

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局

(43) 国際公開日  
2013年11月28日(28.11.2013)



(10) 国際公開番号  
WO 2013/175988 A1

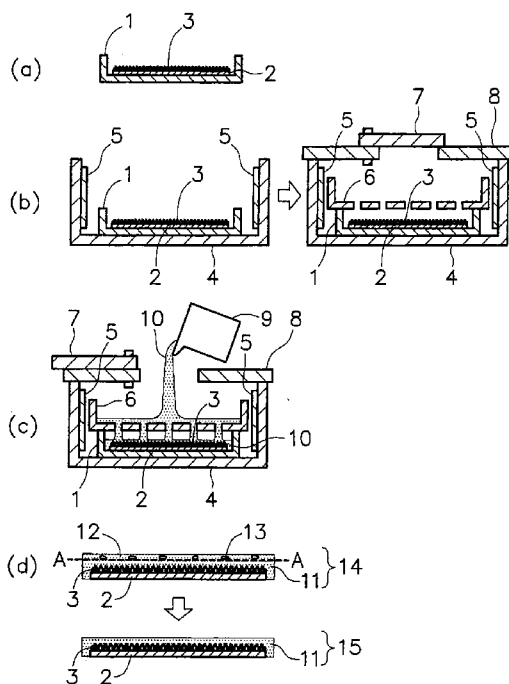
- (51) 国際特許分類:  
B22D 19/14 (2006.01) G21F 5/00 (2006.01)  
B22D 19/00 (2006.01) G21F 9/36 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/063306
- (22) 国際出願日: 2013年5月13日(13.05.2013)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2012-118567 2012年5月24日(24.05.2012) JP  
特願 2013-010054 2013年1月23日(23.01.2013) JP
- (71) 出願人: 株式会社神戸製鋼所(KABUSHIKI KAISHA KOBE SEIKO SHO (KOBELCO STEEL, LTD.))  
[JP/JP]; 〒6518585 兵庫県神戸市中央区脇浜海岸通二丁目2番4号 Hyogo (JP).
- (72) 発明者: 石田 斉(ISHIDA Hitoshi), 和田 隆太郎(WADA Ryutarou), 棗 千修(NATSUME Yukinobu).
- (74) 代理人: 濱田 百合子, 外(HAMADA Yuriko et al.);  
〒1050003 東京都港区西新橋一丁目7番13号  
虎ノ門イーストビルディング10階 栄光特許事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: METHOD FOR MANUFACTURING BORON-CONTAINING ALUMINUM PLATE MATERIAL

(54) 発明の名称: ボロン含有アルミニウム板材の製造方法



(57) Abstract: A method for manufacturing a boron-containing aluminum plate material comprises: a spreading step for spreading boron-containing alloy particles (3) in the shape of a layer over a bottom plate (2) placed in a container (1); a preheating step for preheating both the container (1) and a tundish (6) mounted on the container (1); a casting step for enveloped-casting the layer of the boron-containing alloy particles (3) in the container (1) with molten aluminum (10) by pouring the molten aluminum (10) into the tundish (6) to manufacture an enveloped-cast plate (14) with a predetermined thickness; and a cutting step for cutting off shrinkage cavities (13) occurring in a feeder section (12) of the upper portion of the enveloped-cast plate (14).

(57) 要約: 容器 1 内に置かれた底板 2 上に、ボロン含有合金粒子 3 を層状に敷き詰める敷詰工程と、容器 1 と容器 1 上に載せられたタンディッシュ 6 を共に予熱する予熱工程と、タンディッシュ 6 に Al 溶湯 10 を注湯することにより、容器 1 内のボロン含有合金粒子 3 の層を Al 溶湯 10 で铸ぐるみし、所定の厚さの铸ぐるみ板 14 を製造する铸造工程と、铸ぐるみ板 14 の上部の押し湯部 12 内に発生する引け巣 13 を切除する切除工程と、を有する。

WO 2013/175988 A1

## 明 細 書

発明の名称： ボロン含有アルミニウム板材の製造方法

### 技術分野

[0001] 本発明は、ボロン含有アルミニウム板材の製造方法に関するものである。  
以下、ボロンを「ホウ素」または「B」とも称す。

### 背景技術

[0002] 近年、原子力発電所内での使用済核燃料（以下、「SF」と称す）の中間貯蔵ニーズが高まっている。さらに、SFの中間貯蔵にあたっては、湿式貯蔵（水中での貯蔵）から乾式貯蔵（空冷での貯蔵）へ移行する傾向がある。よって、SFは従来よりも発熱量と中性子発生密度が高くなる。したがって、SF貯蔵容器であるキャスクやキャニスタを形成するためのボロン含有アルミニウム板材にも、これまで以上にボロン含有率が高いものが必要である。

[0003] ボロン含有アルミニウム合金を製造するには、溶解・鋳造法が従来から用いられている。この溶解・鋳造法としては、アルミニウム合金地金に粉末状のボロンを添加し、それを溶解・鋳造する方法（以下、「前者の溶解・鋳造方法」と称す）、あるいは、アルミニウム溶湯中に $\text{KB}_4\text{F}_4$ 等のホウ弗化物を触媒と共に添加して、アルミニウム-ボロン中間合金を生成後、ボロン濃度を調整して鋳造する方法（以下、「後者の溶解・鋳造方法」と称す）がある。このようにして鋳造されたインゴットは、圧延加工や押出加工などにより板材へ成形される。

