国际原子能机构
情况通报

INF

INFCIRC/471
19 April 1995
GENERAL Distr.
CHINESE
Original: ENGLISH

南非常驻国际原子能机构代表团
1995年3月31日的信函

1. 国际原子能机构秘书处收到南非常驻团1995年3月31日关于南非政府的核出口政策和实际作法情况的普通照会.

2. 根据普通照会所表达的请求，现将此普通照会全文附后.

南非常驻团1995年3月31日的普通照会

南非常驻国际原子能机构代表团向国际原子能机构总干事致意，并荣幸地提及其有关南非政府决定按INFCIRC/254/Rev.1/Part.1和INFCIRC/254/Rev.1/Part.1/Mod.1以及经修订的INFCIRC/254/Rev.1/Part.2的规定行事的1994年3月15日和22日的普通照会.

核技术的发展已有必要进一步澄清和修订目前文件INFCIRC/254/Rev.1/Part.1中发布的准则的附件A和附件B中所列触发清单的某些部分. 南非政府已决定按INFCIRC/254/Rev.1/Part.1/Mod.2中经修订和修正的准则行事.

南非政府还决定，按INFCIRC/254/Rev.1/Part.1/Mod.3中经修订的核转让准则关于保障和出口控制的基本原则行事.

为清楚起见，经修订的准则的附件A和附件B的全文和“核转让准则”副本附后，其中包括对该准则文件第1段和第10(b)段的修正、新的第11段及对随后段次重新编号.

在作出这项决定时，南非政府充分了解有必要促进经济发展同时又避免以任何方式增加核武器或其他核爆炸装置扩散的危险，以及充分意识到有必要把不扩散的保证同商业竞争领域分开.

南非政府请国际原子能机构总干事将本照会全文及其附件分发给所有成员国以资通告.

南非常驻代表团借此机会再次向国际原子能机构总干事表示最崇高的敬意.

核 转 让 准 则

1. 下列有关保障和出口控制的基本原则应适用于为和平目的对任何无核武器国家的核转让，并应在再转让控制情况下适用于对任何国家的转让。为此，供应方已规定了出口触发清单并商定了技术转让的通用标准。

禁止核炸药

2. 供应方只应在得到接受国政府正式保证，明确说明不包括将导致任何核爆炸装置的用途时，才批准触发清单上指明物项的转让。

实物保护

3. (a) 经商定的触发清单上所规定的所有核材料和设施均应有有效的实物保护，以防止擅自使用和挪动。供应方在考虑国际建议的情况下，已商定了应保证的与材料、设备和设施类型有关的实物保护级别。

(b) 在接受方国家中实施实物保护措施是该国政府的责任。但是，为了实施供应方之间商定的条款，这些措施必须依据的实物保护级别应当列入供应方和接受方之间的协议。

(c) 对于每种情况都应为明确规定运输触发清单物项的责任作出具体安排。

保障

4. (a) 供应方应只在下述情况下才向无核武器国家转让触发清单上的物项，即接受国同原子能机构缔结的要求对其目前和未来和平活动中的一切源材料和特种可裂变材料实施保障的协定已生效。

(b) 只有在下述例外情况下才应批准向没有此种保障协定的无核武器国家提供第4(a)段所述的转让，即认为这种转让对于现有设施的安全运行必不可少并且已对这些设施实施保障。如果供应方打算批准或拒绝此种转让，应作出通报如果必要的话应进行磋商。

(c) 第4(a)和4(b)段所述政策不适用于1992年4月3日或在此以前签署的协定或契约，对于1992年4月3日以后已遵循或将遵循INFCIRC/254/Rev.1/Part1的国家，该政策仅适用于在遵循之日以后签署的协定.

(d) 在第4(a)段所述政策不适用的协定（见第4(b)和(c)段）的情况下，只有要转让的触发清单物项接受原子能机构的保障，且期限和范围符合原子能机构文件GOV/1621规定时，供应方才应作此种转让。但供应方应承诺力争尽早根据这类协定执行第4(a)款所述政策.

(e) 供应方保留应用其他供应条件作为其本国政策的权利.

5. 适当时供应方可联合重新考虑它们的共同保障要求.

因转让某种技术而触发的保障

6. (a) 上述第2，3和4段的要求也应适用于利用供应方直接转让或从转让的设施得到的技术进行后处理、浓缩或重水生产的设施，或这类设施的重要关键部件。

(b) 转让这类设施或这类设施的重要关键部件，或有关技术时，应要求承诺:

(1) 原子能机构保障适用于在接受国同意的时期内建造的任何同类设施（即如果设计、建造或运行过程是以和触发清单所定义的同样或类似的物理或化学过程为基础），和(2)应当有一个始终有效的，允许原子能机构对接受方(或供应方经与接受方磋商后)确定为使用转让技术的设施实施机构保障的保障协定.

对敏感出口的特别控制

7. 供应方在转让敏感设施、技术和武器可用材料时应谨慎.如果要转让浓缩或后处理设施、设备或技术，供应方应鼓励接受方接受供应国参与和/或其他多国适当地参加转让所得的设施，以此来代替国家工厂.供应方还应推动与地区性多国燃料循环中心有关的国际（包括原子能机构）活动.

对浓缩设施、设备和技术出口的特别控制

8. 在转让浓缩设施或其所用技术时，接受国应当同意，未经供应国同意则不设计也不运行转让的设施和以转让的技术为基础的任何设施来生产浓缩度高于20%的浓缩铀。应当将此通知原子能机构。

对于供应的或提取的武器可用材料的控制

9. 供应方认识到，为了推进本准则的目标和提供进一 咸少扩散危险的机会，把要求供应方和接受方之间共同商定对所涉任何武器可用材料的后处理、贮存、改变、使用、转让或再转让作出安排的条款，列入关于供应生产武器可用材料的核材料或设施的协定中的重要性。供应方应当努力酌情和在实际可能的条件下列入这类条款。

对于再转让的控制

10. (a) 供应方只应在得到接受方下述保证，即如果：

(1) 再转让触发清单物项，或

(2) 转让由供应方原先转让的设施得到的，或在供应方原先转让的设备或技术的帮助下得到的触发清单物项时；

接受再转让或转让的收受方已提供与原转让供应方所要求的保证相同的保证的情况下，才转让这类物项，包括第6段中规定的技术。

(b) 此外，应提请供应方同意才能进行下述再转让：(1)按照本核转让准则第4(a)段从不要求全面保障国家作触发清单物项的任何再转让和第10(a)(2)段中所指任何其他转让，并且应把征得供应者同意作为一项供应条件；(2)设施、重要关键部件或第6段所述技术的任何再转让；(3)由这些物项得来的设施或重要关键部件的任何转让；(4)重水或武器可用材料的任何再转让。

不扩散原则

11. 尽管本核转让准则有其他规定，但供应者仅在相信作触发清单上规定物项的转让不会有助于扩散核武器或其他核爆炸装置时才授权作这种转让。

支助活动

实物保安

12. 供应方应促进交流实物保安情报、保护运输中核材料以及找回被盗核材料和设备方面的国际合作.

支助原子能机构的有效保障

13. 供应方应作出特别的努力，支助有效地实施原子能机构保障. 供应方还应当支持机构援助成员国改进其国家核材料衡算和控制系统以及提高保障的技术有效性的努力.

    同样，它们应当尽一切努力支助原子能机构，按照技术发展和核设施数量的不断迅速增加进一步增强保障的适当性；并且支助旨在提高原子能机构保障有效性的适当的主动行动.

敏感工厂的设计特点

14. 供应方应鼓励敏感设备的设计者和控制者以便以实施保障的方式建造这类设备.

磋商

15. (a) 供应方应通过正常渠道就有关执行这些准则的事项保持接触和进行磋商.

    (b) 供应方只要认为恰当，应与其他有关政府就具体敏感事项进行磋商，以保证任何转让不致造成产生冲突或不稳定的危险.

    (c) 假如一个或多个供应方认为，已有违反由本准则产生的供应方/接受方谅解的情况，特别是就爆炸核装置而言，或接受方非法终止或违反原子能机构保障，供应方应立即通过外交渠道磋商，以便确定和评估所说违反的真象和程度.

    在这种磋商得出初步结果之前，供应方将不以可能不利于其他供应方或许会采取的有关它们当前同接受方接触的措施的方式行动.

一俟这类磋商得出结论，供应国应考虑原子能机构《规约》第十二条，商定可能包括终止对接受方核转让在内的适当反应和可能行动。

16. 在考虑转让时，每一供应方应当慎重地考虑每一转让事项的所有情况，包括第6段不含有的技术转让或随后的再转让可能导致有未受保障核材料的任何危险。

17. 对本准则作任何修改，包括由第5段所说的重新考虑而作出的任何修改，需得到一致同意。

附 件 A
准则中提及的触发清单

A部分　　材料和设备

1. 源材料和特种可裂变材料

按国际原子能机构《规约》第二十条所定义:

1.1. “源材料”

“源材料”一词系指含有自然界中同位素混合物的铀; 贫同位素235的铀; 钍; 呈金属、合金、化合物或浓缩物形态的上述各项材料; 含有达到理事会随时确定含量的上述一种或数种材料的任何其他材料; 由理事会随时确定的其他材料.

1.2. “特种可裂变材料”

i) “特种可裂变材料”一词系指钚-239; 铀-233; 富集了同位素235或233的铀; 含有一种或数种上述材料的任何材料以及理事会随时确定的其他可裂变材料; 但“特种可裂变材料”一词不包括源材料在内.

ii) “富集了同位素235或233的铀”一词系指含有同位素235或233或兼含二者的铀, 而这些同位素的总丰度与同位素238的丰度比大于自然界中的同位素235与同位素238的丰度比.

但是, 对于本准则而言, 不应包括以下(a)分段指明的物项, 和向某一接受国在12个月期间内出口低于以下(b)分段规定限额的源材料或特种可裂变材料:

(a) 同位素钚-238浓度超过80%的钚.

用作仪器传感元件在克量或克量以下的特种可裂变材料; 和

政府确信仅用于非核活动, 例如用于生产合金或陶瓷的源材料.

(b) 特种可裂变材料	50有效克;
天然铀	500千克;
贫化铀	1000千克;
钍	1000千克.

2. 设备和非核材料

政府采用的设备和非核材料物项的名称（以下称“触发清单”）如下（低于附件B中指出的水平的量可看作无实际意义）：

2.1. 反应堆及其所用设备(见附件B，第1节);

2.2. 反应堆用非核材料(见附件B，第2节);

2.3. 辐照燃料元件后处理厂，以及专门为其设计或制造的设备（见附件B，第3节);

2.4. 燃料元件制造厂(见附件B，第4节);

2.5. 铀同位素分离厂以及专门为其设计或制造的除分析仪器外的设备(见附件B，第5节);

2.6. 生产重水、氘和氘化物的工厂以及专门为其设计或制造的设备(见附件B，6节);

2.7. 铀转化厂及专门为其设计或制造的设备(见附件B，第7节).

B部分　　用于准则第6段下技术转让的通用标准

(1) “技术”系指提供国认为对浓缩、后处理或重水生产设施或其重要关键部件的设计、建造、运行或维护有重要意义的有形的技术资料；但不包括可向公众提供的资料，例如出版的书籍和期刊；也不包括经进一步传播已不加限制地向国际上提供的资料.

(2) “重要关键部件”是:

(a) 就气体离心机型同位素分离厂而言：气体离心机组件，耐UF_6腐蚀;

(b) 就气体扩散型同位素分离厂而言：扩散膜;

(c) 就喷嘴型同位素分离厂而言：喷嘴装置;

(d) 就涡流型同位素分离厂而言：涡流装置.

(3) 对于准则第6段包括的那些没有以上第2段所述重要关键部件的设施来说，如果供应国要连同建造和运行该设施的专门技能一起成套转让运行这类设施必不可少的大部分物项，则应认为这种转让是“设施或设施所用重要关键部件”的转让.

(4) 前述几段的定义只为准则第6段和本B部分所用，它们与本触发清单A部分所用定义不同，不应当把A部分解释成受目前定义限定.

(5) 为实施准则第6段起见，应认为以下设施是“同类设施（即如果它们的设计、建造或运行过程是建立在相同或类似的物理或化学过程的基础上）”：

转让的技术使得在接受国建造下类设施或设施的重要关键部件成为可能时:	可认为下列设施是同类设施:
(a) 气体扩散型同位素分离厂……	利用气体扩散过程的任何其他同位素分离厂.
(b) 气体离心机型同位素分离厂……	利用气体离心过程的任何其他同位素分离厂.
(c) 喷嘴型同位素分离厂……	利用喷嘴法的任何其他同位素分离厂.
(d) 涡流型同位素分离厂……	利用涡流过程的任何其他同位素分离厂.
(e) 利用溶剂萃取过程的燃料后处理厂…	利用溶剂萃取过程的任何其他燃料后处理厂.
(f) 利用交换过程的重水生产厂……	利用交换过程的任何其他重水生产厂.
(g) 利用电解过程的重水生产厂……	利用电解过程的任何其他重水生产厂.
(h) 利用氢蒸馏过程的重水生产厂……	利用氢蒸馏过程的任何其他重水生产厂.

注: 就那些设计、建造或运行过程是按以上列举的过程以外的物理或化学过程为基础的后处理、浓缩和重水设施而言，将采用类似的方法来定义“同类”设施，或许还需要定义这类设计的重要关键部件.

(6) 把准则第6(b)段中所指“在接受国同意的时期内建造的任何同类设施”理解为是指这样的一类设施（或其重要关键部件），即它的第一次运行是在

从(1)已转让的或含有已转让的重要关键部件的设施或(2)转让技术后建造的同类设施第一次运行之日起，至少20年内开始的．自然，在这段时期内将有明确的推定，即任何同类设施利用了转让的技术．但是，所谓同意的日期不是用来限定实行保障的期限，也不是行使按照准则第6(b)(2)段中确定设施为根据或通过使用转让的技术而建造或运行的权利的期限．

附 件 B

触发清单物项的说明

(附件A的A部分第2节中指明的物项)

1. 反应堆及其所有设备

1.1. 完整的核反应堆

能够运行以便保持受控自持链式裂变反应的核反应堆，但不包括零功率反应堆，零功率堆定义为设计的钚最大生产率每年不超过100克的反应堆.

注释

一个“核反应堆”基本上包括反应堆容器内或直接安装在其上的物项、控制堆芯功率水平的设备和通常含有或直接接触或控制反应堆堆芯一次冷却剂的部件.

不打算把那些能适当地加以改进使每年产钚量大大超过100克的反应堆排除在外. 为在较高功率水平下持续运行而设计的反应堆，无论其产钚能力如何都不被认为是“零功率反应堆”.

出口

只能根据准则的程序出口此范围内的全套重要物项. 在此按功能定义的范围内只能根据准则程序出口的那些单个物项列在第1.2到1.7段. 政府保留对此按功能定义的范围内其他物项适用准则程序的权利.

1.2. 反应堆压力容器

金属容器，作为完整的装置或供其所有的工厂预制的主要部件，是专门设计或制造来容纳上述第1.1.段定义的核反应堆的堆芯，并且能承受一次冷却剂的工作压力.

注释

物项1.2.包括反应堆压力容器的顶板，它是工厂预制的压力容器的主要部件.

反应堆内部件(例如堆芯用支承柱和板及其他容器内部件、控制棒导管、热屏蔽层、挡板、堆芯栅格板、扩散板等)通常由反应堆供应商提供. 在某些情况下，制造压力容器时也包括制造某些内容支承构件. 这些物项对于反应堆运行的安全性和可靠性(因此对反应堆供应商的保证和责任)非常关键，因此它们的供应通常不是在反应堆本身的基本供应安排以外. 因此，虽然不一定认为单独供应这些专门设计和制造的独特的、关键的、大型和昂贵的物项被排除在考虑的范围之外，但认为这种供应方式未必可能.

1.3. 反应堆燃料装卸机

专门设计和制造用于对上述第1.1.段所定义的核反应堆插入或从中取出燃料，能进行负载操作或利用技术上先进的定位或准直装置以便允许进行复杂的停堆装料操作（例如通常不可能直接观察或接近燃料的操作）的操作设备.

1.4. 反应堆控制棒

专门设计或制造用于控制上述第1.1.段所定义的核反应堆的反应速率的一种棒.

注释

此物项除了吸收中子的部件外还包括该部件所用支承结构或悬吊结构(如分开供应的话).

1.5. 反应堆压力管

专门设计或制造用于容纳上述第1.1.段所定义的反应堆的燃料元件和一次冷却剂的压力管，工作压力超过5.1兆帕/平方英寸(740磅/平方英寸).

1.6. 锆管

专门设计或制造用于上述第1.1.段所定义的反应堆中在任何12个月期间数量超过500公斤，而且其中铪与锆之重量比低于1：500的锆金属和合金管或管组件.

