese UF_6 i drugih plinova. Sve površine koje dolaze u dodir s uranijem ili UF_6 u potpunosti su izrađene od materijala otpornih na koroziju ili zaštićene takvim materijalima. U vezi s točkom koja se odnosi na elemente laserskog obogaćivanja, materijali otporni na korozivno djelovanje para ili tekućine metala uranija ili uranijevih legura uključuju itrijem obloženi grafit i tantal; materijali otporni na korozivno djelovanje UF_6 uključuju bakar, nehrđajući čelik, aluminij, aluminijske legure, nikal ili legure koje sadrže 60% ili više nikla i potpuno fluorirane polimere ugljikovodika otporne na UF_6 .

5.7.1 Sustavi za isparavanje uranija (AVLIS)

Posebno projektirani ili izrađeni sustavi za isparavanje uranija koji sadrže skenirajuće elektronske topove velikih snaga kod kojih je snaga predana meti veća od $2,5 \text{ kW/cm}^2$.

5.7.2 Sustavi za rukovanje tekućim uranijem (AVLIS)

Posebno projektirani ili izrađeni sustavi za rukovanje tekućim metalom za rastaljeni uranij ili uranijeve legure, koji se sastoje od lonaca za taljenje i opreme za hlađenje tih lonaca.

OBJAŠNJENJE

Lonci za taljenje i drugi dijelovi toga sustava, koji dolaze u dodir s rastaljenim uranijem ili uranijevim legurama, izrađeni su od materijala odgovarajuće otpornosti na koroziju i toplinu ili su zaštićeni takvim materijalima. Prikladni materijali su tantal, itrijem obloženi grafit, grafit obložen drugim oksidima rijetkih zemalja ili njihovom mješavinom.

5.7.3 Kolektorski sklopovi za "proizvod" metal uranij i "ostatke" (AVLIS)

Posebno projektirani ili izrađeni sklopovi kolektora za "proizvod" metal uranij u tekućem ili krutom obliku i "ostatke"

OBJAŠNJENJE

Komponente za te sklopove izrađene su od materijala otpornih na toplinu i korozivno djelovanje plinovitog ili tekućeg metala uranija (takvih kao itrijem obložen grafit ili tantal) ili zaštićene takvim materijalima i mogu uključivati cijevi, ventile, armature, žljebove, provodnike, izmjenjivače topline, kolektorske ploče za magnetske, elektrostatičke ili druge metode separacije.

5.7.4 Kućišta modula separatora (AVLIS)

Posebno projektirane ili izrađene cilindrične ili pravokutne posude za držanje izvora para metala uranija, elektronskog topa i kolektora "proizvoda" i "ostataka".

OBJAŠNJENJE

Ova kućišta imaju mnoštvo otvora za električne i vodene provodnike, prozore za laserski snop, priključke za vakuumsku pumpu i dijagnostičku instrumentaciju te nadzor. Imaju mogućnost otvaranja i zatvaranja radi čišćenja unutarnjih komponenata.

5.7.5 Nadzvučne ekspanzijske mlaznice (MLIS)

Posebno projektirane ili izrađene nadzvučne ekspanzijske mlaznice za hlađenje mješavina UF_6 i nosećeg plina do 150 K, koje su otporne na korozivno djelovanje UF_6 .

5.7.6 Kolektori proizvoda uranijevog pentafluorida (MLIS)

Posebno projektirani ili izrađeni skupljači proizvoda krutoga uranijevog pentafluorida (UF_5) koji se sastoje of filterskih, udarnih ili ciklonskih kolektora, ili njihove kombinacije, a koji su otporni na korozivno djelovanje UF_5/UF_6 .

5.7.7 Kompresori za UF_6 /noseći plin (MLIS)

Posebno projektirani ili izrađeni kompresori za smjese UF_6 /noseći plin projektirani za dugotrajan rad u okolišu s UF_6 . Komponente tih kompresora, koje dolaze u dodir s procesnim plinom, izrađene su od materijala otpornih na djelovanje UF_6 ili zaštićene takvim materijalima.

