

PRILOGA II

Seznam opreme in nejedrskih materialov za poročanje o uvozu in izvozu v skladu s členom 2(a)(ix)

1. REAKTORJI IN NJIHOVA OPREMA

1.1 Celoviti jedrski reaktorji

Jedrski reaktorji, ki so sposobni vzdrževati nadzorovano, samostojno verižno jedrsko reakcijo; izključeni so reaktorji z nično energijo – to so reaktorji, ki so konstruirani tako, da pri polni obremenitvi ne proizvedejo več kot 100 gramov plutonija na leto.

Pojasnilo

»Jedrski reaktor« načeloma obsega postavke, ki so znotraj reaktorske posode ali so z njo neposredno spojene, opremo, ki nadzira raven moči v sredici, in sestavne dele, ki običajno vsebujejo primarno hladilo reaktorske sredice ali so v neposrednem stiku z njim ali pa ga nadzirajo.

Namen te določbe ni izvzeti reaktorjev, ki bi jih bilo v razumnih okvirih mogoče spremeniti tako, da bi lahko proizvajali bistveno več kot 100 gramov plutonija na leto. Reaktorji, konstruirani za neprekinjeno delovanje pri znatnih ravneh moči ne glede na svojo zmogljivost proizvodnje plutonija, se ne štejejo za »reaktorje z nično energijo«.

1.2 Reaktorske tlačne posode

Kovinske posode kot celote ali kot njihovi glavni tovarniško izdelani deli, ki so posebej konstruirani ali pripravljeni tako, da lahko vsebujejo sredico jedrskega reaktorja, kot ga določa točka 1.1, in so sposobni prenašati delovni tlak primarnega hladila.

Pojasnilo

Točka 1.2 zajema tudi glavo reaktorske tlačne posode kot enega glavnih tovarniško izdelanih delov tlačne posode.

Dele notranjosti reaktorja (npr. nosilne stebre in plošče za sredico ter druge notranje dele posode, vodila za kontrolne palice, toplotne ščite, lopute, mrežne plošče, difuzijske plošče itd.) običajno dobavi pooblaščen dobavitelj reaktorja. V nekaterih primerih so določeni notranji nosilni sestavni deli vključeni v izdelavo tlačne posode. Dobava teh sestavnih delov, ki bistveno vplivajo na zanesljivo in varno delovanje reaktorja (s tem pa tudi na garancije in odgovornost dobavitelja reaktorja), zunaj prvotno dogovorjenih dobav reaktorja naj ne bi bila običajna praksa. Takšen način dobave se šteje za malo verjeten, čeprav ločena dobava teh velikih, dragih posebnih predmetov, ki so posebej konstruirani in pripravljeni, ni nemogoča.

1.3 Naprave za polnjenje in praznjenje reaktorskega goriva

Oprema, ki je posebej konstruirana ali izdelana za vnašanje ali odstranjevanje goriva v jedrskem reaktorju, kot ga določa odstavek 1.1, in omogoča posege med obratovanjem reaktorja ali tehnično zahtevno postavljanje in vstavljanje predmetov in dovoljuje obsežno zamenjavo goriva pri ustavljenem reaktorju v primerih, ko ni neposredne vizualne kontrole in pristopa do jedrskega goriva.

1.4 Reaktorske kontrolne palice

Palice, ki so posebej konstruirane ali izdelane za nadzor in krmiljenje hitrosti jedrske reakcije v reaktorjih, kot jih določa odstavek 1.1.

Pojasnilo

Poleg nevtronskih absorpcijskih delov ta točka vključuje še opremo nosilnih in obesnih delov, če so dostavljeni ločeno v ta namen.

1.5 Reaktorske tlačne cevi

Cevi, ki so posebej konstruirane ali izdelane za vstavev gorivnih elementov in primarnega hladila v reaktorju, kot jih določa točka 1.1 pri delovnem tlaku nad 5,1 MPa (740 psi).

1.6 Cirkonijeve cevi

Čisti cirkonij in cirkonij v zlitinah v obliki cevi ali snopov cevi v količinah, ki presegajo 500 kg v katerem koli 12-mesečnem obdobju, in ki so posebej konstruirane ali izdelane za uporabo v jedrskih reaktorjih, kot jih določa odstavek 1.1, in kjer je masno razmerje med hafnijem in cirkonijem manjše od 1:500.

1.7 Črpalke primarnega hladila

Črpalke, ki so posebej konstruirane ali izdelane za kroženje primarnega hladila v jedrskih reaktorjih, kot jih določa odstavek 1.1.

Pojasnilo

Posebej konstruirane ali izdelane črpalke lahko obsegajo tudi tehnološko zahtevne zatesnjene ali večkrat zatesnjene sisteme, da se prepreči iztekanje primarnega hladila, črpalke z oklopljenim pogonom in črpalke s sistemi inercialne mase. Ta opredelitev obsega tudi črpalke, za katere je bilo izdano potrdilo v skladu s standardom NC-1 ali enakovrednimi standardi.

2. NEJEDRSKI MATERIALI ZA REAKTORJE

2.1 Devterij in težka voda

Devterij, težka voda (devterijev oksid) in katera koli druga devterijeva spojina, v kateri je razmerje med številom devterijevih in vodikovih atomov večje od 1:5000, namenjena za uporabo v jedrskih reaktorjih, kot jih določa odstavek 1.1, v količinah nad 200 kilogramov devterijevih atomov za katero koli državo prejemnico v katerem koli 12-mesečnem obdobju.

2.2 Grafit jedrske kakovosti

Grafit s čistostjo manj od 5 ppm ekvivalentov bora in z gostoto nad 1,5 g/cm³ za uporabo v jedrskih reaktorjih, kot jih določa odstavek 1.1, v količinah nad 3 x 10⁴ kg (30 ton) za katero koli državo prejemnico v katerem koli 12 mesečnem obdobju.

Pojasnilo

Zaradi poročanja o izvozu bo vlada določila, ali je grafit, ki se izvažata in ki ustreza zgornjim specifikacijam, namenjen za uporabo v jedrskih reaktorjih.

3. OBRATI ZA PREDELAVO OBSEVANIH GORIVNIH ELEMENTOV IN OPREMA, KI JE POSEBEJ KONSTRUIRANA ALI IZDELANA V TA NAMEN

Uvodna opomba

Pri predelavi izrabljenega goriva se plutonij in uran ločita od močno radioaktivnih cepitvenih produktov in drugih transuranov. Za to ločevanje je mogoče uporabiti različne tehnične procese. Vendar je z leti postal najbolj uporaben in sprejemljiv proces Purex. Purex obsega raztopitev obsevanega jedrskega goriva v dušikovi kislini, ki ji sledi ločevanje urana, plutonija in cepitvenih produktov s solventno ekstrakcijo, za katero se uporablja mešanica tributilfosfata v organski raztopini.

V objektih za Purex potekajo podobni postopki, kot so: rezanje gorivnih elementov, raztapljanje goriva, solventna ekstrakcija in shranjevanje procesnih raztopin. Lahko so opremljeni tudi za termalno denitracijo uranovega nitrata, pretvorbo plutonijevega nitrata v oksid ali kovino in za obdelavo odpadnih tekočin s cepitvenimi produkti v obliko, primerno za dolgoročno shranjevanje ali odlaganje. Vendar se lahko v objektih za Purex značilne vrste postopkov in opreme za iz-

vajanje navedenih postopkov razlikujejo zaradi več razlogov, kot na primer zaradi vrste in količine predelanega obsevanega jedrskega goriva in zaradi predvidene uporabe pridobljenega materiala ter varnosti in vzdrževanja, upoštevanih pri projektiranju objekta.

»Obrat za predelavo obsevanih gorivnih elementov« vključuje opremo in sestavne dele, ki običajno pridejo v neposredni stik s procesnim tokom obsevanega goriva in glavnim tokom jedrskega materiala in cepitvenih produktov in jih neposredno krmilijo.

Ti procesi, vključno s celovitim sistemom za pretvorbo plutonija in za izdelavo plutonijeve kovine se lahko prepoznajo po ukrepih za preprečevanje kritičnosti (npr. z geometrijo), izpostavljenosti sevanju (npr. s ščitjenjem) in za preprečevanje nevarnosti zastrupitve (npr. z osamitvijo).

Postavke opreme, za katere se šteje, da zanje velja besedna zveza »posebej konstruirana ali izdelana oprema« za predelavo obsevanih gorivnih elementov, obsegajo:

3.1 Stroji za rezanje obsevanih gorivnih elementov

Uvodna opomba

Ta oprema prebije oblogo goriva in tako izpostavi obsevani jedrski material raztopitvi. Najpogosteje se uporabljajo posebej zasnovane kovinske rezalne škarje, čeprav se lahko uporablja tudi sodobnejša oprema, kot npr. laserji.

Daljnjsko upravljana oprema, ki je posebej konstruirana ali izdelana za uporabo v obratih za predelavo obsevanega jedrskega goriva in se uporablja za rezanje, sekanje ali striženje gorivnih svežnjev ali palic.

3.2 Posode za raztapljanje

Uvodna opomba

V posode za raztapljanje se običajno daje razsekano izrabljeno gorivo. V teh kritično varnih posodah se obsevano jedrsko gorivo raztopi v dušikovi kislini in se preostale obloge odstranijo iz postopka.

Kritično varne posode (npr. posode majhnega premera obročaste ali ploščate oblike), posebej konstruirane ali izdelane za uporabo v obratih za predelavo obsevanega jedrskega goriva, se uporabljajo za raztapljanje jedrskega goriva in so odporne proti vročim, močno korozivnim tekočinam ter omogočajo daljnjsko upravljano polnjenje in vzdrževanje.

3.3 Solventni ekstraktorji in oprema zanje

Uvodna opomba

V solventnem ekstraktorju sta raztopina obsevanega goriva iz posod za raztapljanje in organska raztopina, s katero se ločujejo uran, plutonij in produkti cepitve. Oprema za solventno ekstrakcijo je običajno zasnovana tako, da ustreza strogim obratovalnim parametrom, kot so dolga obratovalna življenjska doba brez zahtev po vzdrževanju ali z možnostjo enostavne zamenjave, enostavnost delovanja in nadzora ter prilagodljivost različnim razmeram, v katerih postopek poteka.

Posebej konstruirani ali izdelani solventni ekstraktorji, kot na primer pulzne kolone, mešalni usedalniki ali centrifugalni kontaktorji, ki se uporabljajo v obratih za predelavo obsevanega goriva. Solventni ekstraktorji morajo biti odporni proti koroziji z dušikovo kislino. Običajno so narejeni po izjemno visokih industrijskih standardih (vključno s posebnim varjenjem, inšpekcijo, z uporabo kontrole kakovosti in za zagotavljanje kakovosti) iz nizkoogljivega nerjavnega jekla, titana, cirkonija ali drugih visokokakovostnih materialov.

