

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2013-209694

(P2013-209694A)

(43) 公開日 平成25年10月10日 (2013. 10. 10)

(51) Int. Cl.	F 1	テーマコード (参考)
B 2 2 F 9/10 (2006. 01)	B 2 2 F 9/10	4 K O 1 7
B 2 2 F 9/14 (2006. 01)	B 2 2 F 9/14	Z

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2012-79603 (P2012-79603)
 (22) 出願日 平成24年3月30日 (2012. 3. 30)

(71) 出願人 505374783
 独立行政法人日本原子力研究開発機構
 茨城県那珂郡東海村村松 4 番地 4 9
 (71) 出願人 000140627
 株式会社化研
 茨城県水戸市堀町 1 0 4 4 番地
 (74) 代理人 100074631
 弁理士 高田 幸彦
 (72) 発明者 中道 勝
 青森県上北郡六ヶ所村大字尾駸字表館 2 番
 1 6 6 独立行政法人日本原
 子力研究開発機構 青森研究開発センター
 内

最終頁に続く

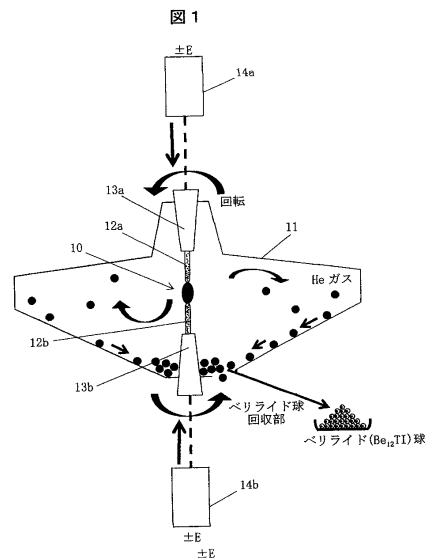
(54) 【発明の名称】 ベリライドペブルの製造装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 高純度で、大量のベリライドペブルを短時間に製造することができる、ベリライドペブルの製造装置を提供すること。

【解決手段】 Heガスなどの不活性ガスが充填される密閉容器 1 1 と、アーク放電を発生させるように先端が互いに離隔した状態で、密閉容器内に対向配置される 2 個の消耗電極棒 1 2 a、1 2 b と、2 個の消耗電極棒をその軸方向移動させて、それら消耗電極棒間の間隔を常時一定に保つと共に、それらの消耗電極棒を互いに回転させるための電極駆動ユニット 1 4 a、1 4 b から構成されている。2 個の消耗電極棒は回転しながらアーク放電により熔融され、熔融物は回転による遠心力で飛ばされ、目的組成比を有するベリライドペブルとなる。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

不活性ガスが充填される密閉容器と、電極棒間でアーク放電を発生させるように先端が互いに一定の距離だけ離隔した状態で、前記密閉容器内に対向配置される 2 個の電極棒と、2 個の前記電極棒をその軸方向移動させ、それらを互いに回転させるための電極駆動ユニットから成る、ベリライドペブルの製造装置において、2 個の前記電極棒が共に消耗電極棒であって、それら消耗電極棒がアーク放電により溶融され、溶融物が回転による遠心力で飛ばされ、目的組成比を有するベリライドペブルとなるように構成された、ベリライドペブルの製造装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の製造装置において、2 個の前記消耗電極棒の一方が、ベリライドを構成する金属からなる中空管とその内部に封入されたベリリウム粉末から成り、他方が純ベリリウム (Be) とベリライドを構成する純金属の粉末をベリライドの目的組成比となるように混合し、プラズマ放電焼結したベリライドロッドであることを特徴とするベリライドペブルの製造装置。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の製造装置において、2 個の前記消耗電極棒の一方が、ベリライドを構成する金属からなる中空管とその内部に封入されたベリリウム粉末から成り、他方が各材料の融点よりも低い温度で合成した低温合成ベリライド粉末をプラズマ放電焼結したベリライドロッドであることを特徴とするベリライドペブルの製造装置。