[0004] 上述した前者の溶解・鋳造方法では、アルミニウム-ボロン合金中に晶析出する多種のボロン化合物が形成され、加工性が悪くなってしまう。さらに、形成される多種のボロン化合物の比重差により、これらのボロン化合物は沈降（あるいは浮上）してボロンの分布が不均一（すなわち、偏析）となる。したがって、添加したボロン量よりも濃度の低い箇所が発生してしまい、鋳造品として、現実的に得られるボロン濃度は、1質量%程度が上限である

- 。
- [0005] また、上述した後者の溶解・鋳造方法では、熱中性子を吸収する質量数 10 のボロン同位体（以下、「B-10」と称す）の濃度を高めたボロン（濃縮ボロン）がどうしても必要である。しかし、この濃縮ボロンは非常に高価であり、コスト的に課題がある。
- [0006] さらに、以下のような技術も提案されている。
- [0007] 0.5 質量%以上 5 質量%以下のボロンを添加したアルミニウム合金粉末を製造し、この粉末を用いて成形体を作成し、この成形体を溶解・鋳造してアルミニウム合金材を製造する技術が開示されている（特許文献 1 参照）。この技術を用いると、粉末自体は小さいため、粉末内のボロンは確かに均一に分布している。
- [0008] また、アルミニウムまたはアルミニウム合金のマトリックスとボロン化合物等の中性子吸収材を含有するセラミックス骨格体を備えたアルミニウム基複合材料およびそれを製造する技術が開示されている（特許文献 2 参照）。特許文献 2 に開示されたセラミックス骨格体は、セラミックスのホウ酸アルミニウムウイスキーもしくは短繊維とボロン化合物粒子を含有混合したスラリーを作成し、このスラリーを脱水・加圧後、焼結して多孔質プリフォームとした物である。また、前記アルミニウム基複合材料は、多孔質プリフォームされたセラミックス骨格体にアルミニウムまたはアルミニウム合金溶湯を高含浸させてマトリックス状に鋳造凝固させ製造したものである。

## 先行技術文献

## 特許文献

- [0009] 特許文献 1：日本国特許第 3 2 0 7 8 4 0 号公報  
特許文献 2：日本国特開 2 0 0 3 - 1 2 1 5 9 0 号公報

## 発明の概要

## 発明が解決しようとする課題

- [0010] しかしながら、上記特許文献 1、2 に開示された技術にも、以下のような

問題点が存在する。

[0011] すなわち、特許文献1に記載の技術は、粉末自体は小さいため、粉末内のボロンは確かに均一に分布しているが、それを用いた成形体は溶解・鋳造されたものであるため、ボロン化合物の凝集・粗大化、沈降・浮上によって、やはり成形体中のボロンの分布が不均一になり、材料内でのボロン偏析が発生し十分な中性子吸収能が得られない虞がある。

[0012] また、特許文献2に記載の技術は、中性子吸収材としてボロン、窒化ホウ素、酸化ホウ素などのボロン化合物でも良いと記載されているものの、工業的に中性子吸収能の優れたボロンの含有量が高く、かつ高温まで安定である点を考慮すると、炭化ボロン ( $B_4C$ ) を推奨している。しかし、この  $B_4C$  を用いた場合には、高コストになってしまう。また、多孔質プリフォームされたセラミックス骨格体にアルミニウムを含浸させる方法として、非加圧鋳造でも良いと記載されているが、非加圧鋳造ではセラミックス骨格体が含有するボロン化合物間へのアルミニウム溶湯の浸透が不十分となって、鋳造後の成形体中に空孔などの欠陥が生じる虞がある。したがって、有用な鋳造後の成形体を得ようとするならば、どうしても高圧鋳造法を採用せざるを得ないというのが現実である。しかし、キャスクやキャスク内で使用するバスケットのような大型のアルミニウム基複合材料を高圧鋳造法で製造するためには、ボロン化合物間へアルミニウム溶湯を均一に浸透させるための大型の高圧プレスなどの大規模な設備がどうしても必要となるという問題点があった。

[0013] 発明の目的は、安価な天然ボロン含有合金粒子（以下、単に「ボロン含有合金粒子」と称す）を用いながらも、中性子吸収能を有するボロン含有率が高く、かつ、板面内での均一性良好なボロン分布も低コストで実現可能なボロン含有アルミニウム板材の製造方法を提供することにある。

### 課題を解決するための手段

[0014] この目的を達成するために、本発明の請求項1に記載の発明は、容器内に置かれたアルミニウムまたはアルミニウム合金の底板上に、ボロ

ン含有量が5質量%以上の硼化物粒子を含有するボロン含有合金粒子を層状に敷き詰める敷詰工程と、

この敷詰工程後の容器の上部に注湯量制御用のタンディッシュを載せ、容器とタンディッシュを共に300℃以上500℃以下で予熱する予熱工程と、

この予熱工程で予熱されたタンディッシュに580℃以上900℃以下の溶融アルミニウムまたは溶融アルミニウム合金（以下、「A | 溶湯」と称す）を注湯することにより、同じく前記予熱工程で予熱された容器内のボロン含有合金粒子層を前記A | 溶湯で鑄ぐるみし、所定の厚さの鑄ぐるみ板を製造する鑄造工程と、

この鑄造工程で製造された鑄ぐるみ板の上部の押し湯部内に発生する引け巣を切除する切除工程と、

を有したことを特徴とするボロン含有アルミニウム板材の製造方法である。

[0015] 請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の発明において、

前記硼化物粒子は、Al-B合金、Ca-B合金、Si-B合金、Fe-B合金、Mn-B合金およびMo-B合金よりなる群から選択された少なくとも1種類以上を有することを特徴とする。