3.4 Posode za zadrževanje ali shranjevanje kemikalij

Uvodna opomba

Rezultat faze s solventno ekstrakcijo so trije glavni procesni tokovi procesne tekočine. Pri nadaljnji obdelavi vseh treh tokov se uporabljajo zadrževalne ali shranjevalne posode, in sicer:

(a) raztopina čistega uranovega nitrata se koncentrira s pomočjo uparjanja in se prenese v postopek denitracije, kjer se pretvori v uranov oksid. Ta oksid se ponovno uporabi v jedrskem gorivnem ciklu;

(b) raztopina intenzivno radioaktivnih produktov cepitve se običajno koncentrira z uparjanjem in shranjuje kot koncentrat procesne tekočine. Ta koncentrat se lahko kasneje uparja in pretvori v obliko, ki je primerna za shranjevanje ali odstranjevanje;

(c) raztopina čistega plutonijevega nitrata se koncentri- ra in shrani, dokler ne gre v nadaljnji postopek. Zlasti pa so posode za zadrževanje ali shranjevanje plutonijevih raztopin zasnovane tako, da ne pride do kritičnosti, ki lahko nastane zaradi sprememb koncentracije in oblike tega toka.

Posebej konstruirane ali izdelane zadrževalne ali shranje- valne posode, ki se uporabljajo v obratih za predelavo obseva- nega goriva, morajo biti odporne proti koroziji z dušikovo kislino. Običajno so narejene iz nizkoogljivega nerjavnega jekla, titana, cirkonija ali drugih visokokakovostnih materialov. Opremljene so lahko z daljinskim upravljanjem in vzdrževanjem ter imajo lahko naslednje lastnosti za nadzor jedrske kritičnosti:

(1) stene ali notranji deli, izdelani iz materialov, ki vse- bujejo najmanj 2% ekvivalenta bora, ali

(2) največji premer 175 mm (7") za valjaste oblike ali

(3) največjo širino 75 mm (3") za ploščate ali obročaste oblike.

3.5 Sistem za pretvorbo plutonijevega nitrata v plu- tonijev oksid

Uvodna opomba

V večini predelovalnih obratov obsega ta končni po- stopek pretvorbo raztopine plutonijevega nitrata v plutonijev dioksid. Glavne funkcije tega postopka so: skladiščenje in prilagajanje dovajanega procesnega materiala, obarjanje in ločevanje na trdno snov in procesno tekočino, kalciniranje, ravnanje s produkti, prezračevanje, ravnanje z odpadki in nadziranje postopka.

Celotni sistemi, posebej konstruirani ali izdelani za pre- tvorbo plutonijevega nitrata v plutonijev oksid, so posebej prirejeni, da preprečijo jedrsko kritičnost in učinke sevanja ter zmanjšajo nevarnost zastrupitev na najnižjo možno mero.

3.6 Sistem za pretvorbo plutonijevega oksida v ko- vinski plutonij

Uvodna opomba

Ta postopek, ki je lahko povezan s predelovalnim obra- tom, vključuje fluoriranje plutonijevega dioksida, običajno z visoko korozivnim vodikovim fluoridom, pri čemer nastane plutonijev fluorid, ki se potem reducira z uporabo kovinskega kalcija visoke čistosti, tako da nastane kovinski plutonij in žlindra kalcijevega fluorida. Glavne funkcije tega postopka so: fluoriranje (npr. z opremo, ki je izdelana iz plemenite kovine ali prevlečena z njo), redukcija kovine (npr. z uporabo keramičnih talilnikov), recikliranje žlindre, ravnanje s produkti, prezračeva- nje, ravnanje z odpadki in nadzor postopka.

Celotni sistemi, posebej konstruirani ali izdelani za pre- tvorbo plutonijevega oksida v kovinski plutonij, so posebej prirejeni, da preprečijo jedrsko kritičnost in učinke sevanja ter zmanjšajo nevarnost zastrupitev na najnižjo možno mero.

4. OBRATI ZA PROIZVODNJO GORIVNIH ELEMEN- TOV

»Obrati za proizvodnjo gorivnih elementov« sestojijo iz opreme, ki

(a) običajno pride v neposredni stik z jedrskim materi- alom ali neposredno predeluje ali preverja pretok jedrskega materiala ali pa

(b) neprepustno zapre jedrski material v oblogo goriva.

5. OBRATI ZA LOČEVANJE URANOVIH IZOTOPOV IN OPREMA, RAZEN ANALITIČNIH INSTRUMENTOV, POSE- BEJ KONSTRUIRANA IN IZDELANA V TA NAMEN

Postavke opreme, za katere se šteje, da zanje velja besedna zveza »oprema, razen analitičnih inštrumentov, po-

sebej konstruirana in izdelana« za ločevanje izotopov urana, obsegajo:

5.1 Plinske centrifuge ter sestavni deli in sklopi, ki so posebej konstruirani ali izdelani za uporabo v plinskih centrifugah

Uvodna opomba

Plinska centrifuga je običajno sestavljena iz tankosten- skega valja (valjev) s premerom od 75 mm (3") do 400 mm (16"), ki je v vakuumu in se vrti z visoko obodno hitrostjo razreda velikosti 300 m/s ali več, pri čemer je njegova osred- nja os navpična. Za doseg visoke hitrosti morajo imeti kon- strukcijski materiali vrtljivih sestavnih delov visoko razmerje med trdnostjo in gostoto; sklop rotorja – in zato tudi njegovi posamezni sestavni deli – pa morajo biti izdelani z majhnimi dopustnimi odstopanji, da se zmanjša neuravnoteženost na najmanjšo možno mero. V primerjavi z drugimi centrifugami je za plinsko centrifugo za obogatitev urana značilno, da ima znotraj rotorske komore vrtljivo loputo diskaste oblike in mi- rujoč cevni sestav za dovajanje in odvajanje plinastega UF₆, ki ga sestavljajo vsaj trije ločeni kanali, od katerih sta dva priključena na lopatice, ki potekajo od osi rotorja proti obodu rotorske komore. V vakuumu je tudi več kritičnih elementov, ki se ne vrtijo in ki jih, čeprav so posebej konstruirani, ni težko izdelati niti niso izdelani iz posebnega materiala. Vendar pa je za centrifugo potrebno večje število teh sestavnih delov, tako da so lahko te količine pomemben podatek o končni uporabi.

5.1.1 Vrteči se sestavni deli

(a) Celoviti sklopi rotorjev

To so tankostenski valji ali večje število med seboj pove- zanih tankostenskih valjev, ki so izdelani iz enega ali več mate- rialov z visokim razmerjem med trdnostjo in gostoto, opisanih v pojasnilih k temu oddelku. Če so valji povezani, so spojeni z gibkimi spojkami ali obroči, ki so opisani v oddelku 5.1.1 (c) v nadaljevanju. Rotor v končni obliki je opremljen z notranjimi loputami in končniki, ki so opisani v oddelku 5.1.1 (d) in (e) v nadaljevanju. Vendar pa je navedeno opremo mogoče dobaviti tudi delno sestavljeno.

(b) Cevi za rotorje

To so posebej konstruirani ali izdelani tankostenski valji debeline 12 mm (0,5") ali manj, s premerom od 75 mm (3") do 400 mm (16"), ki so izdelani iz enega ali več materialov z visokim razmerjem med trdnostjo in gostoto, opisanih v po- jasnilih k temu oddelku.

(c) Obroči ali spojke

To so posebej konstruirane ali izdelane spojke za lokal- no podporo rotorskih cevi ali za povezavo več rotorskih cevi. Spojke so kratki valji s prirobnico, z debelino sten do 3 mm (0,12") in s premerom od 75 mm (3") do 400 mm (16"), izde- lane pa so iz materiala z visokim razmerjem med trdnostjo in gostoto, opisanega v pojasnilih k temu oddelku.

(d) Lopute

To so posebej konstruirani ali izdelani diskasto oblikovani sestavni deli s premerom od 75 mm (3") do 400 mm (16"), ki se vgrajujejo v notranjost rotorskih cevi centrifuge, da ločujejo odvodno komoro od glavne ločevalne komore ter v nekaterih primerih pomagajo pri kroženju plinastega UF₆ v rotorski cevi; izdelani so iz materiala z visokim razmerjem med trdnostjo in gostoto, opisanega v pojasnilih k temu oddelku.

(e) Končniki

To so diskasto oblikovani sestavni deli s premerom od 75 mm (3") do 400 mm (16"), ki so posebej konstruirani ali izdelani za tesnjenje obeh koncev rotorskih cevi in zapirajo plinasti UF₆ v rotorsko cev; v nekaterih primerih so izdelani tako, da obenem podpirajo rotorsko cev ali so sestavni del zgornjega ležaja ali pa nosijo vrteče se elemente motorja in spodnjega ležaja (končnika); izdelani so iz materiala z visokim razmerjem med trdnostjo in gostoto, opisanega v pojasnilih k temu oddelku.

Pojasnilo

Materiali, ki se uporabljajo za izdelavo vrtečih se sestav- nih delov, so:

(a) maražno jeklo z natezno trdnostjo najmanj $2,05 \times 10^9$ N/m² (300.000 psi),

(b) aluminijeve zlitine z natezno trdnostjo najmanj $0,46 \times 10^9$ N/m² (67.000 pse),

(c) vlaknasti materiali, primerni za uporabo v kompozitnih strukturah s specifičnim modulom najmanj $12,3 \times 10^6$ m in s specifično natezno trdnostjo najmanj $0,3 \times 10^6$ m (»specifični modul« je razmerje med Youngovim modulom v N/m² in specifično težo v N/m³; »specifična natezna trdnost« je razmerje med natezno trdnostjo v N/m² in specifično težo v N/m³).

5.1.2 Statični sestavni deli

(a) Magnetni viseči ležaji

To so posebej konstruirani ali izdelani ležaji, sestavljeni iz obročastega magneta, ki visi v ohišju z dušilnim sredstvom. Ohišje je izdelano iz materiala (glej pojasnilo k oddelku 5.2), ki je odporen proti koroziji z UF₆. Magnet je spojen z osjo ali drugim magnetom, pritrjenim na zgornji končnik rotorske cevi, opisani v oddelku 5.1.1 (e). Magnet je lahko obročaste oblike z razmerjem med zunanjim in notranjim premerom, manjšim ali enakim 1,6:1. Magnet ima lahko začetno permeabilnost 0,15 H/m (120.000 CGS enot) ali več ali remanenco najmanj 98,5% ali magnetno jakost večjo od 80 kJ/m³ (10⁷ gauss-oerstedov). Poleg običajnih lastnosti materiala je pogoj, da odklon med magnetno in geometrijsko osjo ne presega zelo majhnih dopustnih odstopanj (manjših kot 0,1 mm ali 0,004") ali da homogenost snovi magneta ustreza posebnim zahtevam.

(b) Ležaji/blazičniki

To so posebej konstruirani ali izdelani skodeličasti ležaji, ki so pritrjeni na blazičnik. Polkroglasto konstruiran tečaj gredi ležaja je običajno izdelan iz kaljenega jekla in je pritrjen na spodnji končnik rotorske cevi, opisan v oddelku 5.1.1 (e). Gred je lahko uležajena s hidrodinamičnim ležajem. Skodelica ležaja ima obliko okrogle ploščice s polkroglasto vdolbino na eni strani. Opisani sestavni deli so pogosto dobavljeni ločeno od blazičnikov.