1.7. 一次冷却剂泵

专门设计或制造用于循环上述第1.1.段所定义的核反应堆用作为一次冷却剂的液态金属的泵.

注释

专门设计和制造的泵可包括防止一次冷却剂渗漏的精密密封或多种密封的系统、全密封驱动泵，及有惯性质量系统的泵．这一定义包括鉴定为NC-1或相当标准的泵.

2. 反应堆用非核材料

2.1. 氘和重水

任何一个收货国在任何12个月期间内收到的供上述第1.1.段所定义的核反应堆用，数量超过200公斤氘原子的氘、重水（氧化氘）以及氘与氢原子之比超过1：5000的任何其他氘化物.

2.2. 核级石墨

任一收货国在任何12个月期间内收到的数量超过3×10^4公斤（30公吨），纯度高于百万分之五硼当量，密度大于1.50克／立方厘米的石墨.

3. 辐照燃料元件后处理厂以及专门为其设计或制造的设备

按语

辐照核燃料经后处理能从强放射性裂变产物以及其他超铀元素中分离钚和铀. 有各种技术工艺流程能够实现这种分离. 但是，多年来，“普雷克斯”已成为最普遍采用和接受的工艺流程. “普雷克斯”流程包括：将辐照核燃料溶解在硝酸中，接着通过利用磷酸三丁酯与一种有机稀释剂的混合剂的溶剂萃取法分离铀、钚和裂变产物.

“普雷克斯”设施彼此的流程功能相似，包括：辐照燃料元件的切割、燃料溶解、溶剂萃取和工艺液流的贮存. 还可能有种种设备，用于：使硝酸铀酰热脱硝，把硝酸钚转化成氧化钚或金属钚，以及把裂变产物的废液处理成适合于长期贮存或处置的形式. 但是，执行这些功能的设备的类型和结构在各个“普雷克斯”设施间可能不同，原因有几个，其中包括需要后处理的辐照核燃料的类型和数量、打算对回收材料的处理和设施设计时所考虑的安全和维修原则.

一个“辐照燃料元件后处理厂”包括直接接触和直接控制辐照燃料和主要核材料以及裂变产物工艺液流的设备和部件.

可以通过采取的各种避免临界（例如通过几何形状）、辐射照射（例如通过屏蔽)和毒性危险(例如通过安全壳）的措施来确定这些过程，包括钚转换和钚金属生产的完整系统.

出口

只有按照备忘录的程序才能在此范围内进行整套重要物项的出口.

政府保留将准则的程序适用于以下所列按功能定义的范围内其他物项的权利.

可以认为属于为辐照燃料元件后处理“专门设计或制造的设备”这一概念范围的设备项目包括：

3.1. 辐照燃料元件切割机

按语

这种设备能切开燃料包壳，使辐照核材料能够被溶解. 专门设计的金属切割机是最常用的，当然也可能采用先进设备，利用激光切割.

专门设计或制造为以上确定的后处理厂用来切、割或剪辐照燃料组件、燃料棒束或棒的遥控设备.

3.2. 溶解器

按语

溶解器通常接受切碎了的乏燃料．在这种极其安全的容器内，辐照核材料被溶解在硝酸中，而剩余的壳片从工艺流液中被去掉．

专门设计或制造供以上确定的后处理厂用于溶解辐照核燃料，并能承受热、腐蚀性强的液体以及能远距离装料和维修的在临界上极其安全的容器（例如小直径的环形或平板式容器）．

3.3. 溶剂萃取器和溶剂萃取设备

按语

溶剂萃取器既接受溶解器中出来的辐照燃料的溶液，又接受分离铀、钚和裂变产物的有机溶液．溶剂萃取设备通常设计来能满足严格的运行参数，例如很长的运行寿命，不需要维修或充分便于更换、操作和控制简便以及可适应工艺条件的各种变化．

专门设计或制造用于辐照燃料后处理厂的溶剂萃取器，例如填料塔或脉冲塔、混合澄清器或离心接触器．溶剂萃取器必须能耐硝酸的腐蚀作用．溶剂萃取器通常由低碳不锈钢、钛、锆或其他优质材料，按极高标准（包括特种焊接和检查以及质量保证和质量控制技术）加工制造而成．

3.4. 化学溶液保存或贮存容器

按语

溶剂萃取阶段产生三种主要的工艺液流．进一步处理所有这三种液流所用的保存或贮存容器如下：

(a) 用蒸发法使纯硝酸铀酰溶液浓缩，然后使其进到脱硝过程，并在此过程中转变成氧化铀．这种氧化物再次在核燃料循环中使用．

(b) 通常用蒸发法浓缩强放射性裂变产物溶液，并以浓缩液形式贮存．随后可蒸发这种浓缩液并将其转变成适合于贮存或处置的形式．

(c) 在将纯硝酸钚溶液转到下几个工艺步骤前先将其浓缩并贮存．尤其是，钚溶液的保存或贮存容器要设计得能避免由于这种液流浓度和形状的改变导致的临界问题．

专门设计或制造为辐照燃料后处理厂用的保存或贮存容器．这种保存或贮存容器必须能耐硝酸的腐蚀作用．保存或贮存容器通常用低碳不锈钢、钛或锆或其他优质材料制造．可将保存或贮存容器设计成能远距离操作和维修，而且它们可具有下述控制核临界的特点：

(1) 壁或内部结构至少有百分之二的硼当量，或

(2) 对于圆柱状容器来说，最大直径175毫米(7英寸)，或

(3) 对于平板式或环形容器来说，最大宽度75毫米(3英寸).

3.5. 硝酸钚到氧化钚的转化系统

按语

在大多数后处理设施中，这个最后的流程包括将硝酸钚溶液转变成二氧化钚．这个流程的主要功能是:

流程进料贮存和调节、沉淀和固/液相分离、煅烧、产品装运、通风、废物管理和流程控制.

专门设计或制造用于将硝酸钚转化为氧化钚，经特别配置以避免临界和辐射影响并且将毒性危害减到最小的完整系统.

3.6. 氧化钚到金属钚的生产系统

按语

这个流程可能与后处理设施有关，它涉及：通常用强腐蚀性氟化氢使二氧化钚氟化，产生氟化钚；然后用高纯度钙金属使氟化钚还原，产生金属钚和氟化钙渣．这个流程的主要功能是：氟化（例如涉及用贵金属制造或作衬垫的设备）、金属还原（例如用陶瓷坩锅）、渣的回收、产品装运、通风、废物管理和流程控制.

专门设计或制造用于生产金属钚，经特别配置以避免临界和辐射影响并且将毒性危害减到最小的完整系统.

4. 燃料元件制造厂

“燃料元件制造厂”包括的设备有:

(a) 通常直接接触、或直接加工或控制核材料生产流程的设备，或

(b) 将核材料封入包壳中的设备.

出口

仅根据该备忘录程序出口用于前述制造过程的整套物项．政府还将考虑对打算用于前述制造的任一过程以及燃料制造的其他过程例如检查包壳和密封的完整性和对密封燃料最后处理的各个物项适用该备忘录程序.

5. 铀同位素分离厂以及专门为其设计或制造的(除分析仪器以外)设备

可以认为属于为铀同位素分离“专门设计或制造的（除分析仪器外）的设备”这一概念范围的设备项目包括:

5.1. 气体离心机和专门设计或制造用于气体离心机的组件和构件

按语

气体离心机通常由一个（几个）直径在75毫米(3英寸）和400毫米(16英寸)之间的薄壁圆筒组成，圆筒处在真空环境中并且以大约300米／秒或更高的线速度旋转。旋转时其中轴线保持垂直。为了达到高的转速，旋转构件的结构材料必须具有高的强度／密度比，而转筒组件因而及其单个构件必须按高精度公差来制造以便使不平衡减到最小。与其他离心机不同，为浓缩铀用的气体离心机的特点是：在转筒室中有一个（几个）盘状转板和一个固定的管列用来供应和提取UF_6气体，其特点是至少有三个单独的通道，其中两个通道与从转筒轴向转筒室周边伸出的收集器相连。在真空环境中还有一些不转动的关键物项，它们虽然是专门设计的，但不难制造，也不是用独特的材料制造。不过，一个离心机设施需要大量的这种构件，因此其数量能提供最终应用的重要迹象。

5.1.1. 转动部件

(a) 完整的转筒组件:

用本节注释中所述的一种高强度／密度比的材料制造成的若干薄壁圆筒或一些相互连接的薄壁圆筒；如果是相互连接的，则圆筒通过以下5.1.1.(c)节中所述的弹性波纹管或环连接。转筒（如果是最终形式的话）装有以下第5.1.1.(d)和(e)节所述内档板和端盖。但是完整的组件只能以部分组装形式交货。

(b) 转筒

专门设计或制造的厚度为12毫米(0.5英寸)或更薄直径在75毫米(3英寸)和400毫米(16英寸)之间，用本节注释中所述各种高强度／密度比材料之一制造成的薄壁圆筒。

(c) 环或波纹管:

专门设计或制造用于局部支承转筒管或把数个转筒管连接起来的构件。波纹管是壁厚3毫米(0.12英寸)或更薄，直径在75毫米(3英寸)和400毫米(16英寸）之间，用本节注释中所述各种高强度／密度比材料之一制成的有褶短圆筒。

(d) 转盘:

专门设计或制造的直径在75毫米(3英寸)和400毫米(16英寸)之间，用本节注释中所述各种高强度／密度比材料之一制造成的安装在离心机转筒内的盘状构件，其作用是将排气室与主分离室隔开，在某些情况下帮助UF_6气体在转筒的主分离室中循环.

(e) 顶盖／底盖:

专门设计或制造的直径在75毫米(3英寸)和400毫米(16英寸)之间，用本节注释中所述各种高强度／密度比材料之一制造成的装在转筒管端部的盘状构件，这样就把UF_6包容在转筒内，在有些情况下还作为一个被结合的部分支承、保持和容纳上轴承件（顶盖）或支持马达的旋转件和下轴承件（底盖）.

注释

离心机转动构件所用材料是:

(a) 极限抗拉强度为2.05×10^9牛顿／平方米(300000磅／平方英寸)或更高的马氏体钢;

(b) 极限抗拉强度为0.46×10^9牛顿／平方米(67000磅／平方英寸)或更高的铝合金;

(c) 适合于复合结构用的纤维材料，其比模量应为12.3×10^6米或更高，比极限抗拉强度应为0.3×10^6米或更高（“比模量”是用牛顿／平方米表示的杨氏模量除以用牛顿／立方米表示的比重；“比极限抗拉强度”是用牛顿／平方米表示的极限抗拉强度除以用牛顿／立方米表示的比重）.

5.1.2. 静态部件

(a) 磁悬浮轴承

专门设计或制造的轴承组合件，由悬浮在充满阻尼介质箱中的一个环形磁铁组成．该箱要用耐UF_6的材料（见5.2.节的注释）制造．该磁铁与装在5.1.1.(e)节所述顶盖上的一个磁极片或另一个磁铁相组合．此磁铁可以是环形的，外径与内径的比小于或等于1.6:1．它的初始磁导率可以是0.15亨／米(120000厘米·克·秒制单位）或更高，或剩磁98.5%或更高，或产生的能量高于80千焦耳／立方米(10^7高斯－奥斯特）．除了具有通常的材料性质外，先决条件是磁轴对几何轴的偏离应限制在很小的公差范围（低于0.1毫米或0.004英寸）或特别要求磁铁材料有均匀性.

(b) 轴承／阻尼器:

专门设计或制造的架在阻尼器上的具有枢轴／盖的轴承．枢轴通常是一种淬硬钢轴，一端精加工成半球，而另一端能连在5.1.1.(e)节所述底盖上．但是这种轴可附有一个动压轴承．盖是球形的，一面有一个半球形陷穴．这些构件通常是单独为阻尼器提供的．

(c) 分子泵:

专门设计或制造的内部有已加工或挤压的螺纹槽和已加工的腔的泵体．典型尺寸如下：内直径75毫米(3英寸)到400毫米(16英寸)，壁厚10毫米(0.4英寸）或更厚，长度与直径之比为1比1．刻槽的横截面是典型的矩形，槽深2毫米(0.08英寸)或更深．

(d) 电动机定子:

专门设计或制造的环形定子，用于在真空中频率范围为600－2000赫兹，功率范围为50－1000伏安条件下同步运行的高速多相交流磁滞(或磁阻)式电动机．定子由在典型厚度为2.0毫米(0.08英寸)或更薄一些的薄层组成的低损耗叠片铁芯上的多相绕组组成．

(e) 离心机壳／收集器:

专门设计或制造用来容纳气体离心机的转筒组件的部件．离心机壳由一个壁厚达30毫米（1.2英寸）的刚性圆筒组成，它带有经过精密机械加工的两个端面以便固定轴承和一个或多个便于安装的法兰盘．这两个经过机械加工的端面相互平行，并以不大于0.05度的误差与圆筒轴垂直．离心机壳也可是一种格状结构以适应几个转筒．这种机壳通常用耐UF_6腐蚀的材料制造或是用这类材料加以保护．

(f) 收集器:

专门设计或制造的内径达12毫米（0.5英寸）的一些管件，它们用来借助皮托管作用（即利用一个例如扳弯径向配置的管的端部而形成的面迎转筒内环形气流的开口）从转筒内部提取UF_6气体，并且能与中心气体提取系统相连．这类管件一般用耐UF_6腐蚀的材料制造或用这类材料加以保护．

5.2. 为气体离心浓缩装置专门设计或制造的辅助系统、设备和部件

按语

气体离心浓缩工厂用的辅助系统、设备和部件是向离心机供应UF_6、把单个离心机相互连接起来以组成级联(多级)从而逐渐提高浓缩度并且从离心机中提取UF"产品"和"尾料"所需工厂的各种系统，再加上驱动离心机或控制该工厂所需要的设备。

通常利用经加热的高压釜将UF_6从固体蒸发，气态形式的UF_6通过级联集管线路被分配到各个离心机。通过级联集管线路使从离心机流出的UF_6"产品"和"尾料"气流通到冷阱（在约203K(-70℃)下工作)，气流在冷阱先冷凝，然后再送入适当的容器以便运输或贮存。由于一个浓缩工厂由排成级联式的好几千个离心机组成，所以级联的集管线路有好几公里长，含有好几千条焊缝而且管道布局大量重复。上述设备、部件和管道系统都是按非常高的真空和净度标准制造的。

5.2.1. 供料系统／产品和尾料提取系统

专门设计或制造的流程系统包括:

供料釜（或供料器），用于以高达100千牛顿／平方米(15磅／平方英寸）的压力和1公斤／小时（或更大）的速率使UF_6通向离心机级联;

凝华器（或冷阱），用于以高达3千牛顿／平方米(0.5磅／平方英寸)的压力从级联中取出UF_6。凝华器能被冷却到203K(-70℃)和加热到343K(70℃);

"产品"和"尾料"器，用来把UF_6收集到容器中。

这种设施、设备和管路全部用耐UF_6的材料制成或用作衬里(见本节的按语），并且按很高的真空和净度标准制造。

5.2.2. 机械集管系统

专门设计或制造用于在离心机级联中操作UF_6的管路系统和集管系统。管路网络通常是"三头"集管系统，每个离心机连接一个集管头。这样，在形式上有大量重复。所有的都用耐UF_6的材料（见本节注释)制成并且按很高的真空和净度标准制造。

5.2.3. UF_6质谱仪／离子源

专门设计或制造的磁质谱仪或四极质谱仪，这两种谱仪能从UF_6气流中"在线"取得供料、产品或尾料的样品，并且具有以下所有特点:

1. 质量的单位分辨率高于320:

2. 离子源用镍铬合金或蒙乃尔合金制成或以这些材料作为衬里或镀镍;

3. 电子轰击离子源;

4. 有一个适合于同位素分析的收集系统.

5.2.4. 频率变换器

为满足5.1.2.(d)中定义的电机定子的需要而专门设计或制造的频率变换器(又称变频器或变换器)或这类频率变换器的部件、构件和子配件.它们具有下述所有特点:

1. 多相输出600 - 2000赫兹;

2. 高稳定性(频率控制优于0.1%);

3. 低谐波畸变(低于2%); 和

4. 效率高于80%.

注释

以上所列物项不是直接接触UF_6流程气体就是直接控制离心机和直接控制这种气体从离心机到离心机以及从级联到级联的通路.

耐UF_6腐蚀的材料包括不锈钢、铝、铝合金、镍或含镍60%以上的合金.

5.3. 专门设计或制造用于气体扩散法浓缩的组件和部件

按语

用气体扩散法分离铀同位素时,主要的技术组件是一个特制的多孔气体扩散膜、用于冷却(经压缩过程所加热)气体的热交换器、密封阀和控制阀以及管道.由于气体扩散技术合用的是六氟化铀(UF_6),所有的设备、管道和仪器仪表(与气体接触的)表面都必须用同UF_6接触时能保持稳定的材料制成.一个气体扩散设施需要许多这样的组件,因此其数量能提供最终任用的重要迹象.

