

PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

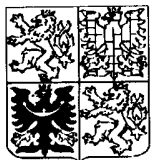
zveřejněná podle § 31 zákona č. 527/1990 Sb.

(21) Číslo dokumentu:

2933-98

(19)

ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **12. 03. 97**

(32) Datum podání prioritní přihlášky: **15.03.96,**
21.05.96, 27.02.97

(31) Číslo prioritní přihlášky: **96/9605435, 96/9610606,**
97/9704078

(33) Země priority: **GB, GB, GB**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **12. 05. 99**
(Věstník č. 5/99)

(86) PCT číslo: **PCT/GB97/00671**

(87) PCT číslo zveřejnění: **WO 97/34684**

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl.⁶:

B 01 D 59/48
B 01 D 59/50

(71) Přihlášovatel:

BRITISH NUCLEAR FUELS PLC,
Warrington, GB;

(72) Původce:

Bailey Geoffrey Horrocks, Preston, GB;
Whitehead Colin, Pontymwyn, GB;
Gilchrist Paul, Preston, GB;
Webster Duncan Alfred, Nr. Chester, GB;

(74) Zástupce:

Jírotková Ivana Ing., Nad Štolou 12, Praha
7, 17000;

(54) Název přihlášky vynálezu:

Dělení isotopů ionizací pro zpracování
jaderného paliva

(57) Anotace:

Způsob spočívá v tom, že vstupní směs složek se podrobí konverzi na plazmovou nebo ionizovanou formu, přičemž alespoň jedna složka je v alespoň částečně ionizované formě a alespoň jedna složka v alespoň částečně neoionizované formě. Směs složek v plazmě se vystaví účinkům magnetického pole za účelem odseparování ionizovaných a neoionizovaných složek.

CZ 2933-98 A3

Separace izotopů ionizací pro zpracování materiálů nukleárního paliva

Oblast techniky

Tento vynález se týká zpracování, zejména, ale ne výlučně, zpracování nukleárních paliv a materiálů, které jsou používány v průmyslu nukleárních paliv.

Dosavadní stav techniky

Produkce a recyklace paliva, resp. obohaceného nukleárního paliva a doprovodných materiálů, zahrnuje dlouhé a složité procesy. Například pokud se vychází z těžené uranové rudy, zahrnuje proces, obecně řečeno, získání vytěženého tříděného materiálu a jeho postupnou konverzi a obohacení, dokud není dosaženo formy a stupně čistoty, který je vhodný pro výrobu palivových pelet.

Přechodné stupně v celkovém procesu určí směr a podobu výchozího bodu pro produkci různých jiných materiálů.

Základními stupni v celkovém procesu je koncentrace počátečních oxidů uranu jako hexahydrátu dusičnanu uranuly; stupeň denitrace k převedení materiálu na UO_3 ; stupeň redukce a převedení UO_3 na UO_2 ; stupeň hydro-fluorace s výrobou UF_4 , další stupeň fluorace na produkt UF_6 , postup obohacení fyzikálními nebo chemickými prostředky; a konverze UF_6 v obohacené formě na UO_2 keramické jakosti, který je ve vhodné formě pro výrobu palivových pelet.

Recyklace vyčerpaného paliva podobně zahrnuje sérii různých složitých chemických a fyzikálních kroků k separaci štěpných produktů z vyčerpaného paliva a zvýšení koncentrace ^{235}U v materiálu do stupně, kdy jej lze opět použít jako palivo oddělením jiných přítomných složek ve vyčerpaném palivu.

Komplikovanost těchto procesů také zasahuje do dalších výrobně zpracovatelských linií, které zahrnují nebo se týkají palivových cyklů, jako jsou mezi jinými i thorium, plutonium a gadolinium. Výroba kovového uranu, neobohaceného, například pro použití v reaktorech Magnox, také zahrnuje složité zpracování.

S rozsáhlým nebo komplikovaným zpracováním je také možné se potkat v produkci jiných materiálů mimo bezprostřední oblast nukleárního paliva, například běžně používaná výrobní cesta pro získání kovového titanu, niobu a rhodia, kromě

jiných, zahrnuje převedení sloučenin obsahujících kov do halogenidové formy a její následný rozklad z halogenidové formy na kov.

K provádění stupňů, které vyžadují všechny tyto procesy, je nutné významné zpracovatelské zařízení, pokud jde o velikost, kapitálové a provozní náklady. Je třeba řešit i doprovodné problémy, které také následně vyplývají z rozličných procesů a jejich požadavků. Například procesy zahrnující fluoraci vyžadují složitý a nebezpečný proces elektrolýzy pro potřebnou výrobu fluoru.

Cílem představovaného vynálezu je poskytnout cestu alternativního zpracování pro mnoho procesů a/nebo proces pro převod materiálů do více užitečných forem a/nebo proces pro recyklaci materiálů, zároveň se zařízeními pro provedení procesů.

Podstata vynálezu

V souladu s prvním aspektem je předmětem vynálezu postup, který zahrnuje tyto kroky:

- a) předpokládaný přísun materiálu, který obsahuje směs složek;
- b) konverze uvedeného materiálu do formy plazmy nebo ionizované formy,
- c) zajištění nejméně jedné složky v alespoň částečně ionizované formě a nejméně jedné rozdílné složky v alespoň částečně neionizované formě;
- d) umístění uvedené plazmy / iontů do magnetického pole ; a
- e) separace uvedených ionizovaných složek od uvedených neionizovaných složek.

Požadovaná složka může být extrahována ze směsi izotopů a/nebo prvků, které mohou být kovové i nekovové povahy. Separace může být kompletní nebo parciální.

Předpokládá se surovina na bázi dusíkaté sloučeniny, ale zvláště výhodná je surovina ve fluorované formě. Vhodnou surovinou je materiál, který se skládá z dusičnanu uranylu, hexafluoridu uranu, dusičnanu plutonia, dusičnanu thoria, vyčerpaného dusičnanu uranylu, vyčerpaného hexafluoridu uranu nebo jejich směsí. Jiné vhodné vstupní materiály zahrnují použité nukleární palivo, tetrafluorid uranu a

jiné kovy v halogenových formách, jako například tetrachlorid titanu. Tyto materiály mohou být v hydratované formě.

Smíchané složky se mohou skládat z dvou nebo více rozdílných prvků; dvou nebo více rozdílných izotopů stejného prvku; rozdílných prvků spolu s rozdílnými izotopy jednoho nebo více těchto prvků; nebo sloučenin a/nebo směsí sloučenin obsahujících rozdílné prvky, rozdílné izotopy nebo rozdílné izotopy a rozdílné prvky, přičemž odkaz v této souvislosti na termín složky by měl zahrnovat mezi jinými všechny takové možnosti, nebude-li uvedeno jinak.

Vstupní materiál může být uveden do magnetického pole jako plyn, kapalina, pevná látka nebo směs stavů. Je výhodné, aby surovina byla na vstupu do magnetického pole v plynném stavu.

Vstupní materiál, který má být převeden na plazmu, může být ve formě plynu, kapaliny, pevné látky nebo směsi uvedených stavů.

Pro převedení vstupního materiálu na ionizovanou formu je možné použít materiál ve formě plynu, kapaliny, pevné látky nebo směsi uvedených stavů. Pro ionizaci je výhodné, aby vstupní materiál byl ve formě plynu, zvláště kde není vybavení plazmovým generátorem.

Vstupní materiál může být převeden do plynné formy vařením a/nebo odpařováním a/nebo sublimací pevného nebo kapalného vstupního materiálu. Konverze na plynný stav může být provedena s využitím pecí, mikrovlnným ohřívacem nebo jinou formou ohřívacích prostředků. Pro ionizaci je výhodné, aby materiálu byl v plynné formě.

Je výhodné, když je veškeré nebo prakticky veškeré množství dané složky ionizováno. Je rovněž výhodné, když veškeré nebo prakticky veškeré množství dané složky není ionizováno.

Výhodné je, jsou-li některé nebo všechny kovové prvky přítomné v uvedeném vstupu ionizovány. Ionizace kovových prvků s atomovou hmotností větší než 90 je zvláště výhodná. Je výhodné, jsou-li některé nebo všechny nekovové prvky v řečeném vstupu neionizované. Ve výhodném provedení jsou nejlépe všechny prvky s atomovou hmotností pod 90, nejraději pod 70 a ideálně pod 60, ponechány v neionizované formě. Zvláště výhodné je, když jsou prvky jako uran a/nebo plutonium a/nebo thorium a/nebo gadolinium ionizované. Je zvláště výhodné, když prvky jako vodík a/nebo fluor a/nebo kyslík a/nebo dusík nejsou ionizovány. Je výhodné, když bor není ionizován. Je výhodné, když štěpené produkty nejsou ionizovány.

Ionizace složek může být vyvolána teplotou plazmy. Dodatečně nebo alternativně může být ionizace složek vyvolána interakcí složek s vysokou energií elektronů, vzniklých elektronovou cyklotronovou rezonancí.

Rozsah ionizace a/nebo ionizované složky mohou být řízeny vstupní energií a/nebo rezidentní dobou v elektronové cyklotronové rezonanční jednotce.

Je výhodné, když je ionizace řízena hladinou vstupní energie. Hladina vstupní energie může být řízena ovládáním teploty plazmy. Přednostně není vstup energie selektivní mezi složkami suroviny. Tímto způsobem je energetická hladina všech vstupních složek výhodně vyrovnána na stejnou úroveň. Je výhodné, když ionizované a neionizované vstupní složky jsou za převládajících podmínek navzájem v rovnováze.