[0016] 請求項3に記載の発明は、請求項2に記載の発明において、

前記Al-B合金は、AlB<sub>1.2</sub>およびAlB<sub>2</sub>の少なくともいずれか1つであることを特徴とする。

[0017] 請求項4に記載の発明は、請求項1に記載の発明において、

前記硼化物粒子は、ボロン含有量が60質量%以上の第1の硼化物粒子とボロン含有量が5質量%以上60質量%未満の第2の硼化物粒子とからなることを特徴とする。

[0018] 請求項5に記載の発明は、請求項4に記載の発明において、

前記硼化物粒子は、AlB<sub>1.2</sub>、CaB<sub>6</sub>およびSiB<sub>6</sub>よりなる群から選択された少なくとも1種類以上の第1の硼化物粒子と、FeB、MnB<sub>2</sub>、Fe<sub>2</sub>BおよびAlB<sub>2</sub>よりなる群から選択された少なくとも1種類以上の第2の

硼化物粒子と、不可避的不純物粒子と、から成ることを特徴とする。

[0019] 請求項 6 に記載の発明は、請求項 4 又は 5 に記載の発明において、前記硼化物粒子に占める前記第 1 の硼化物粒子の割合が 50 質量%以上であることを特徴とする。

[0020] 請求項 7 に記載の発明は、請求項 1～5 のいずれか 1 項に記載の発明において、前記ボロン含有合金粒子の粒径は、15 mm 以下（ただし、ゼロは含まない）であることを特徴とする。

[0021] 請求項 8 に記載の発明は、請求項 1～5 のいずれか 1 項に記載の発明において、前記溶融アルミニウム合金は、Al-Si 系、Al-Cu 系および Al-Mg 系よりなる群から選択された少なくとも 1 種類以上の鑄造用アルミニウム合金であることを特徴とする。

[0022] 請求項 9 に記載の発明は、請求項 1～5 のいずれか 1 項に記載の発明において、前記切除工程後の鑄ぐるみ板の全厚さ（以下、「鑄ぐるみ板全厚さ」と称す）は 5 mm 以上 50 mm 以下であり、前記底板の厚さは前記鑄ぐるみ板全厚さの  $1/5 \sim 1/3$  であり、かつ、前記ボロン含有合金粒子層の厚さは前記鑄ぐるみ板全厚さの  $1/3 \sim 3/5$  であることを特徴とする。

[0023] 請求項 10 に記載の発明は、請求項 1～5 のいずれか 1 項に記載の発明において、前記切除工程後に、面削または鍛造により板厚を調整するための板厚調整加工工程を有したことを特徴とする。

[0024] 請求項 11 に記載の発明は、請求項 1～5 のいずれか 1 項に記載の発明において、前記切除工程後に、さらに薄い板厚の鑄ぐるみ板を得るための圧延加工工程を有したことを特徴とする。

[0025] 請求項 12 に記載の発明は、請求項 1～5 のいずれか 1 項に記載の発明に

おいて、

前記切除工程後に、所定形状の型材を得るための圧延加工工程を有したことを特徴とする。

[0026] 請求項 13 に記載の発明は、請求項 1～5 のいずれか 1 項に記載の発明において、

前記切除工程後に、所定形状の鍛造材を得るためのプレス加工工程を有したことを特徴とする。

### 発明の効果

[0027] 以上のように、本発明に係るボロン含有アルミニウム板材の製造方法は、容器内に置かれたアルミニウムまたはアルミニウム合金の底板上に、ボロン含有量が 5 質量%以上の硼化物粒子を含有するボロン含有合金粒子を層状に敷き詰める敷詰工程と、この敷詰工程後の容器の上部に注湯量制御用のタンディッシュを載せ、容器とタンディッシュを共に 300℃以上 500℃以下で予熱する予熱工程と、この予熱工程で予熱されたタンディッシュに 580℃以上 900℃以下の A1 溶湯を注湯することにより、同じく前記予熱工程で予熱された容器内のボロン含有合金粒子層を前記 A1 溶湯で鑄ぐるみし、所定の厚さの鑄ぐるみ板を製造する鑄造工程と、この鑄造工程で製造された鑄ぐるみ板の上部の押し湯部内に発生する引け巣を切除する切除工程と、を有したことを特徴とする。

[0028] これにより、安価なボロン含有合金粒子を用いながらも、中性子吸収能を有するボロン含有率が高く、かつ、板面内での均一性良好なボロン分布も低コストで実現可能である。

### 図面の簡単な説明

[0029] [図1]本発明の一実施形態のボロン含有アルミニウム板材の製造方法のプロセスを時系列的に説明するための模式図である。

### 発明を実施するための形態

[0030] 以下、本発明について、実施形態を例示しつつ、詳細に説明する。

[0031] (本発明に係るボロン含有アルミニウム板材の製造方法の構成)

本発明に係るボロン含有アルミニウム板材の製造方法は、

容器内に置かれたアルミニウムまたはアルミニウム合金の底板上に、ボロン含有量が5質量%以上の硼化物粒子を含有するボロン含有合金粒子を層状に敷き詰める敷詰工程と、

この敷詰工程後の容器の上部に注湯量制御用のタンディッシュを載せ、容器とタンディッシュを共に300℃以上500℃以下で予熱する予熱工程と、

この予熱工程で予熱されたタンディッシュに580℃以上900℃以下のA1溶湯を注湯することにより、同じく前記予熱工程で予熱された容器内のボロン含有合金粒子層を前記A1溶湯で鑄ぐるみし、所定の厚さの鑄ぐるみ板を製造する鑄造工程と、

