

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5408622号  
(P5408622)

(45) 発行日 平成26年2月5日(2014.2.5)

(24) 登録日 平成25年11月15日(2013.11.15)

(51) Int.Cl.		F I			
<b>G 2 1 F</b>	<b>9/02</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>G 2 1 F</b>	<b>9/02</b>	<b>Z</b>
<b>G 2 1 C</b>	<b>3/60</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>G 2 1 C</b>	<b>3/60</b>	
<b>F 2 7 B</b>	<b>14/12</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>F 2 7 B</b>	<b>14/12</b>	

請求項の数 4 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2010-9099 (P2010-9099)	(73) 特許権者	505374783
(22) 出願日	平成22年1月19日(2010.1.19)		独立行政法人日本原子力研究開発機構
(65) 公開番号	特開2011-149723 (P2011-149723A)		茨城県那珂郡東海村村松4番地49
(43) 公開日	平成23年8月4日(2011.8.4)	(74) 代理人	100139114
審査請求日	平成25年1月18日(2013.1.18)		弁理士 田中 貞嗣
(出願人による申告)平成19年度、文部科学省、エネルギー対策特別会計委託事業、TRU燃焼のための合金燃料設計と製造の基盤技術開発(委託業務)、産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願		(74) 代理人	100092495
			弁理士 蛭川 昌信
		(74) 代理人	100139103
			弁理士 小山 卓志
		(74) 代理人	100095980
			弁理士 菅井 英雄
		(74) 代理人	100094787
			弁理士 青木 健二
		(74) 代理人	100097777
			弁理士 蕪澤 弘

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 坩堝カバー及び合金燃料製造装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

超ウラン元素を含む合金原料を溶融する坩堝の上部を覆い、高蒸気圧性元素の蒸発飛散を防止する坩堝カバーであって、

前記坩堝カバーにはモールド挿通用の貫通孔が設けられることを特徴とする坩堝カバー。

【請求項2】

前記坩堝カバー上面側における前記貫通孔の径は第1の径であり、

前記坩堝カバー下面側における前記貫通孔の径は、前記第1の径より大きい第2の径あることを特徴とする請求項1に記載の坩堝カバー。

【請求項3】

請求項1又は請求項2に記載の坩堝カバーによって覆われた坩堝を有し、当該坩堝中の超ウラン元素を含む合金原料を溶融する溶融部と、

前記溶融部を収容する内筒部材と、

前記内筒部材の鉛直上方を略閉塞するように配される天板部材と、

前記天板部材及び前記内筒部材を収容する外筒部材と、からなることを特徴とする合金燃料製造装置。

【請求項4】

前記天板部材には冷媒の流路が形成されることを特徴とする請求項3に記載の合金燃料製造装置。

【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、軽水炉及び高速炉の使用済み燃料から発生する超ウラン（TRU）元素を含むTRU合金燃料を製造する合金燃料製造装置に用いられる増埒カバー、及びそのような増埒カバーが適用された合金燃料製造装置に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

軽水炉及び高速炉の使用済み燃料から出される使用済み燃料の中には、ネプツニウム $^{237}\text{Np}$ 、アメリカシウム $^{241}\text{Am}$ 、アメリカシウム $^{243}\text{Am}$ 、キュリウム $^{242}\text{Cm}$ やキュリウム $^{244}\text{Cm}$ 等の超ウラン元素（Trans-Uranium：以下TRU元素という。）が含まれており、このTRU元素からプルトニウム（Pu）を除いたマイナーアクチノイド元素（以下、MA元素という。）の中には、 $^{237}\text{Np}$ や $^{241}\text{Am}$ 、 $^{243}\text{Am}$ のように半減期が各々214万年、432年、7380年と極めて長く、短期間にて消滅処理させることができない核種（マイナーアクチノイド核種）が存在する。

10

## 【0003】

現在、軽水炉の使用済み燃料は硝酸で溶解した後、リン酸トリブチル（TBP）を抽出剤として用いる溶媒抽出法によりUやPuを抽出分離して回収しているが、抽出後の溶液中には、種々の核分裂生成物や先の超ウラン元素が残っており、この抽出残液は高レベル放射性廃液となる。このような高レベル放射性廃液については、硝酸回収工程や蒸発濃縮工程を経て、最終的にガラス固化体の形態に加工してから地層深部に貯蔵することによる処分が行われる。このような処分を行うのは、上記のようにTRU元素の半減期が極めて長く、処分を行う際に、超長期間にわたって環境への影響がないように配慮する必要があるからであり、これにより処理のためのコストは非常に大きなものになってしまう。

20

## 【0004】

一方、TRU元素は高速炉燃料として有効利用できる可能性があり、上記のような高レベル放射性廃液からTRU元素を回収して燃料に混入して利用すれば処分負担が軽減できると共に、エネルギー資源の利用効率の向上を図ることも可能となる。TRU元素を新たに燃料として用いてリサイクルするためには、ウランを含む合金体、或いはこれにさらにプルトニウムを加えた合金体に、ネプツニウム、アメリカシウム及びキュリウムを添加して数10cmの棒状に成型加工したスラグと呼ばれるものとする。このようなTRU元素が添加された燃料のことを、本明細書ではTRU合金燃料と称することとする。なお、TRU元素のリサイクルについては、例えば特許文献1（特開平9-43389号公報）に記載されている。

