

(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2004-232066

(P2004-232066A)

(43) 公開日 平成16年8月19日(2004.8.19)

(51) Int.Cl.⁷

C 2 2 B 9/22

B 2 2 D 21/06

B 2 2 D 43/00

C 2 2 B 34/12

F I

C 2 2 B 9/22

B 2 2 D 21/06

B 2 2 D 43/00

C 2 2 B 34/12

テーマコード (参考)

4 E O 1 4

4 K O O 1

A

1 O 3

審査請求 有 請求項の数 4 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2003-24495 (P2003-24495)

(22) 出願日 平成15年1月31日 (2003.1.31)

(71) 出願人 390007227

東邦チタニウム株式会社

神奈川県茅ヶ崎市茅ヶ崎三丁目3番5号

(74) 代理人 100096884

弁理士 末成 幹生

(72) 発明者 八太 好弘

神奈川県茅ヶ崎市茅ヶ崎3-3-5 東邦
チタニウム株式会社内

(72) 発明者 坂井 敏彦

神奈川県茅ヶ崎市茅ヶ崎3-3-5 東邦
チタニウム株式会社内

(72) 発明者 新良貴 健

神奈川県茅ヶ崎市茅ヶ崎3-3-5 東邦
チタニウム株式会社内

最終頁に続く

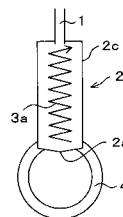
(54) 【発明の名称】 金属チタンの電子ビーム溶解方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 極端に不純物の混入を嫌うインゴットを溶製する場合にも十分に対処すべく、鋳型に流出するLDIを皆無として、欠陥のない健全なインゴットを製造することができる金属チタンの電子ビーム溶解方法を提供することを目的としている。

【解決手段】 金属チタンのハース2を用いた電子ビーム溶解方法であって、ハース内の溶湯表面において鋳型4への溶湯流れ方向とは逆方向に電子ビーム3aを走査するとともに、ハース内の溶湯排出口2aに隣接する溶湯領域の溶湯平均温度を不純物の融点以上とする。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

金属チタンのハースを用いた電子ビーム溶解方法であって、ハース内の溶湯表面において鑄型への溶湯流れ方向とは逆方向に電子ビームを走査するとともに、ハース内の溶湯排出口に隣接する溶湯領域の溶湯平均温度を不純物の融点以上とすることを特徴とする金属チタンの電子ビーム溶解方法。

【請求項 2】

前記電子ビームの走査を、ハース内の溶湯流れ方向に対して斜交する方向にも走査することを特徴とする請求項 1 に記載の金属チタンの電子ビーム溶解方法。

【請求項 3】

前記不純物が、チタンの酸化物と窒化物とのうちの少なくとも一種類を含むことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の金属チタンの電子ビーム溶解方法。

【請求項 4】

前記ハース内の溶湯排出口に隣接する溶湯領域の溶湯平均温度を、ハース内の溶湯排出口に隣接する溶湯領域以外の溶湯平均温度よりも 50 ~ 150 高くすることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の金属チタンの電子ビーム溶解方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、金属チタンの電子ビーム溶解に係り、特に、金属チタンインゴットへの不純物の混入防止に関する。

【0002】

【従来の技術】

金属材料の電子ビーム溶解は、高真空かつ高温にて実施することから、溶湯金属中から不純物を除去する精製効果が高い。このため、電子ビーム溶解は、金属チタンのみならずモリブデンやタングステン等の高融点金属の溶解にも利用されている。

【0003】

このような金属材料の電子ビーム溶解の中でも、金属チタンの電子ビーム溶解は、上記精製効果がとりわけ高いことから、不純物の混入が特に好ましくない航空機用チタン合金の製造に利用されている。しかしながら、従来の精製技術においては、不純物の混入を皆無とすることは困難であった。この不純物の中でも、LDI (low density inclusion) や、HDI (high density inclusion) は、航空機用材料の機械的性質を特に低下させることが知られている。したがって、金属チタンの電子ビーム溶解においては、これらの不純物の除去を目的としたハース溶解方式が採用されている。

【0004】

このハース溶解方式では、HDI はチタンよりも比重が大きいため、ハース内で溶湯底部に沈降し、鑄型に流入する前に除去することができる。これに対し、チタンよりも比重の小さいLDI は溶湯表面に浮遊する。このため、LDI をそのまま放置した場合には、LDI が鑄型に流入し、溶製後のインゴットを汚染するという問題があった。