【請求項 4】

請求項 1 に記載の製造装置において、2 個の前記消耗電極棒の両方が、ベリライドを構成する金属からなる中空管とその内部に封入されたベリリウム粉末から成ることを特徴とするベリライドペブルの製造装置。

【請求項 5】

請求項 1 に記載の製造装置において、2 個の前記消耗電極棒の両方が、純ベリリウム (Be) とベリライドを構成する純金属の粉末を、ベリライドの目的組成比となるように混合したものであることを特徴とするベリライドペブルの製造装置。

【請求項 6】

請求項 2 乃至 4 のいずれかに記載の製造装置において、前記金属製中空管の肉厚が、ベリライドを構成する金属の化学量論比から導かれる厚みを基に設計されたものであることを特徴とするベリライドペブルの製造装置。

【請求項 7】

不活性ガスが充填される密閉容器と、2 個の消耗電極棒間でアーク放電を発生させるように先端が互いに一定の距離だけ離隔した状態で、前記密閉容器内に対向配置される 2 個の当該消耗電極棒と、2 個の前記消耗電極棒をその軸方向移動させて、それら消耗電極棒間の間隔を常時一定に保つと共に、それらの消耗電極棒を互いに回転させるための電極駆動ユニットから構成され、2 個の前記消耗電極棒は互いに異なる組成比を有し、回転しながらアーク放電により溶融され、回転による遠心力で飛ばされ、目的組成比を有するベリライドペブルとなることを特徴とするベリライドペブルの製造装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、例えば、核融合炉のブランケットにおいて中性子増倍材料として使用される、ベリライドペブル (ベリリウム金属間化合物の微小球) の製造装置に係り、特に、2 個の対向配置された棒状電極の一方あるいは両方を回転させながら、アーク放電によってペブルを作製する、ベリライドペブルの製造装置に関する。

【背景技術】**【0002】**

核融合炉では、プラズマ内で生じたエネルギーの多くが高速中性子の形で炉壁に衝突し

10

20

30

40

50

てくる。これらの高速中性子を受け止め、そのエネルギーを熱に変えて発電のエネルギーとするための炉壁構造として、ブランケットと呼ばれるモジュール構造が採用されている。これらブランケット・モジュールは燃料の生産を行うトリチウム増殖域とそれを取り囲む中性子増倍材であるベリリウム金属間化合物（ベリライド）の構造体から構成されている。

【0003】

このような構造体を構成するベリライドは、体積膨張や割れ防止などの様々な理由から微小球（ペブル）の形状をなしている。このようなベリライドペブルを製造する手段の一つとして回転電極法が広く知られている。これら従来の回転電極法では、例えば、特許文献1や2に開示されているように、ベリリウム金属からなる消耗電極棒と、タングステン等のアーク溶融電極棒を用い、両電極間にアーク放電を発生させ消耗電極棒を溶融させつつ、消耗電極棒を回転させてベリリウムの溶滴を飛散させて球状粒子を製造している。

10

【0004】

そして、特許文献3には、上述のような回転電極法で使用する消耗電極棒を、所望の金属間化合物の組成比率となるようにベリリウムと各種金属とを混ぜ、これらを溶融・凝固させたのち、所定の形状に機械加工することによって作製する方法が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特許第2604869号公報

20

【特許文献2】特許第2648655号公報

【特許文献3】特許第3882114号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかし、これまでのベリライドペブルの製造装置では、ベリライドからなる不純物の少ない消耗電極自体を製作することが困難であったこと、及びアーク溶融電極として、例えば、タングステン（W）などから構成される電極を使用するため、このアーク溶融電極を構成する成分が、製造されるベリライドペブルに捕獲され、高純度のベリライドペブルを得ることが困難であった。さらに、2個の電極の一方のみがベリライドから成る消耗電極となっているため、大量のベリライドペブルを製造するうえで、製造能力が低かった。