30

【特許文献1】特開平9-43389号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0005】

ところで、TRU元素の中でアメリカシウムは高蒸気圧性を有しており、TRU合金燃料の製造工程の中で、合金化のための溶融工程において、この高蒸気圧性のアメリカシウムが蒸発することに伴い、蒸発損失が発生してしまうという問題があった。また、上記のようなアメリカシウムの製造時蒸発により、製造装置内が汚染され高線量化してしまう、という問題もあった。

40

## 【課題を解決するための手段】

## 【0006】

上記のような問題点を解決するために、請求項1に係る発明は、超ウラン元素を含む合金原料を溶融する増埒の上部を覆い、高蒸気圧性元素の蒸発飛散を防止する増埒カバーであって、前記増埒カバーにはモールド挿通用の貫通孔が設けられることを特徴とする。

## 【0007】

また、請求項2に係る発明は、請求項1に記載の増埒カバーにおいて、前記増埒カバー

50

上面側における前記貫通孔の径は第1の径であり、前記坩堝カバー下面側における前記貫通孔の径は、前記第1の径より大きい第2の径あることを特徴とする。

【0008】

また、請求項3に係る発明は、請求項1又は請求項2に記載の坩堝カバーによって覆われた坩堝を有し、当該坩堝中の超ウラン元素を含む合金原料を溶融する溶融部と、前記溶融部を収容する内筒部材と、前記内筒部材の鉛直上方を略閉塞するように配される天板部材と、前記天板部材及び前記内筒部材を収容する外筒部材と、からなることを特徴とする合金燃料製造装置である。

【0009】

また、請求項4に係る発明は、請求項3に記載の合金燃料製造装置において、前記天板部材には冷媒の流路が形成されることを特徴とする。

10

【発明の効果】

【0010】

本発明は、モールド挿通用の貫通孔のみが穿設された高蒸気圧性元素の蒸発飛散を防止する坩堝カバーであり、当該貫通孔より蒸発飛散するアメリカシウム量を微量に制限することが可能となるので、本発明に係る坩堝カバーによれば、アメリカシウムの蒸発損失を抑制でき、装置内の汚染と高線量化を抑制することができるようになる。

【0011】

また、本発明に係る合金燃料製造装置によれば、TRU元素を含む合金燃料を溶融する溶融部は、内筒部材及び外筒部材からなる二重管構造に収容されると共に、内筒部材の鉛直上方には天板部材が配されており、合金燃料溶融工程において高蒸気圧性のアメリカシウムは内筒部材の天板部材に集中的に付着するようになるので、装置の他箇所に付着してこれを汚染する可能性が非常に低くなると共に、天板部材に付着したアメリカシウムを回収することにより、アメリカシウムの蒸発損失を抑制でき、装置内の汚染と高線量化を抑制することができるようになる。

20

【0012】

また、本発明に係るTRU合金燃料の製造装置や、当該装置によるTRU合金燃料製造過程で使用したモールドや被覆管など、TRU合金燃料と接触しTRU元素が付着もしくは混在したことにより放射性廃棄物として処分しなければならない材料については、高温溶解して蒸気圧の高いアメリカシウムを蒸発分離することで、廃棄物の減容や除染が可能となる。

30

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】本発明の実施形態に係る坩堝カバーが用いられる合金燃料製造装置の概略を示す図である。

【図2】本発明の実施形態に係る坩堝カバーが用いられる合金燃料製造装置における天板部材の概略を示す図である。

【図3】本発明の実施形態に係る坩堝カバーが用いられる合金燃料製造装置において区分けされた各空間を説明する図である。

【図4】本発明の実施形態に係る坩堝カバーが用いられる合金燃料製造装置の天板部材150(円盤部151)における冷媒流路を説明する図である。

40

【図5】本発明の実施形態に係る坩堝カバーの諸態様を説明する図である。

【図6】本発明の実施形態に係る坩堝カバーが用いられる合金燃料製造装置における溶融工程の様子を模式的に示す図である。

【図7】本発明の実施形態に係る坩堝カバー142において貫通孔143の第2の径 $r_2$ が第1の径 $r_1$ より大きい場合の効果を示す図である。

【図8】本発明の実施形態に係る坩堝カバーが用いられる合金燃料製造装置における誘導コイル導入部の絶縁構造を示す図である。

【図9】本発明の実施形態に係る坩堝カバーが用いられる合金燃料製造装置による合金燃料製造工程を示す図である。

50

【図10】本発明の実施形態に係る坩堝カバーが用いられる合金燃料製造装置による合金燃料製造工程を示す図である。

【図11】本発明の実施形態に係る坩堝カバーが用いられる合金燃料製造装置による合金燃料製造工程を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、本発明の実施の形態を図面を参照しつつ説明する。図1は本発明の実施形態に係る坩堝カバーが用いられる合金燃料製造装置の概略を示す図である。図1において、100はTRU合金燃料製造装置、110は円筒状チャンバー、111は基台、112は外筒部材、113はコイル電力導入ポート、114は熱電対導入ポート、115は不活性ガス導入ポート、116は外筒空間排気ポート、117は内筒空間排気ポート、118は冷媒導入ポート、119は冷媒排出ポート、120は内筒部材、121は第1シール構造部、122は第2シール構造部、123は第3シール構造部、125は拡散板、130は蓋部材、140は台部、141は坩堝、142は坩堝カバー、143は貫通孔、145は誘導コイル、146は絶縁部材、150は天板部材、151は円盤部、152は円筒部、153は貫通孔、157は回収面、160は昇降装置、161はモールドをそれぞれ示している。