5.7.8 Brtve rotorskih osovina (MLIS)

Posebno projektirane ili izrađene brtve rotorskih osovina, s priključcima za napajanje i ispuhivanje brtvi, za brtvljenje spojnih osovina rotora kompresora ili plinskog puhala s pogonskim motorom, tako da se osigura pouzdano brtvljenje protiv iscurivanja procesnog plina ili ucurivanja zraka ili brtvenog plina u unutarnjem komoru kompresora ili plinskog puhala koja je napunjena smjesom UF_6 /noseći plin.

5.7.9 Sustavi za fluoriranje (MLIS)

Posebno projektirani ili izrađeni sustavi za fluoriranje UF_5 (krutina) u UF_6 (plin).

OBJAŠNJENJE

Ti su sustavi projektirani za fluoriranje prikupljenog praška UF_5 u UF_6 te za kasnije skupljanje u spremnike proizvoda ili za prijenos materijala za napajanje MLIS jedinica radi dodatnog obogaćivanja. Prema jednom pristupu reakcija fluoriranja može biti izvedena unutar sustava za separaciju izotopa radi reakcije i povrata izravno s kolektora "proizvoda". Prema drugom pristupu, prah UF_5 se odstranjuje/prenosi s kolektora "proizvoda" u prikladnu posudu za reakciju (na primjer reaktor s fluidiziranim slojem, spiralni reaktor ili plameni toranj) zbog fluoriranja. U oba pristupa koristi se oprema za skladištenje i prijenos fluora (ili drugih prikladnih sredstava za fluoriranje) te za prikupljanje i prijenos UF_6 .

5.7.10 UF₆ maseni spektrometri /ionski izvori (MLIS)

Posebno projektirani ili izrađeni magnetski ili kvadrupolni maseni spektrometri sposobni za "on-line" uzimanje uzoraka kod napajanja, "proizvoda" ili "ostatka", iz struja plina UF₆, a koji imaju sva sljedeća svojstva:

1. Jedinичno razlučivanje za jedinice atomske mase veće od 320,
2. Ionske izvore izrađene od ili obložene nikromom ili monelom, ili platirane niklom,
3. Izvore elektrona za ionizaciju,
4. Kolektorski sustav prikladan za analizu izotopa.

5.7.11 Sustavi za napajanje/sustavi za izdvajanje proizvoda i ostatka (MLIS)

Posebno projektirani ili izrađeni procesni sustavi ili oprema u postrojenjima za obogaćivanje izrađeni od materijala otpornih na korozivno djelovanje UF₆, ili zaštićeni takvim materijalima, koji uključuju:

- (a) Autoklave za napajanje, peći ili sustave koji se koriste za dotok UF₆ u proces obogaćivanja,
- (b) Desublimatore (ili hladne stupice) koji se koriste za izdvajanje UF₆ iz procesa obogaćivanja zbog prijenosa nakon zagrijavanja,
- (c) Stanice za skrućivanje ili ukapljivanje koje se koriste za izdvajanje UF₆ iz procesa obogaćivanja stlačivanjem i pretvaranjem UF₆ u tekući ili čvrsti oblik,
- (d) Stanice za "proizvod" ili "ostatke" koje se koriste za prijenos UF₆ u spremnike.

5.7.12 Sustavi za odvajanje UF₆/noseći plin (MLIS)

Posebno projektirani ili izrađeni procesni sustavi za odvajanje UF₆ od nosećeg plina. Noseći plin može biti dušik, argon ili neki drugi plin.

OBJAŠNJENJE

Ti sustavi mogu uključivati opremu kao što su:

- (a) Kriogeni (niskotemperaturni) izmjenjivači topline i krioseparatori sposobni za temperature jednake ili niže od -120°C, ili
- (b) Kriogene jedinice za hlađenje sposobne za temperature jednake ili niže od -120°C, ili
- (c) Hladne stupice za UF₆ sposobne za temperature jednake ili niže od -20°C.

5.7.13 Laserski sustavi (AVLIS, MLIS i CRISLA)

Laseri ili laserski sustavi posebno projektirani ili izrađeni za odvajanje izotopa uranija.