(c) Molekularne črpalke

To so posebej konstruirani ali izdelani valji z notranje ustrezno mehansko obdelanimi spiralnimi utori in izvrtinami. Tipične dimenzije valja so: notranji premer 75 mm (3") do 400 mm (16"), debelina sten najmanj 10 mm (0,4"), dolžina je enaka premeru valja ali večja. Utori tipično pravokotnega preseka so globoki najmanj 2 mm (0,08").

(d) Satorji motorjev

To so posebej konstruirani ali izdelani obročasti satorji za večfazne AC histerezne (ali reluctance) sinhronske motorje z veliko hitrostjo za delovanje v vakuumu v frekvenčnem območju 600 do 2000 Hz in z razponom moči od 50 do 1000 VA. Sator sestavlja večfazno navitje okoli laminiranega železnega jedra z majhnimi izgubami z debelino lamel do 2 mm (0,08").

(e) Ohišja centrifug

To so ohišja, ki so posebej konstruirana ali izdelana za vgradnjo cevastih rotorjev plinskih centrifug. Ohišje predstavlja tog valj z debelino stene do 30 mm (1,2") in z zelo natančno obdelavo obeh koncev, za vgradnjo ležajev z eno ali več prirobnicami. Obdelana konca ohišja sta vzporedna in pravokotna na os valja, dovoljeno odstopanje pa ne sme presegati 0,05°. Ohišje ima lahko tudi obliko satovja, v katero se lahko vgradi več rotorskih cevi. Ohišja so izdelana iz materiala, ki je odporen proti koroziji z UF₆, ali prevlečena z njim.

(f) Odvodne cevi

To so posebej konstruirane ali izdelane cevi z notranjim premerom do 12 mm (0,5") za odvajanje plina UF₆ iz rotorske cevi po principu Pitotove cevi (to je z odprtino, usmerjeno proti krožečemu plinu v rotorski cevi, na primer z upoginitvijo konca radialno usmerjene cevi) in jih je možno pritrčiti na centralni sistem za odvajanje plina. Cevi so izdelane iz materiala, ki je odporen proti koroziji z UF₆, ali prevlečene z njim.

5.2 Posebej konstruirani ali izdelani pomožni sistemi, oprema in sestavni deli za obrate za izotopsko obogatitev s plinskimi centrifugami

Uvodna opomba

Pomožni sistemi, oprema in sestavni deli za obrat za izotopsko obogatitev s plinskimi centrifugami so sistemi za dovaja-

nje UF₆ centrifugam, za medsebojno povezovanje posameznih centrifug, tako da tvorijo kaskade (ali stopnje) in tako omogočajo postopno vse višje stopnje obogatitve, in za odvajanje »obogatene« in »osiromašene« proizvoda UF₆ iz centrifug skupaj z opremo za pogon centrifug ali za krmiljenje obrata.

Običajno se UF₆ uparja iz trdnega agregatnega stanja z uporabo segretyh avtoklavov in se dovaja v plinasti obliki centrifugam po kaskadnem razdelilnem cevovodu. Plinasti tokovi »obogatene« in »osiromašene« UF₆ iz centrifug prav tako tečejo po kaskadnem zbirnem cevovodu v hladne pasti (ki delujejo pri približno 203 K (-70 °C)), kjer se kondenzirajo pred shranjevanjem v primerne vsebnike za prevoz in skladiščenje. Ker obrat za obogatitev sestoji iz več tisoč centrifug, razvrščenih v kaskade, znaša dolžina kaskadnega razdelilnega cevovoda nekaj kilometrov, z nekaj tisoč zvarov in z večkratnim ponavljanjem strukture. Oprema, sestavni deli in cevni sistemi se izdelujejo po zelo visokih merilih glede vakuumu in čistoče.

5.2.1 Napajalni sistemi/sistemi za odvajanje obogatene in osiromašene UF₆

Ti sistemi so posebej konstruirani ali izdelani procesni sistemi, ki obsegajo:

- napajalne avtoklave (ali postaje) za dovajanje UF₆ v kaskade centrifug pri tlaku do 100 kPa (15 psi) in pretoku 1kg/h ali več;

- desublimatorje (hladne pasti) za odvajanje UF₆ iz kaskad centrifug pri tlaku do 3 kPa (0,5 psi). Prenesti morajo ohlajanje do 203 K (-70 °C) in segrevanje do 343 K (70 °C);

- postaje za odvajanje »obogatene« in »osiromašene« UF₆ v vsebnike.

Ti sistemi, oprema in cevovodi so v celoti izdelani iz materiala, odpornega proti koroziji z UF₆, ali obloženi s takim materialom (glej pojasnila k temu oddelku) in se izdelujejo po zelo visokih merilih glede vakuumu ali čistoče.

5.2.2 Razdelilni cevni sistemi

To je posebej konstruiran ali izdelan cevni sistem in razdelilni cevni sistem za usmerjanje pretoka UF₆ v kaskadah centrifug. Omrežje cevi v kaskadah centrifug je običajno sestavljeno iz trojnega razdelilnika, pri čemer je vsaka centrifuga priključena na vsak razdelilnik. Gre torej za večkratno ponavljanje oblik. Razdelilni cevni sistem je v celoti izdelan iz materiala, odpornega proti UF₆ (glej pojasnilo k temu oddelku), po zelo visokih merilih glede vakuumu ali čistoče.

5.2.3 UF₆ masni spektrometri/ionski izvori

To so posebej konstruirani ali izdelani magnetni ali štiripolni masni spektrometri za »neposredno« vzorčenje iz plinastega pretoka obogatene ali osiromašene UF₆ in imajo vse naslednje značilnosti:

1. enotno ločljivost za enoto atomske mase nad 320;
2. ionske izvore, ki so izdelani iz nikroma, monela ali z njima prevlečeni ali pa so ponikljani;
3. ionske izvore za obstreljevanje z elektroni;
4. zbiralni sistem, ki je primeren za izotopske analize.

5.2.4 Frekvenčni pretvorniki

To so posebej konstruirane ali izdelane naprave za uravnavanje frekvence električnega toka (znani tudi kot pretvorniki) v satorjih elektromotorjev, kot so opredeljeni v skladu s 5.1.2 (d), ali deli, sestavni deli ali podsklopi takšnih frekvenčnih pretvornikov in imajo vse naslednje značilnosti:

1. večfazni izhod s frekvencami od 600 do 2000 Hz;
2. visoko stabilnost frekvence (frekvenčno krmiljenje boljše od 0,1%);
3. nizko harmonično popačenje (manj kot 2%) in
4. izkoristek nad 80%.

Pojasnilo

Vse zgoraj našteje postavke prihajajo v neposreden stik z uplinjenim UF₆ ali neposredno upravljajo centrifuge in pretok plina od centrifuge do centrifuge ter od kaskade do kaskade.

Materiali, ki so odporni proti koroziji z UF₆, so nerjavno jeklo, aluminij in aluminijeve zlitine ter nikelj in nikljeve zlitine z najmanj 60% niklja.

5.3 Posebej konstruirani ali izdelani sklopi in sestavni deli za izotopsko obogatitev s plinsko difuzijo

Uvodna opomba

Pri metodi ločevanja uranovih izotopov s plinsko difuzijo je glavni tehnološki sklop posebna porozna pregrada za difuzijo plinov, toplotni izmenjevalnik za hlajenje plina (plin se segreva pri postopku stiskanja), zaporni ventili in regulacijski ventili ter cevovodi. Če se pri tehnologiji plinske difuzije uporablja uranov heksafluorid (UF_6), morajo biti vse površine celotne opreme, cevovodov in instrumentov (ki prihajajo v stik s plinom) izdelane iz materiala, ki ob stiku z UF_6 ostane stabilen. V obratu za plinsko difuzijo je potrebnih več teh sklopov, tako da je lahko količina pomemben podatek o končni uporabi.

5.3.1 Pregrade za difuzijo plinov

(a) To so posebej konstruirani ali izdelani porozni filtri z velikostjo por od 100 do 1000 Å (angstrom) debeline največ 5 mm (0,2"), cevaste oblike s premerom največ 25 mm (1"), izdelani pa so iz kovinskega, polimernega ali keramičnega materiala, ki je odporen proti koroziji z UF_6 , in

(b) posebej pripravljene spojine ali praškaste snovi za izdelavo takšnih filtrov. Takšne spojine ali praški vsebujejo nikelj ali zlitine z najmanj 60% niklja, aluminijevega oksida ali proti UF_6 odporne popolnoma fluorirane ogljikovodikove polimere s čistostjo najmanj 99,9%, velikostjo delcev manjšo od 10 µm, visoko stopnjo enakomerne zrnatosti in so posebej pripravljeni za izdelavo pregrad za difuzijo plinov.

5.3.2 Ohišja difuzorjev

To so posebej konstruirane ali izdelane neprepustno za prte valjaste posode s premerom nad 300 mm (12") in dolžino najmanj 900 mm (35") ali pravokotne posode primerljivih mer z vhodnim priključkom in z izhodnima priključkoma za vgradnjo pregrad za difuzijo plinov, pri čemer imajo vsi priključki premer nad 50 mm (2"), ohišja difuzorjev so izdelana iz materiala, ki je odporen proti UF_6 , ali so prevlečene z njim in konstruirane za vodoravno ali navpično vgradnjo.

5.3.3 Kompresorji in puhala

To so posebej konstruirani ali izdelani aksialni, centrifugalni ali batni kompresorji oziroma puhala z zmogljivostjo najmanj 1 m³ UF_6 /min in izhodnim tlakom do nekaj sto kPa (100 psi), ki so izdelani za dolgotrajno delovanje v okolju z UF_6 in imajo lahko pogonski elektromotor ustrezne moči, sem spadajo tudi posamezni sklopi kompresorjev in puhala. Ti kompresorji in puhala omogočajo tlačna razmerja med 2:1 in 6:1 ter so izdelani iz materiala, ki je odporen proti koroziji z UF_6 , ali so prevlečeni z njim.

5.3.4 Tesnila gredi

To so posebej konstruirana in izdelana vakuumška tesnila z dovodnim in odvodnim priključkom za tesnilno sredstvo, ki tesnijo gred rotorja puhala ali kompresorja, ki je povezana s pogonskim motorjem, tako da preprečujejo vdiranje zraka v notranjo komoro kompresorja ali puhala, ki je napolnjena z UF_6 . Takšna tesnila so običajno konstruirana tako, da v notranjost kompresorja ne vdre več kot 1000 cm³ zraka na minuto (60 in³/min).