Vstupní materiál může být konvertován na plyn a přiveden do zařízení ECR pro ionizaci. Na konvertování pevné látky nebo kapaliny na plynnou/parní vstupní formu může být použit pecní ohříváč nebo odpařovák.

V jednotlivých případech může tudíž plazma přeměnit vstupní materiály na oddělené atomy a elektronová cyklotronová rezonance může pak vyvolat alespoň částečnou ionizaci, nejlépe selektivní povahy.

Vstup může být připraven v molekulární formě a konvertován na diskrétní atomy a/nebo elementární formy vytvářením plazmy a/nebo ionizačními prostředky a/nebo ohřívacími prostředky. Konverze na samostatné atomy a/nebo elementární formy může vyvolat částečnou ionizaci jedné nebo více z výsledných látek. Vstupní hexahydrát dusičnanu uranylu tak může být konvertován na U, N a H (diskrétní atomové formy) společně s N_2 a O_2 (elementární formy), stejně jako U^+ (ionizovaná částice). Je výhodné použít vstup v molekulární formě a výběrovou separaci pro diskrétní atomy a/nebo elementární formy od ionizovaných diskrétních atomových forem a/nebo elementárních forem. Pak je tato technika vhodná pro větší rozmanitost materiálů než v případě elementární suroviny a separace v elementární formě nebo molekulární suroviny s následnou separací v molekulární formě.

Teplota uvedené plazmy může být řízena tak, aby poskytla selektivní ionizaci složek požadovaným způsobem. Takto může plazma ionizovat některé složky ve vstupu, ale nechat jiné složky, jako například štěpné produkty a/nebo nekovové prvky, neionizované.

Je výhodné, když je uvedená plazma připravena při 3000 až 4500 K. Nejvýhodněji je uvedená plazma generována mikrovlnnými nebo vysokofrekvenčními

prostředky. Výhodně plazma působí v generátoru v rozmezí 1000 a 10000 Pa. Nejvýhodnější je hodnota 2000 +/- 10 %.

Dodatečně či alternativně je možno regulovat dobu zdržení suroviny v plazmě před separací pro poskytování selektivní ionizace složek požadovaným způsobem.

Je výhodné vstupní materiál uvést do magnetického pole v neionizované formě. Výhodně se proces částečné ionizace v magnetickém poli vyskytuje u elektricky neutrálního plynu. Plyn může být v molekulární a/nebo atomové formě.

Magnetické pole může být konfigurováno tak, že tvoří válcový aktivní objem, v kterém je zpracovávána plazma/ionty. Nejlépe prochází plazma/ionty podél osy této oblasti z generování plasmy a/nebo ionizace do následujícího separačního stupně.

Výhodně je separace ionizovaných a neionizovaných složek prováděna odstraňováním neionizované složky z plazmy, většinou nejlépe jako plyn. Neionizované složky mohou být čerpány pryč z ionizované složky. Ionizovaná složka, která je přítomna, je zadržována magnetickým polem.

Separace ionizované složky od neionizovaných složek může být prováděna v několika stupních. Je výhodné, když jsou stupně navzájem oddělené. Stupně je možné vzájemně separovat usměrňovačem toku opatřeným otvorem. Ve výhodném provedení je otvor umístěn uvnitř kontrolované oblasti magnetického pole. Nejvýhodněji je jeden nebo více stupňů zpracováván za rozdílného tlaku na jeden nebo více dalších stupňů. Úroveň tlaku může být udržována použitým výkonem čerpání. Ve výhodném provedení je tlak v jednom nebo více stupních, které jsou blízké přívodu, vyšší než v jednom nebo více vzdálenějších stupních. Přednostně tlak v každé zóně klesá vzhledem k předchozímu stupni bližšímu vstupu. Je výhodné, když tlak od vstupu postupuje tak, že v každém stupni činí 30 % až 60 % tlaku v předcházejícím stupni.

Výhodně jsou použity tři stupně. Každý stupeň může být v délce mezi 0,5 až 2 m.

Nejllepší je, když první stupeň je udržován v rozmezí 10 až 50 Pa. Je preferována úroveň 40 Pa +/- 10 %.

Je výhodné druhý stupeň udržovat v rozmezí 5 až 20 Pa. Je preferována úroveň 16 Pa +/- 10 %.

Je výhodné třetí stupeň udržovat v rozmezí 2 až 10 Pa. Je preferována úroveň 7 Pa +/- 10 %.

Separované elektricky neutrální složky mohou být recyklovány pro následující použití a/nebo se podrobí dalšímu zpracování. Toto může zahrnovat další selektivní ionizaci a/nebo selektivní zpracování k oddělení jednotlivých rozdílných složek.

Oddělené nabité složky jsou výhodně dále udržovány v magnetickém poli. Mohou být podrobeny dalšímu zpracování včetně selektivní deionizace; deionizaci, která je následována další selektivní ionizací; nebo jinému selektivnímu zpracování k separaci odlišných složek.

Složky s nábojem mohou být chlazeny, a/nebo odebírány k výrobě kapalného a/nebo pevného elektricky neutrálního produktu. Složky s nábojem mohou být sbírány na uzemněné nebo nabitě síti, desce, elektrodě nebo na vlastní hmotě produktu. Nabitě složky mohou být sbírány do nádoby nebo do kontejneru. V nádobě nebo kontejneru může být umístěna nádrž s kapalinou.

Teplotní podmínky mohou být řízeny pro čištění sebraných složek odpařováním nečistot. Nečistoty mohou být odpařovány ve formě sloučenin s kovem a/nebo sebrané složky. Předpokládá se odpařování halogenidů.

Sebrané nabitě složky mohou být periodicky nebo kontinuálně odstraňovány ze sběrného místa.

Metoda může zahrnovat další krok, kterým je zavedení chemického materiálu, nejlépe v řízeném kinetickém energetickém stavu, a jeho kontakt se zbývající nabitou složkou(ami), přičemž úroveň kinetické energie nabitě složky a chemického materiálu je taková, že výsledkem je elektricky neutrální složka nebo částice. Složka může být stále přítomna jako plyn.

Chemický materiál může být tvořen materiálem zvoleným tak, aby poskytoval požadovanou elektricky neutrální částici a/nebo konečný produkt, jako je například kyslík nebo inertní plyn jako chemický materiál. Chemický materiál může být přidán při teplotě mezi 100 K a 2000 K a zejména 100 K až 500 K. Složka a chemický materiál mohou být ve výsledné částici kombinovány. Možnou formu reprezentuje oxid.

Teplota chemicky vázané formy může být řízena tak, aby poskytla částici v požadované formě. V případě uranu je upřednostňována teplota 2500 K, aby uran byl přítomen jako plynný UO_2 jako základní forma.

Může být proveden další krok, ve kterém je přidán další chemický materiál do elektricky neutrální složky, aby byla kinetická energie snížena na úroveň stupně, kdy vzniká pevný produkt. Alternativně nebo dodatečně může být zajištěno snížení

úrovně kinetické energie nárazem elektricky neutrální složky na povrch, nejlépe chladný povrch. Snížení úrovně kinetické energie pro elektricky neutrální částici může být velmi rychlé, tak aby bylo zabráněno nežádoucímu meziproduktu v rovnovážné formě. Je preferována přechodná perioda < 2 ms.

Další chemický materiál může být stejný nebo odlišný od předešlého přidaného chemického materiálu.

Produktem procesu je výhodně požadovaná sloučenina, prvek nebo izotop a nejlépe v požadované čistotě. Zejména je preferován jako konečný produkt procesu oxid kovu v keramické kvalitě, ačkoli čistý kov může být také tímto způsobem vyroben. Uran, plutonium, thorium a samozřejmě MOX produkty mohou být vyrobeny procesem s řízenými podmínkami.

Shodně s druhým aspektem je předmětem vynálezu separační zařízení, přičemž uvedené zařízení zahrnuje:

- a) plazmový/iontový generátor;
- b) zařízení pro selektivní ionizaci vstupní směsi složek;
- c) zařízení pro generování magnetického pole, produkující magnetické pole pro zadržování plazmy/iontů, a
- d) zařízení k odstraňování elektricky neutrálních složek z magnetického pole.

Vstupní materiál může být v pevné, kapalné nebo plynné formě.

K zahřívání a/nebo vypařování a/nebo sublimaci a/nebo zplynování a/nebo odpařování suroviny může být použita pec, ohřívač, mikrovlnný zdroj, odpařovák nebo jiné topné zařízení.

Nejlépe je, když plazma/ionty jsou generovány mikrovlnně nebo radiofrekvenčním ohřevem. Ionizace složek může být vyvolána teplotou plazmy.

Nejlépe je, když teplota plazmy je mezi 3000 a 4500 K, výhodně 4000 K ± 10 %. Nejlepší je, když výpust z plazmového/iontového generátoru má poloměr mezi 20 a 40 mm.

Plazmový generátor může působit jako prostředek pro selektivní ionizaci vstupní směsi složek. Alternativní nebo dodatečná vysoká energie elektronových kolizí vyrobená prostředky elektronové cyklotronové rezonance může poskytnout prostředky pro výběrovou ionizaci vstupního materiálu, který tvoří směs složek.

Surovina může být dodávána do ECR jako molekulární a/nebo atomový plyn.

Rozsah ionizace a/nebo ionizovaných složek je výhodně řízen úrovní vstupní energie. Energetický stav může být řízen teplotou. Výhodně je surovina rovnoměrně excitována. Vstupní energie výhodně není selektivní mezi přítomnými složkami. Výhodně je částečná ionizace/částečná neionizace vznikající suroviny za převládajících podmínek v rovnováze.

Zadržující magnetické pole může být uspořádáno axiálně.