5.3.1. 气体扩散膜

(a) 专门设计或制造的由耐UF_6腐蚀的金属、聚合物或陶瓷材料制成的,很薄的多孔过滤膜,孔的大小为100 - 1000Å(埃),膜厚5毫米(0.2英寸)(或以下),对于管状膜来说,直径为25毫米(1英寸)(或以下);和

(b) 为制造这种过滤膜而专门制备的化合物或粉末.这类化合物或粉末包括镍或含镍60%(或以上)的合金、氧化铝或纯度99.9%(或以上)的耐

UF_6的完全氟化的烃聚合物，颗粒大小低于10微米．颗粒大小高度均匀．这些都是专门为制造气体扩散膜准备的．

5.3.2. 扩散室

专门设计或制造的直径大于300毫米(12英寸)，长度大于900毫米(35英寸)的密闭式圆柱形容器或尺寸相当的方形容器；该容器有直径都大于50毫米(2英寸)的一个进气管和两个出气管，容器用于容纳气体扩散膜，由耐UF_6的材料制成或以其作为衬里，并且设计卧式或垂直安装．

5.3.3. 压缩机和鼓风机

专门设计或制造的轴向离心式压缩机或容积式压缩机或鼓风机，以及这类压缩和鼓风机的单独组件．压缩机或鼓风机吸气能力为1立方米UF_6／分（或更大），出口压力高达几百千牛顿／平方米（100磅/平方英寸），设计成在具有或没有适当功率的电动机的UF_6环境中长期运行．这种压缩机和鼓风机的压力比在2:1和6:1之间，用耐UF_6的材料制成或用其作为衬里．

5.3.4. 转动轴封

专门设计或制造的真空密封装置，有密封式进气口和出气口，用于密封把压缩机或鼓风机转子同传动马达连接起来的转动轴，以保证可靠的密封，防止空气渗入充满UF_6的压缩机或鼓风机的内腔．这种密封装置通常设计成将缓冲气体泄漏率限制到小于1000立方厘米／分(60立方英寸/分)．

5.3.5. 冷却UF_6的热交换器

专门设计或制造的，用耐UF_6的材料（不锈钢除外）制成或以其作为衬里或以铜或这些金属的复合物作衬里的热交换器，在压差为100千牛顿／平方米(15磅/平方英寸)下渗透压力变化率小于每小时10牛顿／平方米(0.0015磅／平方英寸）．

5.4. 专门设计或制造的用于气体扩散浓缩的辅助系统、设备和部件

按语

气体扩散浓缩工厂用的辅助系统、设备和部件，是向气体扩散组件供应UF_6，把单个组件相互联结组成级联(或多级）以便使浓缩度逐步增高并且从各个扩散级联中提取UF_6“产品”和“尾料”所需要的工厂系统．由于扩散级联的很高惯性，级联运行的任何中断，

特别是停车，会导致严重后果．因此，在所有工艺系统中严格、持续地保持真空、自动防止事故、准确自动调节气流对气体扩散工厂是很重要的．所有这一切，使得该工厂需要装备大量特别的测量、调节和控制系统．

通常UF_6从置于高压釜内的圆筒中蒸发，以气态经级联集管管路通到进口．从出口流出的UF_6“产品”和“尾料”气流通过级联集管管路通到冷阱或压缩装置，UF_6气体在这里液化，然后再进到适当的容器以便运输或贮存．由于一个浓缩工厂由排成级联式的无数个气体扩散组件组成，所以级联的集管管线有好几公里长，含有好几千条焊缝而且管道布局大量重复．上述设备、部件和管道系统都按非常高的真空和净度标准制造．

5.4.1. 供料系统／产品和尾料提取系统

专门设计或制造的能在300千牛顿／平方米(45磅/平方英寸)或以下的压力下运行的流程系统，包括:

供料釜（或供料系统），用于使UF_6通向气体扩散级联;

凝华器（或冷阱），用于从扩散级联中取出UF_6;

液化器，将来自级联的UF_6气体压缩并冷凝成液态UF_6;

“产品”或“尾料”器，用来把UF_6收集到容器中．

5.4.2. 集管管路系统

专门设计或制造用于在气体扩散级联中操作UF_6的管路系统和集管系统．这种管路网络通常是“双头”集管系统，每个扩散单元连接一个集管头．

5.4.3. 真空系统

(a) 专门设计或制造的大型真空歧管、真空集管和抽气能力为5立方米/分（或以上）的真空泵．

(b) 专门设计的在含UF_6气氛中使用的真空泵，用铝、镍或含镍量高于60%的合金制成或以其作为衬里．这些泵可以是旋转式或正压式，可有排代式密封和碳氟化合物密封并且可以存在有特殊工作液体．

5.4.4. 特种关闭阀和控制阀

专门设计和制造的，由耐UF_6材料制成，直径40至1500毫米(1.5至59英寸)可手动或自动的关闭阀和控制波纹管阀；用来安装在气体扩散浓缩工厂的主要和辅助系统中．

5.4.5. UF_6质谱仪／离子源

专门设计或制造的磁质谱仪或四极质谱仪，这些谱仪能从UF_6气流中“在线”取得供料、产品或尾料的样品，并且具有以下所有特点：

1. 质量的单位分辨率高于320；

2. 离子源用镍铬合金或蒙乃尔合金制成或以这些材料作为衬里或镀镍；

3. 电子轰击离子源；

4. 有一个适合于同位素分析的收集系统。

注释

以上所列物项不是直接接触UF_6流程气体就是直接控制级联中的气流．所有直接接触流程气体的表面都要完全由耐UF_6材料制成或以其作为衬里．对于与气体扩散物项有关的本节来说，耐UF_6腐蚀的材料包括不锈钢、铝、铝合金、氧化铝、镍或含镍60%以上的合金以及耐UF_6的完全氟化的烃聚合物．

5.5. 专门设计或制造用于气动浓缩厂的系统、设备和部件

按语

在气动浓缩过程中，要压缩气态UF_6和轻气体（氢或氦）的混合气，然后使其通过分离元件．在这些元件中，通过在一个曲壁几何结构面上产生的高离心力，完成同位素分离．已经成功地开发了这种类型的两个过程：喷嘴分离过程和涡流管过程．就这两种过程而言，一个分离级的主要部件包括容纳专用分离元件（喷嘴或涡流管）的圆筒状容器、气体压缩机和用来移出压缩热的热交换器．一座气动浓缩工厂需要若干个这种分离级：因此其数量能提供最终用途的重要迹象．由于气动过程使用UF_6，所有设备、管线和仪器仪表中与这种气体接触的表面，都必须用同UF_6接触时能保持稳定的材料制成．

注释

本节所列物项不是直接接触UF_6过程气体就是直接控制级联中的这种气流．所有与UF_6这种过程气体接触的表面，均需用耐UF_6材料制造或用耐UF_6材料保护．就本切有关气动浓缩物项而言，能耐UF_6腐蚀的材料包括：钼、不锈钢、铝、铝合金、镍或含镍60%或60%以上的合金；和耐UF_6全氟烃聚合物．

5.5.1. 分离喷嘴

专门设计或制造的分离喷嘴及其组件．喷嘴由一些狭缝状、曲率半径小于1毫米（一般为0.1毫米至0.05毫米）的耐UF_6腐蚀的弯曲通道组成，喷嘴中有一刀口能将流过该喷嘴的气体分成两部分。

5.5.2. 涡流管

专门设计或制造的涡流管及其组件．涡流管呈圆筒形或锥形，用耐UF_6腐蚀材料制成或加以保护，其直径在0.5厘米至4厘米之间，长径比率为20:1或更小，并带有1个或多个切向．进口涡流管的一端或两端装有喷嘴型附件．

注释

供料气体在涡流管的一端切向进入涡流管，或通过一些涡旋阀，或从沿涡流管周边分布的若干个切向位置进入涡流管．

5.5.3. 压缩机和鼓风机

专门设计或制造的用耐UF_6腐蚀材料制成或加以保护的轴向离心式或容积式压缩机或鼓风机其体积吸入能力为2立方米／分或更大的UF_6／载体气（氢或氦）混合气．

注释

这些压缩机和鼓风机的压力比一般在1.2:1和6:1之间．

5.5.4. 转动轴封

专门设计或制造的带有密封式进气口和出气口的转动轴封，用作密封与压缩机或鼓风机转子连接起来驱动马达的轴，以便保证可靠的密封，防止过程气体外漏或空气或密封气体内漏入充满UF_6／载气混合气的压缩机或鼓风机内腔．

5.5.5. 冷却气体用热交换器

专门设计或制造的用耐UF_6腐蚀材料制成或加以保护的热交换器．

5.5.6. 分离元件外壳

专门设计或制造的用耐UF_6腐蚀的材料制成或加以保护的用作容纳涡流管或分离喷嘴的分离元件外壳．

注释

这种外壳可以是直径大于300毫米长度大于900毫米的圆筒状容器，或是与上述相近尺寸的矩形容器，并可设计成便于水平安装或竖直安装的形式．

5.5.7. 供料系统／产品和尾料提取系统

专门为浓缩工厂设计或制造的用耐UF6腐蚀材料制成的或加以保护的流程系统或，包括：

(a) 供料高压釜、供料加热炉或供料系统，用作把UF_6送入浓缩过程；

(b) 凝华器（或冷阱），用于从浓缩过程中移出UF_6，供下一步加热转移；

(c) 固化器或液化器，用于通过压缩UF_6并将其转化为一种液态形式或固态形式，从浓缩流程中移出UF_6；

(d) “产品”器和“尾料”器，用于将UF_6转移入各容器中。

5.5.8. 集管管路系统

专门为操作气动级联中的UF_6设计或制造的用耐UF_6腐蚀材料制成或保护的集管管路系统。这种管路系统通常是“双头”集管系统，每级或每个级组连接一个集管头。

5.5.9. 真空系统和泵

(a) 为在含UF_6气氛中工作而专门设计或制造的吸入能力为5立方米／分或更大的由若干真空歧管、真空集管和真空泵组成的真空系统，

(b) 为在含UF_6气氛中工作而专门设计或制造的，用耐UF_6腐蚀的材料制成或保护的真空泵。这些泵也可用氟碳密封和特殊工作流体。

5.5.10. 特种截流阀和控制阀

为安装在气动浓缩工厂的主要和辅助系统而专门设计或制造的，用耐UF_6腐蚀材料制成的或保护的，直径为40-1500毫米的可手动或自动截流阀和控制波纹管阀。

5.5.11. UF_6质谱仪／离子源

专门设计或制造的磁质谱仪或四极质谱仪，这些谱仪能从UF_6气流中“在线”取得供料、产品或尾料的样品，并且具有所有以下特点：

1. 质量的单位分辨率高于320；

2. 用镍铬合金或蒙乃尔合金制成或以这些材料为衬里或镶嵌镍的离子源；

3. 电子轰击离子源;

4. 适合于同位素分析的收集器系统.

5.5.12. UF_6/载体气分离系统

为将UF_6与载体气（氢或氦）分离开来而专门设计或制造的过程系统.

注释

这些系统是为将载体气中的UF_6含量降至1ppm或更低而设计的，并可含有下述的设备:

(a) 能以-120°C或更低温度工作的低温热交换器和低温分离器，或

(b) 能以-120°C或更低温度工作的低温致冷设备，或

(c) 用于将UF_6与载体气分离开来的分离喷嘴或涡流管设备，或

(d) 能以-20°C或更低温度工作的UF_6冷阱.

5.6. 专门设计或制造用于化学交换或离子交换浓缩工厂的系统、设备和部件

按语

铀的几种同位素在质量上的微小差异，能引起化学反应平衡的小的变化．这可用来作同位素分离的基础．已经开发成功两种工艺过程：液一液化学交换过程和固一液离子交换过程.

在液一液化学交换过程中，两种不混溶的液相（水相和有机相）作逆流接触，结果给出数千分离级的级联效果．水相通常由含氯化铀的氢氯酸浴液组成；有机相通常由载氯化铀的萃取剂的有机溶剂组成．分离级联中使用的接触器可以是液一液交换柱（例如带有筛板的脉冲柱），或是液体离心接触器．在分离级联的两端要求实现化学转化（氧化和还原）以保证各端的回流要求．一个重要的设计问题是避免这些过程物流被某些金属离子沾污．所以，一般使用塑料的、衬塑料的（包括用氟碳聚合物）和（或）衬玻璃的柱和管线.

在固一液离子交换过程中，浓缩是由铀在一种特制的作用很快的离子交换树脂或吸附剂上的吸附／解吸完成的．使铀的氢氯酸中溶液和其他化学试剂，从载有吸附剂填充的柱形浓缩柱中通过．就一个连续过程而言，需要有一个回流系统，以便把从吸附剂上解吸下来的铀返回到液流中，这样便可收集“产品”和“尾料”．这是通过使用适宜的还原／氧化化学试剂来完成的．这种试剂可在单独的外部的系统中完全再生，并可在同位素分离柱内部分地再生．由于在这种工艺过程中有热的浓氢氯酸溶液存在，使用的设备应该用专门的耐腐材料制作或保护.

5.6.1. 液一液交换柱（化学交换）

为使用化学交换过程的铀浓缩工厂专门设计或制造的，有机械动力输入的逆流液一液交换柱（即带有筛板的脉冲柱、往复板柱和带有内部涡轮

混合器的柱）。为了耐浓盐酸溶液的腐蚀，这些交换柱及其内部构件一般用适宜的塑料（例如氟碳聚合物）或玻璃制作或保护。交换柱的级停留时间一般被设计得很短（30秒或更短）。

5.6.2. 液—液离心接触器（化学交换）

为使用化学交换过程的铀浓缩工厂而专门设计或制造的液—液离心接触器。此类接触器利用转动来达到有机相与水相的分散，然后借助离心力来分离开这两相。为了能耐浓盐酸溶液的腐蚀，这些接触器一般用适当的塑料（例如碳氟聚合物）来制作，或衬以玻璃。离心接触器的级停留时间被设计得很短（30秒或更短）。

5.6.3. 铀还原系统和设备（化学交换）

(a) 为使用化学交换过程的铀浓缩工厂专门设计或制造的，用来将铀从一种价态还原为另一种价态的电化学还原槽。与过程溶液接触这种槽的材料必须能耐浓盐酸溶液腐蚀。

注释

这种槽的阴极室必须设计成能防止铀被再氧化到较高的价态。为了把铀保持在阴极室中，这种槽可有一个由特种阳离子交换材料制成的抗渗的隔膜。阴极一般由石墨之类适宜的固态导体组成。

(b) 装在级联的产品端为将有机相流中的四价铀U^{+4}移出、调节酸浓度和向电化学还原槽供料而专门设计和制造的系统。

注释

这些系统由以下设备组成：将有机相流中的四价铀U^{+4}反萃取到水溶液中的溶剂萃取设备，完成溶液pH值调节和控制的蒸发设备和（或）其他设备，以及向电化学还原槽供料的泵或其他输送装置。一个重要设计问题是要避免水相流被某些种类的金属离子沾污。因此，对该系统那些接触这种过程物流的部分，要用适当的材料（例如玻璃、碳氟聚合物、聚苯硫酸酯、聚醚砜和用树脂浸过的石墨）制成或保护的设备来构成。

5.6.4. 供料准备系统（化学交换）

专门设计或制造的，用来为化学交换铀同位素分离工厂生产高纯氯化铀供料溶液的系统。

注释

这些系统由进行纯化所需的溶解设备、溶剂萃取设备和（或）离子交换设备，以及用来将六价铀U^{+6}或四价铀U^{+4}还原为三价铀U^{+3}的电解槽组成。这些系统产生只有几个ppm铬、

铁、钒、钼和其他两价或价态更高的阳离子金属杂质的氯化铀溶液。处理高纯铀U^{+3}的系统的若干部分的建造材料包括玻璃、碳氟聚合物、聚苯硫酸酯或聚醚砜塑料衬里的石墨和用树脂浸过的石墨。

5.6.5. 铀氧化系统（化学交换）

专门设计或制造用于将三价铀U^{+3}氧化为四价铀U^{+4}以便返回化学交换浓缩过程的铀同位素分离级联的系统。

注释

这些系统可含有诸如下述设备:

(a) 使氯气和氧气与来自同位素分离设备的水相流相接触的设备以及将所得四价铀U^{+4}萃入由级联的产品端返回的已被反萃取过的有机相的设备，

(b) 使水与盐酸分离开来，以便可使水和加浓了的盐酸在适当位置被重新引入工艺过程的设备。

5.6.6. 加速反应离子交换树脂/吸附剂（离子交换）

为以离子交换过程进行铀浓缩而专门设计或制备的快速反应离子交换树脂或吸附剂包括：多孔大网络树脂，和（或）薄膜结构（在这些结构中，活性化学交换基团仅限于非活性多孔支持结构表面的一个涂层），以及处于包括颗粒或纤维在内的任何适宜形式的其他复合结构。这些离子交换树脂/吸附剂有0.2毫米或更小的直径，而且在化学性质上必须能耐浓盐酸溶液腐蚀，在物理性质上必须有足够的强度因而在交换柱中不被降解。这些树脂/吸附剂是专门为实现很快的铀同位素交换动力学过程（低于10秒的交换速率减半期）而设计的，并且能在100-200℃的温度范围下操作。

5.6.7. 离子交换柱（离子交换）

为以离子交换过程进行铀浓缩而专门设计或制造的用于容纳和支撑离子交换树脂/吸附剂填充床层的直径大于1000毫米的圆筒状柱。这些柱一般用耐浓盐酸溶液腐蚀的材料（例如钛或碳氟塑料）制成或保护，并能在100-200℃的温度范围内和高于70万牛顿/平方米（102磅/平方英寸）的压力下操作。

5.6.8. 离子交换回流系统（离子交换）

(a) 专门设计或制造的用于使离子交换铀浓缩级联中所用化学还原剂再生的化学或电化学还原系统。

(b) 专门设计或制造的用于使离子交换铀浓缩级联中所用化学氧化剂再生的化学或电化学氧化系统.