この鑄造工程で製造された鑄ぐるみ板の上部の押し湯部内に発生する引け巣を切除する切除工程と、を有したことを特徴とする。

[0032] 以上のような構成であるため、本発明は、安価なボロン含有合金粒子を用いながらも、中性子吸収能を有するボロン含有率が高く、かつ、均一性良好なボロン分布も低コストで実現可能である。

[0033] 以下に、上記構成に至った理由について述べる。

[0034] 本発明者達は、如何にしたら安価なボロン含有合金粒子を用いながらも、中性子吸収能を有するボロン含有率が高く、かつ、板面内での均一性良好なボロン分布も低コストで実現可能であるのか鋭意研究を行った。

[0035] その結果、上述した敷詰工程、予熱工程、鑄造工程および切除工程（詳細は、後記図1参照）を有してさえいれば、目的を達成できることを見出した。

[0036] 以下、本発明のボロン含有アルミニウム板材の製造方法について、図面を参照しながら説明する。

[0037] 図1は本発明の一実施形態のボロン含有アルミニウム板材の製造方法のプロセスを時系列的に説明するための模式図であって、(a)は容器1内に置かれたアルミニウムまたはアルミニウム合金の底板2上に、5質量%以上の

ボロンを含有する金属化合物である  $Al-B$  合金、 $Ca-B$  合金、 $Si-B$  合金、 $Fe-B$  合金、 $Mn-B$  合金および  $Mo-B$  合金よりなる群から選択された少なくとも 1 種類以上のボロン含有合金粒子 3 を層状に敷き詰める敷詰工程を示す図、(b) は (a) に示す敷詰工程後の容器 1 を電気炉 4 (側壁にヒータ 5 が設置されている) 内に設置し、容器 1 の上部に注湯量制御用のタンディッシュ 6 を載せ、さらに開閉扉 7 付きの蓋 8 で覆った後、容器 1 とタンディッシュ 6 を共に  $300^{\circ}C$  以上  $500^{\circ}C$  以下で予熱する予熱工程を示す図、(c) は (b) に示す予熱工程で予熱されたタンディッシュ 6 に  $80^{\circ}C$  以上  $900^{\circ}C$  以下の  $Al$  溶湯 10 を取鍋 9 から注湯することにより、同じく前記予熱工程で予熱された容器 1 内のボロン含有合金粒子 3 の層を  $Al$  溶湯 10 で鑄ぐるみし、所定の厚さの鑄ぐるみ板 (後程、詳述する「鑄造・凝固 (冷却) 後に容器 1 から取出した図 1 (d) の上段に示す形状の板」) 14 を製造する鑄造工程を示す図、(d) は (c) に示す鑄造工程で製造された鑄ぐるみ板 14 の上部の押し湯部 12 内に発生する引け巣 13 を切除する切除工程を示す図である。

[0038] 図 1 (a) において、ボロン含有合金粒子 3 には、濃縮作業が施されていない天然ボロンを含有する合金粒子が採用されている。したがって、この天然ボロンには、天然存在比で約 20% の  $B-10$  を含有している。少なくとも従来の製造方法で作成されたボロン含有アルミニウム板材中に含まれる  $B-10$  の濃度以上を目的とする点を考慮すると、このボロン含有合金粒子 3 としては、中性子吸収機能を有し、ボロン含有量が 5 質量% 以上の硼化物粒子を含有する必要がある。

[0039] 具体的には、硼化物粒子として、 $Al-B$  合金、 $Ca-B$  合金、 $Si-B$  合金、 $Fe-B$  合金、 $Mn-B$  合金および  $Mo-B$  合金よりなる群から選択された少なくとも 1 種類以上を有するのが好ましい。なお、 $Al-B$  合金は、 $AlB_{1.2}$  および  $AlB_2$  の少なくともいずれか 1 つである。

[0040] また、硼化物粒子として、 $B-10$  含有量の高い (すなわち、ボロン含有量が 60 質量% 以上の) 第 1 の硼化物粒子と、第 1 の硼化物粒子よりも  $B-$

10含有量の低い（すなわち、ボロン含有量が5質量%以上60質量%未満の）第2の硼化物粒子とからなる構成も考えられる。

[0041] 具体的には、第1の硼化物粒子として、 $AlB_{12}$ 、 $CaB_6$ および $SiB_6$ よりなる群から選択された少なくとも1種類以上の粒子を用いることも可能である。また、第2の硼化物粒子として、 $FeB$ 、 $MnB_2$ 、 $Fe_2B$ および $AlB_2$ よりなる群から選択された少なくとも1種類以上の粒子を用いることも可能である。また、第1の硼化物粒子と第2の硼化物粒子のそれぞれの選択如何によっては、種々の不可避的不純物粒子が生ずるが、その量を10質量%以下に抑えるのが好ましい。この不可避的不純物粒子としては、 $Mn_2AlB_2$ などの複合硼化物や、 $Al_2O_3$ 、 $MnO_2$ 、 $FeO$ 、 $B_2O_3$ 、 $CaO$ 、 $SiO_2$ などの酸化物のようなものが含まれる。

[0042] なお、ボロン含有アルミニウム材として注湯するアルミニウム合金との濡れ性に悪影響がない程度に、上記第1の硼化物粒子として $B_4C$ 粒子が少量含まれていてもよい。

[0043] ボロン含有合金粒子3として、上述したような構成を採用することで、主として第1の硼化物粒子、従として第2の硼化物粒子により、ボロン含有アルミニウム材のB-10含有量が改善される。上述したような構成を採用することで、主として第1の硼化物粒子、従として第2の硼化物粒子により、ボロン含有アルミニウム材の中性子吸収機能が付与される。また、ボロン含有アルミニウム材の中性子吸収機能の改善の観点からは、ボロン含有合金粒子3に占める第1の硼化物粒子の割合が50質量%以上であることが好ましい。