5.3.5 Toplotni izmenjevalniki za hlajenje UF_6

To so posebej konstruirani ali izdelani toplotni izmenjevalniki iz materiala, ki je odporen proti UF_6 (razen nerjavnega jekla) ali iz bakra ali katere koli kombinacije teh kovin ali so prevlečeni z njimi, za tlačno izgubo zaradi puščanja, manjšo od 10 Pa/h (0,0015 psi) pri tlačni razliki 100 kPa (15 psi).

5.4 Posebej konstruirani ali izdelani pomožni sistemi, oprema in sestavni deli za izotopsko obogatitev s plinsko difuzijo

Uvodna opomba

Pomožni sistemi, oprema in sestavni deli za obrate za obogatitev s plinsko difuzijo so sistemi, potrebni za dovajanje UF_6 v sklop za plinsko difuzijo, za povezovanje posameznih sklopov med seboj, tako da sestavljajo kaskade (ali stopnje)

in tako omogočijo postopno vse višje stopnje obogatitve, in za odvajanje »obogatenega« in »osiromašenega« UF_6 iz difuzijskih kaskad. Ker je za difuzijske kaskade značilna velika inercija, imata vsaka prekinitev njihovega delovanja in predvsem njihovo zaprtje resne posledice. Zato so v obratu za plinsko difuzijo pomembni dosledno in stalno vzdrževanje vakuum v vseh tehnoloških sistemih, avtomatska zaščita pred nesrečami in natančna avtomatska regulacija toka plina. Zaradi vsega tega pa je treba obrat opremiti številnimi posebnimi merilnimi, regulacijskimi in krmilnimi sistemi.

Običajno se UF_6 uparja iz valjev, vloženih v avtoklave, in se dovaja v plinasti obliki do vstopne točke po kaskadnem razdelilnem cevovodu. »Obogateni« in »osiromašeni« uplinjeni UF_6 se od izstopnih točk vodi po kaskadnem razdelilnem cevovodu do hladnih pasti ali do kompresorskih postaj, kjer se utekočini in vodi v primerne vsebnike za prevoz ali skladiščenje. Ker obrat za obogatitev sestoji iz velikega števila centrifug, razvrščenih v kaskade, znaša dolžina kaskadnega razdelilnega cevovoda nekaj kilometrov, z nekaj tisoč zvarov in z večkratnim ponavljanjem strukture. Oprema, sestavni deli in cevni sistemi se izdelujejo po zelo visokih merilih glede vakuum in čistoče.

5.4.1 Napajalni sistemi/sistemi za odvajanje obogatenega in osiromašenega UF_6

To so posebej konstruirani ali izdelani procesni sistemi za obratovanje pri tlaku 300 kPa (45 psi) ali manj, ki obsegajo:

- napajalne avtoklave (ali sisteme) za napajanje kaskad za plinsko difuzijo z UF_6 ;
- desublimatorje (ali hladne pasti) za odstranjevanje UF_6 iz difuzijskih kaskad;
- postaje za utekočinjenje, kjer se uplinjeni UF_6 s stiskanjem in ohlajanjem utekočini;
- postaje za shranjevanje »obogatenega« ali »osiromašenega« UF_6 v vsebnike.

5.4.2 Razdelilni cevni sistem

To je posebej konstruiran ali izdelan cevni sistem in razdelilni cevni sistem za usmerjanje pretoka UF_6 v kaskadah za plinsko difuzijo. Omrežje cevi je običajno sestavljeno iz sistema »dvojnih« razdelilnikov, pri čemer je vsaka celica priključena na vsak razdelilnik.

5.4.3 Vakuumski sistemi

(a) To so posebej konstruirani ali izdelani veliki vakuumski zbiralniki, vakuumski razdelilniki in vakuumške črpalke s sesalno zmogljivostjo najmanj 5 m³/min ali več.

(b) Vakuumške črpalke, posebej konstruirane za obratovanje v okolju z UF_6 , izdelane iz aluminija, niklja ali nikljevih zlitin, ki vsebuje nad 60% niklja, ali prevlečene z njimi. Takšne črpalke so lahko rotacijske ali batne, lahko imajo fluoroogljikova tesnila in lahko vsebujejo posebne delovne fluide.

5.4.4 Posebni zaporni in regulacijski ventili

To so posebej konstruirani ali izdelani ročni ali avtomatski zaporni in regulacijski ventili z mehomo za tlačno razbremenitev, izdelani iz materiala, ki je odporen proti z UF_6 , s premerom 40 do 1500 mm (1,5 do 59") za vgradnjo v glavne in pomožne sisteme obratov za izotopsko obogatitev s plinsko difuzijo.

5.4.5 UF_6 masni spektrometri/ionski izvori

To so posebej konstruirani ali izdelani magnetni ali štiripolni masni spektrometri za neposredno vzorčenje iz plinastega pretoka obogatenega ali osiromašenega UF_6 in imajo vse naslednje značilnosti:

1. enotno ločljivost za enoto atomske mase nad 320;
2. ionske izvore, ki so izdelani iz nikroma, monela ali z njima prevlečeni ali pa so ponikljani;
3. ionske izvore za obstreljevanje z elektroni;
4. zbiralni sistem, ki je primeren za izotopske analize.

Pojasnilo

Zgoraj naštetih postavke prihajajo v neposreden stik z uplinjenim UF_6 ali neposredno upravljajo tok znotraj kaskade. Vse površine, ki prihajajo v stik z uplinjenim UF_6 , so v celoti iz-

delane iz materiala, odpornega proti UF_6 , ali prevlečene z njim. Za namene oddelkov, ki se nanašajo na postavke za plinsko difuzijo, so materiali, odporni proti koroziji z UF_6 , nerjavno jeklo, aluminij, aluminijeve zlitine, aluminijev oksid, nikelj ali zlitine z najmanj 60% niklja in popolnoma fluorinirani polimeri ogljikovodikov, odporni proti UF_6 .

5.5 Posebej konstruirani ali izdelani sistemi, oprema in sestavni deli za obrate za aerodinamično izotopsko obogatitev

Uvodna opomba

V postopkih za aerodinamično bogatitev se zmes plina-stega UF_6 in lahkega plina (vodika ali helija) stisne in potem vodi skozi ločevalne elemente, v katerih se izotopi ločijo izotopov zaradi velikih centrifugalnih sil, ki nastajajo zaradi ukrivljene geometrije sten ločevalnih elementov. Uspešno sta bila razvita dva postopka te vrste: postopek z ločevalnimi šobami in postopek z vrtničnimi cevmi. Pri obeh postopkih so glavni sestavni deli stopnje za ločevanje valjaste posode s posebnimi ločevalnimi elementi (šobe ali vrtnične cevi), plinskimi kompresorji in toplotnimi izmenjevalniki za odvajanje toplote, ki nastaja pri stiskanju. V aerodinamičnem obratu je potrebnih več takih stopenj, tako da so lahko količine pomembne podatke o končni uporabi. Ker se pri aerodinamičnem postopku uporablja UF_6 , morajo biti površine vse opreme, vseh cevi in instrumentov (ki prihajajo v stik s plinom) izdelane iz materiala, ki ob stiku z UF_6 ostane stabilen.

Pojasnilo

Postavke, našteje v tej točki, prihajajo v neposreden stik z uplinjenim UF_6 ali pa neposredno upravljajo tok znotraj kaskade. Vse površine, ki prihajajo v stik z uplinjenim UF_6 , so v celoti izdelane iz materiala, odpornega proti UF_6 , ali pa so zaščitene z njimi. Za namene točk, ki se nanašajo na postavke za aerodinamično obogatitev, so materiali odporni proti koroziji z UF_6 , nerjavno jeklo, aluminij, aluminijeve zlitine, aluminijev oksid, nikelj ali zlitine z najmanj 60% niklja in popolnoma fluorinirani polimeri ogljikovodikov, odporni proti UF_6 .

5.5.1 Ločevalne šobe

To so posebej konstruirane ali izdelane ločevalne šobe in njihovi sklopi. Ločevalne šobe imajo ukrivljene kanale s polmerom ukrivljenosti, manjšim od 1 mm (običajno 0,05 do 0,1 mm), in so odporne proti koroziji z UF_6 , pri izstopu iz šobe pa je ostro rezilo, ki razdeli izstopajoči tok plina na dva dela.

5.5.2 Vrtnične cevi

To so posebej konstruirane ali izdelane vrtnične cevi in njihovi sklopi. So valjasti ali stožčasti, izdelani iz materiala, ki je odporen proti koroziji z UF_6 , ali zaščiten z njim, s premerom od 0,5 do 4 cm ter razmerjem med dolžino in premerom 20:1 ali manj, z eno ali več tangencialnimi vstopnimi odprtini. Cevi imajo lahko na enem ali na obeh koncih šobaste dodatke.

Pojasnilo

Dovajni vlin vstopa v vrtnično cev tangencialno na enem koncu ali prek vrtničnih lopatic ali pa na številnih tangencialnih mestih vzdolž oboda cevi.

5.5.3 Kompresorji in puhala

To so posebej konstruirani ali izdelani aksialni, centrifugalni ali batni kompresorji ali puhala, ki so izdelani iz materiala, odpornega proti koroziji z UF_6 , ali prevlečeni z njim, in imajo sesalno zmogljivost najmanj 2 m³/min nosilnega plina (vodik ali helij), ki vsebuje UF_6 .

Pojasnilo

Ti kompresorji in plinska puhala imajo običajno razmerje pritiskov od 1,2:1 do 6:1.

5.5.4 Tesnila gredi

To so posebej konstruirana in izdelana tesnila z dovodnim in odvodnim priključkom za tesnilno sredstvo, ki tesnijo gred rotorja, ki povezuje kompresor ali puhalo s pogonskim motorjem, tako da preprečujejo puščanje UF_6 ali vdiranje zraka ali tesnilnega plina v notranjo komoro kompresorja ali puhala, ki je napolnjena z mešanico UF_6 in nosilnega plina.

5.5.5 Toplotni izmenjevalniki za hlajenje plina

To so posebej konstruirani ali izdelani toplotni izmenjevalniki, ki si izdelani iz materiala, odpornega proti koroziji z UF_6 , ali zaščiteni z njim.

5.5.6 Ohišja ločevalnih elementov

To so posebej konstruirana ali izdelana ohišja za vgradnjo vrtničnih cevi ali ločevalnih šob in so iz materiala, ki je odporen proti koroziji z UF_6 , ali zaščiten z njim.

Pojasnilo

Ta ohišja so lahko valjaste posode s premerom nad 300 mm in dolžino nad 900 mm ali pa pravokotne posode primerljivih mer in so lahko konstruirana za navpično ali vodoravno vgradnjo.

5.5.7 Napajalni sistemi in sistemi za odvajanje obogatenega in osiromašenega UF_6

To so posebej konstruirani in izdelani procesni sistemi ali oprema za obrate za obogatitev in so izdelani iz materiala, ki je odporen proti koroziji z UF_6 , ali zaščiten z njim, ki obsegajo:

(a) napajalne avtoklave, peči ali sisteme za napajanje procesa obogatitve z UF_6 ;

(b) desublimatorje (ali hladne pasti) za odstranjevanje UF_6 iz procesa obogatitve in za nadaljnjo obdelavo po segrevanju;

(c) postaje za pretvorbo v trdno stanje ali utekočinjenje za odstranjevanje UF_6 iz procesa obogatitve s stiskanjem in pretvorbo v tekoče ali trdno agregatno stanje;

(d) postaje za shranjevanje »obogatenega« ali »osiromašenega« UF_6 v vsebnike.