Výhodně zahrnuje zařízení pro generování magnetického pole jeden nebo více solenoidů. Výhodně jsou magnety v uspořádání prstencovitém nebo cylindrickém. Tímto způsobem je centrální zadržovací oblast tvořena magnetickým polem, výhodně válcové konfigurace. Je výhodné, když je magnetické pole poskytnuto jako zadržovací pole, přednostně v axiálním uspořádání. Pro tento účel může být použita síla pole nad 0,075 Tesla nebo více než 0,1 Tesla.

Výhodně se surovina přivádí do magnetického pole před ionizací.

Výhodně je separace prováděna odstraněním neionizovaných složek z plazmy. Je výhodné, zahrnují-li prostředky pro odstranění elektricky neutrálních složek čerpací jednotku. Je výhodné ponechat složky s nábojem v magnetickém poli.

Neionizované složky mohou být odděleny ze suroviny v jednom nebo více stupních. Výhodně je v každém stupni upraven jeden nebo více odtoků, z nichž jsou odváděny neionizované složky.

Výhodně jsou stupně odděleny navzájem tlumivým prvkem. Nejlépe je opatřit tlumič kruhovým otvorem, přes který vstupní materiál prochází. Nejlépe jsou otvory v tlumiči uspořádané axiálně. Průměr nebo velikost otvoru v jednom nebo více tlumičích může být větší než otvor v jednom nebo více tlumičích, které jsou blíže vstupu suroviny než uvedený otvor. Výhodně se průměr otvorů zvětšuje postupně ven od vstupu suroviny.

Výhodně má otvor poloměr v podstatě odpovídající poloměru plazmového/iontového proudu v dané vzdálenosti od vstupu. Výhodně je poloměr otvoru stejný nebo méně než o 10 % větší než poloměr plazmového/iontového proudu v daném místě. Přednostně je poloměr jednoho nebo více z otvorů přibližně úměrný čtvrté odmocnině vzdálenosti od vstupu nebo trysky plazmového generátoru.

Přednostně je poloměr otvoru menší než poloměr zadržovací oblasti, definované magnetickým polem v daném místě.

Zařízení může dále obsahovat prostředky pro dodávání chemického materiálu ke zbylému technologickému proudu. Jako výhodný materiál je doporučen kyslík

nebo inertní plyn. Je obzvlášť preferováno, aby přidaný chemický materiál poskytoval možnost ochlazovat zbývající složky. Výhodně chemický materiál při kontaktu se zbývajících složkami převádí tyto složky z nabitě do elektricky neutrální fáze. Výhodně je složka po této změně dále ponechána v plynném stavu.

Ve zvlášť výhodném provedení je jako chemický materiál použit kyslík. Nejvýhodnější je, když je zaveden o teplotě 100 až k 500 K k dosažení přibližné teploty 2500 K v kombinaci s nabitou složkou. Při této teplotě je například U ponechán jako elektricky neutrální plyn původně ve formě UO_2 .

Mohou být použita ještě další zařízení pro přidávání dalšího chemického materiálu. Tímto dalším přídatkem dochází výhodně ke konverzi technologického proudu z plynné do pevné fáze. Eventuelní nebo dodatečné snížení hladiny kinetické energie může být způsobeno nárazem elektricky neutrální složky na povrch, výhodně chladný povrch. Konverze je výhodně dosažena velmi rychle, aby bylo možné omezení vzniku jakýkoliv přechodných rovnovážných stavů. Výhodně je produktem palivo v kvalitě keramického materiálu, jako je UO_2 .

V souladu se třetím aspektem je předmětem vynálezu způsob, který zahrnuje kroky :

- a) použití suroviny, tvořené směsí složek;
- b) konverze uvedené suroviny na plazmovou/ionizovanou formu;
- b) použití alespoň jedné složky v alespoň částečně ionizované formě a alespoň jedné složky v alespoň částečně neionizované formě;
- d) zadržení uvedené plazmy/iontů v magnetickém poli ; a
- e) oddělení uvedených ionizovaných složek od uvedených neionizovaných složek; a dále zahrnuje konverzi alespoň části oddělené ionizované složky nebo složek do elektricky neutrální formy.

Složka může být konvertována na elektricky neutrální formu snížením úrovně její kinetické energie, tj. jejím zkondenzováním.

Složka může být konvertována na elektricky neutrální formu nárazem na povrch, nejlépe chladný povrch.

Složka může být konvertována na elektricky neutrální formu přídatkem chemického materiálu. Může být použita kombinace jedné nebo více z těchto uvedených metod.

Ve výhodném provedení je chemický materiál přidán v předem dané úrovni kinetické energie k dosažení požadované elektricky neutrální formy. Je výhodné,

když je elektricky neutrální forma v plynném stavu. Předpokládá se přeměna jedné nebo části jedné nebo více složek na elektricky neutrální formu, zatímco je jedna nebo více jiných složek nebo část jedné nebo více jiných složek a/nebo část první složky nebo složek ponechána v nabitě formě.

Přídavek chemického materiálu nebo přídavek dalšího chemického materiálu v dalším stádiu může být takový, aby snížil hladinu kinetické energie na stupeň, kdy vzniká pevný produkt.

Přidaný chemický materiál může reagovat se složku nebo může jednoduše zmenšit její úroveň kinetické energie. Složka může být vyrobena v elementární formě nebo ve formě sloučeniny.

Je výhodné, když přechod z elektricky neutrální plynné částice na pevný produkt proběhne velmi rychle. Výhodné je přechodné období menší než 2 ms.

Separace uranu a fluoru ze vstupního hexafluoridu uranu je jedno z možných užití. Dále se předpokládá separace uranu z hexahydrátu dusičnanu uranylu a jiných forem suroviny.

Je uvažováno o dalším zpracování a následném použití elektricky neutrálních složek, které jsou separovány od nabitých složek. Produkce nebo recyklace fluoru použitím této cesty je obzvlášť preferována.

Tento aspekt vynálezu může ovšem zahrnovat některý ze znaků nebo možnost, které byly diskutovány na jiném místě této přihlášky, včetně těch ve vztahu ke generování iontů/plazmy, jejich zadržování, způsobu separace a dalších.

V souladu se čtvrtým aspektem je předmětem vynálezu zařízení pro separaci, přičemž toto zařízení zahrnuje:

- a) plazmový/iontový generátor;
- b) zařízení pro selektivní ionizaci vstupní směsi složek;
- c) zařízení pro generování magnetického pole, produkující magnetické pole pro zadržování plasmy/iontů;
- d) zařízení pro odstraňování elektricky neutrálních složek z magnetického pole a
- e) zařízení pro konverzi alespoň některých separovaných nabitých složek na elektricky neutrální formu.

Složka může být konvertována na elektricky neutrální formu snížením její úrovně kinetické energie, tj. její kondenzací.

Složka může být konvertována do elektricky neutrální formy nárazem na povrch, nejlépe na chladný povrch.

Složka může být konvertována na elektricky neutrální formu přidavkem chemického materiálu. Může být použita kombinace jednoho nebo více těchto postupů.

Chemický materiál může být přiváděn v jednom nebo více stupních. Tam, kde je použito více stupňů, je výhodné, když jsou jednotlivé vstupy od sebe vzdáleny ve směru postupu technologického proudu. Tak může být použito první zařízení pro přechod z nabitého do elektricky neutrálního stavu a druhý nebo další stupně mohou poskytovat konverzi elektricky neutrální složky do pevné fáze nebo do kompozice požadovaného chemického složení. Je předpokládána produkce obou forem požadovaného produktu, tj. elementární a ve formě sloučeniny.

V tomto ohledu mohou však připadat v úvahu i další znaky zařízení nebo způsobu, diskutované na jiném místě této přihlášky.

V souladu s pátým aspektem jsou předmětem vynálezu složky, materiály, sloučeniny, prvky nebo izotopy, které jsou separovány podle prvního a/nebo třetího aspektu vynálezu a/nebo za použití zařízení podle druhého a/nebo čtvrtého aspektu vynálezu a/nebo další jejich zpracované formy.

Separované složky mohou být rozdílné prvky obsažené ve vstupním materiálu. Tak se předpokládá separace uranu od fluoru, stejně jako vzájemná separace jiných prvků, které jsou přítomny v jedné nebo více dalších sloučeninách. Je uvažována produkce keramické kvality oxidu kovu, který je vhodný pro použití jako palivo.

Stupeň separace mezi složkami může být v podstatě úplný nebo pouze částečný. Jsou tedy předpokládány procesy, ve kterých je určitý podíl složky ve vstupním materiálu extrahován jako elektricky neutrální složky, zatímco většina této složky pokračuje do produktového proudu vznikajícího z nabitých složek.

Elektricky neutrální první nebo druhý tok produktu může samozřejmě tvořit využitelnou a žádoucí separovanou složku stejně jako konečný produkt, který je tvořen nabitou složkou.

V souladu se šestým aspektem je předmětem vynálezu palivová peleta, palivová tyč nebo zásobník paliva nebo část pro nukleární reaktor, zahrnující produkt nebo dále zpracovaný produkt v souladu s prvním až pátým aspektem vynálezu.

Přehled obrázků na výkresech

Nyní budou popsána různá provedení vynálezu, která jsou uvedena pouze jako příklad, s odkazy na přiložené výkresy, ve kterých:

Obr. 1 schematicky znázorňuje první provedení vynálezu;

Obr. 2 znázorňuje fázový diagram uranu, kyslíku, dusíku a vodíku;

Obr. 3 je fázový diagram pro U^+ , UO , UO_2 a UO_3 ,

Obr. 4 schématicky znázorňuje částečný pohled na druhé provedení vynálezu:

Obr. 5 schématicky znázorňuje třetí provedení vynálezu, a

Obr. 6 schématicky znázorňuje čtvrté ztvárnění vynálezu.