注释

离子交换浓缩过程可使用例如三价钛(Ti^{+3})作为还原阳离子，在这种情况下，所用还原系统将通过还原四价钛Ti^{+4}使三价钛Ti^{+3}再生.

离子交换浓缩过程可使用例如三价铁(Fe^{+3})作为氧化剂，在这种情况下，所用氧化系统将通过氧化二价铁Fe^{+2}来使三价铁Fe^{+3}再生.

5.7. 专门设计或制造用于以激光为基础的浓缩工厂的系统、设备和部件

按语

目前利用激光的浓缩过程的系统有两类：一类是过程介质为原子铀蒸气的系统，另一类是过程介质为铀化合物的蒸气的系统. 这样一些过程的通常名称包括：第一类——原子蒸气激光同位素分离(AVLIS或SILVA)；第二类－－分子激光同位素分离(MLIS或MOLIS)和同位素选择性激光活化化学反应(CRISLA). 用于激光浓缩工厂的系统、设备和部件包括：(a)铀金属蒸气供料装置（用于选择性光电离）或铀的化合物蒸气供料装置（用于光离解或化学活化）；(b)第一类中作为“产品”和“尾料”的浓缩的铀金属和贫化的铀金属收集装置，和第二类中作为“产品”和“尾料”的离解的或反应的化合物和未发生变化材料的收集装置；(c)用于选择性地激发铀-235的激光过程系统；和(d)供料准备设备和产品转化设备. 鉴于铀原子和铀化合物能谱的复杂性，可能需要同现有激光技术中的任何一种联合使用.

注释

本节所列的许多物项将直接接触铀金属蒸气、液态金属铀，或由UF_6或UF_6和其他气体的混合物组成的过程气体. 所有与铀或UF_6接触的表面，都全部地由耐腐蚀材料制造或保护. 就有关基于激光的浓缩的物项而言，耐铀金属或铀合金蒸气或液体的腐蚀的材料包括：氧化钇涂敷石墨和钽；耐UF_6腐蚀的材料包括：铜、不锈钢、铝、铝合金、镍或镍含量不低于60%的合金和耐UF_6腐蚀的完全氟化的烃聚合物.

5.7.1. 铀蒸发系统(AVLIS)

专门设计或制造的铀蒸发系统. 这些系统含有大功率条带式或扫描式电子束枪，其供到靶上的功率大于2.5千瓦/厘米.

5.7.2. 液态铀金属处理系统(AVLIS)

专门设计或制造由一些坩埚及其冷却设备组成用于处理熔融铀或铀合金的液态金属处理系统.

注释

这种系统的坩埚蓄其他接触熔融铀或铀合金的部分，要用有适当的耐腐蚀和耐高温性能的材料制成或保护．适当的材料包括钽、氧化钇涂敷石墨、用其他稀土氧化物或其混合物涂敷的石墨．

5.7.3. 铀金属“产品”和“尾料”收集器组件(AVLIS)

专门设计或制造用于收集液态或固态铀金属的“产品”和“尾料”收集器组件．

注释

这些组件的部件由耐铀金属蒸气或液体的高温和腐蚀性的材料（例如氧化钇涂敷石墨或钽）制成或保护．这类部件可包括用于磁的、静电的或其他分离方法的管、阀、管接头、‘出料槽’、进料管、热交换器和收集板．

5.7.4. 分离器组件外壳(AVLIS)

专门设计或制造的圆筒状或矩形容器，用于容纳铀金属蒸气源、电子束枪，及“产品”与“尾料”收集器．

注释

这些外壳有多种样式的开口，用于电源电缆、供水管、激光束窗、真空泵接头和仪器诊断和监测．这些开口均设有开闭装置，以便整修内部的部件．

5.7.5. 超声膨胀喷嘴(MLIS)

专门设计或制造的超声膨胀喷嘴，用于冷却UF_6与载体气的混合气至150K或更低的温度．这种喷嘴耐UF_6腐蚀．

5.7.6. 五氟化铀产品收集器（MLIS）

专门设计或制造的五氟化铀(UF_5)固态产品收集器．这种收集器是过滤式、冲击式或旋流式收集器，或其组合；并且耐UF_5/UF_6环境的腐蚀．

5.7.7. UF_6/载体气压缩机(MLIS)

为在UF_6环境中长期操作而专门设计或制造的UF_6/载体气混合气压缩机．这些压缩机中与过程气体接触的部件用耐UF_6腐蚀的材料制成或保护．

5.7.8. 转动轴封(MLIS)

专门设计或制造的有密封的进气口和出气口的转动轴封，用于密封把压缩机转子与驱动马达连接起来的轴，以保证可靠的密封，防止过程气体外漏，或空气或密封气体漏入充满UF_6/载体气混合气的压缩机内腔．

5.7.9. 氟化系统（MLIS)

专门设计或制造的用于将UF_5（固体）氟化为UF_6（气体）的系统.

注释

这些系统是为将所收集的UF_5粉末氟化为UF_6而设计的. 其UF_6随后将被收集于产品容器中，或作为进料被转送到为进行进一步浓缩而设置的MLIS单元中. 在一种方案中，这种氟化反应可在同位素分离系统内部完成，以便一离开“产品”收集器便反应和回收. 在另一种方案中，UF_5粉末将被从“产品”收集器中移出/转送到一个适当的反应容器（例如流化床反应器、螺旋反应器或火焰塔式反应器）中进行氟化. 在这两种方案中，都使用氟气（或其他适宜的氟化剂）贮存和转送设备，以及UF_6收集和转送设备.

5.7.10. UF_6质谱仪/离子源(MLIS)

专门设计或制造的磁质谱仪或四极质谱仪，这些质谱仪能从UF_6气流中“在线”取得供料、“产品”或“尾料”的样品，并且有以下所有特点:

1. 质量的单位分辨率高于320;

2. 离子源用镍铬合金或蒙乃尔合金制成或以这些材料作为衬里或镀镍;

3. 电子轰击离子源;

4. 有适于同位素分析的收集系统.

5.7.11 进料系统/产品和尾料提取系统（MLIS）

为浓缩厂专门设计或制造的工艺系统或设备，由耐UF_6腐蚀的材料制造或用这种材料保护，包括:

(a) 进料蒸压釜、加热炉或系统，用于使UF_6进入浓缩过程;

(b) 凝华器（或冷阱），用于使UF_6离开浓缩过程以便随后在受热时转移;

(c) 固化或液化器，用来通过压缩和把UF_6转变成液态或固态，使UF_6离开浓缩过程;

(d) “产品”或“尾料”器，用于把UF_6收集到容器内.

5.7.12. UF_6/载体气分离系统（MLIS）

为将UF_6从载体气中分离出来专门设计或制造的工艺系统. 载气可为氮、氩或其他气体.

注释

这类系统可装有设备例如:

(a) 低温热交换器或低温分离器，能承受-120℃或更低的温度;

(b) 低温冷冻器，能承受-120℃或更低的温度;

(c) UF_6冷阱，能承受-20℃或更低的温度.

5.7.13. 激光器系统（AVLIS,MLIS和CRISLA）

为铀同位素分离专门设计或制造的激光器或激光系统.

注释

在以激光为基础的浓缩过程中有重要意义的激光器和激光部件包括INFCIRC/254/Rev.1/Part.2项目3.6中所指出的那些激光器及部件. AVLIS过程使用的激光系统通常由两个激光器组成: 一个铜蒸气激光器和一个染料激光器. MLIS使用的激光系统通常由一个CO_2激光器或激发激光器和一个多道光学腔（两端有旋转镜）组成. 这两种过程使用的激光器或激光系统都需要有一个谱频稳定器以便能够长时间地工作.

5.8. 专门设计和制造的用于等离子体分离浓缩厂的系统、设备和部件

按语

在等离子体分离过程中，铀离子等离子体通过一个调到铀-235离子共振频率的电场，这样铀离子优先吸收能量并增大它们螺旋状轨道的直径. 具有大直径径迹的离子被捕集从而产生铀-235被浓集的产品. 由电离的铀蒸气组成的等离子体被约束在具有由超导磁体产生的高强度磁场的真空室内. 这个过程的主要技术系统包括铀等离子体发生系统，带有超导磁体的分离器组件和用于搜集“产品”和“尾料”的金属移出系统.

5.8.1. 微波动力源和天线

为产生或加速离子专门设计或制造的微波动力源和天线，具有以下特性: 频率高于30千兆赫兹，和用于产生离子的主功率输出大于50千瓦.

5.8.2. 离子激发蛇形管

专门设计或制造的射频离子激发蛇形管，用于高于100千赫的频率并能够输送的平均功率高于40千瓦.

5.8.3. 铀等离子体发生系统

为产生铀等离子体专门设计或制造的系统，这种系统可装有高功率条带式或扫描式电子束枪，靶上的释热高于2.5千瓦/厘米.

5.8.4. 液态铀金属操作系统

专门设计制造的用于熔融的铀或铀合金的液态金属操作系统，包括坩埚和坩埚用冷却设备。

注释

这种系统中与熔融的铀或铀合金接触的坩埚和其他部件由适当的抗腐蚀和抗热材料构成或由这种材料作防护层。可适用的材料包括钽、有钇涂层的石墨、有其他稀土元素氧化物或这类氧化物的混合物涂层的石墨。

5.8.5. 铀金属“产品”和“尾料”收集器组件

专门设计或制造的用于固态铀金属的“产品”和“尾料”收集器组件。这类收集器组件由抗热和抗铀金属蒸汽腐蚀的材料构成或由这类材料作防护层，例如有钇涂层的石墨或钽。

5.8.6. 分离器组件外壳

专门设计或制造的圆柱形容器，供等离子体分离浓缩厂用来容纳铀等离子体源、射频驱动蛇形管和“产品”和“尾料”收集器。

注释

这种外壳有多种形式的开口，用于供电装置、扩散泵接头和仪器仪表诊断和监测。这些开口设有开闭装置，以便整修内部部件；它们由适当的非磁性材料例如不锈钢构成。

5.9. 专门设计或制造的用于电离浓缩厂的系统、设备和组件

按语

在电磁过程中，由一种盐原料（典型的是氯化铀）离子化产生的金属铀离子被加速并通过一个能使不同同位素离子流经不同径迹的磁场。电磁同位素分离器的主要组件包括：同位素离子束分散/分离用的磁场、离子源及其加速系统和收集经分离的离子的系统。这个过程的辅助系统包括磁体供电系统、离子源高压供电系统、真空系统以及产品回收及部件的清洁/再循环用多种化学处理系统。

5.9.1. 电磁同位素分离器

为分离铀同位素专门设计或制造的电磁同位素分离器及其设备和部件包括：

(a) 离子源

专门设计或制造的一种或多种铀离子源由真空源、电离剂和射束加速器组成，用石墨、不锈钢或铜等一类适当材料建造，能提供总强度为50毫安或更高的离子束流.

(b) 离子收集器

收集器板极由专门为收集浓缩和贫化铀离子束而设计或制造的两个或多个槽和容器组成，用石墨或不锈钢一类的适当材料建造.

(c) 真空外壳

为铀电磁分离器专门设计或制造的真空外壳，用不锈钢一类的非磁性适当材料建造，设计在0.1牛顿/平方米或以下的压力下运行.

注释

外壳专门设计成装有离子源、收集器板极和水冷却管路，并有用于扩散泵连接结构和可用来移出和重新安装这些部件的开闭结构.

(d) 磁极块

专门设计或制造的磁极块，直径大于2米，用来在电磁同位素分离器内维持恒定磁场并在毗连分离器之间传输磁场.

5.9.2. 高压供电系统

为离子源专门设计或制造的高压电源，具有以下所有特点：能连续工作，输出电压为20000伏或更高，输出电流为1安或更高，电压稳定性在8小时内高于0.01%.

5.9.3. 磁体供电系统

专门设计或制造的高压直流磁体电源，具有以下所有特点：能在100伏或更高的电压下连续产生500安或更高的电流输出，电流或电压稳定性在8小时内高于0.01%.

6. 生产重水、氘和氘化物的工厂以及专门为其设计或制造的设备

按语

重水可以通过各种各样方法生产.然而只有两种方法已证明具有商业意义：水－硫化氢交换法（GS法）和氨－氢交换法.

GS方法是基于在一系列塔内（通过顶部冷和底部热的方式操作)水和硫化氢之间氢与氘交换的一种方法．在此过程中，水向塔低流动，而硫化氢气体从塔底向塔顶循环．使用一系列带孔的塔板促进硫化氢气体和水之间的混合．在低温下氘向水中迁移，而在高温下氘向硫化氢中迁移．氘被浓缩了的硫化氢气体或水从第一级塔的热段和冷段的接合处排出，并且在下一级塔中重复这一过程．最后一级的产品（氘浓缩至高达30%的水）送入一个蒸馏单元以制备反应堆级的重水（即99.75%的氧化氘).

氨－氢交换法可以在催化剂存在下通过同液态氨的接触从人造气中提取氘．人造气被送进交换塔，而后送至氨转换器．在交换塔内气体从塔底向塔顶流动，而液氨从塔顶向塔底流动．氘从人造气的氢中洗涤下来并在液氨中浓集．液氨然后流入塔底部的裂化器，而气体流入塔顶部的氨转换器．在以后的各级中得到进一步浓缩，最后通过蒸馏生产出反应堆级重水．人造气进料可由氨厂提供，而这个氨厂也可以结合氨－氢交换法重水厂一起建造．氨－氢交换法也可以用普通水作为氘的供料源．

利用GS法或氨－氢交换法生产重水的工厂所用的许多关键设备项目是与化学工业和石油工业的若干生产工序所用设备相同的．对于利用GS方法的小厂来说尤其如此．然而，这种设备项目很少有“现货”供应．GS法和氨－氢交换法要求在高压下处理大量易燃、有腐蚀性和有毒的流体．因此，在制定使用这些方法的工厂和设备所用的设计和运行标准时，要求认真注意材料的选择和材料的规格，以保证在长期服务中有高度的安全性和可靠性．规模的选择主要取决于经济性和需要．因而，大多数设备项目将按照用户顾主的要求制造．

最后，应该指出，对GS法和氨－氢交换法而言，单个的并非专门设计或准备用于重水生产的设备项目可以组装成专门设计或准备用于生产重水的系统．氨－氢交换法所用的催化剂生产系统和在上述两方法中将重水最终加浓至反应堆级所用的水蒸馏系统就是此类系统的实例．

专门设计或准备用于利用水－硫化氢交换法或氨－氢交换法生产重水的设备项目包括如下:

6.1. 水－硫化氢交换塔

专门设计或准备用于利用水－硫化氢交换法生产重水的用精制碳钢（例如ASTMA516)制造的交换塔．该塔直径6米(20英尺)至9米(30英尺)，能够在大于或等于200万牛顿/平方米(300磅/平方英寸)压力下和6毫米或更大的腐蚀允量下运行．

6.2. 鼓风机和压缩机

专门为利用水－硫化氢交换法生产重水而设计或准备的用于循环硫化氢气体（即含H_2S70%以上的气体）的单级、低压头（即20万牛顿/平方米或30磅/平方英寸）离心式鼓风机或压缩机．这些鼓风机或压缩机的气体通过能力大于或等于56米^3/秒(120000SCFM)，能在大于或等于180万牛顿/平

方米(260磅/平方英寸)的吸力压力下运行，并有对湿H_2S介质的密封设计.