5.5.8 Razdelilni cevni sistem

To je posebej konstruirani ali izdelani razdelilni cevni sistem za usmerjanje pretoka UF_6 v aerodinamičnih kaskadah, izdelan iz materiala, ki je odporen proti koroziji z UF_6 , ali zaščiten z njim. Omrežje cevi je običajno sestavljeno iz sistema dvojnih razdelilnikov, pri čemer je vsaka stopnja ali skupina stopenj priključena na vsakega od razdelilnikov.

5.5.9 Vakuumski sistemi in črpalke

(a) To so posebej konstruirani ali izdelani vakuumski sistemi s sesalno zmogljivostjo najmanj 5 m³/min, sestavljeni iz vakuumskih zbiralnikov, vakuumskih razdelilnikov in vakuumskih črpalk, konstruirani za obratovanje v okolju z UF_6 .

(b) Vakuumske črpalke, posebej konstruirane ali izdelane za obratovanje v okolju z UF_6 , iz materiala, ki je odporen proti koroziji z UF_6 , ali zaščiten z njim. Takšne črpalke imajo lahko fluoroogljikova tesnila in posebne delovne fluide.

5.5.10 Posebni zaporni in regulacijski ventili

To so posebej konstruirani ali izdelani ročni ali avtomatski zaporni in regulacijski ventili z mehom za tlačno razbremenitev, izdelani iz materiala, ki je odporen proti koroziji z UF_6 , ali zaščiteni z njim, s premerom od 40 do 1500 mm za vgradnjo v glavne in pomožne sisteme obratov za aerodinamično izotopsko obogatitev.

5.5.11 UF_6 masni spektrometri in ionski izvori

To so posebej konstruirani ali izdelani magnetni ali štiripolni masni spektrometri za neposredno vzorčenje iz plinastega pretoka obogatenega ali osiromašenega UF_6 in imajo vse naslednje značilnosti:

1. enotno ločljivost za enoto atomske mase nad 320;
2. ionske izvore, ki so izdelani iz nikroma, monela ali z njima prevlečeni ali pa so ponikljani;
3. ionske izvore za obstreljevanje z elektroni;
4. zbiralni sistem, ki je primeren za izotopske analize.

5.5.12 Sistemi za ločevanje UF_6 od nosilnega plina

To so posebej konstruirani ali izdelani procesni sistemi za ločevanje UF_6 od nosilnega plina (vodik ali helij).

Pojasnilo

Ti sistemi so konstruirani za zmanjšanje vsebnosti UF_6 v nosilnem plinu do 1 ppm in veliko jih vključuje opremo, kot je:

(a) kriogeni toplotni izmenjevalniki in kriogeni ločevalniki za temperature $-120\text{ }^{\circ}\text{C}$ ali manj ali

(b) kriogene hladilne enote za temperature $-120\text{ }^{\circ}\text{C}$ ali manj ali

(c) ločevalne šobe ali vrtnične cevi za ločevanje UF_6 od nosilnega plina ali

(d) hladne pasti za UF_6 za temperature $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ali manj.

5.6 Posebej konstruirani ali izdelani sistemi, oprema in sestavni deli za uporabo v obratih za obogatitev s kemično ali ionsko izmenjavo

Uvodna opomba

Neznatna razlika mas izotopov urana povzroča majhne spremembe v ravnotežjih kemičnih reakcij, kar je mogoče izkoristiti kot osnovo za ločevanje izotopov. Uspešno sta bila razvita dva postopka; kemična izmenjava med tekočinama in ionska izmenjava med trdno snovjo in tekočino.

Pri postopku kemične izmenjave med tekočinama prideta protitočno v stik tekoči fazi (vodna in organska), ki se med seboj ne mešata, kar povzroči kaskadni učinek več tisoč ločevalnih stopenj. Vodna faza je sestavljena iz uranovega klorida v raztopini solne kisline; organska faza je sestavljena iz ekstrakta, ki vsebuje uranov klorid v organskem topilu. Kontaktorji, ki se uporabljajo v ločevalni kaskadi, so lahko izmenjevalne kolone med tekočinama (kot so pulzirne kolone s perforiranimi ploščami) ali centrifugalni kontaktorji za kemično izmenjavo med tekočinama. Zaradi omogočanja povratnega toka v ločevalno kaskado mora na vsaki strani ločevalne kolone potekati kemična reakcija (oksidacija in redukcija). Pri konstruiranju je pomembno preprečiti onesnaženje procesnih tokov z določenimi kovinskimi ioni. Zato se uporabljajo plastične, s plastiko prevlečene (sem sodi tudi uporaba polimerov fluoroogljikov) in/ali s steklom prevlečene kolone in cevovodi.

Pri postopku ionske izmenjave med trdno snovjo in tekočino se doseže obogatitev z adsorpcijo/desorpcijo urana na posebni visoko aktivni smoli za ionsko izmenjavo oziroma adsorbentu. Raztopina urana v solni kislini in drugih kemičnih reagentih se vodi skozi valjaste kolone za obogatitev, ki so napolnjene s sloji adsorbenta. Da teče postopek neprekinjeno, je potreben sistem za povratni tok za sproščanje urana iz adsorbenta nazaj v tekočo fazo, tako da je mogoče ločeno zbirati »obogateni« in »osiromašeni« uran. To se izvede z uporabo primernih kemičnih redukcijskih/oksidacijskih sredstev, ki se popolnoma regenerirajo v ločenih zunanjih krožnih tokovih in jih je mogoče deloma regenerirati znotraj samih kolon za ločevanje izotopov. Prisotnost vročih koncentriranih raztopin solne kisline v postopku zahteva, da je oprema izdelana iz posebnega materiala, ki je odporen proti koroziji, ali zaščiten z njim.

5.6.1 Kolone za izmenjavo med tekočinama (kemična izmenjava)

Protitočne kolone za kemično izmenjavo med tekočinama z mehanskim izvorom energije (tj. pulzirne kolone s perforiranimi ploščami, kolone s povratnimi ploščami in kolone z notranjimi turbinskimi mešali) so posebej konstruirane ali izdelane za izotopsko obogatitev urana s kemično izmenjavo. Zaradi odpornosti proti koroziji s koncentriranimi raztopinami solne kisline so te kolone ali njihovi notranji deli izdelani iz primerne plastičnega materiala (kot so polimeri fluoroogljika) ali iz stekla ali zaščiteni z njim. Kolone so konstruirane tako, da se raztopine zadržujejo v njih kratek čas (do 30 sekund).

5.6.2 Centrifugalni kontaktorji za izmenjavo med tekočinama (kemična izmenjava)

To so centrifugalni kontaktorji za izmenjavo med tekočinama, posebej konstruirani ali izdelani za obogatitev urana s postopkom kemične izmenjave. Ti kontaktorji z vrtenjem povzročijo disperzijo organske in vodne komponente, nato pa ju ponovno ločijo s centrifugiranjem. Zaradi odpornosti proti koroziji s koncentriranimi raztopinami solne kisline so kontaktorji ali njihovi notranji deli izdelani iz primerne plastičnega materiala (kot so polimeri fluoroogljika) ali zaščiteni z njim ali obdani s steklom. Centrifugalni kontaktorji so konstruirani tako, da se raztopine zadržujejo v njih kratek čas (do 30 sekund).

5.6.3 Sistemi in oprema za redukcijo urana (kemična izmenjava)

(a) To so posebej konstruirane ali izdelane celice za elektrokemično redukcijo urana iz enega v drugo valentno stanje pri postopku izotopske obogatitve urana s kemično izmenjavo. Deli celic, ki so v stiku s procesno raztopino, morajo biti izdelani iz materiala, odpornega proti koroziji s koncentriranimi raztopinami solne kisline.

Pojasnilo

Katodni prekat celice mora biti konstruiran tako, da se prepreči ponovna oksidacija urana v višje valentno stanje. Da uran ostane v katodnem prekatu, ima lahko celica neprepustno diafragemsko membrano, izdelano iz posebnega materiala za izmenjavo kationov. Katoda je iz primerne trdnega prevodnika, kot je grafit.

(b) To so posebej konstruirani ali izdelani sistemi na koncu kaskade za odvzem U^{4+} iz pretoka organske komponente, uravnavanje koncentracije kisline in napajanje celic za elektrokemično redukcijo.

Pojasnilo

Ti sistemi so sestavljeni iz opreme za solventno ekstrakcijo za izločanje U^{4+} iz organske komponente v vodno raztopino, opreme za izparevanje in/ali druge opreme za uravnavanje in nadziranje pH raztopine, črpalk ali drugih prenosnih naprav za napajanje celic za elektrokemično redukcijo. Pomembna zahteva pri konstruiranju je preprečiti onesnaženje vodnega toka z določenimi kovinskimi ioni. Zato dele sistema, ki so v stiku s procesnim tokom, sestavlja oprema, izdelana iz primerne materiala (kot so steklo, polimeri fluoroogljika, polifenilsulfat, polietersulfon in s smolo impregnirani grafit) ali zaščiten z njimi.

5.6.4 Sistemi za pripravo vhodnih komponent (kemična izmenjava)

To so posebej konstruirani ali izdelani sistemi za proizvodnjo vhodne raztopine uranovega klorida visoke čistosti v obratih, ki uporabljajo izotopsko ločevanje urana s postopkom kemične izmenjave.

Pojasnilo

Ti sistemi so sestavljeni iz opreme za raztapljanje, solventno ekstrakcijo in/ali ionsko izmenjavo za čiščenje ter iz elektrolitskih celic za redukcijo urana U^{6+} ali U^{4+} v U^{3+} . Pri tem nastane raztopina uranovega klorida, ki ima le nekaj ppm kovinskih nečistoč, kot so krom, železo, vanadij, molibden in drugi dvovalentni ali večvalentni kationi. Konstrukcijski materiali delov sistema za pridobivanje visoko čistega U^{3+} so steklo, polimeri fluoroogljika, polifenilsulfat, polietersulfon ter s plastiko prevlečeni in s smolo impregnirani grafiti.

5.6.5 Sistemi za oksidacijo urana (kemična izmenjava)

To so posebej konstruirani ali izdelani sistemi za oksidacijo urana iz U^{3+} v U^{4+} in njegovo vračanje v kaskade za izotopsko ločevanje urana pri procesu obogatitve s kemično izmenjavo.

Pojasnilo

Ti sistemi lahko vključujejo opremo, kot je:

(a) oprema za vzpostavljanje stika med klorom in kisikom z vodnim iztokom iz opreme za ločevanje izotopov in za ekstrahiranje tako dobljenega U^{4+} v organski tok, ki se po desorpciji vrača s konca kaskade;

(b) oprema, ki ločuje vodo od solne kisline, tako da je mogoče vodo in koncentrirano solno kislino ponovno vrniti v postopek na primernih mestih.