[0044] また、ボロン含有合金粒子3として、第1の硼化物粒子と第2の硼化物粒子を適宜組合せることができるため、中性子吸収機能の程度を広範囲に調整することも可能になる。

[0045] ボロン含有合金粒子3が含有する硼化物粒子である上記Fe-B合金としての $FeB$ 、 $Fe_2B$ 、Mn-B合金としての $MnB_2$ 、Mo-B合金、Al-B合金としての $AlB_{12}$ 、 $AlB_2$ 、Ca-B合金としての $CaB_6$ 、Si

—B合金としてのSiB<sub>6</sub>、は、注湯するアルミニウム合金（後程、詳述する図1（c）に示すAl溶湯10）よりも融点が高く、鑄造によりボロン含有合金粒子3が溶解しないため、望ましい。これらのボロン含有合金は、2元系合金だけでなく多元系合金でも良く、合金中のボロン濃度の下限は、少なくとも従来法によるB—10の濃度以上を確保するために必要な5質量%Bであり、ボロン濃度の上限は、現実的に取得可能なボロン含有合金であることを考慮した70質量%Bである。また、上記ボロン含有合金粒子3は、Al溶湯10との濡れ性が比較的良好であり、Al溶湯10がボロン含有合金粒子3間に浸透しやすい点から好ましい。また、上記ボロン含有合金は、合金鋼を製造するために既に市販されており、炭化ボロン（B<sub>4</sub>C）程の高コストになることなく入手できる点から好適である。

[0046] ボロン含有合金粒子3の粒径としては、15mm以下（ただし、ゼロは含まない）のものを用いることが可能である。なお、粒径は、レーザー回折散乱法により測定した。また、粒径が5mm未満（ただし、ゼロは含まない）のボロン含有合金粒子3の場合、Al溶湯10がボロン含有合金粒子3の間に浸透しにくく、さらにボロン含有合金粒子3が鑄込み流によって攪拌されやすいため、ボロン含有合金粒子3をバインダあるいは焼結により高充填の板状プリフォームに加工することにより、均一なボロン含有合金粒子3の層とするのがより好ましい。粒径が5mm以上15mm以下のボロン含有合金粒子3の場合、ボロン含有合金粒子3をそのまま層状に配置するだけでもAl溶湯10がボロン含有合金粒子3の間に浸透しやすく、かつ、ボロン含有合金粒子3の間の空隙の95%以上をAl溶湯10で充填可能であるため、最も好適である。ただし、粒径が15mm超のボロン含有合金粒子3を用いた場合、引け巣13を切除した後の鑄ぐるみ板15（後程、詳述する図1（d）の下段に示す）の厚さが厚くなりすぎてしまい、キャスクやキャニスタなどの材料としては不適である。

[0047] 図1（b）において、タンディッシュ6を用いる理由は、底板2上に層状に敷き詰めたボロン含有合金粒子3に対してAl溶湯10を均等に注湯する

ことを可能にするためである。これにより、鑄造による不均一性が解消される。また、容器1とタンディッシュ6を共に300℃以上500℃以下で予熱するのが好ましい。何故ならば、300℃未満の予熱温度では、A1溶湯10を注湯後直ぐにA1溶湯10が凝固してしまい、A1溶湯10をボロン含有合金粒子3の間に十分に浸透できないためである。また、300℃以上の予熱温度であれば、A1溶湯10をボロン含有合金粒子3の間に十分に浸透できるが、500℃超の予熱温度にまでなると、大型の板材を作成時の操作性が悪化するためである。

[0048] 図1(c)において、A1溶湯10は580℃以上900℃以下とするのが好ましい。何故ならば、Al-Si系合金で最も融点が低くなるのが580℃であるため、580℃未満では、注湯後直ぐにA1溶湯10が凝固してしまい、A1溶湯10がボロン含有合金粒子3の間に浸透しない場合があるからである。また、580℃以上であれば、A1溶湯10をボロン含有合金粒子3の間に十分に浸透できるが、通常アルミニウム合金鑄造の溶解設備を流用することを考えると、900℃以下が現実的である。また、A1溶湯10としての溶融アルミニウム合金には、Al-Si系、Al-Cu系およびAl-Mg系よりなる群から選択された少なくとも1種類以上の鑄造用アルミニウム合金を用いることが可能である。このような鑄造用アルミニウム合金は、ボロン含有合金粒子3の間への浸透性に優れるため、薄肉の鑄造を行なう際には好適である。特に、Al-Si系合金は、湯流れ性、流動性が高い合金であるため、薄肉の鑄造を行なう際には、より望ましい。

[0049] また、A1溶湯10の凝固過程では、凝固収縮によって引け巣13(図1(d)の上段に示す)は必ず発生する。したがって、引け巣13を切除した後の鑄ぐるみ板15(図1(d)の下段に示す)の全厚さ(鑄ぐるみ板全厚さ)より10mm~15mm程度厚くなるような量のA1溶湯10を注湯する(押し湯する)ことで、ボロン含有合金粒子3の層をA1溶湯10で鑄ぐるみし、鑄造工程後には図1(d)の上段に示すような所定の厚さの鑄ぐるみ板14が得られるように製造する。