Technika představovaného vynálezu nabízí mnohostranné systémy zpracování, které mohou být úspěšně použity s různými vstupními materiály a stavy a výtěžkem různých vyrobených materiálů, jejich stavů a forem.

-

Vstupní hexahydrát dusičnanu uranylu

Jak je znázorněno na obr. 1, vstupní materiál, určený ke zpracování, se zavádí podle šipky 2. V tomto speciálním příkladu tvoří vstupní materiál kapalný hexahydrát dusičnanu uranylu. Vstupní kapalina projde plazmovým generátorem 4, jenž rychle ohřeje vstupní kapalinu asi na 4000 K. Plazmový generátor 4 může být mikrovlnný nebo RF typ plazmového generátoru. Řízení teploty plazmy může být snadno zajištěno.

Vodivé solenoidy 6 produkují vysoce intenzivní magnetické pole, jehož siločáry jsou schématicky znázorněny 8. Během stupně, ve kterém je vstupní materiál ionizován v plazmovém generátoru, je již v oblasti magnetického pole.

Řídící solenoidy jsou nastaveny na výrobu pole o intenzitě nad 0,1 Tesla.

Jako následek působení plazmového generátoru 4 vstupní materiál vstupuje do komory 12 při vysoce zvýšené teplotě. Při této teplotě se hexahydrát dusičnanu uranylu rozpadá na jednotlivé atomy. To dovoluje zpracování vstupního materiálu podle jeho individuální atomové skladby bez nutnosti používat elementární surovinu nebo zpracovávat surovinu pouze podle rozdílů mezi molekulami, které jsou pak buď ionizovány nebo ne.

Jak je vidět z fázového diagramu, který je znázorněn na obr. 2, při 4000 K a za podmínek, jaké jsou v komoře 12, jsou atomy uranu nabitě, U^+ , křivka 20. Naproti tomu při této teplotě převládá část dusíku, kyslíku a vodíku jsou nenabitě atomy nebo molekuly, jak je patrné z obr. 2, kde dusík je znázorněn jako N, křivka 22; kyslík O, čára 24; a vodík H, křivka 26; všechny ionty jsou v plynné formě.

Selektivní ionizace proběhne jako následek celkové úrovně energie systému. Skutečnost, které částice jsou ionizovatelné za převládajících podmínek a které ne, je tedy určována rovnovážným stavem pro danou částici za těchto podmínek. Dosažená selektivní ionizace je tudíž stabilní a dlouhotrvající a umožňuje následující zpracování bez časového tlaku.

Jestliže je energie pouze selektivně dodávána určitým částicím v systému, potom je možné, aby bylo docíleno selektivní ionizace. Avšak kolize mezi ionizovanými a neionizovanými částicemi v takovém případě vedou k přenosu energie, který může mít za následek ionizaci dříve neionizovaných částic a/nebo vybití dříve ionizovaných částic. V takovém případě musí být separace provedena velmi rychle nebo pozbude selektivního charakteru dříve než bude při separaci dosaženo jakékoli významné selektivity.

V rovnovážném stavu plazmy podle vynálezu jsou kolize nejen tolerovatelné, ale jsou žádoucí pro zajištění rovnoměrného rozdělení energie, vstupující do plazmy. Kolize však nemají škodlivý účinek, protože například srážka mezi U^+ iontem a atomem F povede za převládajících rovnovážných podmínek nejpravděpodobněji ke vzniku U^+ iontu a F atomu. Rovnovážné podmínky neposkytnou dostatečnou energii pro kolizi s následkem přenosu elektronu a vybití iontu. Potenciál pro uskutečnění kolize také znamená že s plazmou je možno pracovat v relativně hustém stavu, což umožňuje významné prosazení materiálu. Jestliže musí být zabráněno kolizím, potom je vhodná co nejnižší hustota iontů a atomů, která vede ke snížení pravděpodobnosti kolizí.

Jako nabitě částice jsou ionty uranu zadržovány magnetickým polem a poháněny k posunu vpřed přes super vodivé solenoidy 6. Elektricky neutrální povaha dusíkových, kyslíkových a vodíkových atomů jim dovoluje pohybovat se volně, bez zadržování magnetickým polem, a mohou tedy být "vyčerpávány" z komory 12, proudem 14. Pro tento účel mohou být použity vývěvy.

Následující ochlazení proudu 14 umožňuje tyto materiály vrátit do rekombinované rovnováhy, která poskytuje typicky N_2 , O_2 , H_2O a oxidy dusíku.

Jako následek tohoto aspektu procesu je uran separován od jiných prvků, které tvoří vstupní surovinu hexahydrátu dusičnanu uranylu. Následné zpracování separovaného uranu může být prováděno podle potřeby.

Silné stejnorodé pole vyskytující se v části 16 procesu přísně zadržuje uranový ion.

Zavedením kyslíkové suroviny 42 do části 44 procesu dojde ke zchlazení přítomných U iontů. Regulací chlazení je možno dosáhnout snížení teploty na 2500 K. Při této teplotě, jak je zřejmé z obrázku 3, je převládající formou materiálu UO_2 ve formě plynu v elektricky neutrálním stavu, i když je pravděpodobná i jistá míra přítomnosti dalších forem oxidu uranu. Opět je získán systém v rovnovážném stavu.

Pokud je třeba, je možno použitím dalšího ochlazovacího proudu 52 ještě dále snížit teplotu a oxid uranu rychle převést ze stavu plynného do pevné fáze ve formě keramického prachu 54. Tento prach vychází jako tok 58.

Produkt může být podroben dalšímu následnému zpracování, například k obohacení na materiály kvality paliva.

Proces tak umožňuje v jediné modulové jednotce konverzi vstupního hexahydrátu dusičnanu uranylu ve formě kapaliny na prach dioxidu uranu. Podobný výsledek může být získán s jinou formou vstupní sloučeniny a/nebo směsí vstupních sloučenin.

Jednoduchá modulová jednotka, která odpovídá tomuto procesu, mající celkovou délku přibližně 10 m a aktivní oblast kolem 1 m v průměru, může zpracovávat mezi 50 a 200 kg/hod vstupního uranu.

Pobyt v jednotce je velmi krátký, v řádu 10 ms. Tato doba odráží teoretickou průměrnou rychlost, kterou se ionty uranu pohybují při 4000 K, tj. 6×10^4 cm/s.

Vstup vyčerpaného paliva

Vedle konverze přírodního hexahydrátu dusičnanu uranylu na materiály palivové kvality je tato technika využitelná i v jiné zpracovatelské oblasti včetně přepracování produktů z použitých palivových tyčí na extrahované požadované složky.

Vyčerpané palivo je tvořeno především prachovým UO_2 v kombinaci s různými štěpnými produkty, nižším množstvím ^{235}U a plutonia. Zpracováním tohoto materiálu na kapalný dusičnan a zavedením kapaliny do procesu, který je popsán výše, mohou být prováděny následující separace.

Použitím zařízení podle obr. 1, v počáteční komoře 12 je po generování plazmy všechen materiál ^{235}U , izotopů plutonia a ^{238}U (který tvoří většinu paliva) zcela ionizován. Většina produktů štěpení, stejně jako N, H, O, zůstává v neionizovaném stavu a tedy nejsou poutány magnetickým polem. Odčerpání uvedených materiálů mimo proud 14 je tedy možné.

Tok produktu 16 může být podroben dalšímu zpracování, včetně dalšího kroku procesu nebo kroků podle tohoto vynálezu, tzn. separaci žádoucích složek, izotopů nebo prvků od dalších sloučeniny v proudu.

Potom je možné tok produktu 16, který zbývá v magnetickém poli, odebrat a/nebo podrobovat dalšímu zpracování. Tok produktu 16 může být ochlazen, jak je uvedeno výše, aby byl získán pevný produkt. V následném zpracování může být uvedený produkt podroben obvyklým obohacovacím technikám. Tyto techniky mohou být použity k adekvátní separaci ^{238}U , ^{235}U a plutoniových izotopů podle potřeby a pro získání materiálu reakční kvality.

Vstupní tetrachlorid titanu

Jak je objasněno v alternativním provedení, částečný pohled, obr. 4, může být vstup materiál opatřen dodatečným systémem pro poskytnutí nebo zajištění požadované ionizace vybrané složky nebo složek.

V tomto jednotlivém příkladu se vstupní materiál skládá z tetrachloridu titanu a požadovaným produktem je kovový titan, ale uvedený způsob je použitelný pro široký rozsah vstupních materiálů.

V tomto zařízení projde vstupní materiál 2 plazmovým generátorem 4 a je přiveden do magnetického pole 8.

Teplota plazmy je taková, že vstupní materiály jsou redukovány na jednotlivé atomy a mohou být částečně ionizovány.

V této formě projde vstupní materiál následně elektronovou cyklotronovou rezonanční jednotkou 102, která způsobí další dodání energie plazmě z důvodu kolize elektronů o vysoké energii se složkami. V souladu s příslušnými fázovými diagramy a při energetické úrovni kolizí jsou důsledkem celkové energetické úrovně systému určité složky, v tomto případě titan, ionizovány, zatímco další složka, chlor, zůstává v neionizované formě. Selektivní ionizace je důsledkem převládajících rovnovážných stavů mezi složkami ionizovanými a neionizovanými.

Materiál potom plyne do komory 12, kde elektricky neutrální chlor může být odstraněn z magnetického pole jako technologický tok 14. Chlor může být recyklován do předcházejících stupňů celého procesu, používaných při produkci tetrachloridu titanu.