5.6.6 Visoko aktivne smole/adsorbenti za ionsko izmenjavo (ionska izmenjava)

Visoko aktivne smole ali adsorbenti za ionsko izmenjavo so posebej konstruirani ali izdelani za obogatitev urana s ionsko izmenjavo, vključno s poroznimi makromrežastimi smolami in/ali zrnatimi strukturami, pri katerih so aktivne skupine za kemično izmenjavo omejene na prevleko na površini neaktivne porozne nosilne strukture, in drugimi kompozitnimi strukturami v kakršni koli primerni obliki, vključno z delci ali vlakni. Te

smole/adsorbenti za ionsko izmenjavo s premerom 0,2 mm ali manj morajo biti kemično odporni proti koncentrirani solni kislini in njenim raztopinam ter fizično dovolj trdni, da ne razpadejo v kolonah za ionsko izmenjavo. Smole/adsorbenti so posebej pripravljeni tako, da omogočajo zelo hitro izmenjavo izotopov urana (razpolovni čas hitrosti izmenjave manj kot 10 sekund) in lahko obratujejo pri temperaturi od 100 do 200 °C.

5.6.7 Kolone za ionsko izmenjavo (ionska izmenjava)

To so valjaste kolone s premerom nad 1000 mm za namestitve slojev smol/adsorbentov za ionsko izmenjavo in so posebej konstruirane ali izdelane za obogatitev urana s procesom ionske izmenjave. Kolone so izdelane iz materiala, odpornega proti koroziji s koncentrirano solno kislino (kot je titan ali fluoroogljikova plastika), ali zaščitene z njim ter lahko obratujejo pri temperaturi od 100 do 200 °C in tlakih nad 0,7 MPa (102 psia).

5.6.8 Povratni sistemi za ionsko izmenjavo (ionska izmenjava)

(a) To so posebej konstruirani ali izdelani sistemi za kemično ali elektrokemično redukcijo za regeneriranje kemičnega redukcijskega sredstva, ki se uporablja v kaskadah za obogatitev urana z ionsko izmenjavo.

(b) To so posebej konstruirani ali izdelani sistemi za kemično ali elektrokemično oksidacijo za regeneriranje kemičnega redukcijskega sredstva, ki se uporablja v kaskadah za obogatitev urana z ionsko izmenjavo.

Pojasnilo

Pri postopku obogatitve z ionsko izmenjavo se lahko kot reducirni kation uporabi npr. trivalentni titan (Ti^{3+}), v primeru katerega redukcijski sistem regenerira Ti^{3+} z redukcijo Ti^{4+} . Pri postopku se lahko uporabi npr. trivalentno železo (Fe^{3+}) kot oksidant, v primeru katerega oksidacijski sistem regenerira Fe^{3+} z oksidacijo Fe^{2+} .

5.7 Posebej konstruirani ali izdelani sistemi, oprema in sestavni deli za uporabo v obratih za obogatitev urana z lasersko tehnologijo

Uvodna opomba

Sodobni sistemi za postopke obogatitve z laserji se delijo v dve kategoriji: tiste sisteme, pri katerih je procesni medij atomska uranova para, in sisteme, pri katerih je procesni medij para uranove spojine. Običajno se za te sisteme uporabljajo naslednji izrazi: prva kategorija, lasersko ločevanje izotopov v atomski pari (AVLIS ali SILVA); druga kategorija, lasersko ločevanje izotopov v molekularni pari (MLIS ali MOLIS) in kemična reakcija z laserskim aktiviranjem, odvisnim od izotopa (CRISLA). Sistemi, oprema in sestavni deli za obrate za lasersko obogatitev vsebujejo:

(a) naprave za dovajanje pare kovinskega urana (za selektivno fotoionizacijo) ali naprave za dovajanje pare uranove spojine (za fotodisociacijo ali kemično aktiviranje);

(b) naprave za zbiranje »obogatenega« in »osiromašenega« kovinskega urana v prvi kategoriji ter naprave za zbiranje disociranih ali kemično reagiranih spojin kot »obogateni« uran in nespremenjeni material kot »osiromašeni« uran v drugi kategoriji;

(c) procesne laserske sisteme za selektivno vzbujanje izotopa urana-235; in (d) opremo za pripravo dovajanega materiala in pretvorbo obogatenega urana. Zaradi zahtevnosti spektroskopije uranovih atomov in spojin je lahko vključena katera koli od številnih razpoložljivih laserskih tehnologij.

Pojasnilo

Večina postavk, naštetih v tem oddelku, prihajajo v neposreden stik s kovinskim uranom v plinasti ali staljeni obliki ali s procesnim plinom, sestavljenim iz UF_6 ali zmesi UF_6 in drugih plinov. Vse površine, ki prihajajo v stik z uranom ali UF_6 , so v celoti izdelane iz materiala, ki je odporen proti koroziji, ali prevlečene z njim. Za namene točke, ki se nanaša na postavke za obogatitev z lasersko tehnologijo, so materiali, ki so odporni proti koroziji z uparjenim ali tekočim kovinskim uranom ali uranovimi zlitinami, z itrijem prevlečen grafit in tantal; materiali,

odporni proti koroziji z UF_6 , pa baker, nerjavno jeklo, aluminij, aluminijeve zlitine, nikelj ali zlitine z najmanj 60% niklja in polnoma fluorirani polimeri ogljikovodika, odporni proti UF_6 .

5.7.1 Sistemi za uparjanje urana (AVLIS)

To so posebej konstruirani ali izdelani sistemi za uparjanje urana, sestavljeni iz pasovnih ali skenirnih elektronskih topov, ki oddajajo elektronske curke z močjo, ki na tarči znaša več kot 2,5 kW/cm.

5.7.2 Sistemi za ravnanje s staljenim kovinskim uranom (AVLIS)

To so posebej konstruirani ali izdelani sistemi za ravnanje s talinami kovinskega urana ali njegovih zlitin, sestavljeni iz talilnih loncev in opreme za njihovo hlajenje.

Pojasnilo

Talilni lonci in drugi deli tega sistema, ki pridejo v stik s staljenim uranom ali uranovimi zlitinami, so izdelani iz materiala, ki je primerno odporen proti koroziji in visokim temperaturam, ali pa so zaščiteni s takim materialom. Primerni materiali so tantal, grafit, s prevleko iz itrija, grafit s prevleko iz oksidov redkih zemelj ali njihove zmesi.

5.7.3 Sistem za zbiranje »obogatenega« in »osiromašenega« kovinskega urana (AVLIS)

To so posebej konstruirani ali izdelani zbiralniki za zbiranje »obogatenega« in »osiromašenega« urana v talini ali v trdni obliki.

Pojasnilo

Sestavni deli za te sklope so izdelani iz materiala, ki je odporen proti vročini in koroziji z uparjenim ali tekočim kovinskim uranom, ali pa so zaščiteni z njimi (kot je grafit s prevleko iz itrija ali tantal) in lahko obsegajo cevi, ventile, vezne kose, »žlebove«, napajalne kanale, toplotne izmenjevalnike in kolektorske plošče za magnetne, elektrostatične ali druge metode ločevanja.

5.7.4 Ohišja ločevalnika (AVLIS)

To so posebej konstruirane ali izdelane valjaste ali pravokotne posode za namestitve izvora uparjenega kovinskega urana, elektronskega topa in sistema za zbiranje »obogatenega« in »osiromašenega« urana.

Pojasnilo

Ta ohišja imajo večje število vhodov za napajanje z elektriko in vodo, odprtine za laserski curek, priključke za vakuumsko črpalko ter opremo za diagnostiko in nadzor instrumentov. Opremljena so s pripravami za odpiranje in zapiranje, kar omogoča obnavljanje notranjih sestavnih delov.

5.7.5 Nadzvočne ekspanzijske šobe (MLIS)

To so posebej konstruirane ali izdelane nadzvočne ekspanzijske šobe za hlajenje mešanice UF_6 in nosilnega plina do temperature 150 K ali manj ter so odporne proti koroziji z UF_6 .

5.7.6 Zbiralniki za uranov pentafluorid (MLIS)

To so posebej konstruirani ali izdelani zbiralniki za zbiranje uranovega pentafluorida (UF_6) v trdnem agregatnem stanju, ki so sestavljeni iz filtra, udarnega ali ciklonskega zbiralnika ali iz kombinacije obeh in so odporni proti koroziji z UF_6/UF_6 .

5.7.7 Kompresorji za mešanico UF_6 in nosilnega plina (MLIS)

To so posebej konstruirani ali izdelani kompresorji za mešanico UF_6 in nosilnega plina za dolgotrajno obratovanje v okolju z UF_6 . Sestavni deli teh kompresorjev, ki prihajajo v stik s procesnim plinom so izdelani iz materiala, ki je odporen proti koroziji z UF_6 , ali prevlečeni z njim.

5.7.8 Tesnila gredi (MLIS)

To so posebej konstruirana ali izdelana tesnila gredi z dovodnim in odvodnim priključkom za tesnilno sredstvo, ki tesnijo gred rotorja, ki povezuje kompresor s pogonskim motorjem,

tako da preprečujejo puščanje procesnega plina ali vdiranje zraka ali tesnilnega plina v notranjo komoro kompresorja, napolnjeno z mešanico UF_6 in nosilnega plina.

5.7.9 Sistemi za fluoriranje (MLIS)

To so posebej konstruirani ali izdelani sistemi za fluoriranje trdnega UF_5 v plinasti UF_6 .

Pojasnilo

Ti sistemi so konstruirani za fluoriranje zbranega praškastega UF_5 v UF_6 , ki se zbira v vsebnike za obogateni UF_6 ali se dovaja v enote MLIS, kjer se dodatno obogati. Po prvi metodi reakcija fluoriranja lahko poteka v sistemu za ločevanje izotopov, kjer pride do reakcije in se pridobi »obogateni« UF_6 neposredno po izstopu iz zbiralnikov. Po drugi metodi pa se lahko praškasti UF_5 odstrani in vodi iz zbiralnika »obogatenega« UF_5 v primerno reakcijsko posodo (npr. reaktor s fluidiziranim slojem, vijačni reaktor ali plamenski stolp) za fluoriranje. Po obeh metodah se uporablja oprema za shranjevanje in prenos fluora (ali kakega drugega primerne sredstva za fluoriranje) ter za zbiranje in prenos UF_6 .

5.7.10 UF_6 masni spektrometri in ionski izvori (MLIS)

To so posebej konstruirani ali izdelani magnetni ali štiripolni masni spektrometri za »neposredno« vzorčenje iz plinastega pretoka »obogatenega« ali »osiromašenega« UF_6 in imajo vse naslednje značilnosti:

1. enotno ločljivost za enoto atomske mase nad 320;
2. ionske izvore, ki so izdelani iz nikroma, monela ali z njima prevlečeni ali pa so ponikljani;
3. ionske izvore za obstreljevanje z elektroni;
4. zbiralni sistem, ki je primeren za izotopske analize.