【0005】

このような問題を解消すべく、従来技術として、ハース内の溶湯表面に溶解加熱用とは別の電子ビームを照射して、LDI を溶湯の流れ方向とは逆方向である上流側に押し戻し、ハースの外にLDI を排出するという技術が開示されている（例えば、特許文献 1 参照）。

【0006】

【特許文献 1】

米国特許第 4 1 9 0 4 0 4 号明細書

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

10

20

30

40

50

しかしながら、上記特許文献 1 に記載された技術を用いても、鑄型に流入する L D I を皆無にすることはできない。このため、高度に不純物の混入を嫌うインゴットを溶製する場合には、上記技術は好適であるとはいえず、いかなる不純物の除去レベルにも対処し得る、金属チタンの電子ビーム溶解方法の技術開発が要請されていた。

【 0 0 0 8 】

本発明は、上記要請に鑑みてなされたものであり、特に、高度に不純物の混入を嫌うインゴットを溶製する場合にも十分に対処すべく、鑄型に流入する L D I を皆無として、欠陥のない健全なインゴットを製造することができる金属チタンの電子ビーム溶解方法を提供することを目的としている。

【 0 0 0 9 】

【課題を解決するための手段】

本発明は、金属チタンのハースを用いた電子ビーム溶解方法であって、ハース内の溶湯表面において鑄型への溶湯流れ方向とは逆方向に電子ビームを走査するとともに、ハース内の溶湯排出口に隣接する溶湯領域（以下、「ガードゾーン」と呼ぶ場合がある。）の溶湯平均温度を不純物の融点以上とすることを特徴としている。

【 0 0 1 0 】

本発明によれば、ハース内の溶湯表面において鑄型への溶湯流れ方向とは逆方向に電子ビームを走査することで、溶湯表面に浮遊している L D I を溶湯流れの上流側に押し戻すように電子ビームを照射し、溶湯排出口付近の L D I 濃度を低下させることができる。さらに、本発明では、このような状況の下、ハースの溶湯排出口に隣接する溶湯領域であるガードゾーンの溶湯平均温度を不純物である L D I の融点以上としている。ここで、ガードゾーンとは、上方から見たハース領域のうち、鑄型への溶湯排出口からハースの溶湯流れ方向 20 ~ 30 % までの領域をいう。すなわち、ガードゾーンとはハース領域の溶湯排出口側の 20 ~ 30 % の領域を意味する。このような態様を採用することで、上記電子ビーム走査によっては上流側に押し戻されずに溶湯排出口付近に混入した L D I を、鑄型に流入する前に溶湯中に溶解することができ、欠陥のない健全なインゴットを製造することができる。

【 0 0 1 1 】

このような金属チタンの電子ビーム溶解方法においては、電子ビームの走査を、ハース内の溶湯流れ方向に対して斜交する方向にも走査することが望ましい。電子ビームの走査をハース内の溶湯流れ方向に対して斜交する方向にも伴わせることで、ハース内の溶融表面を浮遊する L D I の上流側への押し戻しを容易に行うことができるのみならず、ハース内の溶湯温度を効率よく維持することができる。なお、電子ビームの走査を溶湯流れと逆方向および斜交する方向との両方向に行う態様としては、二基の電子銃を用いて各電子銃に上記各方向についての走査を担わせることができるが、一基の電子銃により溶湯流れ方向に対して傾斜する方向に電子ビームの走査を行い、結果的に上記両方向の成分を持たせても同様の効果が得られる。

【 0 0 1 2 】

また、不純物が、チタンの酸化物と窒化物とのうちの少なくとも一種類を含む場合には、上記 L D I の上流側への押し戻し効果と、ガードゾーンに混入した L D I の溶解効果とが顕著に奏されることから、さらに欠陥のない健全なインゴットを製造することができる。

【 0 0 1 3 】

さらに、ガードゾーンの溶湯平均温度を、ガードゾーン以外の溶湯平均温度よりも 50 ~ 150 高くすることが望ましい。このように、ガードゾーンの溶湯平均温度を好適に設定することで、溶湯排出口付近に混入した L D I を鑄型に流入する前に十分に溶解し、より一層欠陥のない健全なインゴットを製造することができる。