30

【0007】

本発明の目的は、従来のベリライドペブルの製造装置に比較して、高純度で、大量のベリライドペブルを短時間に製造することができる、ベリライドペブルの製造装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

高純度で、大量のベリライドペブルを短時間に製造するため、本発明では、まず、従来のように、ペブルにとって不純物となる成分を含むアーク溶融電極棒を使用することなく、互いに対向配置される2個の電極棒を共に消耗電極棒とし、互いに回転するそれら2個の消耗電極棒がアーク溶融され、融合されて、所望の成分から成るベリライドペブルが得られるようになっている。

40

【0009】

より具体的には、本発明の一つの観点にかかるベリライドペブルの製造装置は、従来のベリライドペブルの製造装置において、2個の前記棒状電極の一方または両方が、ベリライドを構成する金属からなる中空管とその内部に封入されたベリリウム粉末から成り、一方または両方が純Beとベリライドを構成する純金属の粉末をベリライドの目的組成比となるように混合したものが、もしくは各材料の融点よりも低い温度で合成した低温合成ベリライド粉末をプラズマ放電焼結したベリライドロッドになっている。

【発明の効果】

50

【 0 0 1 0 】

本発明のベリライドペブルの製造装置では、アーク放電を発生させる2個の棒状電極を共にベリライド電極とし、それらがアーク溶融され、融合されることでベリライドの目的組成比を有するベリライドペブルが作製されるため、従来技術のように片側の電極をアーク放電溶融用の熱電子放出のための異質材料の専用電極とすることがないため、アーク溶融電極を構成する異質成分がベリライドペブルに混入される恐れがない。従って、高純度のベリライドペブルを得ることができる。

【 0 0 1 1 】

また、2個の棒状電極を共に消耗電極としているため、従来装置に比較し、実質的に2倍の速度でベリライドペブルを作製することができる。従って、大量のベリライドペブルを短時間に製造することができる。

10

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 2 】

【 図 1 】 本発明に係るベリライドペブルの製造装置の概略構成図である。

【 図 2 】 図 1 に示された製造装置で使用される消耗電極棒の構造説明図である。

【 図 3 】 図 2 の消耗電極棒を製造するためのプラズマ焼結法の概略説明図である。

【 図 4 】 粉末冶金法で作製したベリライド消耗電極と、プラズマ焼結法で作製したベリライド消耗電極についての耐熱衝撃性試験の結果を示す写真である。

【 図 5 】 従来の製造装置と本発明に係る製造装置で作製されたベリライドペブルの顕微鏡写真である。

20

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 1 3 】

本発明に係るベリライドペブルの製造装置は、基本的に、Heガスなどの不活性ガスが充填される密閉容器と、2個の電極棒間でアーク放電を発生させるように先端が互いに一定の距離だけ離隔した状態で、前記密閉容器内に対向配置される2個の消耗電極棒と、2個の前記消耗電極棒をその軸方向移動させて、それら消耗電極棒間の間隔を常時一定に保つと共に、それらの消耗電極棒を互いに回転させるための電極駆動ユニットから構成されている。2個の消耗電極棒は回転しながらアーク放電により溶融され、溶融物は回転による遠心力で飛ばされ、目的組成比を有するベリライドペブルとなる。

【 0 0 1 4 】

これらの消耗電極棒としては、例えば、(1)2個の前記消耗電極棒の一方が、ベリライドを構成する金属からなる中空管とその内部に封入されたベリリウム粉末から成り、他方が純ベリリウム(Be)とベリライドを構成する純金属の粉末をベリライドの目的組成比となるように混合したもの、(2)2個の前記消耗電極棒の一方が、ベリライドを構成する金属からなる中空管とその内部に封入されたベリリウム粉末から成り、他方が各材料の融点よりも低い温度で合成した低温合成ベリライド粉末をプラズマ放電焼結したベリライドロッドであるもの、を使用できる。