6.3. 氨－氢交换塔

专门设计或准备用于利用氨－氢交换法生产重水的氨－氢交换塔．该塔高度大于或等于35米(114.3英尺)，直径1.5米(4.9英尺)至2.5米(8.2英尺)，能够在大于1500万牛顿/平方米(2225磅／平方英寸)压力下运行．这些塔至少都有一个用法兰联结的轴向孔，其直径与交换塔筒体部分直径相等，通过此孔可装入或拆除塔内构件.

6.4. 塔内构件和多级泵

专门为利用氨－氢交换法生产重水而设计或准备的塔内构件和多级泵．塔内构件包括专门设计的促进气／液充分接触的多级接触装置．多级泵系指专门设计的可浸入水中用来将一个接触级内的液氨向其他级塔循环的泵.

6.5. 氨裂化器

专门设计或准备利用氨－氢交换法生产重水的氨裂化器．该装置能在大于或等于3万牛顿/平方米(450磅/平方英寸)的压力下运行.

6.6. 红外吸收分析器

能在氘浓度等于或高于90%的情况下“在线”分析氢／氘比的红外吸收分析器.

6.7. 催化燃烧器

专门设计和准备用于利用氨－氢交换法生产重水时将浓缩氘气转化成重水的催化燃烧器.

7. 铀转化厂及专门为其设计或制造的设备

按语

铀转化厂和系统可以对铀进行一种或几种转化使其从一种化学状态转变为另一种化学状态：从铀浓缩物到UO_3的转化；从UO_3到UO_2的转化；从铀的氧化物到UF_4或UF_6的转化；从UF_6到UF_4的转化；UF_4到金属铀的转化，和从铀的氟化物到UO_2的转化．铀转化工厂所用许多关键设备物项与化学加工工业的某些部分相同．例如，这些过程中使用的设备的类型可以包括：加热炉、回转炉、流化床反应器、火焰塔式反应器、流体离心机、蒸馏柱和液-液萃取柱．不过，这些物项中只有很少几种是可作为现成品购得的，大部分将须

按用户要求和规格制造．在某些情况下，为了适应所处理的化学品中的一些的腐蚀性质（HF、F_2、ClF_3和各种铀的氟化物），需要作专门的设计和建造考虑．最后应该指出，在所有铀转化过程中，那些单独地看不是为铀转化专门设计或制造的设备物项，可被组装成专门为铀转化而设计或制造的系统．

7.1. 专门为将铀矿浓缩物转化为UO_3而设计或制造的系统

注释

从铀矿浓缩物到UO_3的转化可通过以下步骤实现：首先，用硝酸溶解铀浓缩物，用磷酸三丁酯之类溶剂萃取纯化的硝酸铀酰；然后，通过硝酸铀酰浓缩和脱硝产生UO_3，或用气态氨中和产生重铀酸铵，接着通过过滤、干燥和煅烧转化为UO_3．

7.2. 为将UO_3转化为UF_6而专门设计或制造的系统

注释

从UO_3到UF_6的转化可以直接通过氟化实现．该过程需要一个氟气源或三氟化氯源．

7.3. 为将UO_3转化为UO_2而专门设计或制造的系统

注释

从UO_3到UO_2的转化，可以用裂解的氨气或氢气还原UO_3来实现．

7.4. 为将UO_2转化为UF_4而专门设计或制造的系统

注释

从UO_2到UF_4的转化，可以用氟化氢气体（HF）在300-500℃与UO_2反应来实现．

7.5. 专门为将UF_4转化为UF_6而设计或制造的系统

注释

从UF_4到UF_6的转化，可以用氟气在塔式反应器中与UF_4发生放热反应来实现．使流出气体通过一个冷却到-10℃的冷阱把热的流出气体中的UF_6冷凝下来．该过程需要一个氟气源．

7.6. 专门为将UF_4转化为金属铀设计或制造的系统

注释

从UF_4到金属铀的转化，可用镁（大批量）或钙（小批量）还原UF_4来实现．还原反应一般在高于铀熔点（1130℃）的温度下进行．

7.7. 专门为将UF_6转化为UO_2设计或制造的系统

注释

从UF_6到UO_2的转化，可用三种方法来实现．在第一种方法中，用氢气和水蒸气将UF_6还原并水解为UO_2．在第二种方法中，通过溶解在水中而将UF_6水解，然后加入氨沉淀出重铀

酸铵，接着可在820℃用氢气将这种重铀酸盐还原为UO_2。在第三种方法中，将气态UF_6、CO_2和NH_3通入水中，结果沉淀出碳酸铀酰铵．在500-600℃，碳酸铀酰铵与水蒸气和氢气发生反应，生成UO_2.

从UF_6到UO_2的转化，通常是燃料制造厂的第一个工序.

7.8. 专门为将UF_6转化为UF_4而设计或制造的系统

注释

从UF_6到UF_4的转化，是用氢还原实现的.

٥-٥ النظم والمعدات والمكونات المصممة أو المعدة خصيصا لاستخدامها في مصانع الاثراء الأيروديناميي.

ملحوظة تمهيدية

يتم في عمليات الاثراء الأيروديناميي ضغط مزيج من سادس فلوريد اليورانيوم الغازي والغاز الخفيف (الهيدروجين أو الهليوم)، ثم يمرر عبر عناصر فصل حيث يتم الفصل النظيري عن طريق توليد قوى طاردة مركزية عالية بواسطة شكل هندسي منحني الجدار. وقد استحدثت بنجاح عمليتان من هذا النوع وهما: عملية الفصل بالفوهة النفاثة، وعملية الفصل الدوامي بالأنابيب. وفي كلتا العمليتين تشمل المكونات الرئيسية لمرحلة الفصل أوعية اسطوانية تحتوي على عناصر الفصل الخاصة (الفوهات النفاثة أو أنابيب الفصل الدوامي)، والضواغط الغازية ومبدلات الحرارة المستخدمة في سحب الحرارة الناجمة عن الضغط. ويحتاج أي مصنع أيروديناميي لعدد من هذه المراحل، حتى توفر الكميات مؤشرا هاما للاستخدام النهائي. ونظرا لأن العمليات الأيروديناميية تستخدم سادس فلوريد اليورانيوم، يجب أن تصنع جميع أسطح المواد والأنابيب والأجهزة (الملامسة للغاز) من مواد تبقى مستقرة عند ملامستها لسادس فلوريد اليورانيوم.

ملحوظة ايضاحية

الأصناف التي يرد في هذا الجزء سرد لها اما أنها تتصل اتصالا مباشرا بغاز معالجة سادس فلوريد اليورانيوم، أو تتحكم تحكما مباشرا في تدفقه داخل السلسة التعاقبية. وتصنع جميع الأسطح الملامسة لغاز المعالجة بالكامل من مواد قادرة على مقاومة التآكل بسادس فلوريد اليورانيوم أو تطلى بطبقة من مثل هذه المواد. ولأغراض الجزء المتعلق بمفردات الاثراء الأيروديناميي، تشمل المواد القادرة على مقاومة التآكل بسادس فلوريد اليورانيوم النحاس، والصلب غير القابل للصدأ، والألومينيوم، وسبائك الألومينيوم، والنيكل أو سبائكه التي تحتوي على نسبة لا تقل عن ٦٠٪ منه، والبوليمرات الهيدروكربونية المفلورة فلورة كاملة والقادرة على مقاومة سادس فلوريد اليورانيوم.

١-٥-٥ فوهات الفصل النفاثة

هي فوهات نفاثة بمجمعاتها مصممة أو معدة خصيصا. وتتألف فوهات الفصل النفاثة من قنوات منحنية على شكل شق طولي لا يزيد نصف قطر انحنائها على ١ مم (يتراوح بصورة نموذجية بين ١ر٠ الى ٠٥ر٠مم)، قادرة على مقاومة التآكل بسادس فلوريد اليورانيوم ولها حافة قاطعة داخل الفوهة النفاثة تفصل الغاز المتدفق عبر الفوهة الى جزأين.

٢-٥-٥ أنابيب الفصل الدوامي

هي أنابيب بمجمعاتها مصممة أو معدة خصيصا للفصل الدوامي. وهي أنابيب اسطوانية الشكل أو مستدقة الطرف، مصنوعة من مواد قادرة على مقاومة التآكل بسادس فلوريد اليورانيوم أو مطلية بهذه المواد، يتراوح قطرها بين ٥ر٠ سم و ٤ سم، ولا تزيد نسبة طولها الى قطرها عن ١:٢٠ ولها مدخل مماس أو أكثر. ويجوز أن تجهز الأنابيب بملحقات على شكل فوهات نفاثة في احدى نهايتيها أو كلتيهما.

ملحوظة ايضاحية

يدخل غاز التغذية الى انبوب الفصل الدوامي ماسا احدى النهايتين أو عبر دوارات دوامية، أو في عدة مواضع مماسة على طول محيط الأنبوب.

٥-٥-٣ الضاغطات ونفاخات الغاز

هي ضاغطات محورية أو نابذة بالطرد المركزي أو ازاحية ايجابية، أو نفاخات غاز مصنوعة من مواد قادرة على مقاومة التآكل بسادس فلوريد اليورانيوم أو مطلية بهذه المواد، بقدرة امتصاص لمزيج من سادس فلوريد اليورانيوم/الغازات الحاملة له (الهيدروجين أو الهليوم) لا تقل عن مترين مكعبين في الدقيقة.

ملحوظة ايضاحية

تتراوح نسبة الضغط النموذجية بالنسبة لهذه الضاغطات ونفاخات الغاز بين ١:١٫٢ و ١:٦.

٥-٥-٤ سدادات العمود الدوار

هي سدادات للعمود الدوار مصممة أو معدة خصيصا، بتوصيلات تغذية وتوصيلات تصريف للسدادات، من أجل اغلاق العمود الذي يوصل الأعمدة الدوارة للضاغطات أو نفاخات الغاز بمحركات التشغيل، من أجل ضمان عولية السدادات لمنع تسرب غاز المعالجة الى الخارج، أو تسرب الهواء أو غاز الاغلاق الى داخل الغرفة الداخلية للضاغط أو نفاخة الغاز، المليئة بمزيج من سادس فلوريد اليورانيوم/الغازات الحاملة له.

٥-٥-٥ مبدلات الحرارة للتبريد الغازي

هي مبدلات حرارة مصممة أو معدة خصيصا، مصنوعة من مواد قادرة على مقاومة التآكل بسادس فلوريد اليورانيوم أو مطلية بمثل هذا المواد.

٥-٥-٦ أوعية فصل العناصر

هي أوعية مصممة أو معدة خصيصا لفصل العناصر، مصنوعة من مواد قادرة على مقاومة التآكل بسادس فلوريد اليورانيوم أو مطلية بمثل هذه المواد بغرض احتواء أنابيب الفصل الدوامي أو فوهات الفصل النفاثة.

ملحوظة ايضاحية

يجوز أن تكون هذه الأوعية اسطوانية الشكل يتجاوز قطرها ٣٠٠ مم ويزيد طولها على ٩٠٠ مم، أو يمكن أن تكون أوعية مستطيلة الشكل ذات أبعاد متماثلة، وقد يتم تصميمها بحيث يمكن تركيبها أفقيا أو رأسيا.

٥-٥-٧ نظم التغذية/نظم سحب النواتج والنفايات

هي نظم أو معدات معالجة مصممة أو معدة خصيصا لمصانع الاثراء مصنوعة من مواد قادرة على مقاومة التآكل بسادس فلوريد اليورانيوم أو مطلية بمثل هذه المواد وتشتمل على ما يلي:

(أ) محميات أو مواقد أو نظم تغذية تستخدم في تمرير سادس فلوريد اليورانيوم الى مرحلة الاثراء؛

(ب) محولات لتحويل الغاز الى الحالة الصلبة (أو مصائد باردة) تستخدم لازاحة سادس فلوريد اليورانيوم من عملية الاثراء لنقله بعد ذلك بالتسخين؛

(ج) محطات للتصليد أو لتحويل الغاز الى سائل تستخدم لازاحة سادس فلوريد اليورانيوم من عملية الاثراء عن طريق ضغطه وتحويله الى الصورة السائلة أو الصلبة؛

(د) محطات "نواتج" أو "نفايات" لنقل سادس فلوريد اليورانيوم في حاويات.

٥-٥-٨ نظم أنابيب التوصيل

هي نظم أنابيب توصيل مصنوعة من مواد قادرة على مقاومة التآكل بسادس فلوريد اليورانيوم أو مطلية بمثل هذه المواد، مصممة أو معدة خصيصا لمناولة سادس فلوريد اليورانيوم داخل السلسلة الأيرودينامية التعاقبية. وعادة ما تكون شبكة الأنابيب هذه ذات تصميم يتميز بالتوصيل "الثنائي"، حيث تكون كل مرحلة أو مجموعة مراحل موصلة بكل موصل.

٥-٥-٩ النظم والمضخات الفراغية

(أ) نظم فراغية مصممة أو معدة خصيصا بقدرة امتصاص لا تقل عن ٥ أمتار مكعبة/دقيقة، تتكون من متنوعات فراغية ومضخات فراغية، ومصممة للعمل في أجواء باعثة لسادس فلوريد اليورانيوم،

(ب) ومضخات فراغية مصممة أو معدة خصيصا للعمل في أجواء باعثة لسادس فلوريد اليورانيوم، تصنع من مواد قادرة على مقاومة التآكل بسادس فلوريد اليورانيوم أو تطلى بمثل هذه المواد. ويجوز لهذه المضخات أن تستخدم سدادات فلوروكربونية وموائع عمل خاصة.

٥-٥-١٠ صمامات الاغلاق والتحكم الخاصة

هي صمامات اغلاق وتحكم منفاخية يدوية أو أوتوماتية، مصنوعة من مواد قادرة على مقاومة التآكل بسادس فلوريد اليورانيوم أو مطلية بمثل هذه المواد، يتراوح قطر الصمام من ٤٠ الى ١٥٠٠ مم، وهي مصممة أو معدة خصيصا لتركيبها في النظم الرئيسية والاضافية لمصانع الاثراء الأيرودينامي.

٥-٥-١١ المطيافات الكتلية لسادس فلوريد اليورانيوم/المصادر الأيونية

هي مطيافات كتلية مغنطيسية أو رباعية الأقطاب مصممة أو معدة خصيصا، قادرة على أخذ عينات "مباشرة" من التغذية أو "النواتج" أو "النفايات" من المجاري الغازية لسادس فلوريد اليورانيوم وتتميز بجميع الخواص التالية:

١- تحليل وحدة لكتلة تزيد على ٣٢٠؛

٢- مصادر أيونية مبنية من النيكروم أو المونل أو مطلية بالنيكل؛

٣- مصادر تأيين للرجم الالكتروني؛

٤- نظام مجمعي مناسب للتحليل النظيري.

٥-٥-١٢ نظم فصل سادس فلوريد اليورانيوم/الغازات الحاملة له

هي نظم معالجة مصممة أو معدة خصيصا لفصل سادس فلوريد اليورانيوم عن الغازات الحاملة له (الهيدروجين أو الهليوم).

ملحوظة ايضاحية

صممت هذه النظم لتخفيف محتوى سادس فلوريد اليورانيوم في الغازات الحاملة له الى جزء واحد في المليون. ويجوز أن تشمل بعض المعدات مثل:

(أ) مبدلات الحرارة بالتبريد وأجهزة فصل الحرارة المنخفضة التي لديها قابلية لدرجات حرارة تصل الى ١٢٠ درجة مئوية تحت الصفر أو دونها.

(ب) أو وحدات التبريد التي تكون قابلة لدرجات حرارة تصل الى ١٢٠ درجة مئوية تحت الصفر أو دونها.

(ج) أو فوهات الفصل النفاثة أو وحدات أنابيب الفصل الدوامي المستخدمة في فصل سادس فلوريد اليورانيوم عن الغازات الحاملة له.

(د) أو المصائد الباردة لسادس فلوريد اليورانيوم القادرة على درجات حرارة تصل الى ٢٠ درجة مئوية تحت الصفر أو دونها.

٦-٥ النظم والمعدات والمكونات المصممة أو المعدة خصيصا لاستخدامها في مصانع الاثراء بالتبادل الكيميائي أو التبادل الأيوني.

ملحوظة تمهيدية

تؤدي الاختلافات البسيطة في الكتلة بين نظائر اليورانيوم الى حدوث تغيرات طفيفة في توازنات التفاعلات الكيميائية يمكن أن تكون بمثابة أساس لفصل النظائر. وقد استحدثت بنجاح عمليتان هما: التبادل الكيميائي بين السوائل، والتبادل الأيوني بين مادة صلبة وأخرى سائلة.