【 0 0 1 4 】

【発明の実施の形態】

以下に、本発明の実施形態を図面を参照して説明する。

図 1 は、本願発明の実施に用いた電子ビーム溶解装置を示す斜視図である。図示しない原

10

20

30

40

50

料槽から原料供給路 1 を介してハース 2 に例えばスポンジチタン等の金属チタン原料が供給されると、電子ビーム 3 が金属チタン原料に照射され、金属チタン原料が溶融し、ハース 2 内の溶湯平均温度はチタンの融点以上に維持される。この際、原料中に混入した溶融チタンよりも比重の大きい不純物 (HDI) は固体のまま湯中に沈降し、ハース底部に分離除去される。一方、溶融チタンよりも比重の小さい不純物 (LDI) は、ハース内の溶湯面に浮上し、そのまま鑄型 4 の方向に流動する。ここでの電子ビーム 3 の照射態様は、ハース 2 内の原料溶湯表面において鑄型 4 への溶湯流れ方向とは逆方向に行う。これにより、溶湯表面に浮遊している LDI を溶湯流れの上流側に押し戻し、溶湯排出口 2 a 付近における LDI 濃度を低下させることができる。

【0015】

10

また、電子ビーム 3 の照射にもかかわらずハース領域の溶湯排出口側の 20 ~ 30 % の領域 (ガードゾーン 2 b) に到達した LDI は、ガードゾーン 2 b の溶湯平均温度を LDI の融点以上とすることで、溶湯中に溶解される。その後、溶湯排出口 2 a を介して溶湯は鑄型 4 に流入し、組織において欠陥のない健全なインゴットを製造することができる。

【0016】

このような電子ビーム溶解方法における、電子ビームの照射態様を以下に詳細に説明する。

図 2 は、図 1 に示した本発明の電子ビーム溶解装置の平面図であり、ハース 2 内の溶湯表面上に照射する電子ビーム 3 a の走査パターンの一例を示す図である。同図に示すところでは、電子ビーム 3 a をハース 2 内の溶湯表面において鑄型 4 側から原料供給路 1 側に向けて走査し、電子ビーム 3 a の走査を、ハース 2 内の溶湯流れ方向に対してジグザグに行っていることから、電子ビーム 3 a の走査方向に、ハース 2 内の溶湯流れ方向に対して水平方向および直交する方向の両方向の成分を持たせ、ハース 2 内の溶融表面を浮遊する LDI の上流側への押し戻しを容易に行うことができるのみならず、ハース 2 内の溶湯の温度を効率よく維持することができる。同図においては、電子ビーム 3 a の走査態様は鑄型 4 側から原料供給路 1 側に向けてジグザグとしたものであるが、走査態様はこのような態様に限られるものではなく、例えば、鑄型 4 側から原料供給路 1 側に向けてらせん状に走査することもできる。なお、ハース 2 の原料供給路 1 付近の側壁に開口部 2 c を設けることで、ハース 2 内に浮遊している LDI を開口部 2 c から外部に効率的に排出することもできる。

20

30

【0017】

図 3 は、図 1 の本発明にかかる電子ビーム溶解装置の平面図であり、ハース 2 内の溶湯表面上に照射する電子ビーム 3 b の走査パターンの他の例を示す図である。同図に示すところでは、ガードゾーン 2 b を、鑄型 4 への溶湯排出口 2 a からハース 2 の溶湯流れ方向 20 % までの領域としている。本例でのガードゾーン 2 b は、同図に示すように、ハース 2 内の溶湯加熱用電子ビーム 3 b の走査密度を他の領域の走査密度に比して増大させることで形成している。なお、同図に示す例では、一基の電子ビーム照射機により溶湯排出口 2 a の電子ビーム 3 b の走査密度を増大させてガードゾーン 2 b を形成しているが、ガードゾーン 2 b の形成態様はこれに限られず、二基の電子ビーム照射機を使用し、そのうち一基ではハース溶湯面全体に照射し、もう一基では溶湯排出口 2 a 付近を照射してガードゾーン 2 b を形成することもできる。

40

【0018】

また、図 3 に示す例では、ガードゾーン 2 b の温度を、ガードゾーン 2 b 以外の溶湯平均温度よりも 100 高温としており、これにより溶湯排出口 2 a 付近に混入した LDI を鑄型 4 に流入する前に十分に溶解し、より一層欠陥のない健全なインゴットを製造することができる。なお、上記温度は、製造コストを割高にしない観点からも望ましい値である。