Zbývající složka, titan, a výrobní kroky mohou být zpracovány podle obr. 1 nebo mohou být předmětem jiného zpracování.

Produkce kovového uranu

Technika v jiném uspořádání, jak je znázorněno na obr. 5, také nabízí vhodný výrobní postup pro výrobu kovového uranu. Ten je rovněž použitelný pro obnovu dalších prvků separací jiných vstupních materiálů na jejich základní prvky.

Obvyklé postupy využívají výše popsané techniky, např. koncentrační, denitrační, redukční a hydrofluorizační, před uvedenou konverzí fluoridu uranu do formy kovu pomocí reakce s hořčíkem.

Uvedený proces na druhé straně nabízí vhodnou cestu pro separaci kovového uranu ze vstupního hexahydrátu dusičnanu uranylu.

Vstupní hexahydrát dusičnanu uranylu 200 je zaveden do zařízení. Vstupní materiál se skládá v podstatě z uranu, dusíku, kyslíku a vodíku. Mikrovlnný typ nebo RF typ plazmového generátoru 202 velmi rychle ohřívá vstupní materiál na teplotu kolem 4000 K.

I při krátké době zdržení to postačuje k rozbití vstupního materiálu až na jednotlivé elementární formy a v mnoha případech až na diskrétní atomy. Takto je vstupní materiál konvertován na U, N, N₂, O₂, H atd. s určitým množstvím U⁺. Atomizovaný vstupní materiál je obsažen v plazmě, která je udržována v magnetickém poli 204, které je generováno magnety 206.

Protože plazma sama o sobě by mohla způsobit částečnou ionizaci některých přítomných prvků, je použita plynová elektronová cyklotronová anténa 208 pro dosažení požadovaného stupně ionizace. Anténa 208 dodává energii elektronům přítomným v plazmě a zvýšená energie elektronů je taková, že je předávána při kolizi se složkami vstupního materiálu. V souladu s rovnováhou, kterou je možné aplikovat na částice, které se podílí na kolizi za převládajících podmínek, jsou ionizovány jen některé složky, ale ne všechny. Pravděpodobnost ionizace pro různé části vstupního materiálu se mění způsobem, který je diskutován výše. Tedy například uran je ionizován při nižší energetické úrovni excitovaného elektronu než kyslík, vodík apod.

V důsledku toho je technologický proud v době, kdy dosáhne komory 210, tvořen ionizovanými a neionizovanými složkami. Neionizované složky mohou být odčerpány z komory 210 do toku produktu 214, protože nejsou zadržovány magnetickým polem. Nabité složky, hlavně uran, pokračují dále v proudu 212 v plazmě, zadržované dalšími magnety 216.

Zavedení chemického materiálu 218 do toku 212 vyvolá požadovanou reakci nebo fázovou změnu separovaných nabitých složek. Tak při získání argonu v relativně nízkém energetickém stavu, např. 100 K, mohou být nabité složky konvertovány na elektricky neutrální složky a do výsledné formy velmi rychle v důsledku kolize mezi chladným tokem 218 a tokem 212. V zobrazeném provedení je tento přechod znázorněn jako ovlivněný jedním stupněm zavádění chemického materiálu, ale je také uvažováno o prvním stupni, který vede ke konverzi materiálu z nabitě do elektricky neutrální formy a druhém stupni, který vede ke konverzi z plynné do pevné formy. Inertní povaha přidaného plynu umožňuje chlazení bez rizika chemické reakce s uranem. Výsledkem je uran ve formě kovu.

Povaha chemického materiálu 218 a hladina energie, při níž je přidáván, může být použita k řízení formy, struktury a chemického složení produktu, který vzniká v komoře 220 a v toku produktu 224. Je tedy možno použít zavedení kyslíku ke konverzi uranu, například na UO_2 , jako alternativu k opatrnému řízení úrovně energie s ohledem na zaváděný kyslík nebo zavádění inertního plynu pro redukci uranových iontů na uran v kovové formě.

Podobná cesta může být použita při způsobu výroby kovového uranu, který vychází z tetrafluoridu uranu vyrobeného během hydrofluoračního stupně, uvedeného výše, s ohledem na extrakci uranu z primárních zdrojů.

Je také zvažováno zpracování prvního toku produktu 214 pro využití prvkových složek. Například v tomto případě může být fluor získáván z toku pro nové použití ve dřívějších stupních zpracování materiálu.

Vstupní hexafluorid uranu.

V alternativním procesu je uvedená technika použita pro zpracování vstupního materiálu 200, který je tvořen hexafluoridem uranu. Výběrová ionizace tohoto vstupního materiálu vede k nabitému uranovému iontu a elektricky neutrálním atomům fluoru. Jejich separace v komoře 210 vede k rozdělení na tok iontů uranu 212 a tok fluoru 214. Je možná následná produkce kovového uranu jako produktu

224 a opětné použití fluoru buď v cyklu zpracování jaderného paliva nebo v jiných aplikacích.

Aplikace tohoto procesu se předpokládá zvláště pro zpracování vyčerpaných zbytků chemického nebo fyzikálního procesu obohacení, které bylo diskutováno výše. Vyčerpaný tok obsahuje hexafluorid uranu, ve kterém je nízká koncentrace $^{235}\text{UF}_6$, přičemž $^{235}\text{UF}_6$ byl pokud možno extrahován pro další použití a převážná většina hexafluoridu uranu je $^{238}\text{UF}_6$. V současné době tento materiál nemá žádné významné využití a je dlouhodobě uskládčován jako hexafluorid uranu. Hexafluorid uranu je poměrně těkavý a není ideální pro skladování.

Způsob podle vynálezu nabízí možnost využití tohoto vyčerpaného materiálu nebo uskladněného produktu na užitečné materiály. Uvolněný fluor může být vrácen do cyklu zpracování, například pro jeho další použití, a nový výsledný produkt, kovový uran, představuje vhodnější a snadněji skladovatelnou formu nebo je dostupný pro použití.

Je tak tedy možno získávat fluor a vyčerpaný kovový U.

Řízením dávkování chemických sloučenin, které jsou přidávány k iontům uranu, například během prudkého ochlazení, mohou být také generovány další sloučeniny, například nitrid uranu, karbid uranu a oxidy uranu.

Další provedení vynálezu je schématicky znázorněno v obr. 6, kde je znázorněno další zařízení. Popis zařízení bude zpracován s ohledem na separaci uranu z vstupního hexafluoridu uranu, ale další možné aplikace uvedeného zařízení jsou zjevné.

Vstupní kapalný hexafluorid uranu je zaveden do toku 300 jako pára. Vstup je rychle konvertován na plazmu radiofrekvenčním plazmovým generátorem 302. Plazmový generátor pracuje při 2 kPa za účelem zajištění v podstatě rovnovážných ionizačních úrovní pro požadované ložky vstupního materiálu z důvodu vysoké četnosti kolizí.

Kontaktní části v plazmovém generátoru mohou být vyrobeny z keramických fluoridů z důvodu dosažení fyzikálních vlastností, nutných pro odolnost vůči použitým podmínkám. Systém může být opatřen měděným povrchem, který je chlazen kontaktem s potrubím, kterým je vedena voda. Tok vody je použit pro snížení teploty měděného povrchu a způsobuje kondenzaci fluoridu uranu na stěnách. Tato kondenzovaná vrstva chemicky a tepelně izoluje měď. Nakonec se ustavuje

rovnovážný stav s danou tloušťkou fluoridu uranu, usazeného na stěně. Je tak poskytován účinek samoobložení.

Generovaná plazma vystupuje z generátoru 302 přes trysku 304 a je ovládána magnetickým polem, jak je schématicky znázorněno 306. Je použit poloměr trysky přibližně 30 mm, aby vydržel tlak v plazmovém generátoru 304 a z důvodu zachování požadované rychlosti toku.

Při opuštění plazmového generátoru vstupu do zóny 1 308 bude plazma expandovat a způsobovat ochlazení. Avšak práce vykonaná ionty uranu proti magnetickému poli bude mít za následek částečné znovuoohřívání. Jestliže může být do plasmu dodávána přiměřená energie během jejího následného průchodu zařízením pro udržování teploty na úrovni, požadované složky zůstávají ionizovány. Tato energie může být poskytnuta vysokofrekvenčními prostředky. Je tak udržována požadovaná selektivita, která je založena na rovnováze.

Proud zbytkového materiálu z plazmového generátoru má sklon k vyfukování ven při zvyšování vzdálenosti od plazmového generátoru.

Bariéry 310, 312, které definují jednotlivé zóny, berou tuto expanzi v úvahu ve svých zvolených rozměrech otvorů.

Řídící pole má sílu přibližně 0,1 Tesla. Takové úrovně může být dosaženo obvyklými elektromagnety, ačkoli může být použit supervodivý magnet. Magnetické pole této síly omezuje ionty uranu na poloměr 180 mm nebo tak působí do vzdálenosti 3 m od trysky. Zóny/stupně jsou všechny v délce 1m. Poloměr expandujících paprsků je přibližně úměrný čtvrté mocnině vzdálenosti dráhy pohybu.

V zóně 1 308 je výpust 314 k vývěvě, neznázorněno. Toto dovoluje odstraňovat první přebytečné toky ze zařízení, které zahrnují nenabitý materiál, hlavně fluor. Pro potrubí na odpadní proudy může být použit hliník.

Tlak v zóně 1 je okolo 13 Pa a během průchodu touto zónou je tlak fluoru v proudu materiálu zredukován v podstatě na tuto úroveň. Přebytek fluoru je odčerpán pryč přes výpust 314 za použití komerčně dostupných pump.