30

【 0 0 1 5 】

また、2個の消耗電極棒を同一の構造とすることもできる。例えば、(3)2個の前記消耗電極棒の両方が、ベリライドを構成する金属からなる中空管とその内部に封入されたベリリウム粉末から成るもの、(4)2個の前記消耗電極棒の両方が、純ベリリウム(Be)とベリライドを構成する純金属の粉末を、ベリライドの目的組成比となるように混合し、プラズマ放電焼結したベリライドロッドであっても良い。

40

【 0 0 1 6 】

前記金属製中空管の肉厚は、ベリライドを構成する金属の化学量論比から導かれる厚みに基づいて設計することができる。中空管の材質としては、チタン(Ti)が好ましい。

【 0 0 1 7 】

以下、添付図面を参照しながら、ベリライドを構成する金属をチタン(Ti)とした、本発明に係るベリライドペブルの製造装置の一実施例について詳細に説明する。

【 0 0 1 8 】

50

図1を参照する。図1は、対向する2個の電極を消耗電極棒として使用する場合の例である。参照符号11は、ヘリウムガス(He)が充填された密閉容器であり、12a及び12bは棒状の消耗電極である。2個の消耗電極棒12a及び12bは、それぞれ電極チャック13a及び13bによって固定されている。また、2個の消耗電極棒12a及び12bの先端は、それらが互いに一定の距離だけ離隔した状態で、前記密閉容器内11の中心部において対向して配置されている。2個の前記電極チャック13a及び13bは、順方向あるいは反対方向に回転するように構成されている。このため、前記密閉容器11の外部に、前記電極チャック13a及び13bを回転させるための電極駆動ユニット14a及び14bが設けられている。この電極駆動ユニット14a及び14bは、必要に応じて前記電極チャック13a及び13bをそれらの軸方向に移動させ、2個の前記消耗電極棒12a及び12bの先端間の間隔を一定に保持する機能も有している。

10

【0019】

図1は、説明の都合上、本実施例の製造装置を模式的に表わしている。2個の消耗電極棒12a,12bは互いに垂直方向に対向配置されており、作製されたベリライドペブルは、密閉容器11の側壁に沿って、重力によって下方の消耗電極棒12b側に集められ、密閉容器11の外部に取り出される。

(図1は、実際の装置と同じように電極を垂直方向に設置した構造の図面に訂正中です。それに伴い、説明文も訂正しました。)

【0020】

次に、上述の構成を有するベリライドペブルの製造装置の動作について説明する。2本の消耗電極棒12aおよび12bを、それぞれ電極チャック13a及び13bで取付けた後、密閉容器をHeガスで置換および密閉し、外部に設けられた電極駆動ユニット14a及び14bにより、前記電極チャック13a及び13bを互いに反対方向に回転させ、消耗電極棒12aおよび12bに最大300Aの直流電流を印加する。それにより、これらの消耗電極棒間にアーク放電を起こさせ、消耗電極棒12a及び12bを溶融させる。溶融させられた消耗電極棒12a及び12bは、球状の液滴として飛散し、飛散した液滴球は、ベリライドペブル回収部15で回収される。消耗電極棒12a及び12bは溶融消耗するため、電極駆動ユニット14a及び14bにより前記電極チャック13a及び13bを軸方向に移動させ、常にアーク放電部10の距離を一定に保ちながら連続してベリライドペブルを製造する。

20

【0021】

ここでは、アーク溶融のための熱電子は、電極棒部においてマイナス極()からプラス極(+)へ流れ、その熱電子の衝撃により電極棒が加熱され部分溶融し、回転により溶融物が飛び散って表面張力でペブル化しながらHeガス雰囲気中で冷却され、その結果ベリライドペブルが作製されるようになっている。そのため、電極の電位は、図1に示めされているように交番電位「 $\pm E$ 」となっている。

30

【0022】

図2を参照し、本実施例で使用された消耗電極の構造について説明する。消耗電極棒12aは、図示のように、チタン(Ti)製中空管にベリリウム(Be)粉末を充填して、封入したものである。本発明のベリライドペブルの製造装置に使用する消耗電極棒の直径が5mm~20mmとすると、 $Be_{12}Ti$ の化学量論組成を得る場合、消耗電極棒の直径5mmでは、このチタン製中空管の肉厚は0.125mmとなり、直径20mmでは肉厚は0.5mmとなる。