【0019】

このようなガードゾーン 2 b を設けることで、鑄型 4 への溶湯排出口 2 a 付近まで流動してきた LDI を溶融チタン内に十分に溶解させることができ、生成インゴットへの LDI

50

の混入を効果的に防止することができる。

【0020】

以上のような電子ビームの照射態様により、欠陥のないインゴットを製造することができるが、以下に、さら好適な金属チタンの電子ビーム溶解方法について説明する。

図4は、図1に示したハース2の一例を示す側面図である。同図に示す例では、ハース2内に4つの堰2d~2gが取り付けられている。すなわち、堰2d、2fについては、ハース2の底面および両側面に取り付けられ、堰2e、2gについては、ハース2の両側面に取り付けられている。この態様の下では、原料槽から供給されたチタン材は、ハース2内に供給されると電子ビーム照射を受けて瞬時に溶解して鑄型方向（図4の右側から左側）に流動する。この際、上述したHDIは固体状態で沈降し、溶湯の流れに従い鑄型方向に流動するが、堰2dによってその進行が妨げられ、同図において堰2dの右側に滞留する。溶湯の流れが比較的早い場合には、HDIが沈降する前に堰2dを超えて鑄型側に流動するおそれがあるが、この場合には堰2fによってHDIはその進行が妨げられ、堰2fの右側に滞留する。したがって、このように堰2d、2fを設けた場合には、HDIの鑄型側への流動を抑制することができ、これにより溶湯排出口2a付近のHDI濃度を低下させることができる。

10

【0021】

また、上述したLDIは、溶湯表面に浮遊し、溶湯の流れに従い鑄型方向に流動するが、堰2eによってその進行が妨げられ、図4において堰2eの右側に滞留する。溶湯の流れが比較的早い場合には、LDIが十分に浮上する前に堰2eを超えて鑄型側に流動するおそれがあるが、この場合には堰2gによってLDIはその進行が妨げられ、堰2gの右側に滞留する。したがって、このように堰2e、2gを設けた場合には、LDIの鑄型側への流動を抑制することができ、これにより溶湯排出口2a付近のLDI濃度を低下させることができる。なお、図4に示す例では堰の数を4つとしたが、堰の数はこれに限られず、溶湯の速度や製造コスト等を考慮した上で適宜決定することができる。また、HDIやLDIが滞留する堰2d~2gの側方面にはHDI等を外部へ排出可能な排出口（図示せず）を設け、溶湯全体のチタン濃度を高めることがさらに好ましい。

20

【0022】

図5は、図1に示したハース2と鑄型4との間に分離槽5を設けた例を示す側面図である。同図に示す例では、原料中に混入したHDIはハース2内で沈降するため、ハース2内の溶湯のうち、上澄みを分離槽5に注入すれば、分離槽5には熔融チタンとLDIとの混合体が存在する。ここで、分離槽5の下方には熔融チタンが、上方（図5の斜線部）にはLDIがそれぞれ存在するため、分離槽5の低部から鑄型4に熔融チタンを効率よく分離精製することができる。このような分離精製技術は、特に、ハース上流側への電子ビーム走査とガードゾーン形成との組み合わせによってもLDIを十分に除去することができない場合に有効である。

30

【0023】

【実施例】

以下に、本発明の実施例を比較例と対比して説明する。

〔実施例〕

4Nグレードスポンジチタン100kgを準備し、その中にLDIに見立てた粒径0.2~1.0mmの窒化チタン（Ti_{0.9}N_{0.1}）20個を意図的に混入してハース溶解を行った。ハース溶解に際しては、図1に示す電子ビーム溶解装置を使用し、電子ビームの照射態様は図3に示すものとした。なお、ハース領域の溶湯排出口側の20%の領域をガードゾーンとし、ガードゾーンを除く領域の平均温度をLDIの融点以上とするとともに、ガードゾーンの溶湯平均温度をガードゾーンを除く領域の溶湯平均温度よりも100高い1770とした。

40

【0024】

〔比較例〕

4Nグレードスポンジチタン100kgを準備し、その中にLDIに見立てた粒径0.2

50

～ 1 . 0 mm の窒化チタン ($Ti_{0.9}N_{0.1}$) 20 個を意図的に混入してハース溶解を行った。ハース溶解に際しては、図 1 に示す電子ビーム溶解装置を使用し、電子ビームの照射態様は図 2 に示すものとした。また、溶湯全体の平均温度を L D I の融点未満とした。