Paprsky, které obsahují snížené množství fluoru, potom proudí do zóny 2 316 přes otvor 318 v bariéře 310.

Druhá zóna 318 pracuje při nižším tlaku než první, přibližně 5 Pa, a opět se obsah fluoru v paprscích při průchodu touto zónou snižuje. Paprsky potom proudí do zóny 3 320 přes otvor 122 v bariéře 312.

Tato zóna opět pracuje při ještě nižším tlaku, přibližně 2 Pa, a přebytek fluoru je odčerpán pryč přes výpust 324.

Výrazně vyčerpaný paprsek fluoru potom přejde do výpusti 326 a následuje další manipulace.

Ionizovaný, plynný uran může být uveden do kontaktu s mříží určitých vlastností, které vedou k vybití náboje a snížení energie uranu na stav, ve kterém je pevný nebo kapalný. Může být uváženo zavedení chemických materiálů, které svými účinky způsobují ochlazení. V tomto ohledu je výhodné použití inertního plynu na ochlazení uranu, aby nenastalo chemické slučování s plynem. Kovový uran vznikne jako důsledek procesu. Uran může být dostatečně chlazen, aby byl získáván ve formě pevné látky nebo eventuálně může být chlazen pouze částečně pro jeho výrobu v kapalné formě.

Zbývající fluor v toku produkovaného uranu 326 může být snadno odstraněn vytěkáním jako fluorid uranu, z převážné části uranového produktu, a recyklován. Když je uran hromaděn jako kapalina, může být separace provedena in situ. Vytěkaný UF bude do značné míry konvertován na UF_6 , který může být recyklován.

Podobné způsoby separace jsou možné pro UF_4 , $TiCl_4$ a další halogenidy kovů.

Může být zajištěno sbírání fluoru, který se uvolní z kapaliny volným odpařováním.

Keramický fluorid nebo grafitové materiály mohou být použity jako materiál pro nádoby pro sbírání kapaliny.

Při vstupu 12 kg uranu za hodinu vzniká 5,7 kg/hod vstupního fluoru. Z tohoto fluoru je podle předpokladu určeno 3,6 kg/hod k odčerpání ze zóny 1; 1,3 kg/hod k odčerpání ze zóny 2; 0,5 kg/hod k odčerpání ze zóny 3; a 0,3 kg/hod zůstane v toku uranového produktu 326. Výsledkem úplného zplynování fluoru z tohoto produktu je UF_4 a/nebo UF_6 ve velmi čistém uranovém produktu, to znamená, že fluor je obsažen v rozsahu miliontin procenta.

Různá provedení vyložená v tomto popisu jsou provázána důležitými vzájemnými vztahy a je nutno vzít v úvahu, že znaky diskutované explicitně ve vztahu k jednomu nebo více aspektům nebo provedením jsou použitelné i pro jiná provedení.

PATENTOVÉ NÁROKY

1. Způsob, v y z n a č u j í c í s e t í m , že zahrnuje kroky:
 - a) použití vstupní směsi složek;
 - b) konverze uvedeného vstupního materiálu na plazmovou nebo ionizovanou formu;
 - c) použití alespoň jedné složky v alespoň částečně ionizované formě a alespoň jedné odlišné složky v alespoň částečně neionizované formě;
 - d) zadržení uvedené plazmy/iontů v magnetickém poli ; a
 - e) separace uvedených ionizovaných složek od uvedených neionizovaných složek.
2. Způsob podle nároku 1, v y z n a č u j í c í s e t í m , že požadovaná složka je extrahována ze směsi izotopů a/nebo prvků jak kovové, tak nekovové povahy.
3. Způsob podle nároku 1 nebo nároku 2, v y z n a č u j í c í s e t í m , že vstupní materiál je převeden do plynné formy varem a/nebo vypařováním a/nebo sublimací pevné nebo kapalné suroviny.
4. Způsob podle kteréhokoli z nároků 1 až 3, v y z n a č u j í c í s e t í m , že některé nebo všechny kovové prvky přítomné ve vstupním materiálu jsou ionizované.
5. Způsob podle nároku 4, v y z n a č u j í c í s e t í m , že jsou ionizovány kovové prvky s atomovou hmotností větší než 90.
6. Způsob podle některého z nároků 1 až 5, v y z n a č u j í c í s e t í m , že ionizace složek je vyvolána teplotou plazmy a/nebo interakcí složek s elektrony o vysoké energii, produkovanými elektronovou cyklotronovou rezonancí.
7. Způsob podle některého z nároků 1 až 6, v y z n a č u j í c í s e t í m , že ionizace je řízena hladinou vstupní energie.
8. Způsob podle některého z nároků 1 až 7, v y z n a č u j í c í s e t í m , že vstupní energie není selektivní mezi jednotlivými složkami vstupního materiálu .

9. Způsob podle některého z nároků 1 až 8, vyznačující se tím, že ionizované a neionizované vstupní složky jsou za převládajících podmínek v rovnovážných stavech.

10. Způsob podle některého z nároků 1 až 9, vyznačující se tím, že vstupní materiál poskytován v molekulární formě a selektivně separován jako diskrétní atomy.

11. Způsob podle některého z nároků 1 až 10, vyznačující se tím, že vstupní materiál je zaveden do zadržujícího magnetického pole v neionizované formě.

12. Způsob podle některého z nároků 1 až 11, vyznačující se tím, že separace ionizovaných a neionizovaných složek je způsobena odstraněním neionizované složky z plazmy, přičemž ionizovaná složka je zadržena magnetickým polem.

13. Způsob podle některého z nároků 1 až 12, vyznačující se tím, že separace probíhá v několika stupních a jednotlivé stupně pracují za navzájem rozdílných tlaků, přičemž tlak v jednom nebo více stupních, které jsou blíže přívodu, je vyšší než v jednom nebo více stupních, které jsou od přívodu vzdálenější.

14. Způsob podle nároku 13, vyznačující se tím, že jsou použity tři stupně, první zóna pracuje v rozmezí 10 až 50 Pa. druhá zóna pracuje v rozmezí 5 až 20 Pa a třetí zóna pracuje v rozmezí 2 až 10 Pa.

15. Způsob podle některého z nároků 1 až 14, vyznačující se tím, že separované elektricky neutrální složky jsou recyklovány pro následující použití a/nebo podrobeny dalšímu zpracování.

16. Způsob podle některého z nároků 1 až 15, vyznačující se tím, že nabitě složky jsou ochlazeny a/nebo vybity pro přípravu kapalného nebo pevného elektricky neutrálního produktu.

17 . Způsob podle některého z nároků 1 až 16, v y z n a č u j í c í s e t í m , že způsob zahrnuje další krok zavedení chemického materiálu o dané hladině kinetické energie a jeho uvedení do kontaktu se zbývajícím nabitou složkou(ami), přičemž kinetická energie hladina nabitě složky a chemického materiálu je taková, že výsledkem je elektricky neutrální složka nebo částice.

18. Způsob podle nároku 17, v y z n a č u j í c í s e t í m , že složky a další chemický materiál jsou ve výsledných částicích zkombinovány.

19. Zařízení pro separaci, v y z n a č u j í c í s e t í m , že zahrnuje:

- a) plazmový/iontový generátor;
- b) zařízení pro selektivní ionizaci vstupní směsi složek;
- c) zařízení pro generování magnetického pole, produkující magnetické pole pro zadržování plazmy/iontů a
- d) zařízení pro odstranění elektricky neutrální složky z magnetického pole.

20 . Zařízení podle nároku 19, v y z n a č u j í c í s e t í m , že plazma/ionty jsou generovány mikrovlnným nebo vysokofrekvenčním ohřevem.

21. Zařízení podle nároku 19 nebo 20, v y z n a č u j í c í s e t í m , že pro ohřívání a/nebo vypařování vstupního materiálu je použit ohřívač, mikrovlnný zdroj nebo odpařovák.

22. Zařízení podle nároků 19, 20 nebo 21, v y z n a č u j í c í s e t í m , že částečná ionizace/částečná neionizace výsledné suroviny je v rovnováze .

23. Zařízení podle některého z nároků 19 až 22, v y z n a č u j í c í s e t í m , že zařízení pro odstranění elektricky neutrálních složek zahrnují čerpací jednotku.

24. Zařízení podle některého z nároků 19 až 23, v y z n a č u j í c í s e t í m , že neionizované složky jsou separovány ze vstupu v jednom nebo více stupních.

25. Zařízení podle nároku 24, vyznačující se tím, že stupně jsou navzájem separovány pomocí prvku, který usměrňuje tok a je opatřen otvorem .

26. Zařízení podle nároku 25, vyznačující se tím, že otvor má poloměr, v podstatě odpovídající poloměru plazmového/iontového toku v dané vzdálenosti od vstupu, přičemž poloměr jednoho nebo více otvorů je přibližně úměrný čtvrté odmocnině vzdálenosti od vstupu nebo trysky plazmového generátoru.

27. Zařízení podle některého z nároků 19 až 26, vyznačující se tím, že k zařízení jsou dále připojeny prostředky pro doplňování chemického materiálu do dalších kroků procesu pro rychlé ochlazování a/nebo chlazení zbývajících složek.

28. Způsob, vyznačující se tím, že zahrnuje kroky :

- a) použití vstupní směsi složek;
- b) konverze uvedeného vstupního materiálu do plazmové/ionizované formy;
- c) použití alespoň jedné složky v alespoň částečně ionizované formě a alespoň jedné složky v alespoň částečně neionizované formě;
- d) zachycení uvedené plazmy/iontů v magnetickém poli : a
- e) separaci uvedené ionizované složky od uvedených neionizovaných složek; a dále zahrnuje konverzi alespoň určitého množství separované ionizované složky nebo složek do elektricky neutrální formy.