10

【0015】

本発明に係る合金燃料製造装置は、ウランやプルトニウムを主原料としMA元素を添加したTRU合金燃料を製造するための装置であり、この装置で製造された合金燃料は、高速炉で燃焼させることが想定されるものである。本発明に係る合金燃料製造装置100で用いる原料としては、軽水炉及び高速炉の使用済み燃料から発生するMA元素と、ウラン、プルトニウムである。これらの原料は合金燃料製造装置100内の溶融部で溶融された後、石英管などのモールド161に充填されて、スラグに成型加工される。合金燃料製造装置100内における溶融工程は不活性ガス雰囲気中で行う必要があるため、合金燃料製造装置100の溶融部は所定のチャンバー内に設けられている。

20

【0016】

TRU合金燃料製造装置100においては、円筒状チャンバー110と、この円筒状チャンバー110鉛直上方に配される蓋部材130によって装置内の気密が保たれるようになっている。円筒状チャンバー110は、装置底部を構成する基台111と、この基台111から立設される筒状の外筒部材112とから構成されており、この外筒部材112には各種のポートが設けられている。

30

【0017】

本発明に係る合金燃料製造装置100では、TRU合金原料を溶融するための溶融部は、外筒部材112内における、さらに内筒部材120などによって区画された空間内に設けられている。このように、本発明に係る合金燃料製造装置100は、外筒部材112及び内筒部材120からなる、言わば、二重管構造となっていることが特徴のひとつとなっている。このような二重管構造の内筒部材120内に溶融部を設けるメリットとしては、高蒸気圧性のアメリカシウムを内筒部材120内の空間に留めておくことができ、装置の内筒部材120と外筒部材112との間の空間の汚染を無くすることができる。

40

【0018】

内筒部材120の鉛直上方には、内筒部材120上方の空間を略閉塞するように天板部材150が設けられている。この天板部材150は、その底部に高蒸気圧性のアメリカシウムを付着させる目的で配されており、天板部材150内部には冷媒を流通させるための流路がその内部に設けられている。

【0019】

図2は本発明の実施形態に係る坩堝カバーが用いられる合金燃料製造装置100における天板部材の概略を示す図である。天板部材150は、円盤部151とこの円盤部151の周縁から立設する筒状の円筒部152とからなっている。円盤部151の底面は、アメリカシウムを付着させて、これを回収するための領域(回収面157)として用いられる。

50

また、円盤部 151 にはモールド（石英管）161 を挿通させるための貫通孔 153 が設けられる。

【0020】

円筒状チャンバー 110 の基台 111 と内筒部材 120 との間は円周状の第 1 シール構造部 121 によって、また、内筒部材 120 と天板部材 150（円盤部 151）との間は円周状の第 2 シール構造部 122 によって、また、天板部材 150（円筒部 152）と蓋部材 130 との間は円周状の第 3 シール構造部 123 によって、気密が保たれるようになっているので、合金燃料製造装置 100 内の空間は図 3 に示すように区画分けされていることとなる。

【0021】

図 3 は本発明の実施形態に係る坩堝カバーが用いられる合金燃料製造装置 100 において区画分けされた各空間を説明する図である。図 3 に示すように、本発明に係る合金燃料製造装置 100 では、内筒部材 120 と天板部材 150 の円盤部 151 と基台 111 とによって仕切られた空間 R1、天板部材 150 と蓋部材 130 によって仕切られた空間 R2、及び、外筒部材 112 と内筒部材 120 と基台 111 と蓋部材 130 とによって仕切られた空間 R3、の 3 つの空間が形成されることとなる。このような空間のうち、TRU 合金原料を溶融するための溶融部は、空間 R1 に設けられているので、溶融工程で蒸発する高蒸気圧性の放射性元素であるアメリカシウムが汚染する空間は、ほぼこの空間 R1 に限定されることとなるので、従来の技術のように装置全体に汚染が拡大することがない。

【0022】

円筒状チャンバー 110 の外筒部材 112 には各種ポートが設けられているが、このうちのひとつがコイル電力導入ポート 113 であり、このコイル電力導入ポート 113 から溶融部を構成する誘導コイル 145 に電力が供給される。ステンレス製の内筒部材 120 と、誘導コイル 145 の導体との間は、図 8 に示すような絶縁部材 146 によって電気絶縁が保たれるようになっている。図 8 は本発明の実施形態に係る坩堝カバーが用いられる合金燃料製造装置における誘導コイル導入部の絶縁構造を示す図であり、コイル電力導入ポート 113 から内筒部材 120 内に導入されるコイル導体を断面的にみた図である。