【 0 0 2 5 】

以上に示した実施例および比較例に関し、溶解終了後、インゴット内およびハース内における残留物について分析調査を行い、予め混入した窒化チタンの含有挙動について調査した。その結果を表 1 に示す。

【 0 0 2 6 】

【 表 1 】

10

	電子ビームの走査方法	ガードゾーンの有無	ガードゾーンを除く領域の溶湯平均温度	ガードゾーンと他の部分との温度差	インゴット内の LDI 個数 (個)	ハース浴内の LDI 個数 (個)
実施例	下流から上流	有り	LDI の融点以上	有り	0	19
比較例	下流から上流	無し	LDI の融点未満	—	1	19

【 0 0 2 7 】

表 1 によれば、実施例では、溶湯表面上を溶湯流れとは逆方向に電子ビームを走査させたことおよびガードゾーンを除く領域の溶湯平均温度を L D I の融点以上としたことにより、インゴット中には L D I が含まれておらず、このため組織が健全なインゴットを製造することができる。また、実施例では、ハース内にも L D I は 19 個しか検出されなかった。これは、ガードゾーンの溶湯平均温度を上記領域の溶湯平均温度よりも高めたことにより、ガードゾーンに混入した L D I が溶融消滅したためである。したがって、実施例においては、欠陥のないインゴットを製造することができる。

20

【 0 0 2 8 】

これに対し、比較例では、上記特許文献 1 に記載されているように、溶湯表面上を溶湯流れとは逆方向に電子ビームを走査させたが、溶湯全体の平均温度を L D I の融点未満としたため、原料に混入した窒化チタンのうち 1 個がインゴット内に検出された。すなわち、比較例では、インゴット中に L D I が含まれてしまい、このため組織が健全なインゴットを製造することはできない。

【 0 0 2 9 】

30

【 発明の効果 】

以上説明したように本発明によれば、ハース内の溶湯表面において鑄型への溶湯流れ方向とは逆方向に電子ビームを走査するとともに、ハース内の溶湯排出口に隣接する溶湯領域の溶湯平均温度を不純物の融点以上とすることで、鑄型に流出する L D I を皆無とすることができる。よって、本発明は、欠陥のない健全なインゴットを製造することができる点で有望である。

【 図面の簡単な説明 】

【 図 1 】 本願発明の実施に用いた電子ビーム溶解装置を示す斜視図である。

【 図 2 】 図 1 の電子ビーム溶解装置の平面図である。

【 図 3 】 図 1 の電子ビーム溶解装置の平面図である。

40

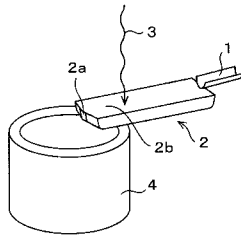
【 図 4 】 図 1 に示したハースの一例を示す側面図である。

【 図 5 】 図 1 に示したハースと鑄型との間に分離槽を設けた電子ビーム溶解装置の一例を示す側面図である。

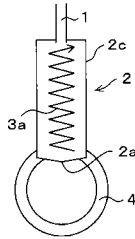
【 符号の説明 】

1 ... 原料供給路、 2 ... ハース、 2 a ... 溶湯排出口、 2 c ... 開口部、 3 a ... 電子ビーム、 4 ... 鑄型。

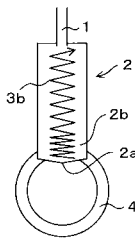
【図 1】



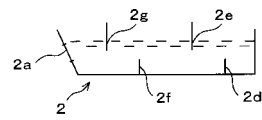
【図 2】



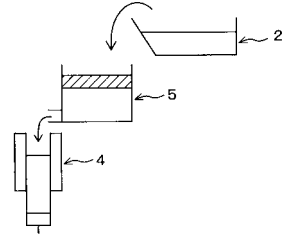
【図 3】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

(72)発明者 三戸 武士

神奈川県茅ヶ崎市茅ヶ崎 3 - 3 - 5 東邦チタニウム株式会社内

(72)発明者 多田 修

神奈川県茅ヶ崎市茅ヶ崎 3 - 3 - 5 東邦チタニウム株式会社内

Fターム(参考) 4E014 AA01 NA14

4K001 AA27 BA23 EA02 FA13 GA16 GB11