29. Způsob podle nároku 28, vyznačující se tím, že složka je konvertována na elektricky neutrální formy snížením její úrovně kinetické energie.

30. Způsob podle nároku 28 nebo 29, vyznačující se tím, že složka je konvertována na elektricky neutrální formu nárazem na povrch, nejlépe na chladný povrch.

31. Způsob podle některého z nároků 28 až 30, vyznačující se tím, že složka je konvertována na elektricky neutrální formu přidavkem chemického materiálu.

32. Způsob podle nároku 31, vyznačující se tím, že chemický materiál je přidán s předem danou úrovní kinetické energie, tak aby poskytl požadovanou elektricky neutrální formu ve formě plynu.

33. Způsob podle nároku 31 nebo 32, vyznačující se tím, že přidavek chemického materiálu nebo přidavek dalšího chemického materiálu v dalším stupni je takový, aby se zmenšila úroveň kinetické energie na stupeň, kdy vzniká pevný produkt.

34. Zařízení pro separaci, vyznačující se tím, že uvedené zařízení zahrnuje:

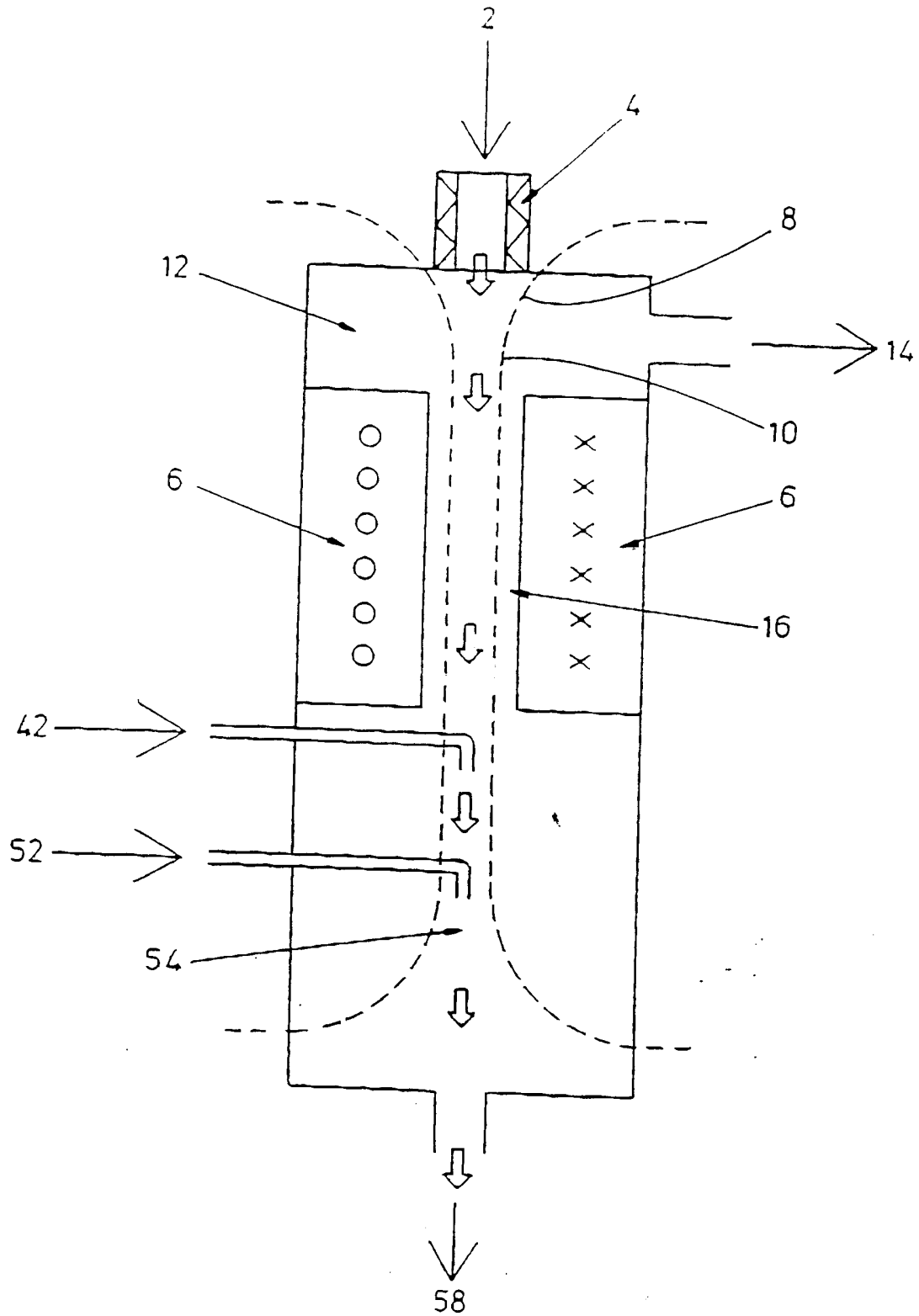
- a) plazmový/iontový generátor;
- b) zařízení pro selektivní ionizaci vstupní směsi složek,
- c) zařízení pro výrobu generovaného magnetického pole, produkující magnetické pole pro zadržování plazmy/iontů;
- d) zařízení pro odstranění elektricky neutrální složky z magnetického pole a
- e) zařízení pro konverzi alespoň části separovaných nabitých složek na elektricky neutrální formu.

35. Separační zařízení podle nároku 34, vyznačující se tím, že uvedený chemický materiál je přiváděn ve více stupních, přičemž jednotlivé přívody jsou umístěny navzájem v určitých vzdálenostech podél směru cesty procesu.

36. Složky, materiály, prvky, nebo izotopy, separované podle některého z nároků 1 až 35.

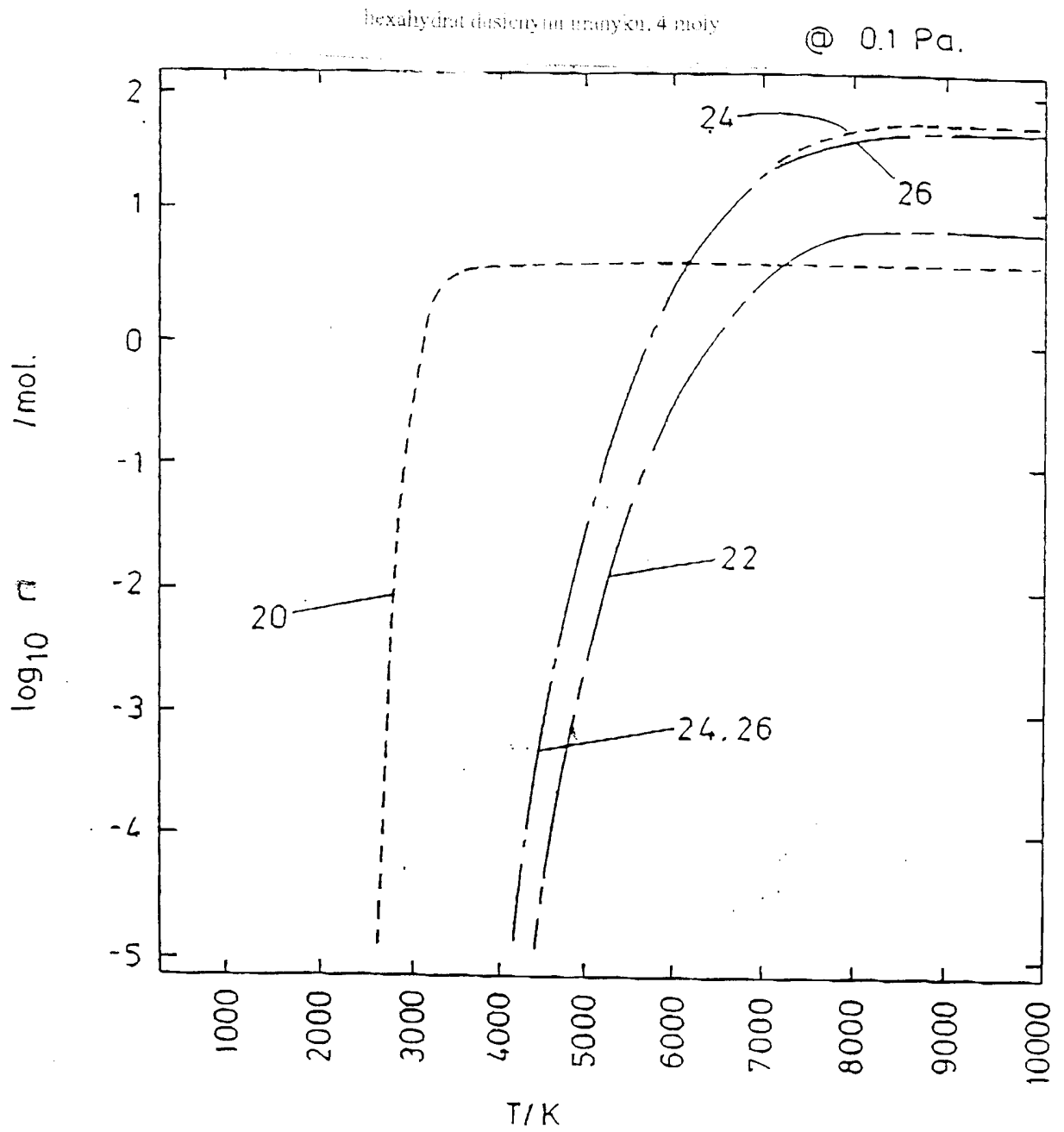
37. Palivová peleta, palivová tyč nebo kompletní palivo pro jaderný reaktor, zahrnující produkt nebo dále zpracovaný produkt podle některého z nároků 1 až 36.