- [0050] 図1(d)において、図1(c)に示す鑄造工程で製造された鑄ぐるみ板14の上部の押し湯部12内に発生する引け巣13を切除した後の鑄ぐるみ板15の全厚さとしては、5mm以上50mm以下が望ましい。何故ならば、5mm未満では材料強度が不足してしまい、50mm超ではキャストやキャニスタの設計上、厚すぎるためである。
- [0051] また、ボロン含有合金粒子3の層の厚さは、鑄ぐるみ板15の全厚さの $1/3 \sim 3/5$ であることが望ましい。何故ならば、 $1/3$ 未満では、鑄ぐるみ板15のトータルのボロン濃度が低く、5質量%以上のボロン濃度を維持できなくなり、 $3/5$ 超では、ボロン含有合金粒子3の層を包むアルミニウム合金部分(A1溶湯10の凝固後の部分11)が薄く、鑄ぐるみ板15としての材料強度が不足してしまうためである。
- [0052] また、底板2の厚さは、鑄ぐるみ板15の全厚さの $1/5 \sim 1/3$ であることが望ましい。何故ならば、 $1/5$ 未満では、鑄ぐるみ板15としての材料強度が不足してしまい、 $1/3$ 超では、鑄ぐるみ板15の全厚さに対するボロン含有合金粒子3の層の厚さが薄くなり、鑄ぐるみ板15のトータルのボロン濃度が低くなってしまうためである。また、平滑な表面を有する底板2を採用することが可能であるため、A1溶湯10が凝固した後の鑄ぐるみ板14の全厚さの制御が容易になる。
- [0053] また、図1(d)に示す引け巣13を切除する切除工程後に、面削により板厚を調整するための板厚調整加工工程を設けることにより、鑄ぐるみ板15の表面に残る凹凸を除去した所定厚さの最終製品を作成できる。また、図1(d)に示す引け巣13を切除する切除工程後に、鍛造により板厚を調整するための板厚調整加工工程を設けることにより、大型プレスなどの大規模な設備を必要とせずに大型の最終製品を製造することができる。
- [0054] また、図1(d)に示す引け巣13を切除する切除工程後に、圧延加工工程を設けることにより、さらに薄い板厚の鑄ぐるみ板を製造したり、所定形状の型材(例えば、単純形状のアンクル等の型材)を製造することができる。

[0055] また、図1(d)に示す引け巣13を切除する切除工程後に、プレス加工工程を設けることにより、所定形状の鍛造材を得ることが可能になる。

[0056] (実施例1)

図1に示す本発明に係るボロン含有アルミニウム板材の製造方法を適用した実施例について、以下に詳しく詳述する。

<製造条件>

容器1：奥行き100mm×幅200mm×高さ70mm（いずれも内寸）の黒鉛製容器

タンディッシュ6：奥行き120×幅220×高さ70mm

底板2：厚さ3mmの純アルミニウム板

ボロン含有合金粒子3：粒径1mmのFe-20質量%B合金

ボロン含有合金粒子3の層：ボロン含有合金粒子3を無機系バインダで層状にプリフォームした厚さ4mmの板を底板2の上に載置する

ボロン含有合金粒子3の層の粒子充填率：65%

Al溶湯10：750℃のAl-13質量%Si合金溶湯

容器1とタンディッシュ6の予熱温度：500℃

引け巣13の切除：面削

[0057] 以上の製造条件に基づき作成された鑄ぐるみ板15の全厚さは10mm、鑄ぐるみ板15のトータルのボロン濃度は5.2質量%であった。

[0058] (実施例2)

実施例1と同様に、図1に示す本発明に係るボロン含有アルミニウム板材の製造方法を適用した。また、本実施例においては、実施例1で述べた製造条件と異なる条件のみ詳述する。

<製造条件>

底板2：厚さ4mmの純アルミニウム板

ボロン含有合金粒子3：粒径4mmのFe-20質量%B合金

ボロン含有合金粒子3の層：ボロン含有合金粒子3を無機系バインダで層状にプリフォームした厚さ10mmの板を底板2の上に載置する

ボロン含有合金粒子 3 の層の粒子充填率：55%

[0059] 以上の製造条件に基づき作成された鑄ぐるみ板 15 の全厚さは 19 mm、鑄ぐるみ板 15 のトータルのボロン濃度は 5.8 質量%であった。

[0060] (実施例 3)

実施例 1 と同様に、図 1 に示す本発明に係るボロン含有アルミニウム板材の製造方法を適用した。また、本実施例においては、実施例 1 で述べた製造条件と異なる条件のみ詳述する。

<製造条件>

底板 2：厚さ 4 mm の純アルミニウム板

ボロン含有合金粒子 3：粒径 9 mm の Fe-20 質量% B 合金

ボロン含有合金粒子 3 の層：底板 2 の上にボロン含有合金粒子 3 を 1 層分散き詰める

ボロン含有合金粒子 3 の層の粒子充填率：50%

[0061] 以上の製造条件に基づき作成された鑄ぐるみ板 15 の全厚さは 17 mm、鑄ぐるみ板 15 のトータルのボロン濃度は 5.3 質量%であった。

[0062] (実施例 4)

実施例 1 と同様に、図 1 に示す本発明に係るボロン含有アルミニウム板材の製造方法を適用した。また、本実施例においては、実施例 1 で述べた製造条件と異なる条件のみ詳述する。

<製造条件>

ボロン含有合金粒子 3：粒径 1 mm のボロン含有合金粒子（下記表 1 を参照）

ボロン含有合金粒子 3 の層：ボロン含有合金粒子 3 を無機系バインダで層状にプリフォームした厚さ 4 mm の板を底板 2 の上に載置する

ボロン含有合金粒子 3 の層の粒子充填率：65%

[0063] 以上の製造条件に基づき作成された鑄ぐるみ板 15 の全厚さは 10 mm、下記表 1 に示すボロン含有合金粒子 3 のトータルのボロン濃度は 60 質量%であることから、鑄ぐるみ板 15 のトータルのボロン濃度は 10 質量%であ