OBJAŠNJENJE

Sustav lasera za postupak AVLIS uobičajeno se sastoji od dva lasera: lasera s bakrenim parama i obojenog lasera. Laserski sustav za MLIS obično se sastoji od CO₂ eksimerskog lasera i višeprolazne optičke komore s rotirajućim zrcalima na oba kraja. Laseri i laserski sustavi za oba postupka zahtijevaju stabilizator frekvencijskog spektra za rad tokom produljenoga vremenskog perioda.

5.8 *Posebno projektirani ili izrađeni sustavi, oprema i komponente koji se koriste u postrojenjima za obogaćivanje separacijom izotopa iz plazme*

OBJAŠNJENJE

U procesu separacije izotopa iz plazme, ionska plazma uranija prolazi kroz električno polje podešeno na rezonantnu frekvenciju iona U-235 tako da u prvom redu oni apsorbiraju energiju i povećavaju promjer svojih spiralnih putanja. Ioni s velikim promjerom putanje ulovljeni su zbog stvaranja proizvoda obogaćenog s U-235. Plazma, dobivena ionizacijom uranijevih para, drži se u vakuumskoj komori s jakim magnetskim

poljem proizvedenim pomoću supravodljivog magneta. Glavni tehnološki sustavi u procesu uključuju sustav za stvaranje uranijeve plazme, modul za separaciju sa supravodljivim magnetom i sustave za odstranjivanje metala radi prikupljanja "proizvoda" i "ostataka".

5.8.1 Mikrovalni izvori snage i antene

Posebno projektirani ili izrađeni mikrovalni izvori snage i antene za proizvodnju ili ubrzavanje iona koji imaju sljedeća svojstva: frekvenciju veću od 30 GHz i srednju izlaznu snagu veću od 50 kW za proizvodnju iona.

5.8.2 Električne zavojnice za uzbuđu iona

Posebno projektirane ili izrađene radiofrekvencijske električne zavojnice za uzbuđu iona, frekvencija većih od 100 kHz, te za korištenje pri srednjoj snazi većoj od 40 kW.

5.8.3 Sustavi za stvaranje uranijeve plazme

Posebno projektirani ili izrađeni sustavi za stvaranje plazme uranija koji sadrže skenirajuće elektronske topove velikih snaga kod kojih je snaga predana meti veća od $2,5 \text{ kW/cm}^2$.

5.8.4 Sustavi za rukovanje s tekućim metalom uranija

Posebno projektirani ili izrađeni sustavi za rukovanje s tekućim metalom uranija za rastaljeni uranij ili legure uranija, koji se sastoje od lonaca za taljenje i opreme za hlađenje lonaca.

OBJAŠNJENJE

Lonci za taljenje i drugi dijelovi tog sustava, koji dolaze u dodir s rastaljenim uranijem ili uranijevim legurama, izrađeni su od materijala odgovarajuće otpornosti na koroziju i toplinu ili su zaštićeni takvim materijalima. Prikladni materijali su tantal, itrijem obložen grafit, grafit obložen oksidima drugih rijetkih zemalja ili njihovom mješavinom.

5.8.5 Kolektorski sklopovi za "proizvod" metal uranij i "ostatke"

Posebno projektirani ili izrađeni sklopovi za prikupljanje "proizvoda" i "ostataka" uranija u krutom obliku. Ti kolektorski sklopovi izrađeni su od materijala otpornih na toplinu i korozivno djelovanje para metala uranija, takvih kao itrijem obložen grafit ili tantal, ili su zaštićeni takvim materijalima.

5.8.6 Kućišta modula separatora

Cilindrične posude, posebno projektirane ili izrađene za korištenje u postrojenjima za obogaćivanje separacijom iz plazme, za držanje izvora uranijeve plazme, električnih zavojnica za pobudu radiofrekvencije i kolektora "proizvoda" i "ostataka".

OBJAŠNJENJE

Ova kućišta imaju mnoštvo otvora za električne provodnike, priključke za difuzijsku pumpu i dijagnostičku instrumentaciju te nadzor. Imaju mogućnost otvaranja i zatvaranja radi čišćenja unutarnjih komponenata i izrađena su od odgovarajućih nemagnetskih materijala takvih kao nehrđajući čelik.