5.7.11 Napajalni sistemi/sistemi za odvajanje osiromašenega in obogatenega UF_6 (MLIS)

To so posebej konstruirani ali izdelani procesni sistemi ali oprema za obrate za obogatitev, izdelani iz materiala, ki je odporen proti koroziji z UF_6 , ali zaščiteni z njim, ki obsegajo:

- (a) napajalne avtoklave, peči ali sisteme za napajanje procesa obogatitve z UF_6 ;
- (b) desublimatorje (ali hladne pasti) za odstranjevanje UF_6 iz procesa obogatitve in za nadaljnjo obdelavo po segrevanju;
- (c) postaje za pretvorbo v trdno stanje in utekočinjenje za odstranjevanje UF_6 iz procesa obogatitve s stiskanjem in pretvorbo v tekoče ali trdno agregatno stanje;
- (d) postaje za shranjevanje »obogatenega« ali »osiromašenega« UF_6 v vsebnike.

5.7.12 Sistemi za ločevanje UF_6 od nosilnega plina (MLIS)

To so posebej konstruirani ali izdelani sistemi za ločevanje UF_6 od nosilnega plina. Nosilni plin je lahko dušik, argon ali drug plin.

Pojasnilo

Ti sistemi lahko vsebujejo opremo, kot je:

- (a) kriogeni toplotni izmenjevalniki ali kriogeni ločevalniki, za temperature $-120\text{ }^{\circ}\text{C}$ ali manj ali
- (b) kriogene hladilne enote, za temperature $-120\text{ }^{\circ}\text{C}$ ali manj ali
- (c) hladne pasti za UF_6 , za temperature $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ali manj.

5.7.13 Laserski sistemi (AVLIS, MLIS in CRISLA)

To so posebej konstruirani ali izdelani laserji ali laserski sistemi za ločevanje uranovih izotopov.

Pojasnilo

Laserski sistem za postopek AVLIS je običajno sestavljen iz dveh laserjev: laserja z bakrovo paro in laserja z barvilom kot aktivnim sredstvom. Laserski sistem za MLIS je običajno sestavljen iz CO_2 laserja ali laserja s plinskimi molekulami, obstojnimi samo v vzbujenem stanju (excimer), in optičnih celic za večkratni prehod z vrtljivimi zrcali na obeh koncih. Pri laserjih ali laserskih sistemih je za oba postopka potreben stabilizator frekvenčnega spektra, ki omogoča delovanje v daljšem časovnem obdobju.

5.8 Posebej konstruirani ali izdelani sistemi, oprema in sestavni deli za uporabo v obratih za obogatitev s plazemskim ločevanjem

Uvodna opomba

Pri postopku ločevanja s plazmo gre plazma uranovih ionov skozi električno polje, uglaseno na resonančno frekvenco U-235 ionov, tako da selektivno absorbirajo energijo in povečujejo premer svojih spiralno oblikovanih orbit. Ioni na timicah velikega premera se prestrežejo in izkoristijo za pridobivanje obogatenega U-235. Plazma, ki nastane z ionizacijo uranove pare, se zadrži v vakuumski komori z magnetnim poljem visoke jakosti, ki ga ustvarja superprevodni magnet. Glavni tehnološki sistemi postopka so sistem za ustvarjanje uranove plazme, ločevalni modul s superprevodnim magnetom in sistemi za odstranjevanje kovine, nameščeni za zbiranje »obogatenega« in »osiromašenega« urana.

5.8.1 Izvori mikrovalov in antene

To so posebej konstruirani ali izdelani generatorji mikrovalov in antene za ustvarjanje ali pospeševanje ionov in z naslednjimi značilnostmi: s frekvenco nad 30 GHz in s srednjo izhodno močjo za proizvodnjo ionov nad 50 kW.

5.8.2 Tuljave za vzbujanje ionov

To so posebej konstruirane ali izdelane radiofrekvenčne tuljave za vzbujanje ionov pri frekvencah nad 100 kHz, ki delujejo pri srednji moči nad 40 kW.

5.8.3 Sistemi za generiranje uranove plazme

To so posebej konstruirani ali izdelani sistemi za generiranje uranove plazme, ki jih lahko sestavljajo močni pasovni ali skenirni elektronski topovi z močjo na tarči nad 2,5 kW/cm.

5.8.4 Sistemi za ravnanje s staljenim kovinskim uranom

To so posebej konstruirani ali izdelani sistemi za ravnanje s talinami kovinskega urana ali njegovih zlitin, sestavljeni iz talilnih loncev in opreme za njihovo hlajenje.

Pojasnilo

Talilni lonci in drugi deli tega sistema, ki pridejo v stik s staljenim uranom ali uranovimi zlitinami, so izdelani iz materiala, ki je primerno odporen proti koroziji in visokim temperaturam, ali pa so zaščiteni s takim materialom. Primerni materiali so tantal, grafit s prevleko iz itrija, grafit s prevleko iz oksidov redkih zemelj ali njihove zmesi.

5.8.5 Sistem za zbiranje »obogatenega« in »osiromašenega« kovinskega urana

To so posebej konstruirani ali izdelani zbiralniki za zbiranje »obogatenega« in »osiromašenega« kovinskega urana v trdni obliki. Izdelani so iz materiala, ki je odporen proti visokim temperaturam in koroziji s parami kovinskega urana, kot je grafit s prevleko iz itrija ali tantal, ali zaščiteni z njim.

5.8.6 Ohišja ločevalnika

To so posebej konstruirane ali izdelane valjaste posode za uporabo v obratih za obogatitev urana s plazemskim ločevanjem, v katere se namestijo izvor plazme, radiofrekvenčna tuljava in zbiralniki »obogatenega« in »osiromašenega« urana.

Pojasnilo

Ta ohišja imajo več vhodov za napajanje z elektriko, priključke za difuzijsko črpalko ter opremo za diagnostiko in nadzor instrumentov. Opremljena so s pripravami za odpiranje in zapiranje, kar omogoča obnavljanje notranjih sestavnih delov, ter so izdelana iz primerne nemagnetnega materiala, kot je nerjavno jeklo.

5.9 Posebej konstruirani ali izdelani sistemi, oprema in sestavni deli za uporabo v obratih za elektromagnetno obogatitev

Uvodna opomba

Pri elektromagnetnem postopku se ioni kovinskega urana, ki nastanejo z ionizacijo soli dovajanega materiala

(običajno UCl_4), pospešijo in vodijo skozi magnetno polje, ki povzroči, da gredo ioni različnih izotopov po različnih poteh. Glavni sestavni deli elektromagnetnega ločevalnika izotopov so: magnetno polje za odklanjanje/ločevanje izotopov v ionskem curku, ionski vir s pospeševalnim sistemom in zbiralni sistem za ločene ione. Pomožni sistemi za ta postopek so: napajalni sistem za magnet, visokonapetostni napajalni sistem za ionski vir, vakuumski sistem in obsežni kemični sistemi za ravnanje s proizvodom ter čiščenje in recikliranje sestavnih delov.

5.9.1 Elektromagnetni ločevalniki izotopov

To so posebej konstruirani ali izdelani elektromagnetni ločevalniki izotopov, oprema in sestavni deli za ločevanje uranovih izotopov in obsegajo:

(a) ionske izvore

To so posebej konstruirani ali izdelani enojni ali večkratni izvori uranovih ionov, ki so sestavljeni iz izvora uranove pare, ionizatorja in pospeševalnika ionskega curka, izdelani pa so iz primerne materiala, kot je grafit, nerjavno jeklo ali baker, ter so sposobni zagotavljati ionski curek s skupno jakostjo najmanj 50 mA;

(b) zbiralnike ionov

To so posebej konstruirane ali izdelane zbiralne plošče z dvema ali več zarezami in žepi za zbiranje ionskih curkov obogatene in osiromašenega urana in so izdelane iz primerne materiala, kot je grafit ali nerjavno jeklo;

(c) vakuumška ohišja

To so posebej konstruirana ali izdelana vakuumška ohišja za vgradnjo elektromagnetnih ločevalnikov urana, izdelana iz primerne materiala, kot je grafit ali nerjavno jeklo, in konstruirana za obratovanje pri tlaku 0,1 Pa ali manj;

Pojasnilo

Ohišja so posebej konstruirana za vgradnjo ionskih virov, zbiralnih plošč in vložkov za vhodno hlajenje s priključki za difuzijsko črpalko, z odprtino in pokrovom za odstranjevanje in ponovno vgradnjo teh sestavnih delov.

(d) magnetne pole

To so posebej konstruirani ali izdelani magnetni poli s premerom nad 2 m za vzdrževanje stalnega magnetnega polja znotraj elektromagnetnega ločevalnika izotopov in za prenos magnetnega polja med sosednjimi ločevalniki.

5.9.2 Viri visoke napetosti

To so posebej konstruirani ali izdelani viri visoke napetosti za ionske izvore z vsemi naslednjimi značilnostmi: sposobnostjo neprekinjenega delovanja, izhodne napetosti najmanj 20.000 V, jakosti izhodnega toka najmanj 1 A in regulacije napetosti, boljše kot 0,01% v časovnem obdobju osmih ur.

5.9.3 Viri energije za magnetne

To so posebej konstruirani ali izdelani viri enosmernega toka za elektromagnetne z vsemi naslednjimi značilnostmi: sposobnostjo neprekinjenega proizvodnje izhodnega toka z jakostjo najmanj 500 A pri napetostih najmanj 100 V in regulacije napetosti ali toka, boljše kot 0,01% v časovnem obdobju osmih ur.

6. OBRATI ZA PRIDOBIVANJE TEŽKE VODE, DEVTERIJA IN DEVTERIJEVIH SPOJIN TER POSEBEJ KONSTRUIRANA ALI IZDELANA OPREMA V TA NAMEN

Uvodna opomba

Težka voda se lahko pridobiva z več različnimi postopki. Vendar pa sta se za komercialno uspešna izkazala izmenjevalni postopek voda–vodikov sulfid (postopek GS) in izmenjevalni postopek amoniak–vodik.

Postopek GS temelji na izmenjavi vodika in devterija med vodo in vodikovim sulfidom znotraj zaporedja stolpov, ki delujejo tako, da je njihov zgornji del hladen in spodnji del vroč. Voda teče po stolpih navzdol, plinasti vodikov sulfid pa kroži od dna proti vrhu stolpov. Niz perforiranih plošč pospešuje medsebojno mešanje plina in vode. Devterij pri nizkih tem-

peraturah prehaja v vodo, pri visokih pa v vodikov sulfid. Plin ali voda, obogatena z devterijem, se odvzema iz stolpov prve stopnje na stiku vročih in hladnih delov, postopek pa se potem ponavlja v stolpih nadaljnjih stopenj. Proizvod zadnje stopnje, voda, obogatena do 30% z devterijem, se pošlje v destilacijsko enoto, v kateri se pridobi težka voda reaktorske kakovosti; tj. 99,75% devterijev oksid.