40

【0023】

消耗電極棒12bは、原材料となる、純Beと純Tiの粉末をベリライドの目的組成比となるように混合した混合粉末を成形・焼成したベリライド焼結ロッドである。各材料の融点よりも低い温度で合成した低温合成ベリライド粉末も使用可能である。

【0024】

低温合成ベリライド粉末は、Be(融点1285)粉末、Ti(融点1660)粉末を秤量(目的組成比)して混合後に、不活性雰囲気(例えばArガス)中で、昇温速度200 /hで各金属粉末の融点以下である1200 まで加熱し、24時間保持後12時間で室温まで冷却した後、粒子融着を無くすため粉碎して作製する。

50

【 0 0 2 5 】

消耗電極棒12a、12bは、上述のように純Beと純Tiの粉末をベリライドの目的組成比となるように混合したものを成型し、焼結したベリライドロッドか、各材料の融点よりも低い温度で合成した低温合成ベリライド粉末を成形・焼結したベリライドロッドであるが、その焼結は、一般的な電気炉等で行なっても良いが、プラズマ放電焼結法によって焼結することが望ましい。

【 0 0 2 6 】

本発明で実施する消耗電極棒のように、Ti製中空管にBe粉末を充填して封入したものからなる電極棒や、純Beと純Tiの粉末をベリライドの目的組成比となるように混合したものもしくは、各材料の融点よりも低い温度で合成した低温合成ベリライド粉末をプラズマ放電焼結したベリライドロッドによる電極棒は、従来のアーク溶融により製作される電極棒に比べ、材料溶融時の不純物混入がないことから、高純度なベリライドペブルが得られ、しかも高温溶融法で作製したベリライドロッドに比べ熱衝撃性に優れているため、アーク放電による加熱衝撃でも破壊されにくい。

【 0 0 2 7 】

次に、図3を参照して、プラズマ焼結法による消耗電極棒の作製について説明する。図3は、カーボン製のパンチ&ダイに原料粉末を入れ、1軸圧縮した状態を示している。原料粉末は、このパンチ&ダイ装置内で、成型され、パルス電流によりその表面を活性化された後、直流電流加熱により焼結される。このようなプラズマ焼結法で作製したベリライド消耗電極は、以下に説明するように優れた耐熱衝撃性を有する。

【 0 0 2 8 】

図4に、粉末冶金法で作製したベリライド消耗電極と、本発明で使用した、プラズマ焼結法で作製したベリライド消耗電極についての耐熱衝撃性試験の結果を示す。図4の(a)が粉末冶金法で作製したBe₁₂Ti消耗電極の結果を示す写真で、(b)がプラズマ焼結法で作製したBe₁₂Ti消耗電極の試験結果である。これらの写真から、粉末冶金法で作製した電極棒はアーク放電時の熱衝撃で破壊されるが、プラズマ焼結法で作製した電極棒は熱衝撃にも耐えていることがわかる。なお、これらの実験では対向配置電極棒として従来のタングステン(W)製のアーク溶融電極棒を使用した。

【 0 0 2 9 】

次に、図5に、従来の製造装置と本発明に係る製造装置で作製されたベリライドペブルの顕微鏡写真を示す。図5の(a)は従来装置で製造したベリライドペブルの顕微鏡写真で、(b)は本発明に係る上述の装置で製造したベリライドペブルの顕微鏡写真である。

【 0 0 3 0 】

以上、本発明の最適な実施例について説明したが、本発明はこれに限定されるものではない。例えば、消耗電極棒の断面は、必ずしも円形でなくても、多角形、星型など点対称の形状であれば良い。また、消耗電極間で常時アーク放電を発生させるため、上述の実施例では目視で観察し手動で電極駆動ユニットのモータ回転を制御しているが、カメラで監視するか、両電極間の間隔にて変化するアーク放電電流値や電圧値のようなパラメータにて、モータ回転を自動制御しても良いことは明らかであるし、そのような置き換えは当業者にとって自明の範囲である。