【0023】

基台 111 の底部には台部 140 が設けられており、この台部 140 上には黒鉛製の坩堝 141 が載置できるようになっている。誘導コイル 145 は、台部 140 上の坩堝 141 の周りを囲むような配置となっており、誘導コイル 145 に電力が供給されると、坩堝 141 が熱せられて、この坩堝 141 中に予め投入されている、MA 元素と、ウラン、プルトニウムなどの TRU 合金原料が溶解するようになっている。坩堝 141 上部には坩堝カバー 142 が設けられ、溶融した TRU 合金原料が蒸発・飛散しないようにされている。ただ、この坩堝カバー 142 には、モールド（石英管）161 を挿通させるための貫通孔 143 が設けられており、高蒸気圧性のアメリカシウムは、この貫通孔 143 から装置内の空間 R1 へと拡散する可能性はある。

【0024】

ここで、本発明の坩堝カバー 142 についてより詳しく説明する。図 5 は本発明の実施形態に係る坩堝カバー 142 の諸態様を説明する図である。図 5 (A) 乃至 (D) のいずれも、上側の図は坩堝カバー 142 の上面図を、また下側の図は坩堝カバー 142 の断面図を示している。また、いずれの坩堝カバー 142 においても、貫通孔 143 は、坩堝カバー 142 上面側における径  $r_1$  と、坩堝カバー 142 下面側における径  $r_2$  とが異なっており、貫通孔内壁がテーパ面となるように構成されている。

【0025】

図 5 (A) に示す坩堝カバー 142 は、坩堝カバー 142 下面側における貫通孔 143 の径（第 2 の径  $r_2$ ）が、坩堝カバー 142 上面側における貫通孔 143 の径（第 1 の径  $r_1$ ）より大きく、かつ坩堝カバー 142 下面側において周縁部から貫通孔 143 にかけて下側に凸である凸形状が形成されているものである。また、図 5 (B) に示す坩堝カバー 142 は、坩堝カバー 142 下面側における貫通孔 143 の径（第 2 の径  $r_2$ ）が、坩

10

20

30

40

50

坩埚カバー 142 上面側における貫通孔 143 の径 (第 1 の径  $r_1$ ) より大きく、かつ坩埚カバー 142 下面側において周縁部から貫通孔 143 にかけては平坦面にて形成されているものである。また、図 5 (C) に示す坩埚カバー 142 は、坩埚カバー 142 上面側における貫通孔 143 の径 (第 1 の径  $r_1$ ) が、坩埚カバー 142 下面側における貫通孔 143 の径 (第 2 の径  $r_2$ ) より大きく、かつ坩埚カバー 142 下面側において周縁部から貫通孔 143 にかけて下側に凸である凸形状が形成されているものである。また、図 5 (D) に示す坩埚カバー 142 は、坩埚カバー 142 上面側における貫通孔 143 の径 (第 1 の径  $r_1$ ) が、坩埚カバー 142 下面側における貫通孔 143 の径 (第 2 の径  $r_2$ ) より大きく、かつ坩埚カバー 142 下面側において周縁部から貫通孔 143 にかけては平坦面にて形成されているものである。以上のような図 5 (A) 乃至 (D) の 4 つの態様の坩埚カバー 142 について、熔融原料の蒸発損失について調べたところ、坩埚カバー 142 下面側における貫通孔 143 の径 (第 2 の径  $r_2$ ) が、坩埚カバー 142 上面側における貫通孔 143 の径 (第 1 の径  $r_1$ ) より大きい、図 5 (A) 及び図 5 (B) に示すものの蒸発損失が少ないことが分かった。また、図 5 (A) と図 5 (B) の坩埚カバー 142 とを比較すると、図 5 (A) のように坩埚カバー 142 下面側において周縁部から貫通孔 143 にかけて下側に凸である凸形状が形成されているものが好ましいことが分かった。

10

## 【0026】

なお、図 5 (A) 及び図 5 (B) に限らず、図 5 (C) 及び図 5 (D) の坩埚カバー 142 であっても、モールド (石英管) 161 挿通用の貫通孔 143 のみが穿設された高蒸気圧性元素の蒸発飛散を防止する坩埚カバー 142 であり、貫通孔 143 より蒸発飛散するアメリカシウム量を微量に制限することが可能となるので、アメリカシウムの蒸発損失を抑制でき、装置内の汚染を抑制することができるようになる。

20

## 【0027】

次に、本発明の実施形態に係る坩埚カバー 142 によって高蒸気圧性元素の蒸発飛散を防止するメカニズムについて説明する。図 6 は本発明の実施形態に係る坩埚カバーが用いられる合金燃料製造装置における熔融工程の様子を模式的に示す図である。図 6 において、上側の図は坩埚周辺の構成図を示しており、下側の図は坩埚内の溶融合金の温度勾配を示している。本発明に係る合金燃料製造装置 100 においては、誘導コイル 145 による高周波加熱で坩埚 141 中の TRU 合金原料を溶融するが、このような加熱方法では坩埚 141 で発生した熱が、坩埚 141 中の合金原料に熱伝導するので、溶融合金の温度勾配としては、図 6 に示すように坩埚 141 内壁面が高く、この内壁面から離れ中心に向かうほど低くなる傾向を有している。したがって、坩埚 141 中における溶融合金液面と坩埚カバー 142 下面との間の空間では、図 6 に示すような坩埚 141 内壁面から中心近辺に向かい、中心近辺で再び、溶融合金液面へと向かうような対流が発生することとなる。そして、このような対流のために、溶融合金から蒸発した高蒸気圧性元素が、当該空間から貫通孔 143 を抜けて、空間 R1 へと飛散する確率は極めて低いものと想定される。