5.9 *Posebno projektirani ili izrađeni sustavi, oprema ili komponente koji se koriste u postrojenjima za elektromagnetsko obogaćivanje*

UVODNA NAPOMENA

U procesu elektromagnetskog obogaćivanja, ioni metala uranija dobiveni ionizacijom materijala za napajanje uranijeve soli (najčešće UCl_4), ubrzani su i propušteni kroz magnetsko polje što uzrokuje da ioni različitih izotopa imaju različite putanje. Glavne komponente elektromagnetskog separatora izotopa uključuju: magnetsko polje za skretanje snopa iona zbog separacije izotopa, izvor iona sa sustavom za ubrzavanje i

sustav za prikupljanje odvojenih iona. Pomoćni sustavi procesa uključuju sustav energetskog napajanja magneta, visokonaponski sustav napajanja ionskog izvora, vakuumski sustav i sveobuhvatne sustave za rukovanje s kemikalijama zbog obnavljanja proizvoda i čišćenja/recikliranja komponenata.

5.9.1 Elektromagnetski separatori izotopa

Elektromagnetski separatori izotopa posebno projektirani ili izrađeni za odvajanje izotopa uranija, te njihova oprema i komponente su:

(a) Ionski izvori

Posebno projektirani ili izrađeni pojedinačni ili višestruki izvori iona uranija koji se sastoje od izvora pare, ionizatora i ubrzivača snopa, izrađeni od odgovarajućih materijala takvih kao grafit, nehrđajući čelik ili bakar, za ostvarenje ukupne struje snopa od najmanje 50 mA;

(b) Kolektori iona

Kolektorske ploče koje se sastoje od dva ili više proreza i vreća, posebno projektirane ili izrađene za prikupljanje obogaćenih i osiromašenih snopova iona uranija te izrađene od prikladnih materijala kao grafit ili nehrđajući čelik;

(c) Vakuumska kućišta

Posebno projektirana ili izrađena vakuumska kućišta za elektromagnetske separatore uranija, izrađena od prikladnih nemagnetskih materijala takvih kao nehrđajući čelik i projektirana za rad pod tlakom od 0,1 Pa ili nižim.

OBJAŠNJENJE

Kućišta su posebno projektirana za držanje ionskih izvora, kolektorskih ploča i vodom hlađenih obloga, te imaju predviđene priključke za difuzijsku pumpu, kao i otvore i poklopce radi uklanjanja i ponovne ugradnje tih komponenata.

(d) Magnetni polni dijelovi

Posebno projektirani ili izrađeni magnetni polni dijelovi promjera većeg od 2 metra, koji se koriste za održavanje stalnoga magnetskog polja unutar elektromagnetskog separatora izotopa i za prijenos magnetskog polja između spojenih separatora.

5.9.2 Visokonaponsko energetsko napajanje

Posebno projektirano ili izrađeno visokonaponsko energetsko napajanje ionskih izvora koje ima sva sljedeća svojstva: mogućnost neprekidnog rada, izlazni napon od najmanje 20.000 V, izlaznu struju od najmanje 1A i stabilizaciju napona bolju od 0,01% tijekom razdoblja od 8 sati.

5.9.3 Energetsko napajanje magneta

Posebno projektirano ili izrađeno energetsko napajanje magneta istosmjernom strujom velike snage koje ima sva sljedeća svojstva: sposobnost neprekidne proizvodnje električne energije jakosti od najmanje 500 A, pri naponu od najmanje 100 V uz stabilizaciju struje ili napona bolju od 0,01% tijekom razdoblja od 8 sati.

6. Postrojenja za proizvodnju teške vode, deuterija i deuterijevih spojeva i oprema posebno projektirana ili izrađena u tu svrhu

UVODNA NAPOMENA

Teška voda može se proizvesti različitim procesima. Međutim, za dva procesa je dokazano da su komercijalno isplativa, proces izmjene voda-vodikov sulfid (GS proces) i proces izmjene amonijak-vodik.