ففي عملية التبادل الكيميائي بين السوائل، يجري اتصال في الاتجاه المعاكس بين أطوار السوائل غير القابلة للامتزاج (المائية والعضوية) لاحداث الأثر التعاقبي لآلاف من مراحل الفصل. ويتألف الطور المائي من كلوريد اليورانيوم في محلول حامض الهيدروكلوريك؛ أما الطور العضوي فيتكون من مادة استخلاص تحتوي على كلوريد اليورانيوم في مذيب عضوي. ويجوز أن تكون الموصلات المستخدمة في سلسلة الفصل التعاقبية أعمدة تبادل بين السوائل (مثل الأعمدة النبضية المزودة بلوحات منخلية) أو الموصلات النابذة للسوائل بالطرد المركزي. ويلزم حدوث تحولات كيميائية (أكسدة واختزال) عند نهايتي سلسلة الفصل التعاقبية من أجل الوفاء بمتطلبات اعادة الدفق في كل نهاية. وأحد الاهتمامات الرئيسية بالنسبة للتصميم يتمثل في تجنب تلوث مجاري المعالجة ببعض الأيونات الفلزية. ولذا تستخدم أعمدة وأنابيب مصنوعة من البلاستيك ومبطنة به (بما في ذلك استخدام البوليمرات الفلوروكربونية) و/أو مبطنة بالزجاج.

أما في عملية التبادل الأيوني بين المواد الصلبة والسائلة، فان الاثراء يتم عن طريق الامتزاز/المج في راتينج أو ممتز خاص للتبادل الأيوني يتميز بسرعة عمل فائقة. ويتم تمرير محلول من اليورانيوم في حامض الهيدروكلوريك وعوامل كيميائية أخرى عبر أعمدة الاثراء الاسطوانية التي تحتوي على قيعان مبطنة للممتزات. ونظام اعادة الدفق ضروري لاطلاق اليورانيوم من الممتز الى التدفقات السائلة بحيث يمكن تجميع "النواتج" و "المخلفات". ويتم ذلك باستخدام عوامل كيميائية مناسبة للاختزال/الأكسدة يعاد توليدها بالكامل في دوائر خارجية منفصلة. كما يمكن اعادة توليدها جزئيا داخل أعمدة الفصل النظيري ذاته. ويقتضي وجود محاليل مركزة ساخنة لحامض الهيدروكلوريك في هذه العملية أن تصنع المعدات من مواد قادرة على مقاومة التآكل بسادس فلوريد اليورانيوم أو تطلى بمثل هذه المواد.

٥-٦-١ أعمدة التبادل بين السوائل (التبادل الكيميائي)

هي أعمدة للتبادل بين السوائل في الاتجاه المعاكس، مزودة بمستلزمات للقوى الميكانيكة (أي أعمدة نبضية بلوحات منخلية، وأعمدة لوحات تبادلية، وأعمدة ذات خلاطات توربينية داخلية)، مصممة أو معدة خصيصا لاثراء اليورانيوم باستخدام عملية التبادل الكيميائي. ومن أجل مقاومة التآكل بمحاليل مركزة لحامض الهيدروكلوريك، تصنع هذه الأعمدة ومكوناتها الداخلية من مواد لدائنية مناسبة (مثل البوليمرات الفلوروكربونية) أو الزجاج أو تطلى بمثل هذه المواد. وقد صمم زمن البقاء المرحلي للأعمدة بحيث يكون قصيرا (لا يزيد على ٣٠ ثانية).

٥-٦-٢ الموصلات النابذة للسوائل بالطرد المركزي (التبادل الكيميائي)

هي موصلات نابذة للسوائل بالطرد المركزي مصممة أو معدة خصيصا لاثراء اليورانيوم باستخدام عملية التبادل الكيميائي. وتستخدم مثل هذه الموصلات الدوران في تشتيت المجاري العضوية والمائية ثم قوة الطرد المركزي لفصل الأطوار. ومن أجل مقاومة التآكل بالمحاليل المركزة لحامض الهيدروكلوريك، تصنع الموصلات من مواد لدائنية مناسبة (مثل البوليمرات الفلوروكربونية) أو تبطن بها أو بالزجاج. وقد روعي في تصميم زمن البقاء المرحلي للموصلات النابذة بالطرد المركزي أن يكون قصيرا (لا يتجاوز ٣٠ ثانية).

٥-٦-٣ نظم ومعدات اختزال اليورانيوم (التبادل الكيميائي)

(أ) هي خلايا اختزال الكتروكيميائية مصممة أو معدة خصيصا لاختزال اليورانيوم من حالة تكافؤ الى أخرى بالنسبة لاثراء اليورانيوم باستخدام عملية التبادل الكيميائي. ويجب أن تكون مواد الخلايا الملامسة لمحاليل المعالجة قادرة على مقاومة التآكل بالمحاليل المركزة لحامض الهيدروكلوريك.

ملحوظة ايضاحية

يراعى في تصميم حجيرة الخلايا الكاثودية أن تمنع اعادة أكسدة اليورانيوم الى حالته المكافئة الأعلى. وحتى يمكن الاحتفاظ باليورانيوم في الحجيرة الكاثودية، يجوز أن تزود الخلية بغشاء حاجز كتيم مكون من مواد خاصة لتبادل الكاتيونات. ويتألف الكاثود من موصل مناسب للمواد الصلبة كالجرافيت.

(ب) هي نظم مصممة أو معدة خصيصا في نهاية ناتج السلسلة التعاقبية لاخراج اليورانيوم[٤٠] من المجرى العضوي، وضبط التركيز الحمضي وتغذية خلايا الاختزال الالكتروكيميائي.

ملحوظة ايضاحية

تتألف هذه النظم من معدات استخلاص للمذيبات من أجل ازاحة اليورانيوم[٤٠] من المجرى العضوي الى محلول مائي، ومعدات تبخير و/أو معدات أخرى لضبط ومراقبة نسبة تركيز أيونات الهيدروجين في المحلول، ومضخات أو أجهزة أخرى لنقل التغذية الى خلايا الاختزال الالكتروكيميائي. ومن الاعتبارات الرئيسية التي يجب مراعاتها في التصميم تجنب تلوث المجرى المائي ببعض الأيونات الفلزية. وعلى ذلك يتم بناء النظام، بالنسبة للأجزاء الملامسة لمجرى المعالجة، من معدات مصنوعة من مواد مناسبة (مثل الزجاج والبوليمرات الفلوروكربونية، وسلفات البوليفينيل، وسلفون البولي ايثر، والجرافيت المخصب بالراتينجات) أو مغطاة بطبقة منها.

٥-٦-٤ نظم تحضير التغذية (التبادل الكيميائي)

هي نظم مصممة أو معدة خصيصا لانتاج محاليل التغذية بكلوريد اليورانيوم العالي النقاء الخاصة بمصانع فصل نظائر اليورانيوم بالتبادل الكيميائي.

ملحوظة ايضاحية

تتكون هذه النظم من معدات للاذابة واستخلاص المذيبات و/أو التبادل الأيوني لأغراض التنقية، وخلايا تحليل كهربائي لتخفيض اليورانيوم$^{+6}$ أو اليورانيوم$^{+5}$ الى اليورانيوم$^{+4}$. وتنتج هذه النظم محاليل كلوريد اليورانيوم التي لا تحتوي الا على بضعة أجزاء في المليون من الشوائب الفلزية مثل الكروم، والحديد، والفاناديوم، والموليبدنوم، والكاتيونات الأخرى الثنائية التكافؤ أو المتعددة التكافؤ الأعلى منها. والمواد المستخدمة في بناء أجزاء من النظام الذي يعالج اليورانيوم$^{+4}$ العالي النقاء تشمل الزجاج أو بوليمرات الفلوروكربون، أو سلفات البوليفينيل، أو الجرافيت المبطن بلدائن سلفون البولي ايثير والمخصب بالراتينجات.

٥-٦-٥ نظم أكسدة اليورانيوم (التبادل الكيميائي)

هي نظم مصممة أو معدة خصيصا لأكسدة اليورانيوم$^{+3}$ الى يورانيوم$^{+4}$ بغرض اعادته الى سلسلة فصل نظائر اليورانيوم التعاقبية في عملية الاثراء بالتبادل الكيميائي.

ملحوظة ايضاحية

يجوز أن تشمل هذه النظم معدات مثل:

(أ) معدات لتوصيل الكلورين والأكسجين بالدفق الماتي من معدات الفصل النظيري، واستخلاص اليورانيوم$^{+6}$ الناجم عن ذلك في المجرى العضوي الذي أزيل منه عند عودته من نهاية النواتج الخاصة بالسلسلة التعاقبية.

(ب) معدات لفصل الماء عن حامض الهيدروكلوريك حتى يمكن اعادة ادخال الماء وحامض الهيدروكلوريك المركز الى العملية في المواقع الملائمة.

٥-٦-٦ راتينجات/ممتزات التبادل الأيوني السريعة التفاعل (التبادل الأيوني)

هي راتينجات أو ممتزات سريعة التفاعل للتبادل الأيوني مصممة أو معدة خصيصا لاثراء اليورانيوم باستخدام عملية التبادل الأيوني، بما في ذلك الراتينجات النفيذة ذات الشبكات الكبيرة، و/أو الهياكل الرقيقة الأغشية التي تنحصر فيها مجموعات التبادل الكيميائي النشط في طبقة على سطح هيكل داعم نفيذ خامل، والهياكل المركبة الأخرى بأي شكل مناسب، بما في ذلك الجزيئات أو الألياف. ولا يزيد قطر راتينجات/ممتزات التبادل الأيوني هذه عن ٠ر٢مم، ويجب أن تكون قادرة كيميائيا على مقاومة محاليل حامض الهيدروكلوريك المركز وأن تكون ذات قوة مادية تكفل عدم تحللها في أعمدة التبادل. والراتينجات/الممتزات مصممة خصيصا لبلوغ حركة سريعة جدا في تبادل نظائر اليورانيوم (معدل التبادل لا يزيد على ١٠ ثوان في نصف الوقت)، ولديها قابلية للعمل في درجة حرارة تتراوح من ١٠٠ الى ٢٠٠ درجة مئوية.

٥-٦-٧ أعمدة التبادل الأيوني (التبادل الأيوني)

هي أعمدة اسطوانية الشكل يزيد قطرها على ١٠٠٠ مم لاحتواء ودعم القيعان المبطنة لراتينجات/ممتزات التبادل الأيوني، مصممة أو معدة خصيصا لاثراء اليورانيوم باستخدام عملية

التبادل الأيوني. وهذه الأعمدة مصنوعة من مواد (مثل التيتانيوم أو اللدائن الفلوروكربونية) قادرة على مقاومة التآكل بمحاليل حامض الهيدروكلوريك المركز أو مطلية بمثل هذه المواد، وتكون قابلة للعمل في درجة حرارة تتراوح من ١٠٠ الى ٢٠٠ درجة مئوية، وبمستويات ضغط تتجاوز ٧ر٠ ميجاباسكال (١٠٢ رطل/بوصة مربعة).

٥-٦-٨ نظم اعادة دفق التبادل الأيوني (التبادل الأيوني)

(أ) نظم اختزال كيميائي أو الكتروكيميائي مصممة أو معدة خصيصا لاعادة توليد عامل (عوامل) الاختزال الكيميائي المستخدم في السلاسل التعاقبية لاثراء اليورانيوم بالتبادل الأيوني.

(ب) ونظم أكسدة كيميائية أو الكتروكيميائية مصممة أو معدة خصيصا لاعادة توليد عامل (عوامل) الأكسدة الكيميائية المستخدم في السلاسل التعاقبية لاثراء اليورانيوم بالتبادل الأيوني.

ملحوظة ايضاحية

يجوز في عملية الاثراء بالتبادل الأيوني أن يستخدم التيتانيوم ثلاثي التكافؤ (التيتانيوم$^{+3}$)، على سبيل المثال، باعتباره كاتيون اختزال. وفي هذه الحالة يعيد نظام الاختزال توليد التيتانيوم$^{+3}$ عن طريق اختزال التيتانيوم$^{+4}$.

كما يمكن في هذه العملية استخدام الحديد ثلاثي التكافؤ (الحديد$^{+3}$) كمؤكسد. وفي هذه الحالة يعيد نظام الأكسدة توليد الحديد$^{+3}$ عن طريق أكسدة الحديد$^{+2}$.

٥-٧ النظم والمعدات والمكونات المصممة أو المعدة خصيصا لاستخدامها في مصانع الاثراء بطريقة الليزر.

ملحوظة تمهيدية

تندرج النظم الحالية لعمليات الاثراء باستخدام الليزر في فئتين وهما: النظم التي يكون فيها وسيط العملية هو بخار اليورانيوم الذري، والنظم التي يكون فيها وسيط العملية هو بخار مركب يورانيوم. وتشمل الرموز الشائعة لمثل هذه العمليات ما يلي: الفئة الأولى - فصل نظائر الليزر بالبخار الذري (AVLIS أو SILVA)؛ الفئة الثانية - الفصل النظيري بالليزر الجزيئي (MLIS أو MOLIS) والتفاعل الكيميائي عن طريق تنشيط الليزر الانتقائي النظيري (CRISLA). وتشمل النظم والمعدات والمكونات المستخدمة في مصانع اثراء الليزر ما يلي: (أ) أجهزة للتغذية ببخار فلز اليورانيوم (لتأيين الصور الانتقائية) أو أجهزة للتغذية ببخار مركب اليورانيوم (لفصل الصور أو التنشيط الكيميائي)؛ (ب) أجهزة لجمع فلز اليورانيوم المثرى والمستنفد في شكل "نواتج" و "مخلفات" بالنسبة للفئة الأولى، وأجهزة لجمع المركبات المفصولة أو المتفاعلة في شكل "نواتج" والمواد البسيطة في شكل "مخلفات" بالنسبة للفئة الثانية؛ (ج) نظم معالجة بالليزر من أجل الحث الانتقائي لأنواع اليورانيوم -٢٣٥؛ (د) ومعدات لتحضير التغذية وتحويل النواتج. وقد يقتضي تعقد عملية قياس طيف ذرات اليورانيوم ومركباته ادراج أي من تكنولوجيات الليزر المتاحة.

ملحوظة ايضاحية

يتصل العديد من المفردات التي يرد سردها في هذا الجزء اتصالا مباشرا ببخار أو سائل فلز اليورانيوم، أو بغازات المعالجة التي تتكون من سادس فلوريد اليورانيوم أو مزيج من هذا الغاز وغازات أخرى. وتصنع جميع الأسطح الملامسة لليورانيوم أو سادس فلوريد اليورانيوم بالكامل من مواد قادرة على مقاومة التآكل أو تطلى بمثل هذه المواد. وتغراض الجزء المتعلق بمفردات الاثراء المعتمدة على الليزر، تشمل المواد القادرة على مقاومة التآكل ببخار أو سائل فلز اليورانيوم أو سبائك اليورانيوم الجرافيت المطلي بالايتريوم والتنتالوم؛ أما المواد القادرة على مقاومة التآكل بسادس فلوريد اليورانيوم فتشمل النحاس، والصلب غير القابل للصدأ، والألومنيوم، وسبائك الألومنيوم، والنيكل أو السبائك التي تحتوي على نسبة لاتقل عن ٦٠٪ من النيكل، والبوليمرات الهيدروكربونية المفلورة فلورة كاملة والقادرة على مقاومة سادس فلوريد اليورانيوم.

٥-٧-١ نظم تبخير اليورانيوم (AVLIS)

نظم مصممة أو معدة خصيصا لتبخير اليورانيوم، تحتوي على قدرة عالية لنزع الالكترونات أو مسح مخانق الأشعة الالكترونية بقدرة موجهة لا تقل عن ٥ر٢ كيلوواط/سم.

٥-٧-٢ نظم مناولة فلزات اليورانيوم السائلة (AVLIS)

نظم مناولة فلزات سائلة مصممة أو معدة خصيصا لليورانيوم المصهور أو سبائكه، تتكون من بوتقات ومعدات التبريد الخاصة بها.

ملحوظة ايضاحية

تصنع البوتقات وأجزاء هذا النظام الأخرى التي تلامس اليورانيوم المصهور أو سبائكه من مواد قادرة على مقاومة التآكل والحرارة بصورة مناسبة أو تطلى بمثل هذه المواد. وتشمل المواد المناسبة التنتالوم، والجرافيت المطلي بالايتريوم، والجرافيت المطلي بأكاسيد أخرى أرضية نادرة (أنظر البند الفرعي ٢-٧ من الوثيقة INFCIRC/254/Rev.1/Part 2) أو مزيج منها.

٥-٧-٣ مجمعات "نواتج" و "مخلفات" فلز اليورانيوم (AVLIS)

هي مجمعات "نواتج" و "مخلفات" مصممة أو معدة خصيصا لفلز اليورانيوم في الشكل السائل أو الصلب.