【 符号の説明 】

【 0 0 3 1 】

- 11 密閉容器
- 12a, 12b 消耗電極棒
- 13a, 13b 電極チャック
- 14a, 14b 電極駆動ユニット

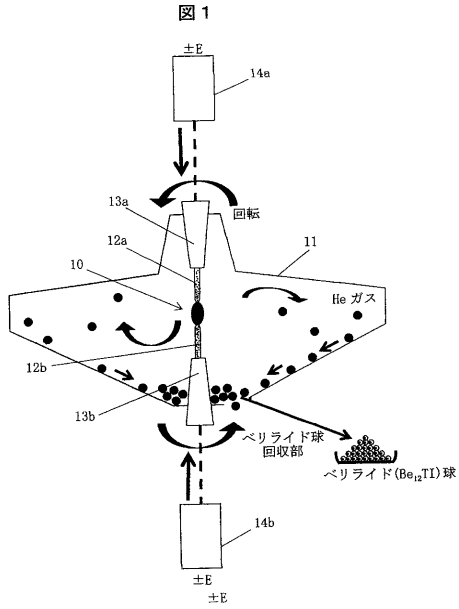
10

20

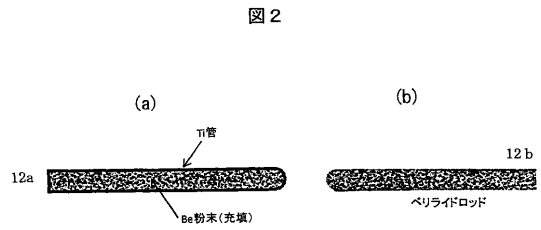
30

40

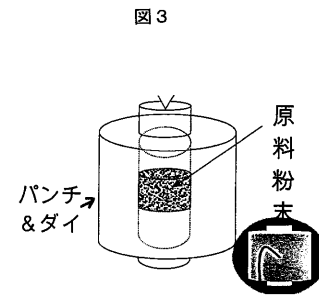
【 図 1 】



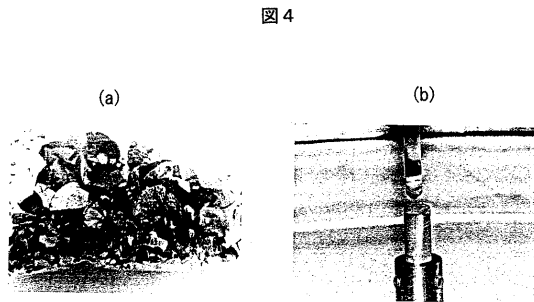
【 図 2 】



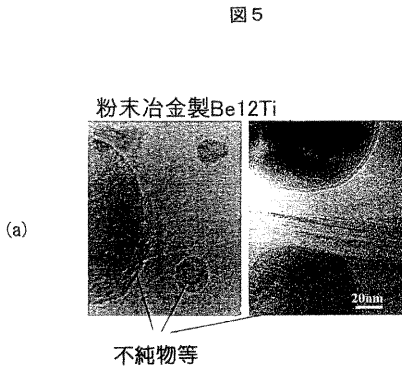
【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】



フロントページの続き

- (72)発明者 米原 和男
青森県上北郡六ヶ所村大字尾駸字表館2番166
機構 青森研究開発センター内 独立行政法人日本原子力研究開発
- (72)発明者 中村 和
茨城県水戸市堀町1044 株式会社化研内
- (72)発明者 名取 ゆり
茨城県水戸市堀町1044 株式会社化研内
- (72)発明者 蓼沼 克嘉
茨城県水戸市堀町1044 株式会社化研内
- Fターム(参考) 4K017 AA04 BA10 BB09 DA09 ED10 EF02