GS proces temelji se na izmjeni vodika i deuterija između vode i vodikovog sulfida preko niza tornjeva koji rade u procesu s hladnom sekcijom na vrhu i vrućom sekcijom

na dnu tornja. Voda teče niz toranj, dok plinoviti vodikov sulfid struji od dna prema vrhu tornja. Niz rupičastih ploča koristi se za pospješivanje izmješavanja plina i vode. Deuterij ulazi u vodu na niskim temperaturama, a u vodikov sulfid na visokim temperaturama. Plin ili voda, obogaćeni deuterijem, odvode se iz prvog stupnja tornja na spoju vruće i hladne sekcije tako da se postupak ponavlja u sljedećem stupnju tornjeva. Proizvod zadnjeg stupnja, voda obogaćena deuterijem do 30%, šalje se u destilacijsku jedinicu za proizvodnju teške vode reaktorske kakvoće, tj. 99.75% deuterijevog oksida.

Proces izmjene amonijak-vodik može izdvojiti deuterij iz plina za sintezu kontaktom s tekućim amonijakom u prisutnosti katalizatora. Plin za sintezu dovodi se u izmjenjivačke tornjeve i u pretvarač amonijaka. Unutar tornjeva plin struji od dna prema vrhu, dok tekući amonijak teče od vrha prema dnu. Deuterij se odvaja od vodika u plinu za sintezu i koncentrira u amonijaku. Amonijak zatim teče u "drobilicu" amonijaka na dnu tornja, dok plin struji u pretvarač amonijaka na vrhu. Daljnje obogaćivanje odvija se u sljedećim stupnjevima i teška se voda reaktorske kakvoće proizvodi konačnom destilacijom. Napajanje plinom za sintezu može se osigurati jednim postrojenjem za amonijak, koje se može izgraditi zajedno s postrojenjem za tešku vodu izmjenom amonijak-vodik. Proces izmjene amonijak-vodik može koristiti i običnu vodu kao izvor materijala za deuterij.

Većina glavne opreme u postrojenjima za proizvodnju teške vode, koja se koristi u GS procesu ili procesu izmjene amonijak-vodik, uobičajena je u više područja kemijske i naftne industrije. Ovo posebno vrijedi za mala postrojenja u kojima se koristi GS proces. Međutim, malo elemenata je na raspolaganju u "slobodnoj prodaji". Procesi GS i amonijak-vodik zahtijevaju rukovanje s velikim količinama zapaljivih, korozivnih i otrovnih fluida pod povišenim tlakom. Prema tome, kod utvrđivanja projektnih i radnih standarda za postrojenja i opremu u ovim procesima, zahtijeva se posebna pozornost pri izboru i specficiranju materijala kako bi se osigurao dugi radni vijek s visokom sigurnošću i pouzdanošću. Izbor mjerila u prvom redu ovisi o ekonomičnosti i potrebama. Zbog toga bi se većina elemenata opreme trebala izrađivati prema zahtjevima kupca.

Na kraju valja primijetiti da u oba procesa, GS i amonijak-vodik, elementi opreme koji pojedinačno nisu posebno projektirani ili izrađeni za proizvodnju teške vode, mogu biti sklopljeni u sustave koji su posebno projektirani ili izrađeni za proizvodnju teške vode. Primjeri takvih sustava su sustav katalitičke proizvodnje u procesu izmjene amonijak-vodik i sustavi za destilaciju vode koji se koriste u drugom procesu za završno koncentriranje teške vode do reaktorske kakvoće.

Elementi opreme koji su posebno projektirani ili izrađeni za proizvodnju teške vode, bilo postupkom izmjene voda-vodikov sulfid, bilo postupkom izmjene amonijak-vodik, su kako slijedi:

6.1 *Izmjenjivački tornjevi voda-vodikov sulfid*

Izmjenjivački tornjevi, proizvedeni iz finog ugljičnog čelika (takvog kao ASTM A516) s promjerima od 6 m (20 ft) do 9 m (30 ft), sposobni za rad pod tlakom jednakim ili većim od 2 MPa (300 psi) i s dodatkom na koroziju od 6 mm ili više, posebno projektirani ili izrađeni za proizvodnju teške vode postupkom izmjene voda-vodikov sulfid.