30

## 【0028】

さらに、坩埚カバー 142 下面側における貫通孔 143 の径 (第 2 の径  $r_2$ ) が、坩埚カバー 142 上面側における貫通孔 143 の径 (第 1 の径  $r_1$ ) より大きい場合には、上記のような坩埚カバー 142 自体による高蒸気圧性元素飛散防止効果に加え、貫通孔 143 の内壁面が形成するテーパ面による高蒸気圧性元素飛散防止効果も期待することができる。図 7 は本発明の実施形態に係る坩埚カバー 142 において貫通孔 143 の第 2 の径  $r_2$  が第 1 の径  $r_1$  より大きい場合の効果を示す図である。図 7 に示すように、貫通孔 143 から空間 R1 へと飛散しようとする高蒸気圧性元素のうちの一部は、テーパ面によって、溶融合金液面と坩埚カバー 142 下面との間の空間に戻されるような対流となる。このため、貫通孔 143 の第 2 の径  $r_2$  が第 1 の径  $r_1$  より大きい場合には、貫通孔 143 より蒸発飛散するアメリカシウム量をより微量に制限することが可能となり、アメリカシウムの蒸発損失を抑制でき、装置内の汚染・高線量化を抑制することができるようになるのである。

40

## 【0029】

50

再び、図 1 に戻る。円筒状チャンバー 110 の外筒部材 112 には、熱電対導入ポート 114 が設けられており、この熱電対導入ポート 114 から導入される熱電対リードによって装置内の所定箇所の温度をモニターすることができるようになっている。このようなポート 114 から導入される熱電対によって温度検知する箇所は任意であるが、温度検知すべき候補箇所としては、坩堝 141 や内筒部材 120、天板部材 150 などを挙げることができる。

【0030】

また、円筒状チャンバー 110 の外筒部材 112 には、不活性ガス導入ポート 115 が設けられている。この不活性ガス導入ポート 115 からは、フレキシブルチューブを介して、内筒部材 120 内の空間 R1 及び空間 R2 にアルゴンなどの不活性ガスを導入することができるようになっている。合金燃料の溶融工程実施時には、この不活性ガス導入ポート 115 からアルゴンガスが導入されるようになっている。また、溶融した合金燃料をスラグに成型する際には、射出鑄造法が採用されるが、鑄造工程実施時においても、この不活性ガス導入ポート 115 からアルゴンガスが導入される。

10

【0031】

また、円筒状チャンバー 110 の外筒部材 112 には、外筒空間排気ポート 116 が設けられており、この外筒空間排気ポート 116 から不図示の真空ポンプによって、空間 R3 内を排気することができるようになっている。

【0032】

また、円筒状チャンバー 110 の外筒部材 112 には、内筒空間排気ポート 117 が設けられている。この内筒空間排気ポート 117 はフレキシブルチューブを介して、内筒部材 120 に接続されている。内筒空間排気ポート 117 には不図示の真空ポンプが接続されており、このポンプを用いて内筒空間排気ポート 117 から真空引きを行うことによって、空間 R1 及び空間 R2 内を排気することができるようになっている。

20

【0033】

また、円筒状チャンバー 110 の外筒部材 112 には、冷媒導入ポート 118 及び冷媒排出ポート 119 が設けられている。これらのポートはフレキシブルチューブを介して天板部材 150 と接続されており、冷媒導入ポート 118 から導入した冷媒によって天板部材 150 の温度を下げるようになっている。天板部材 150 内の冷媒流路を経た冷媒は、冷媒排出ポート 119 から排出される。なお、天板部材 150 の冷却のために用いる冷媒としては気体、液体のいずれも用いることが可能である。

30

【0034】

次に、冷媒導入ポート 118 から導入され、冷媒排出ポート 119 から排出される冷媒の流路について説明する。図 4 は本発明の実施形態に係る坩堝カバーが用いられる合金燃料製造装置の天板部材 150 (円盤部 151) における冷媒流路を説明する図である。天板部材 150 の円盤部 151 は中空状となっており、この中空状部は冷媒導入ポート 118 から導入される冷媒の流路となっている。また、この中空状部内にはフィン部材 156 が立設するようにして設けられており、円盤部 151 の冷却効率を向上させるようになっている。図 4 に示す実施形態においては、2つのフィン部材 156 が設けられているが、このようなフィン部材 156 は天板部材 150 の冷却効率をより向上させるために、より多く設けることができるし、またフィン部材 156 の配置についても種々の態様をとることができる。天板部材 150 の中空状部を通り、円盤部 151 を冷却した冷媒は冷媒排出ポート 119 から排出される。