ملحوظة ايضاحية

تصنع مكونات هذه المجمعات من مواد قادرة على مقاومة الحرارة والتآكل ببخار أو سائل فلز اليورانيوم (مثل الجرافيت المطلي بالايتريوم أو التنتالوم) أو تطلى بمثل هذه المواد. ويجوز أن تشمل أنابيب، وصمامات، ولوازم، و "ميازيب"، وأجهزة تلقيم، ومبدلات حرارة وألواح تجميع خاصة بأساليب الفصل المغنطيسي أو الالكتروستاتي أو غير ذلك من الأساليب.

٥-٧-٤ حاويات نماذج أجهزة الفصل (AVLIS)

هي أوعية اسطوانية أو مستطيلة الشكل مصممة أو معدة خصيصا لاحتواء مصدر بخار فلز اليورانيوم ومخنق الأشعة الالكترونية، ومجمعات "النواتج" و "المخلفات".

ملحوظة ايضاحية

هذه الحاويات بها عدد وافر من المنافذ الخاصة بأجهزة التغذية بالكهرباء والمياه، وصمامات أشعة الليزر، وتوصيلات لمضخات التفريغ، وأجهزة لتشخيص أعطال الأجهزة ومراقبتها. كما تتوفر بها وسائل للفتح والاغلاق من أجل اتاحة تجديد المكونات الداخلية.

٥-٧-٥ الفوهات النفاثة للتمدد فوق الصوتي (MLIS)

هي فوهات نفاثة للتمدد فوق الصوتي مصممة أو معدة خصيصا لتبريد مزيج سادس فلوريد اليورانيوم والغازات الحاملة له الى ما لا يزيد على ١٥٠ كلفين، وهي قادرة على مقاومة التآكل بسادس فلوريد اليورانيوم.

٥-٧-٦ مجمعات نواتج خامس فلوريد اليورانيوم (MLIS)

هي مجمعات مصممة أو معدة خصيصا للنواتج الصلبة الخاصة بخامس فلوريد اليورانيوم، وتتألف من مجمعات مرشحية أو صدمية أو حلزونية، أو توليفة منها، قادرة على مقاومة التآكل في الوسط الخاص بخامس فلوريد اليورانيوم/سادس فلوريد اليورانيوم.

٥-٧-٧ ضاغطات سادس فلوريد اليورانيوم/الغازات الحاملة له (MLIS)

هي ضاغطات مصممة أو معدة خصيصا لمزيج سادس فلوريد اليورانيوم/الغازات الحاملة له، ومصممة للتشغيل الطويل الأجل في الوسط الخاص بسادس فلوريد اليورانيوم. وتصنع مكوناتها الملامسة لغاز المعالجة من مواد قادرة على مقاومة التآكل بسادس فلوريد اليورانيوم أو تطلى بمثل هذه المواد.

٥-٧-٨ سدادات العمود الدوار (MLIS)

هي سدادات العمود الدوار المصممة أو المعدة خصيصا بتوصيلات تغذية وتوصيلات تصريف للسدادات من أجل اغلاق العمود الذي يوصل الأعمدة الدوارة للضاغطات بمحركات التشغيل لضمان عولية السدادات ومنع تسرب غاز المعالجة الى الخارج أو منع تسرب الهواء الى الغرفة الداخلية للضاغط الملئ بسادس فلوريد اليورانيوم/الغازات الحاملة له.

٥-٧-٩ نظم الفلورة (MLIS)

هي نظم مصممة أو معدة خصيصا لفلورة خامس فلوريد اليورانيوم (الصلب) وسادس فلوريد اليورانيوم (الغاز).

ملحوظة ايضاحية

هذه النظم مصممة لفلورة مسحوق خامس فلوريد اليورانيوم الذي يتم جمعه الى سادس فلوريد اليورانيوم لجمعه بعد ذلك في حاويات للنواتج، أو لنقله كتغذية الى وحدات MLIS للمزيد من الاثراء. ويجوز، في أحد النهج، اجراء تفاعل الفلورة داخل نظام الفصل النظيري بحيث يتم التفاعل والاستعادة مباشرة خارج مجمعات "النواتج". كما يمكن، في نهج آخر، سحب/نقل مسحوق خامس فلوريد اليورانيوم من مجمعات "النواتج" الى وعاء مناسب للتفاعل (مثل مفاعل ذي قاع للسوائل، أو مفاعل حلزوني، أو برج متوهج بغرض الفلورة. وتستخدم في كلا النهجين معدات لخزن ونقل الفلورين. (أو غيره من عوامل الفلورة المناسبة) ولجمع سادس فلوريد اليورانيوم ونقله.

٥-٧-١٠ المطيافات الكتلية/المصادر الأيونية لسادس فلوريد اليورانيوم (MLIS)

هي مطيافات كتلية مغنطيسية أو رباعية الأقطاب لديها امكانية لأخذ عينات "مباشرة" من التغذية أو "النواتج" أو "النفايات"، من المجاري الغازية لسادس فلوريد اليورانيوم وتتميز بالخصائص التالية جميعها:

١- تحليل وحدة لكتلة تزيد على ٣٢٠؛

٢- مصادر أيونية مبنية من النيكروم أو المونيل أو مبطنة بهما أو مطلية بالنيكل؛

٣- مصادر تأيين للرجم الالكتروني؛

٤- نظام مجمعي مناسب للتحليل النظيري.

٥-٧-١١ نظم التغذية/نظم سحب النواتج والمخلفات (MLIS)

هي نظم أو معدات معالجة مصممة أو معدة خصيصا لمحطات الاثراء، مصنوعة من مواد قادرة على مقاومة التآكل بسادس فلوريد اليورانيوم أو مطلية بمثل هذه المواد، وتشمل ما يلي:

(أ) محميات تغذية، أو مواقد، أو نظما تستخدم في تمرير سادس فلوريد اليورانيوم الى عملية الاثراء؛

(ب) محولات من الحالة الغازية الى الحالة الصلبة (أو مصائد باردة) تستخدم في سحب سادس فلوريد اليورانيوم من عملية الاثراء لنقله بعد ذلك عند تسخينه؛

(ج) محطات تصليد أو تسييل تستخدم في سحب سادس فلوريد اليورانيوم من عملية الاثراء عن طريق ضغطه وتحويله الى الشكل السائل أو الصلب؛

(د) محطات "نواتج" أو "مخلفات" تستخدم في نقل سادس فلوريد اليورانيوم في حاويات.

٥-٧-١٢ نظم فصل سادس فلوريد اليورانيوم/الغازات الحاملة له (MLIS)

هي نظم معالجة مصممة أو معدة خصيصا لفصل سادس فلوريد اليورانيوم من الغازات الحاملة له. ويمكن أن تكون الغازات الحاملة هي النتروجين أو الأرجون أو غازات أخرى.

ملحوظة ايضاحية

يجوز أن تشمل هذه النظم معدات مثل:

(أ) مبدلات حرارة قربة أو فواصل قربة قادرة على تحمل درجات حرارة تصل الى ١٢٠ درجة مئوية تحت الصفر أو دونها.

(ب) أو وحدات تبريد قربة قادرة على تحمل درجات حرارة تصل الى ١٢٠ درجة مئوية تحت الصفر أو دونها.

(ج) أو مصائد باردة لسادس فلوريد اليورانيوم قادرة على تحمل درجات حرارة تصل الى ٢٠ درجة مئوية تحت الصفر أو دونها.

٥-٧-١٢ نظم الليزر (AVLIS و MLIS و CRISLA)

هي ليزرات أو نظم ليزرية مصممة أو معدة خصيصا لفصل نظائر اليورانيوم.

ملحوظة ايضاحية

يشمل الليزر ومكوناته الهامة فيما يتعلق بعمليات الاثراء المعتمدة على الليزر المكونات المحددة في البند الفرعي ٢-٦ من الوثيقة INFCIRC/254/Rev.1/Part 2. وعادة ما يتكون نظام الليزر الخاص بعملية AVLIS من نوعين من الليزر وهما: ليزر بخار النحاس والليزر الصبغي. أما نظام الليزر المستخدم في MLIS فيتكون عادة من ليزر ثاني أكسيد الكربون أو اكزيمر الليزر وخلية بصرية متعددة الطرق ذات مرايات دوارة في نهايتها. وتقتضي أشعة الليزر أو نظم الليزر المستخدمة في كلتا العمليتين وجود مثبت لذبذبات الطيف لأغراض التشغيل لفترات زمنية ممتدة.

٥-٨ النظم والمعدات والمكونات المصممة أو المعدة خصيصا لاستخدامها في مصانع الاثراء بالفصل البلازمي

ملحوظة تمهيدية

في عملية الفصل البلازمي، تمر بلازما أيونات اليورانيوم عبر مجال كهرباني يتم ضبطه على ذبذبة الرنين الأيوني لليورانيوم-٢٣٥ بحيث تستوعب الطاقة على نحو تفضيلي ويزداد قطر مداراتها اللولبية. ويتم اصطياد الأيونات ذات الممرات الكبيرة الأقطار لايجاد ناتج مثرى باليورانيوم-٢٣٥. أما البلازما، التي تتكون من طريق تأيين بخار اليورانيوم، فيجري احتواؤها في حجيرة تفريغ ذات مجال مغنطيسي عالي القدرة ينتج باستخدام مغنطيس فائق التوصيل. وتشمل النظم التكنولوجية الرئيسية للعملية نظام توليد بلازما اليورانيوم، ونموذج جهاز الفصل المزود بمغنطيس فائق التوصيل (أنظر البند الفرعي ٢-١٠ من الوثيقة INFCIRC/254/Rev.1/Part 2). ونظم سحب الفلزات بغرض جمع "النواتج" و "المخلفات".

٥-٨-١ مصادر وهوائيات القدرة الدقيقة الموجات

هي مصادر وهوائيات القدرة الدقيقة الموجات، المصممة أو المعدة خصيصا لانتاج أو تعجيل الأيونات، وتتميز بالخصائص التالية: ذبذبة تزيد على ٣٠ جيجاهرتز، ومتوسط ناتج قدرة يزيد على ٥٠ كيلوواط لانتاج الأيونات.

٥-٨-٢ ملفات الحث الأيوني

هي ملفات حث أيوني ذات ذبذبات لاسلكية فائقة مصممة أو معدة خصيصا لذبذبات تزيد على ١٠٠ كيلوهرتز ولديها امكانية لمعالجة قدرة متوسطة تزيد على ٤٠ كيلوواط.

٥-٨-٣ نظم توليد بلازما اليورانيوم

هي نظم مصممة أو معدة خصيصا لتوليد بلازما اليورانيوم، يمكن أن تنطوي على قدرة عالية لنزع الالكترونات أو مسح الأشعة الالكترونية بقدرة موجهة تزيد على ٢٫٥ كيلوواط/سم.

٥-٨-٤ نظم مناولة فلز اليورانيوم السائل

هي نظم لمناولة الفلزات السائلة مصممة أو معدة خصيصا لليورانيوم المصهور أو سبائكه، وتتكون من بوتقات ومعدات التبريد اللازمة لها.

ملحوظة ايضاحية

تصنع البوتقات وأجزاء هذا النظام الأخرى التي تلامس اليورانيوم المصهور أو سبائكه من مواد قادرة على مقاومة التآكل والحرارة على نحو مناسب. أو تطلى بمثل هذه المواد. وتشمل المواد المناسبة التنتالوم والجرافيت المطلي بالايتريوم. والجرافيت المطلي بأكاسيد أخرى لرشية نادرة (أنظر البند الفرعي ٢-٧ من الوثيقة INFCIRC/254/Rev.1/Part 2) أو مزيج منها.

٥-٨-٥ مجمعات "نواتج" و "مخلفات" فلز اليورانيوم

هي مجمعات "نواتج" و "نفايات" مصممة أو معدة خصيصا لفلز اليورانيوم في شكله الصلب. وتصنع هذه المجمعات من مواد قادرة على مقاومة الحرارة والتآكل ببخار فلز اليورانيوم، مثل الجرافيت المطلي بالايتريوم أو التنتالوم أو تطلى بمثل هذه المواد.

٥-٨-٦ أوعية نماذج أجهزة الفصل

هي أوعية اسطوانية مصممة أو معدة خصيصا لاستخدامها في مصانع الاثراء بالفصل البلازمي بغرض احتواء مصدر بلازما اليورانيوم، وملف توصيل الذبذبات اللاسلكية المائقة، ومجمعات "النواتج" و "المخلفات".

ملحوظة ايضاحية

هذه الأوعية مزودة بعدد وافر من المنافذ لفتحات التغذية الكهربائية، وتوصيلات لمضخات الانتشار، ونظم لتشخيص ومراقبة أعطال الأجهزة. كما تتوفر بها وسائل للفتح والاغلاق من أجل اتاحة تحديد المكونات الداخلية. وهي مبنية من مواد غير مغنطيسية مناسبة مثل الصلب غير القابل للصدأ.

٥-٩ النظم والمعدات والمكونات المصممة أو المعدة خصيصا لاستخدامها في محطات الاثراء الكهرومغنطيسي.

ملحوظة تمهيدية

يتم في المعالجة الكهرومغنطيسية تعجيل أيونات فلز اليورانيوم المنتجة عن طريق تأيين مادة تغذية ملحية (أول كلوريد اليورانيوم على نحو نموذجي) وتمريرها عبر مجال مغنطيسي يؤثر على النظائر المختلفة بتوجيهها الى مسارات مختلفة. وتشمل المكونات الرئيسية لجهاز الفصل الكهرومغنطيسي للنظائر ما يلي: مجال مغنطيسي لتحويل/فصل النظائر بالأشعة الأيونية، ومصدرا أيونيا بنظام التعجيل الخاص به، ونظاما لتجميع الأيونات المفصولة. وتشمل النظم الاضافية للمعالجة نظام الامداد بالقدرة المغنطيسية، ونظام امداد مصدر الأيونات بقدرة ذات فلطية عالية، ونظام التفريغ، ونظم المناولة الكيميائية الموسعة لاستعادة النواتج وتنظيف/اعادة دورة المكونات.

٥-٩-١ أجهزة فصل النظائر الكهرومغنطيسية

هي أجهزة كهرومغنطيسية لفصل النظائر مصممة أو معدة خصيصا لفصل نظائر اليورانيوم، ومعداتها ومكوناتها، وتشمل ما يلي:

(أ) المصادر الأيونية

هي مصادر مفردة أو متعددة لأيونات اليورانيوم مصممة أو معدة خصيصا، تتكون من مصدر للبخار، ومؤين، ومعجل أشعة، وهي مبنية من مواد مناسبة مثل الجرافيت، أو الصلب الذي لا يصدأ، أو النحاس، ولديها قابلية لتوفير تيار اجمالي للأشعة الأيونية لا يقل عن ٥٠ مللي أمبير.

(ب) المجمعات الأيونية

هي لوحات مجمعية مكونة من شقين أو أكثر وجيوب مصممة أو معدة خصيصا لتجميع أشعة أيونات اليورانيوم المثرى والمستنفد، ومبنية من مواد مناسبة مثل الجرافيت أو الصلب غير القابل للصدأ.

(ج) أوعية التفريغ

هي أوعية تفريغ مصممة أو معدة خصيصا لأجهزة فصل اليورانيوم الكهرومغنطيسية، مبنية من مواد غير مغنطيسية مناسبة، مثل الصلب غير القابل للصدأ، ومصممة للتشغيل بضغط لا يزيد على ١ر٠ باسكال.

ملحوظة ايضاحية

هذه الأوعية مصممة خصيصا لاحتواء المصادر الأيونية ولوحات التجميع والمبطنات المبردة بالماء، وتتوفر بها توصيلات مضخات الانتشار وامكانية للفتح والاغلاق لازالة هذه المكونات واعادة تركيبها.

(د) أجزاء الأقطاب المغنطيسية

هي أجزاء مصممة أو معدة خصيصا للأقطاب المغنطيسية يزيد قطرها على مترين تستخدم في المحافظة على مجال مغنطيسي ثابت داخل أجهزة فصل النظائر الكهرومغنطيسية وفي نقل المجال المغنطيسي بين أجهزة الفصل المجاورة.

٥-٩-٢ امدادات القدرة العالية الفلطية

هي امدادات عالية الفلطية مصممة أو معدة خصيصا للمصادر الأيونية، وتتميز بالخصائص التالية جميعها: قابلية للتشغيل المستمر، وفلطية خرج لا تقل عن ٢٠ ٠٠٠ فلط، وتيار خرج لا يقل عن ١ أمبير، وتنظيم فلطية بنسبة أفضل من ١٠ر٠٪ على مدى فترة زمنية طولها ٨ ساعات.

٥-٩-٣ امدادات القدرة المغنطيسية

هي امدادات قدرة مغنطيسية بتيار مباشر وقدرة عالية مصممة أو معدة خصيصا، وتتميز بالخصائص التالية جميعها: قابلية لانتاج خرج تيار لا يقل عن ٥٠٠ أمبير على نحو مستمر بفلطية

لا تقل عن١٠٠ فلط وتنظيم التيار أو الفلطية بنسبة أفضل من ٠١ر٠٪ على مدى فترة طولها ٨ ساعات.