6.2 *Puhala i kompresori*

Jednostupanjska, niskotlačna (tj. 0,2 MPa ili 30 psi) centrifugalna puhala ili kompresori za cirkulaciju plinovitoga vodikovog sulfida (tj. plin koji sadrži više od 70% H₂S) posebno projektirani ili izrađeni za proizvodnju teške vode u procesu izmjene voda-vodikov sulfid. Ova puhala ili kompresori imaju propusni kapacitet od najmanje 56 m³/s (120.000 SCFM), dok rade s usisnim tlakom jednakim ili većim od 1,8 MPa (260 psi), te imaju projektirane brtve za rad u vlažnoj atmosferi H₂S.

6.3 *Izmjenjivački tornjevi amonijak-vodik*

Izmjenjivački tornjevi amonijak-vodik, visine jednake ili veće od 35 m (114,3 ft) s promjerom od 1,5 m (4,9 ft) do 2,5 m (8,2 ft), sposobni za rad pod tlakovima većim od 15 MPa (2.225 psi) posebno projektirani ili izrađeni za proizvodnju teške vode procesom izmjene amonijak-vodik. Ovi tornjevi također imaju najmanje jedan osni otvor s prirubnicom istog promjera kao cilindrični dio kroz koji se mogu umetnuti ili izvaditi unutarnji dijelovi tornja.

6.4 *Unutarnji dijelovi tornjeva i kaskadne pumpe*

Unutarnji dijelovi tornja i kaskadne pumpe posebno projektirani ili izrađeni za tornjeve za proizvodnju teške vode u procesu izmjene amonijak-vodik. Unutarnji dijelovi tornja su posebno projektirani kaskadni kontaktori koji omogućuju bliski kontakt plin/tekućina. Kaskadne pumpe su posebno projektirane uronjive pumpe za cirkulaciju tekućeg amonijaka u unutrašnjosti kontaktne kaskade u pojedinim stupnjevima tornjeva.

6.5 *“Drobnice” amonijaka*

“Drobnice” amonijaka, s radnim tlakom od najmanje 3 MPa (450 psi), posebno projektirane ili izrađene za proizvodnju teške vode u procesu izmjene amonijak-vodik.

6.6 *Analizatori apsorpcije infracrvenim zrakama*

Analizatori apsorpcije infracrvenim zrakama sposobni za “on-line” analizu omjera vodik/deuterij gdje su koncentracije deuterija jednake ili veće od 90%.

6.7 *Katalitički plamenici*

Katalitički plamenici za pretvaranje plina obogaćenog deuterija u tešku vodu, posebno projektirani ili izrađeni za proizvodnju teške vode u procesu izmjene amonijak-vodik.

7. Postrojenja za pretvorbu uranija i oprema posebno projektirana ili izrađena u tu svrhu

UVODNA NAPOMENA

Postrojenja i sustavi za pretvorbu uranija mogu provesti jednu ili više pretvorbi iz jednoga kemijskog spoja uranija u drugi, uključujući: pretvorbu koncentrata uranijeve rude u UO_3 , pretvorbu UO_3 u UO_2 , pretvorbu uranijevih oksida u UF_4 ili UF_6 , pretvorbu UF_4 u UF_6 , pretvorbu UF_6 u UF_4 , pretvorbu UF_4 u metal uranij i pretvorbu uranijevih fluorida u UO_2 . Većina glavne opreme u postrojenjima za pretvorbu uranija uobičajena je i u više područja kemijske procesne industrije. Na primjer, pojedine vrste opreme koja se koristi u ovim procesima mogu biti industrijske peći, rotacijske peći za sušenje, reaktori s fluidiziranim slojem, reaktori s plamenim tornjem, centrifuge za tekućinu, destilacijske kolone i ekstrakcijske kolone tekuće-tekuće. Međutim, samo su neki dijelovi na raspolaganju u “slobodnoj prodaji”; većina se treba izrađivati prema zahtjevima i specifikacijama kupca. U nekim slučajevima zahtijeva se poseban projekt i konstrukcijske izvedbe zbog korozivnog djelovanja neke od kemikalija s kojima se dolazi u dodir (HF , F_2 , ClF_3 i uranijevi fluoridi). Konačno treba primijetiti da u svim procesima pretvorbe uranija, elementi opreme, koji pojedinačno nisu posebno projektirani ili izrađeni za pretvorbu uranija, mogu biti sklopljeni u sustave koji su posebno projektirani ili izrađeni za korištenje u pretvorbi uranija.