った。

[0064] [表1]

ボロン含有合金粒子 3				
第1の硼化物粒子		第2の硼化物粒子		不可避免的 不純物粒 子
A1B <sub>12</sub>	CaB <sub>6</sub>	MnB <sub>2</sub>	AlB <sub>2</sub>	残部
56.7	3.4	27.8	7.4	

単位：質量%

[0065] 本発明を詳細にまた特定の実施態様を参照して説明したが、本発明の精神と範囲を逸脱することなく様々な変更や修正を加えることができることは当業者にとって明らかである。

本出願は、2012年5月24日出願の日本特許出願（特願2012-118567）、2013年1月23日出願の日本特許出願（特願2013-010054）に基づくものであり、その内容はここに参照として取り込まれる。

### 産業上の利用可能性

[0066] 本発明によれば、原子力発電所内での使用済核燃料の中間貯蔵容器に使用される高ボロン含有率のボロン含有アルミニウム板材を、安価に製造することができる。

### 符号の説明

- [0067] 1 容器  
 2 底板  
 3 ボロン含有合金粒子  
 4 電気炉  
 5 ヒータ  
 6 タンディッシュ  
 7 開閉扉  
 8 蓋

9 取鍋

10 AI溶湯

11 AI溶湯10の凝固後の部分

12 押し湯部

13 引け巣

14 鑄造・凝固（冷却）後に容器1から取出した鑄ぐるみ板

15 引け巣13を切除した後の鑄ぐるみ板

## 請求の範囲

- [請求項1] 容器内に置かれたアルミニウムまたはアルミニウム合金の底板上に、ボロン含有量が5質量%以上の硼化物粒子を含有するボロン含有合金粒子を層状に敷き詰める敷詰工程と、
- この敷詰工程後の容器の上部に注湯量制御用のタンディッシュを載せ、容器とタンディッシュを共に300℃以上500℃以下で予熱する予熱工程と、
- この予熱工程で予熱されたタンディッシュに580℃以上900℃以下の溶融アルミニウムまたは溶融アルミニウム合金（以下、「A1溶湯」と称す）を注湯することにより、同じく前記予熱工程で予熱された容器内のボロン含有合金粒子層を前記A1溶湯で鑄ぐるみし、所定の厚さの鑄ぐるみ板を製造する鑄造工程と、
- この鑄造工程で製造された鑄ぐるみ板の上部の押し湯部内に発生する引け巣を切除する切除工程と、
- を有したことを特徴とするボロン含有アルミニウム板材の製造方法。
- [請求項2] 前記硼化物粒子は、Al-B合金、Ca-B合金、Si-B合金、Fe-B合金、Mn-B合金およびMo-B合金よりなる群から選択された少なくとも1種類以上を有することを特徴とする請求項1に記載のボロン含有アルミニウム板材の製造方法。
- [請求項3] 前記Al-B合金は、AlB<sub>1.2</sub>およびAlB<sub>2</sub>の少なくともいずれか1つであることを特徴とする請求項2に記載のボロン含有アルミニウム板材の製造方法。
- [請求項4] 前記硼化物粒子は、ボロン含有量が60質量%以上の第1の硼化物粒子とボロン含有量が5質量%以上60質量%未満の第2の硼化物粒子とからなることを特徴とする請求項1に記載のボロン含有アルミニウム板材の製造方法。
- [請求項5] 前記硼化物粒子は、AlB<sub>1.2</sub>、CaB<sub>6</sub>およびSiB<sub>6</sub>よりなる群から選択された少なくとも1種類以上の第1の硼化物粒子と、FeB

、 $MnB_2$ 、 $Fe_2B$ および $AlB_2$ よりなる群から選択された少なくとも1種類以上の第2の硼化物粒子と、不可避免的不純物粒子と、から成ることを特徴とする請求項4に記載のボロン含有アルミニウム板材の製造方法。

[請求項6] 前記硼化物粒子に占める前記第1の硼化物粒子の割合が50質量%以上であることを特徴とする請求項4又は5に記載のボロン含有アルミニウム板材の製造方法。

[請求項7] 前記ボロン含有合金粒子の粒径は、15mm以下（ただし、ゼロは含まない）であることを特徴とする請求項1～5のいずれか1項に記載のボロン含有アルミニウム板材の製造方法。

[請求項8] 前記溶融アルミニウム合金は、 $Al-Si$ 系、 $Al-Cu$ 系および $Al-Mg$ 系よりなる群から選択された少なくとも1種類以上の鋳造用アルミニウム合金であることを特徴とする請求項1～5のいずれか1項に記載のボロン含有アルミニウム板材の製造方法。

[請求項9] 前記切除工程後の鋳ぐるみ板の全厚さ（以下、「鋳ぐるみ板全厚さ」と称す）は5mm以上50mm以下であり、前記底板の厚さは前記鋳ぐるみ板全厚さの $1/5 \sim 1/3$ であり、かつ、前記ボロン含有合金粒子層の厚さは前記鋳ぐるみ板全厚さの $1/3 \sim 3/5$ であることを特徴とする請求項1～5のいずれか1項に記載のボロン含有アルミニウム板材の製造方法。

[請求項10] 前記切除工程後に、面削または鍛造により板厚を調整するための板厚調整加工工程を有したことを特徴とする請求項1～5のいずれか1項に記載のボロン含有アルミニウム板材の製造方法。