40

【0035】

上記のように冷媒によって冷却された天板部材 150 における円盤部 151 には、底面における回収面 157 で、溶融工程で蒸発したアメリカシウムが効率よく捕捉されることとなる。溶融工程においては、誘導コイル 145 による高周波加熱で TRU 合金原料を溶融するが、このとき、空間 R1 に蒸発拡散した微量の蒸発物質 (アメリカシウム) は容易に内筒部材 120 の側壁に付着することなく、雰囲気ガスの対流により浮遊を続けるものと想定される。一方、内筒部材 120 上部に設けられた天板部材 150 は、上記のように冷媒

50

による冷却で内筒部材 1 2 0 より温度が下げられており、浮遊蒸発物質が優先的に沈着する。

【 0 0 3 6 】

合金燃料製造装置としては、わずかながらでも蒸発散逸する蒸発物質（アメリカシウム）を効率的に回収することが、装置内汚染の防止上、或いは、作業者の被ばく管理、核燃料物質の計量管理のそれぞれの観点から必要であるが、本実施形態に係る合金燃料製造装置 1 0 0 によれば、天板部材 1 5 0 の回収面 1 5 7 で効率的に蒸発物質をすることが可能であるので、これらのニーズを満たすことができる。

【 0 0 3 7 】

また、合金燃料製造装置において、通常の一重構造のチャンバーは、側面は作業者、マニプレータまたはその他の物質が接触するため、冷却が必要（空冷・水冷）であるが、1 0 0 0 以上の高温で合金製造した場合、チャンバー側面が室温程度であると蒸発物質の優先的な付着が広範囲にわたって生じる。そのため、本実施形態に係る合金燃料製造装置 1 0 0 のように、チャンバー内に側壁以外に低温部を設置することが重要となる。

【 0 0 3 8 】

次に、以上のように構成される本実施形態に係る合金燃料製造装置 1 0 0 による合金燃料製造手順について説明する。図 9 乃至図 1 1 は本発明の実施形態に係る坩堝カバーが用いられる合金燃料製造装置による合金燃料製造工程を示す図である。

【 0 0 3 9 】

まず、合金燃料製造装置 1 0 0 によって溶融工程を実施するにあたり、坩堝 1 4 1 に M A 元素と、ウラン、プルトニウムなどの T R U 合金原料を投入し、坩堝 1 4 1 に坩堝カバー 1 4 2 をかぶせ、蓋部材 1 3 0 をセットした後、外筒空間排気ポート 1 1 6 によって空間 R 3 の排気を行うと共に、内筒空間排気ポート 1 1 7 によって空間 R 1 及び空間 R 2 の排気を行う。次いで、不活性ガス導入ポート 1 1 5 から空間 R 1 及び空間 R 2 にアルゴンガスが導入される。

【 0 0 4 0 】

以上のような装置内の雰囲気調整が行われた後に溶融工程を実施する（図 9）。この溶融工程では、誘導コイル 1 4 5 に電力を供給し、誘導コイル 1 4 5 による高周波加熱で坩堝 1 4 1 内の T R U 合金原料を溶融する。

【 0 0 4 1 】

上記溶融工程で坩堝 1 4 1 中の T R U 合金原料を十分に溶融した後に、T R U 合金をスラグに成型するために、射出鑄造工程が実施される。この射出鑄造工程においては、内筒空間排気ポート 1 1 7 によって空間 R 1 及び空間 R 2 内のアルゴンガスを排気する。これと同時に、外筒空間排気ポート 1 1 6 によって空間 R 3 の排気も一応行う。そして、以上のように各排気ポートで合金燃料製造装置 1 0 0 内の空間を真空状態とした上で、昇降装置 1 6 0 でモールド 1 6 1 を下降させて、その一端が坩堝 1 4 1 中の溶融した T R U 合金原料に浸かるようにする（図 1 0）。次に、不活性ガス導入ポート 1 1 5 から空間 R 1 及び空間 R 2 にアルゴンガスが導入され、これら空間を加圧する。すると、坩堝 1 4 1 中の溶融 T R U 合金原料の液面に圧力が加えられて、図 1 1 に示すように溶融 T R U 合金がモールド 1 6 1 中に流入する。このように T R U 合金がモールド 1 6 1 中に射出された状態で自然もしくは強制冷却することによって、モールド 1 6 1 中にスラグ化された T R U 合金燃料を得ることができる。

【 0 0 4 2 】

以上、説明した合金燃料製造装置によれば、T R U 元素を含む合金燃料を溶融する溶融部は、内筒部材及び外筒部材からなる二重管構造に収容されると共に、内筒部材の鉛直上方には天板部材が配されており、合金燃料溶融工程において高蒸気圧性のアメリカシウムは内筒部材の天板部材に集中的に付着するようになるので、装置の他箇所が付着してこれを汚染させ高線量化する可能性が非常に低くなると共に、天板部材に付着したアメリカシウムを回収することにより、アメリカシウムの蒸発損失を抑制することができるようになる。

【 0 0 4 3 】



また、本発明は、モールド挿通用の貫通孔のみが穿設された高蒸気圧性元素の蒸発飛散を防止する坩堝カバーであり、当該貫通孔より蒸発飛散するアメリカシウム量を微量に制限することが可能となるので、本発明に係る坩堝カバーによれば、アメリカシウムの蒸発損失を抑制でき、装置内の汚染を抑制することができるようになる。