7.1 *Posebno projektirani ili izrađeni sustavi za pretvaranje koncentrata uranijeve rude u UO_3*

OBJAŠNJENJE

Pretvorba koncentrata uranijeve rude u UO_3 može se provesti tako da se najprije otopi ruda u dušičnoj kiselini i ekstrahira pročišćeni uranil nitrat koristeći neko otapalo kao što

je tributil fosfat. Zatim se uranil nitrat pretvara u UO_3 , bilo koncentriranjem i denitracijom bilo neutralizacijom s plinovitim amonijakom kako bi se proizveo amonijev diuranat uz dodatno filtriranje, sušenje i spaljivanje.

7.2 *Posebno projektirani ili izrađeni sustavi za pretvorbu UO_3 u UF_6*

OBJAŠNJENJE

Pretvorba UO_3 u UF_6 može se provesti izravno fluoriranjem. Postupak zahtijeva izvor plina fluora ili klorovog trifluorida.

7.3 *Posebno projektirani ili izrađeni sustavi za pretvorbu UO_3 u UO_2*

OBJAŠNJENJE

Pretvorba UO_3 u UO_2 može se provesti redukcijom UO_3 s izdrobljenim plinom amonijakom ili vodikom.

7.4 *Posebno projektirani ili izrađeni sustavi za pretvorbu UO_2 u UF_4*

OBJAŠNJENJE

Pretvorba UO_2 u UF_4 može se provesti reagiranjem UO_2 s plinovitim fluorovodikom (HF) na 300–500°C.

7.5 *Posebno projektirani ili izrađeni sustavi za pretvorbu UF_4 u UF_6*

OBJAŠNJENJE

Pretvorba UF_4 u UF_6 provodi se egzotermnom reakcijom s fluorom u reaktoru tornju. UF_6 se kondenzira iz vrućih izlaznih plinova prolaženjem izlazne struje kroz hladnu stupicu ohlađenu na -10°C . Postupak zahtijeva izvor plinovitog fluora.

7.6 *Posebno projektirani ili izrađeni sustavi za pretvorbu UF_4 u metal uranij*

OBJAŠNJENJE

Pretvorba UF_4 u metal uranij provodi se redukcijom s magnezijem (velika punjenja) ili kalcijem (mala punjenja). Reakcija se provodi na temperaturama iznad točke taljenja uranija (1130°C).

7.7 *Posebno projektirani ili izrađeni sustavi za pretvorbu UF_6 u UO_2*

OBJAŠNJENJE

Pretvorba UF_6 u UO_2 može se provesti pomoću jednog od tri postupka. Prvo, UF_6 se reducira i hidrolizira u UO_2 koristeći vodik i paru. Drugo, UF_6 se hidrolizira pomoću otapanja u vodi, dodaje se amonijak da bi se precipitirao amonijev diuranat i diuranat se reducira u UO_2 s vodikom na 820°C . U trećem se postupku plinovi UF_6 , CO_2 i NH_3 miješaju u vodi precipitirajući amonijev uranil karbonat. Amonijev uranil karbonat se miješa s parom i vodikom na $500\text{--}600^\circ\text{C}$ da bi se dobio UO_2 .

Pretvorba UO_6 u UO_2 često se provodi kao prvi stupanj postrojenja za proizvodnju gorivih elemenata.

7.8 *Posebno projektirani ili izrađeni sustavi za pretvorbu UF_6 u UF_4*

OBJAŠNJENJE

Pretvorba UF_6 u UF_4 se provodi pomoću redukcije s vodikom.