Izmenjevalni postopek amoniak–vodik lahko izloči devterij iz sinteznega plina ob stiku s tekočim amoniakom ob prisotnosti katalizatorja. Sintezni plin se dovaja v izmenjevalne stolpe in v pretvornik amoniaka. V notranjosti stolpov teče plin od dna proti vrhu, tekoči amoniak pa teče od vrha proti dnu. Devterij se izloči iz vodika v sinteznem plinu in se koncentrira v amoniaku. Amoniak potem teče v razgrajevalnik amoniaka na dnu stolpa, plin pa teče v pretvornik amoniaka na vrhu. Nadaljnja obogatitev poteka v nadaljnjih stopnjah, težka voda reaktorske kakovosti pa se pridobi s končno destilacijo. Sintezni plin se lahko dovaja iz obrata za pridobivanje amoniaka, tega pa je mogoče zgraditi v sklopu obrata za težko vodo po izmenjevalnem postopku amoniak–vodik. Za izmenjevalni postopek amoniak–vodik se kot vir devterija lahko uporabi tudi navadna voda.

Veliko ključnih postavk opreme obratov za pridobivanje težke vode z izmenjevalnim postopkom GS ali pa izmenjevalnim postopkom amoniak–vodik je skupnih večjemu številu segmentov kemične in naftne industrije. To še posebej velja za majhne obrate, v katerih se uporablja postopek GS. Le malo postavk te opreme je na voljo v »redni prodaji«. Postopek GS in postopek amoniak–vodik zahtevata ravnanje z večjimi količinami vnetljivih, korozivnih in strupenih tekočin pri visokem tlaku. V skladu s tem je treba pri izdelavi načrtovalnih in obratovalnih standardov za obrate in opremo, namenjeno tem postopkom, posvetiti veliko pozornost izbiri materialov in specifikacijam, da se tako zagotovi dolga življenjska doba z visoko varnostjo in zanesljivostjo. Izbira je predvsem odvisna od gospodarskih dejavnikov in potreb. Večina postavk te opreme se zato izdelava v skladu z zahtevami kupca.

Treba je tudi pripomniti, da je mogoče tako v izmenjevalnem postopku GS kakor tudi v izmenjevalnem postopku amoniak–vodik postavke opreme, ki vsaka zase sicer ni posebej konstruirana ali izdelana za pridobivanje težke vode, medsebojno povezati v sisteme, ki so posebej konstruirani ali izdelani za pridobivanje težke vode. Primeri takšnih sistemov so katalitski sistem, ki se uporablja v izmenjevalnem postopku amoniak–vodik, in sistemi za destilacijo vode, ki se pri obeh postopkih uporabljajo za končno koncentriranje težke vode do reaktorske kakovosti.

Posebej konstruirane ali izdelane postavke opreme za pridobivanje težke vode z izmenjevalnim postopkom voda–vodikov sulfid ali izmenjevalnim postopkom amoniak–vodik vključujejo naslednje:

6.1 Stolpi za izmenjavo voda–vodikov sulfid

To so izmenjevalni stolpi iz kakovostnega ogljikovega jekla (kot je ASTM A516), s premerom od 6 m (20') do 9 m (30') za obratovanje pri tlakih, ki so večji ali enaki kot 2 MPa (300 psi), in z dopustno korozijo 6 mm ali več; stolpi so posebej konstruirani ali izdelani za pridobivanje težke vode z izmenjevalnim postopkom voda–vodikov sulfid.

6.2 Puhala in kompresorji

To so nizkotlačna enostopenjska centrifugalna puhala ali kompresorji (tj. 0,2 MPa ali 30 psi) za kroženje vodikovega sulfida (tj. plina z več kot 70% H_2S), posebej konstruirani ali izdelani za pridobivanje težke vode z izmenjevalnim postopkom voda–vodikov sulfid. Imajo pretežno zmogljivost najmanj 56 m³/sekundo (120.000 SCFM) pri obratovalnem tlaku najmanj 1,8 MPa (260 psi) sesalne zmogljivosti ter tesnila, primerna za obratovanje v okolju z mokrim H_2S .

6.3 Izmenjevalni stolpi za sistem amoniak–vodik

To so izmenjevalni stolpi, visoki najmanj 35 m (114,3'), s premerom od 1,5 m (4,9') do 2,5 m (8,2') za obratovanje pri tlakih nad 15 MPa (2225 psi) in so posebej konstruirani ali izdelani za pridobivanje težke vode z izmenjevalnim postopkom

amoniak–vodik. Ti stolpi imajo vsaj eno aksialno odprtino s prirobnico z enakim premerom kot valj, skozi katero se lahko vstavijo ali odstranijo notranji deli stolpa.

6.4 Notranji deli stolpov in stopenjske črpalke

To so posebej konstruirani ali izdelani notranji deli stolpov in stopenjske črpalke za pridobivanje težke vode z izmenjevalnim postopkom amoniak–vodik. Notranji deli stolpov so posebej konstruirani stopenjski kontaktorji, ki omogočajo neposreden stik med plinom in tekočino. Stopenjske črpalke so posebej konstruirane potopne črpalke za kroženje amoniaka znotraj kontaktnih stopenj v stolpih.

6.5 Razgrajevalniki amoniaka

To so posebej konstruirane ali izdelane naprave z delovnim tlakom najmanj 3 MPa (450 psi) za pridobivanje težke vode z izmenjevalnim postopkom amoniak–vodik.

6.6 Infrardeči absorpcijski analizatorji

Infrardeči absorpcijski analizatorji za neposredno analizo razmerja med vodikom in devterijem pri koncentracijah devterija so najmanj 90%.

6.7 Katalitski gorilniki

To so posebej konstruirani ali izdelani katalitski gorilniki za pretvorbo obogatenega devterija v težko vodo, ki se uporabljajo v obratih za pridobivanje težke vode z izmenjevalnim postopkom amoniak–vodik.

7. OBRATI ZA PRETVORBO URANA IN OPREMA, KI JE POSEBEJ KONSTRUIRANA ALI IZDELANA V TA NAMEN

Uvodna opomba

V obratih in sistemih za pretvorbo urana se lahko izvede ena ali več pretvorb iz ene kemične spojine urana v drugo, vključno s: pretvorbo koncentratov uranove rude v UO_3 , pretvorbo UO_3 v UO_2 , pretvorbo uranovih oksidov v UF_4 ali UF_6 , pretvorbo UF_4 v UF_6 , pretvorbo UF_6 v UF_4 , pretvorbo UF_4 v kovinski uran in pretvorbo uranovih fluoridov v UO_2 . Veliko ključnih postavk opreme obratov za pretvorbo urana je skupnih večjemu številu segmentov kemične predelovalne industrije. Na primer, vrste opreme, ki se uporabljajo v teh postopkih, so lahko: peči, rotacijske peči, reaktorji s fluidiziranim slojem, reaktorji s plamensko kolono, centrifuge za tekočine, destilacijske kolone in kolone za ekstrakcijo med tekočinama. Le malo teh postavk je na voljo v »redni prodaji«, saj se večina izdelava v skladu z zahtevami in specifikacijami kupca. V nekaterih primerih je treba pri konstrukciji in izdelavi posvetiti posebno pozornost korozivnim lastnostim nekaterih uporabljenih kemikalij (HF , F_2 , ClF_3 in uranovi fluoridi). Opozoriti je tudi treba, da je mogoče pri vseh postopkih za pretvorbo urana postavke opreme, ki vsaka zase niso posebej konstruirane ali izdelane za pretvorbo urana, povezati v take sisteme, ki so posebej konstruirani ali izdelani za uporabo pri pretvorbi urana.

7.1 Posebej konstruirani ali izdelani sistemi za pretvorbo koncentratov uranove rude v UO_3

Pojasnilo

Pretvorba koncentratov uranove rude v UO_3 se lahko izvede tako, da se ruda najprej raztopi v dušikovi kislini in z uporabo topila, kot je tributilfosfat, izloči prečiščen uranilnitrat. Nato se uranilnitrat pretvori v UO_3 s koncentriranjem in denitriranjem ali pa z nevtralizacijo s plinastim amoniakom, pri čemer nastane amonijev diuranat, zatem sledijo filtriranje, sušenje in kalciniranje.

7.2 Posebej konstruirani ali izdelani sistemi za pretvorbo UO_3 v UF_6

Pojasnilo

Pretvorba UO_3 v UF_6 se lahko izvede neposredno s fluoriranjem. Postopek zahteva vir plinastega fluora ali klorovega trifluorida.

7.3 Posebej konstruirani ali izdelani sistemi za pretvorbo UO_3 v UO_2

Pojasnilo

Pretvorbo UO_3 v UO_2 se lahko izvede z redukcijo UO_3 s termično razgrajenim amoniakom ali vodikom.

7.4 Posebej konstruirani ali izdelani sistemi za pretvorbo UO_2 v UF_4

Pojasnilo

Pretvorbo UO_2 v UF_4 se lahko izvede z reakcijo UO_2 s plinastim vodikovim fluoridom (HF) pri 300 do 500 °C.

7.5 Posebej konstruirani ali izdelani sistemi za pretvorbo UF_4 v UF_6

Pojasnilo

Pretvorba UF_4 v UF_6 se izvede z eksotermno reakcijo s fluorom v kolonskem reaktorju. UF_6 se kondenzira iz vročih iztekajočih plinov tako, da se njihov tok spusti preko hladne pasti, ohlajene na –10 °C. Postopek zahteva vir plinastega fluora.

7.6 Posebej konstruirani ali izdelani sistemi za pretvorbo UF_6 v kovinski uran

Pojasnilo

Pretvorba UF_6 v kovinski uran se izvede z redukcijo z magnezijem (za velike šarže) ali s kalcijem (za majhne šarže). Reakcija poteka pri temperaturah nad tališčem urana (1130 °C).

7.7 Posebej konstruirani ali izdelani sistemi za pretvorbo UF_6 v UO_2

Pojasnilo

Pretvorba UF_6 v UO_2 se lahko izvede po enem od treh postopkov. Pri prvem postopku se z uporabo vodika in pare UF_6 reducira in hidrolizira v UO_2 . Pri drugem se UF_6 hidrolizira v vodni raztopini, doda se amoniak, da se obori amonijev diuranat, nato se diuranat reducira v UO_2 z vodikom pri 820 °C. Pri tretjem postopku se v vodi vežejo plinasti UF_6 , CO_2 in NH_3 , pri čemer kot oborina nastaja amonijev uranilkarbonat. Amonijev uranilkarbonat se veže s paro in vodikom pri 500 do 600 °C, pri čemer nastane UO_2 .

Pretvorba UF_6 v UO_2 je pogosto prva stopnja v obratu za izdelavo goriva.

7.8 Posebej konstruirani ali izdelani sistemi za pretvorbo UF_6 v UF_4

Pojasnilo

Pretvorba UF_6 v UF_4 se izvede z redukcijo z vodikom.