【 0 0 4 4 】

また、本発明に係る T R U 合金燃料の製造装置や、当該装置による T R U 合金燃料製造過程で使用したモールドや被覆管など、T R U 合金燃料と接触し T R U 元素が付着もしくは混在したことにより放射性廃棄物として処分しなければならない材料については、高温溶解して蒸気圧の高いアメリカシウムを蒸発分離することで、廃棄物の減容や除染が可能となる。

10

【符号の説明】

【 0 0 4 5 】

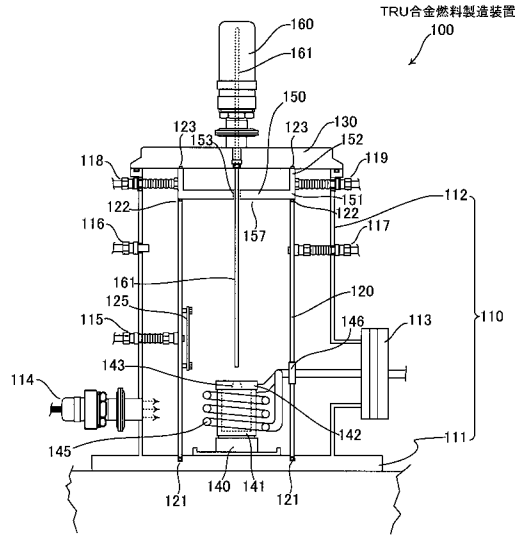
- 1 0 0 . . . T R U 合金燃料製造装置
- 1 1 0 . . . 円筒状チャンバー
- 1 1 1 . . . 基台
- 1 1 2 . . . 外筒部材
- 1 1 3 . . . コイル電力導入ポート
- 1 1 4 . . . 熱電対導入ポート
- 1 1 5 . . . 不活性ガス導入ポート
- 1 1 6 . . . 外筒空間排気ポート
- 1 1 7 . . . 内筒空間排気ポート
- 1 1 8 . . . 冷媒導入ポート
- 1 1 9 . . . 冷媒排出ポート
- 1 2 0 . . . 内筒部材
- 1 2 1 . . . 第 1 シール構造部
- 1 2 2 . . . 第 2 シール構造部
- 1 2 3 . . . 第 3 シール構造部
- 1 2 5 . . . 拡散板
- 1 3 0 . . . 蓋部材
- 1 4 0 . . . 台部
- 1 4 1 . . . 坩堝
- 1 4 2 . . . 坩堝カバー
- 1 4 3 . . . 貫通孔
- 1 4 5 . . . 誘導コイル
- 1 4 6 . . . 絶縁部材
- 1 5 0 . . . 天板部材
- 1 5 1 . . . 円盤部
- 1 5 2 . . . 円筒部
- 1 5 3 . . . 貫通孔
- 1 5 6 . . . フィン部材
- 1 5 7 . . . 回収面
- 1 6 0 . . . 昇降装置
- 1 6 1 . . . モールド