- 1/5 -



ODR 1

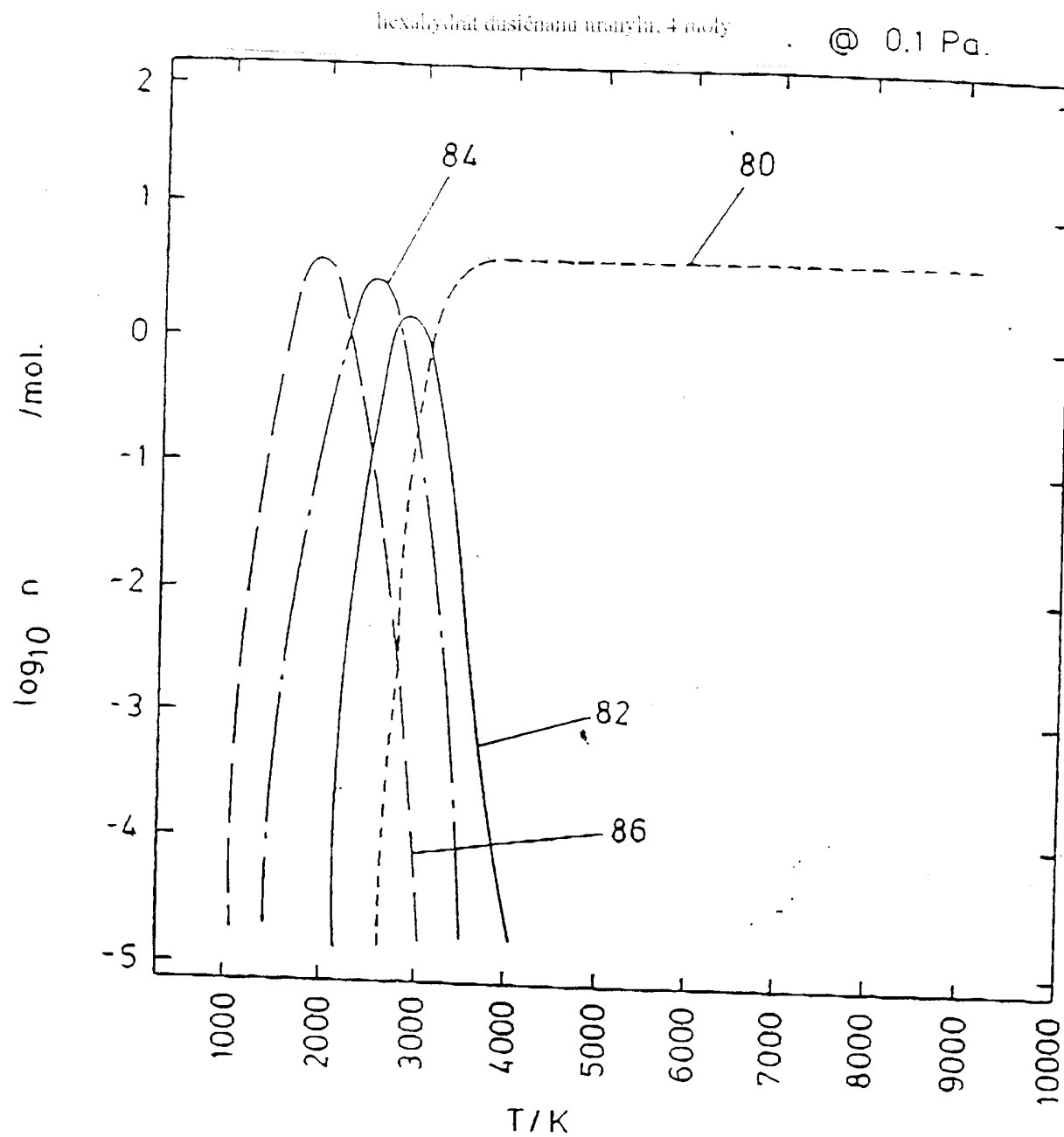
-2/5-



OBR. 2

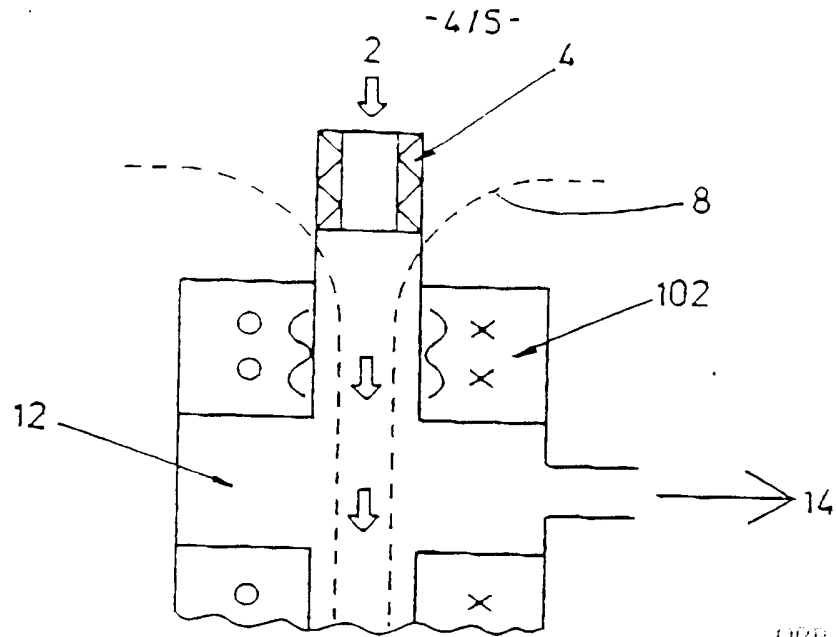
21.10.98

-3/5-

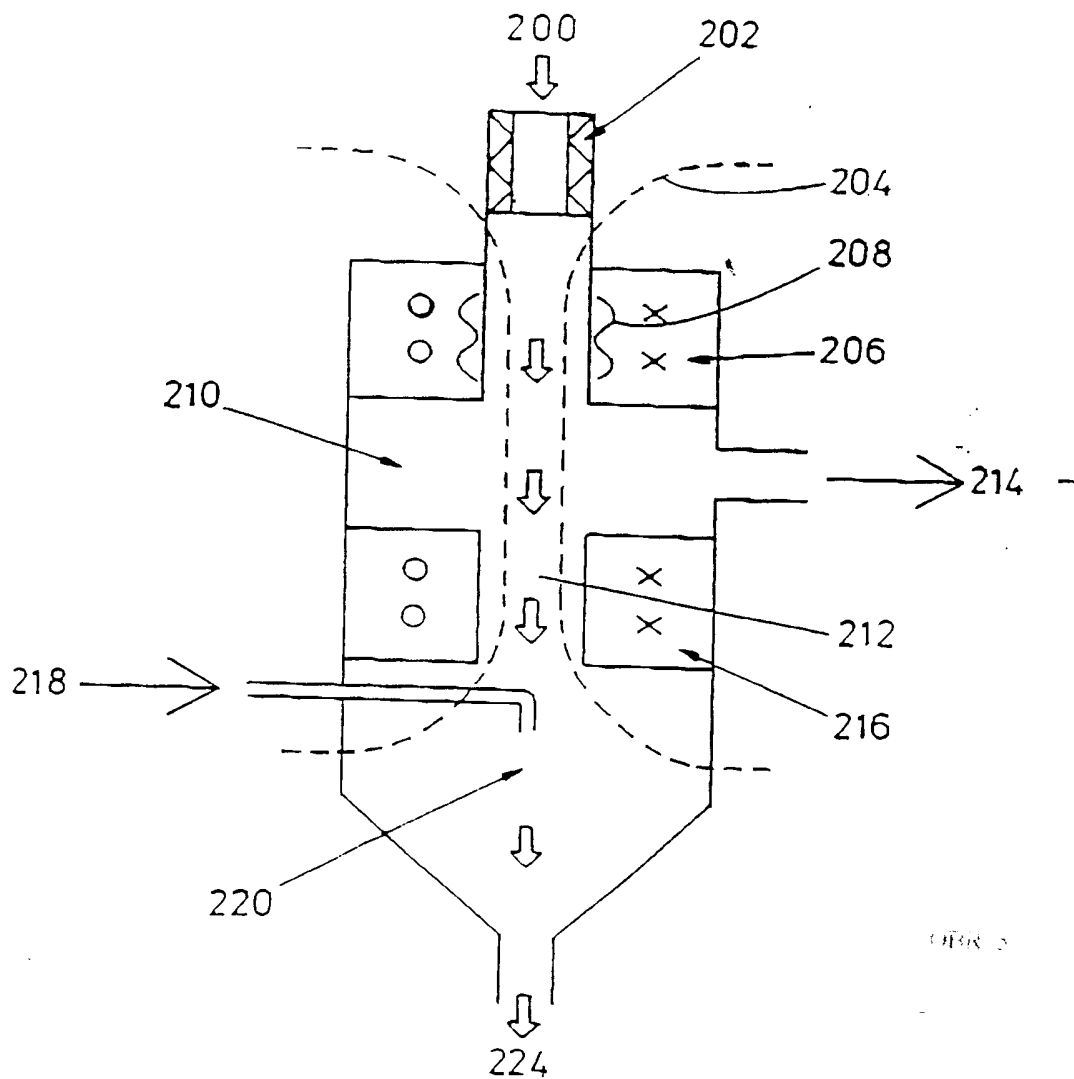


OBR. 3

21.10.98



OBJ. 4



OBJ. 2