٦- مصانع انتاج الماء الثقيل والديوتيريوم ومركبات الديوتيريوم والمعدات المصممة أو المعدة خصيصا لها.

مذكرة تمهيدية

يمكن انتاج الماء الثقيل بعمليات متنوعة. بيد أن هناك عمليتين أثبتتا جدواهما من الناحية التجارية: عملية تبادل الماء وكبريتيد الهيدروجين (عملية ذوبان الغاز)، وعملية تبادل النشادر والهيدروجين.

وتقوم العملية الأولى على تبادل الهيدروجين والديوتيريوم بين الماء وكبريتيد الهيدروجين داخل سلسلة أبراج يجري تشغيلها بينما يكون الجزء الأعلى باردا والجزء الأسفل ساخنا. ويتدفق الماء الى أسفل الأبراج بينما تجري دورة غاز كبريتيد الهيدروجين من أسفل الأبراج الى أعلاها. وتستخدم سلسلة من الصواني المثقبة لتيسير اختلاط الغاز والماء. وينتقل الديوتيريوم الى الماء حيث تكون درجات الحرارة منخفضة، والى كبريتيد الهيدروجين حيث تكون درجات الحرارة عالية. ويزاح الغاز أو الماء المثرى بالديوتيريوم من أبراج المرحلة الأولى عند نقطة التقاء الجزء الساخن والجزء البارد، وتتكرر العملية في أبراج المرحلة التالية. والماء المثرى بالديوتيريوم بنسبة تصل الى ٣٠٪، الذي يمثل نتاج المرحلة الأخيرة، يرسل الى وحدة تقطير لانتاج ماء ثقيل صالح للمفاعلات - أي أكسيد الديوتيريوم بنسبة ٧٥ر٩٩٪.

أما عملية تبادل النشادر والهيدروجين فيمكن أن تستخرج الديوتيريوم من غاز التركيب عن طريق التماس مع النشادر السائل بوجود مادة وسيطة. ويدخل غاز التركيب في أبراج التبادل ثم الى محول نشادر. ويتدفق الغاز داخل الأبراج من الجزء الأسفل الى الأعلى بينما يتدفق النشادر السائل من الجزء الأعلى الى الأسفل. ويجري انتزاع الديوتيريوم من الهيدروجين في غاز التركيب وتركيزه في النشادر. ثم يتدفق النشادر في مكسر النشادر في أسفل البرج بينما يتدفق الغاز في محول النشادر في الجزء الأعلى. وتتم عملية اثراء اضافي في المراحل التالية، ويتم انتاج ماء ثقيل صالح للمفاعلات عن طريق التقطير النهائي. ويمكن توفير غاز التركيب اللازم في مصنع نشادر يمكن بناؤه الى جانب مصنع انتاج الماء الثقيل عن طريق تبادل النشادر والهيدروجين. كما يمكن أن يستخدم في عملية تبادل النشادر والهيدروجين الماء العادي كمصدر لتوفير الديوتيريوم.

والعديد من أصناف المعدات الرئيسية لمصانع انتاج الماء الثقيل عن طريق عملية تبادل الماء وكبريتيد الهيدروجين، أو عن طريق عملية تبادل النشادر والهيدروجين، هي أصناف مشتركة في عدة قطاعات من الصناعات الكيمياوية والنفطية. وينطبق هذا بشكل خاص على المصانع الصغيرة التي تستخدم عملية تبادل الماء وكبريتيد الهيدروجين. ولكن القليل من هذه الأصناف متاح "بصورة متيسرة". وعملية تبادل الماء وكبريتيد الهيدروجين، وعملية تبادل النشادر والهيدروجين تتطلبان مناولة كميات كبيرة من المواد الحامضة السامة السريعة الالتهاب والأكّالة في مستويات الضغط العالية. وبالتالي فان تحديد معايير تصميم وتشغيل المصانع والمعدات التي تستخدم هاتين العمليتين يتطلب ايلاء اهتمام دقيق لاختيار المواد ومواصفاتها لتأمين عمر تشغيلي طويل وضمان عوامل تكفل مستويات رفيعة من السلامة والعولية. ويعتمد اختيار المقياس بدرجة رئيسية على عوامل اقتصادية وعلى الحاجة. وبالتالي فان معظم أصناف المعدات سيجري اعدادها وفقا لمتطلبات المستخدم.

وأخيرا، ينبغي أن يلاحظ في العمليتين -أي في عملية تبادل الماء وكبريتيد الهيدروجين وعملية تبادل النشادر والهيدروجين- أن أصناف المعدات التي لا تكون، على حدة، مصممة أو معدة خصيصا لانتاج الماء الثقيل يمكن تركيبها في نظم مصممة أو معدة خصيصا لانتاج الماء الثقيل. ومن الأمثلة على هذه النظم نظام انتاج الوسيط المستخدم في عملية تبادل النشادر والهيدروجين، ونظام تقطير الماء المستخدم في التركيز النهائي للماء الثقيل ليكون صالحا للمفاعلات في كل من العمليتين.

وترد فيما يلي أصناف المعدات المصممة أو المعدة خصيصا لانتاج الماء الثقيل باستخدام أي من العمليتين - عملية تبادل الماء وكبريتيد الهيدروجين أو عملية تبادل النشادر والهيدروجين:

٦-١ أبراج تبادل الماء وكبريتيد الهيدروجين

أبراج تبادل مصنوعة من الفولاذ الكربوني الصافي (مثلا ASTM A516) يتراوح قطرها بين ٦ أمتار (٢٠ قدما) و ٩ أمتار (٣٠ قدما)، وتكون قادرة على أن تعمل في ظروف ضغط لا يقل عن ٢ ميجاباسكال (٣٠٠ رطل/بوصة مربعة) وتآكل مسموح به في حدود ٦ ملليمترات أو أكثر. وهي

أبراج مصممة أو معدة خصيصا لانتاج الماء الثقيل باستخدام عملية تبادل الماء وكبريتيد الهيدروجين.

٦-٢ النفاخات والضاغطات

نفاخات أو ضاغطات بالطرد المركزي وحيدة المرحلة ومنخفضة الرأس (أي ٢ر٠ ميجاباسكال أو ٣٠ رطلا/بوصة مربعة) لدورة غاز كبريتيد الهيدروجين (أي الغاز الذي يحتوي على كبريتيد الهيدروجين بنسبة تزيد على ٧٠٪)؛ وهي مصممة أو معدة خصيصا لانتاج الماء الثقيل باستخدام عملية تبادل الماء وكبريتيد الهيدروجين. وهذه النفاخات أو الضاغطات لا تقل قدرتها عن ٥٦ مترا مكعبا/ثانية (120 000 SCFM)، بينما تعمل في ظروف ضغط لا يقل عن ١ر٨ ميجاباسكال (٢٦٠ رطلا/بوصة مربعة)، وتكون محكمة بأختام مصممة لخدمة كبريتيد الهيدروجين الرطب.

٦-٣ أبراج تبادل النشادر والهيدروجين

أبراج لتبادل النشادر والهيدروجين لا يقل ارتفاعها عن ٣٥ مترا (٣ر١١٤ قدما)، ويتراوح قطرها بين ٥ر١ متر (٩ر٤ أقدام) و ٥ر٢ متر (٢ر٨ أقدام)، وتكون قادرة على أن تعمل في ظروف ضغط يتجاوز ١٥ ميجاباسكال (٢٢٢٥ رطلا/بوصة مربعة)، كما تكون مصممة أو معدة خصيصا لانتاج الماء الثقيل باستخدام عملية تبادل النشادر والهيدروجين. وهذه الأبراج تكون فيها على الأقل فتحة واحدة محورية مشفهة قطرها مماثل لقطر الجزء الاسطواني بحيث يمكن ادخال أو سحب أجزاء الأبراج الداخلية.

٦-٤ أجزاء الأبراج الداخلية والمضخات المرحلية

أجزاء أبراج داخلية ومضخات مرحلية مصممة أو معدة خصيصا لأبراج انتاج الماء الثقيل باستخدام عملية تبادل النشادر والهيدروجين وتشمل أجزاء الأبراج الداخلية ملاماسات مرحلية مصممة خصيصا لتحقيق تماس وثيق بين الغاز والسائل. وتشمل المضخات المرحلية مضخات قابلة للتشغيل المغمور ومصممة خصيصا لدورة النشادر السائل في مرحلة تماس داخلية بالنسبة للأبراج المرحلية.

٦-٥ مكسرات النشادر

مكسرات نشادر تعمل في ظروف ضغط لا يقل عن ٣ ميجاباسكال (٤٥٠ رطلا/بوصة مربعة)، وتكون مصممة أو معدة خصيصا لانتاج الماء الثقيل باستخدام عملية تبادل النشادر والهيدروجين.

٦-٦ محللات الامتصاص بالاشعة دون الحمراء

محللات امتصاص بالأشعة دون الحمراء، تكون قادرة على التحليل "المباشر" لنسبة الهيدروجين والديوتيريوم حيث لا تقل نسبة تركيزات الديوتيريوم عن ٩٠٪.

٦-٧ الحراقات الوسيطة

حراقات وسيطة لتحويل غاز الديوتيريوم المثرى الى ماء ثقيل، تكون مصممة أو معدة خصيصا لانتاج الماء الثقيل باستخدام عملية تبادل النشادر والهيدروجين.

٧- مصانع تحويل اليورانيوم والمعدات المصممة أو المعدة خصيصا لها

ملحوظة تمهيدية

يجوز أن تؤدي مصانع ونظم تحويل اليورانيوم عملية تحول واحدة أو أكثر من نوع كيميائي لليورانيوم الى نوع آخر، بما في ذلك ما يلي: تحويل مركزات خام اليورانيوم الى ثالث أكسيد اليورانيوم، وتحويل ثالث أكسيد اليورانيوم الى ثاني أكسيد اليورانيوم، وتحويل أكاسيد اليورانيوم الى رابع فلوريد اليورانيوم، أو سادس فلوريد اليورانيوم، وتحويل رابع فلوريد اليورانيوم الى سادس فلوريد اليورانيوم، وتحويل سادس فلوريد اليورانيوم الى رابع فلوريد اليورانيوم، وتحويل رابع فلوريد اليورانيوم الى فلز اليورانيوم، وتحويل فلوريدات اليورانيوم الى ثاني أكسيد اليورانيوم. والعديد من أصناف المعدات الرئيسية لمصانع تحويل اليورانيوم هي أصناف مشتركة في عدة قطاعات من صناعات المعالجة الكيميائية. وترد فيما يلي، على سبيل المثال، أصناف المعدات المستخدمة في هذه العمليات: الأفران، والاتونات الدوارة، والمفاعلات ذات القيعان المائعة، والمفاعلات ذات الأبراج المتوهجة، والطاردات المركزية للسوائل، وأعمدة التقطير، وأعمدة استخراج السوائل. ولكن القليل من هذه الأصناف متاح "بصورة متيسرة"؛ وبالتالي فان معظمها سيجري اعداده وفقا لمتطلبات المستخدم ومواصفاته. ويقتضي الأمر، في بعض الحالات، وضع اعتبارات خاصة في التصميم والتشييد لمراعاة الخواص الأكّالة لبعض الكيماويات التي تتم معالجتها (الهيفنيوم، والفلورين-٢، وثالث فلوريد الكلورين، وفلوريدات اليورانيوم). وأخيرا، ينبغي أن يلاحظ في جميع عمليات تحويل اليورانيوم أن أصناف المعدات التي لا تكون، على حدة، مصممة أو معدة خصيصا لتحويل اليورانيوم يمكن تركيبها في نظم مصممة أو معدة خصيصا لاستخدامها في تحويل اليورانيوم.

١-٧ النظم المصممة أو المعدة خصيصا لتحويل مركزات خام اليورانيوم الى ثالث أكسيد اليورانيوم

ملحوظة ايضاحية

يمكن تحويل مركزات خام اليورانيوم الى ثالث أكسيد اليورانيوم أولا باذابة الخام في حامض النيتريك واستخراج نترات الأورانيل المنقاة باستخدام مذيب مثل فوسفات التريبوتيل. ثم يتم تحويل نترات الأورانيل الى ثالث أكسيد اليورانيوم، اما عن طريق التركيز ونزع النترات أو بالتحبيد باستخدام النشادر الغازي لانتاج ديورانات النشادر مع ما يلي ذلك من ترشيح وتجفيف وتكليس.

٢-٧ النظم المصممة أو المعدة خصيصا لتحويل ثالث أكسيد اليورانيوم الى سادس فلوريد اليورانيوم

ملحوظة ايضاحية

يمكن تحويل ثالث أكسيد اليورانيوم الى سادس فلوريد اليورانيوم عن طريق الفلورة مباشرة. وتتطلب العملية وجود مصدر لغاز الفلورين أو ثالث فلوريد الكلورين.

٣-٧ النظم المصممة أو المعدة خصيصا لتحويل ثالث أكسيد اليورانيوم الى ثاني أكسيد اليورانيوم

ملحوظة ايضاحية

يمكن تحويل ثالث أكسيد اليورانيوم الى ثاني أكسيد اليورانيوم عن طريق اختزال ثالث أكسيد اليورانيوم باستخدام غاز النشادر المكسر أو الهيدروجين.

٤-٧ النظم المصممة أو المعدة خصيصا لتحويل ثاني أكسيد اليورانيوم الى رابع فلوريد اليورانيوم

ملحوظة ايضاحية

يمكن تحويل ثاني أكسيد اليورانيوم الى رابع فلوريد اليورانيوم عن طريق تفاعل ثاني أكسيد اليورانيوم مع غاز فلوريد الهيدروجين عند درجة حرارة تتراوح بين ٣٠٠ و ٥٠٠ درجة مئوية.

٥-٧ النظم المصممة أو المعدة خصيصا لتحويل رابع فلوريد اليورانيوم الى سادس فلوريد اليورانيوم

ملحوظة ايضاحية

يتم تحويل رابع فلوريد اليورانيوم الى سادس فلوريد اليورانيوم عن طريق التفاعل المصحوب باطلاق الحرارة باستخدام الفلورين في مفاعل برجي. ويجري تكثيف سادس فلوريد اليورانيوم من غازات الدوافق الساخنة عن طريق تمرير مجرى الدوافق عبر مصيدة باردة يتم تبريدهـــا الـــى ١٠ درجات مئوية تحت الصفر. وتتطلب العملية وجود مصدر لغاز الفلورين.

٦-٧ النظم المصممة أو المعدة خصيصا لتحويل رابع فلوريد اليورانيوم الى فلز اليورانيوم

ملحوظة ايضاحية

يتم تحويل رابع فلوريد اليورانيوم الى فلز اليورانيوم عن طريق اختزاله بالمغنسيوم (دفعات كبيرة) أو الكالسيوم (دفعات صغيرة). ويجري التفاعل عند درجات حرارة تتجاوز نقطة انصهار اليورانيوم (١١٣٠ درجة مئوية).

٧-٧ النظم المصممة أو المعدة خصيصا لتحويل سادس فلوريد اليورانيوم الى ثاني أكسيد اليورانيوم

ملحوظة ايضاحية

يمكن تحويل سادس فلوريد اليورانيوم الى ثاني أكسيد اليورانيوم عن طريق واحدة من ثلاث عمليات. في العملية الأولى، يتم اختزال سادس فلوريد اليورانيوم ويحلل بالماء الى ثاني أكسيد اليورانيوم باستخدام الهيدروجين والبخار. وفي العملية الثانية، يجري تحليل سادس فلوريد اليورانيوم باذابته في الماء، ويضاف النشادر لترسيب ديورانات النشادر، وتختزل الديورانات الى ثاني أكسيد اليورانيوم باستخدام الهيدروجين بينما تكون درجة الحرارة ٨٢٠ درجة مئوية. أما في العملية الثالثة، فيتم دمج سادس فلوريد اليورانيوم الغازي وثاني أكسيد الكربون وثالث هيدروجين النتروجين في الماء، حيث تترسب كربونات أورانيل النشادر. وتدمج كربونات أورانيل النشادر في البخار والهيدروجين عند درجة حرارة تتراوح بين ٥٠٠-٦٠٠ درجة مئوية لانتاج ثاني أكسيد الكربون.

وعملية تحويل سادس فلوريد اليورانيوم الى ثاني أكسيد الكربون، كثيرا ما تتم باعتبارها المرحلة الأولى في أي مصنع لانتاج الوقود.

٨-٧ النظم المصممة أو المعدة خصيصا لتحويل سادس فلوريد اليورانيوم الى رابع فلوريد اليورانيوم

ملحوظة ايضاحية

يتم تحويل سادس فلوريد اليورانيوم الى رابع فلوريد اليورانيوم عن طريق اختزاله بالهيدروجين.