20

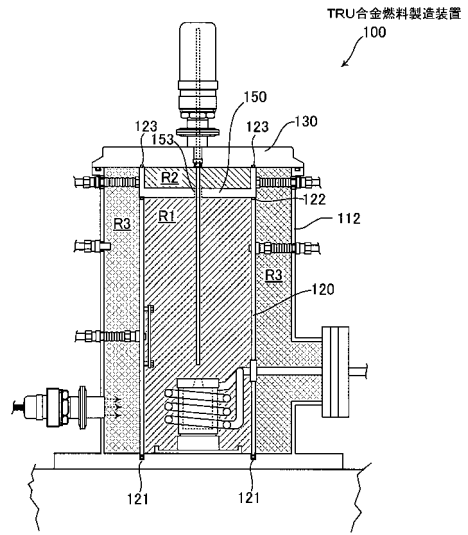
30

40

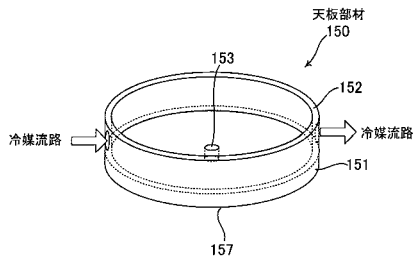
【図1】



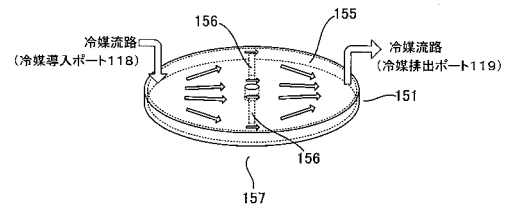
【図3】



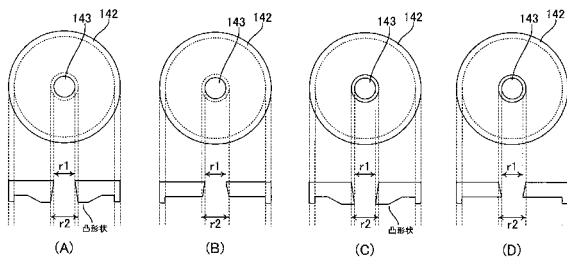
【図2】



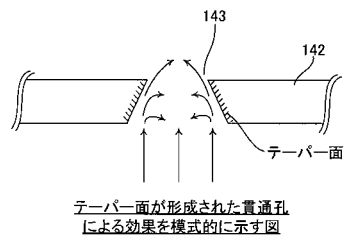
【図4】



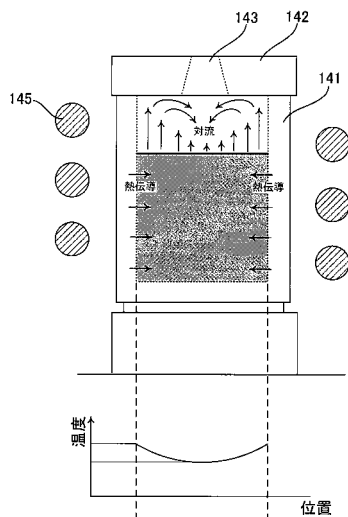
【図5】



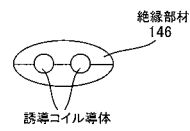
【図7】



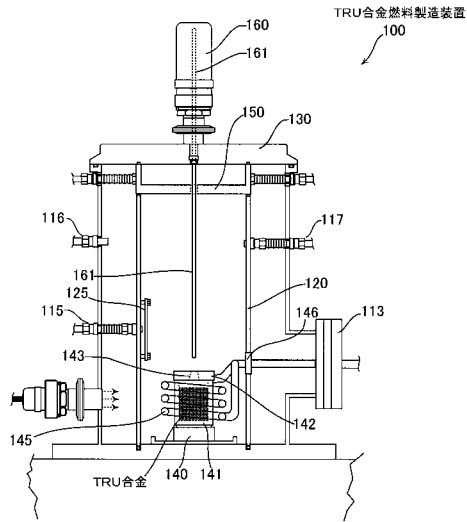
【図6】



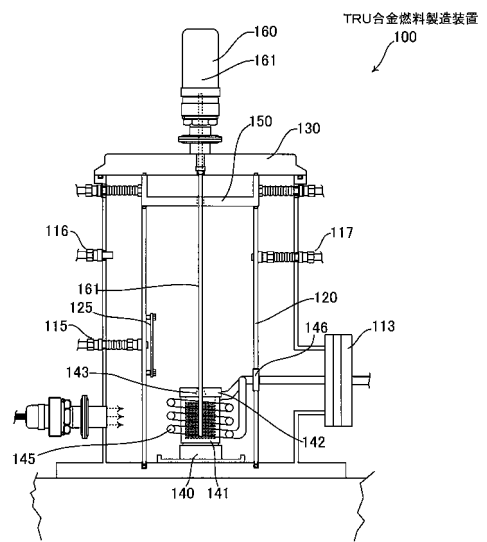
【図8】



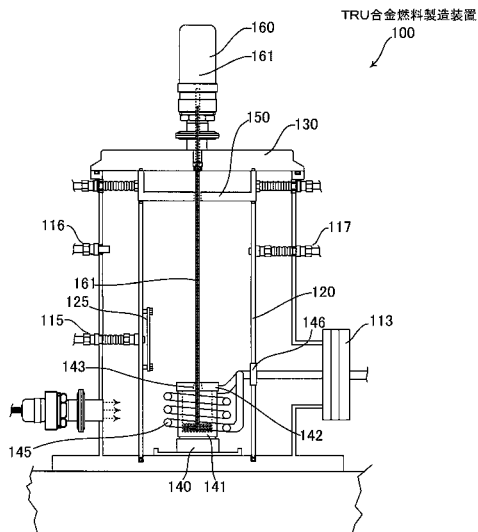
【図9】



【図10】



【図11】



## フロントページの続き

- (74)代理人 100091971  
弁理士 米澤 明
- (74)代理人 100119220  
弁理士 片寄 武彦
- (73)特許権者 504145320  
国立大学法人福井大学  
福井県福井市文京3丁目9番1号
- (74)代理人 100139114  
弁理士 田中 貞嗣
- (74)代理人 100092495  
弁理士 蛭川 昌信
- (74)代理人 100139103  
弁理士 小山 卓志
- (74)代理人 100094787  
弁理士 青木 健二
- (74)代理人 100097777  
弁理士 葦澤 弘
- (74)代理人 100091971  
弁理士 米澤 明
- (74)代理人 100119220  
弁理士 片寄 武彦
- (72)発明者 舘 義昭  
茨城県東茨城郡大洗町成田町4002番 独立行政法人日本原子力研究開発機構 大洗研究開発センター内
- (72)発明者 有田 裕二  
愛知県名古屋市中種区不老町1番 国立大学法人名古屋大学内

審査官 村川 雄一

- (56)参考文献 特開昭58-124999(JP,A)  
特表2002-537119(JP,A)  
特開2005-152984(JP,A)  
実開昭56-131971(JP,U)  
特開2003-185345(JP,A)  
実開昭60-082297(JP,U)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 2 1 F 9 / 0 2  
F 2 7 B 1 4 / 1 2  
G 2 1 C 3 / 6 0  
G 2 1 C 1 9 / 4 4