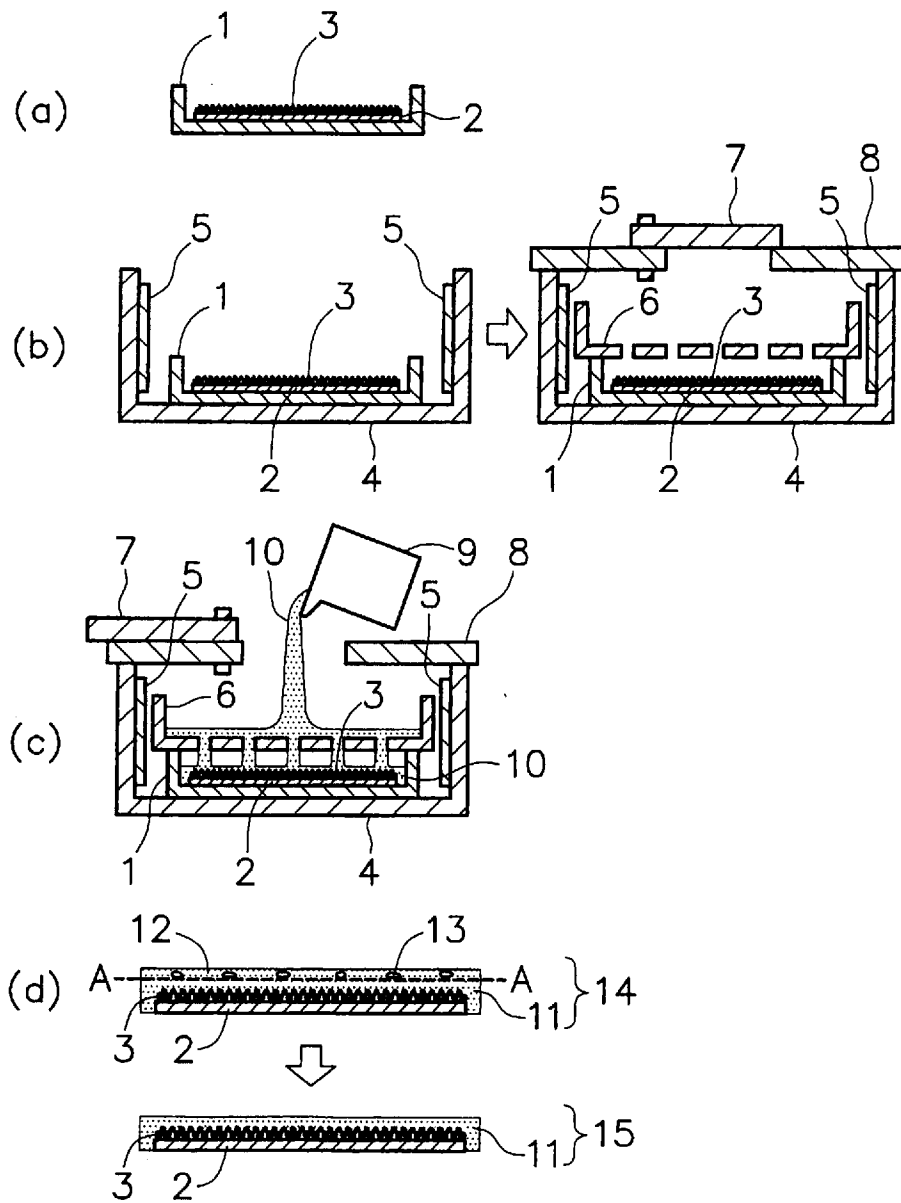
[請求項11] 前記切除工程後に、さらに薄い板厚の鋳ぐるみ板を得るための圧延加工工程を有したことを特徴とする請求項1～5のいずれか1項に記載のボロン含有アルミニウム板材の製造方法。

[請求項12] 前記切除工程後に、所定形状の型材を得るための圧延加工工程を有したことを特徴とする請求項1～5のいずれか1項に記載のボロン含

有アルミニウム板材の製造方法。

[請求項13] 前記切除工程後に、所定形状の鍛造材を得るためのプレス加工工程を有したことを特徴とする請求項1～5のいずれか1項に記載のボロン含有アルミニウム板材の製造方法。

[図1]



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2013/063306

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

*B22D19/14*(2006.01)*i*, *B22D19/00*(2006.01)*i*, *G21F5/00*(2006.01)*i*, *G21F9/36*(2006.01)*i*

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

*B22D19/14*, *B22D19/00*, *G21F5/00*, *G21F9/36*

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 11-10310 A (Toyota Central Research and Development Laboratories, Inc.), 19 January 1999 (19.01.1999), entire text (Family: none)	1-13
A	WO 2004/102586 A1 (Nippon Light Metal Co., Ltd.), 25 November 2004 (25.11.2004), entire text & US 2007/0064860 A1 & EP 1632955 A1	1-13

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
03 June, 2013 (03.06.13)

Date of mailing of the international search report  
11 June, 2013 (11.06.13)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. B22D19/14(2006.01)i, B22D19/00(2006.01)i, G21F5/00(2006.01)i, G21F9/36(2006.01)i		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. B22D19/14, B22D19/00, G21F5/00, G21F9/36		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2013年 日本国実用新案登録公報 1996-2013年 日本国登録実用新案公報 1994-2013年		
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 11-10310 A (株式会社豊田中央研究所) 1999.01.19, 文献全体 (ファミリーなし)	1-13
A	WO 2004/102586 A1 (日本軽金属株式会社) 2004.11.25, 文献全体 & US 2007/0064860 A1 & EP 1632955 A1	1-13
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <span style="margin-left: 200px;"><input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。</span>		
* 引用文献のカテゴリー 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 03.06.2013	国際調査報告の発送日 11.06.2013	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 川村 健一 電話番号 03-3581-1101 内線 3425	4E 9625