

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号

特開2023-96648
(P2023-96648A)

(43)公開日 令和5年7月7日(2023.7.7)

(51)国際特許分類		F I		テーマコード(参考)	
B 2 2 D	11/041 (2006.01)	B 2 2 D	11/041	D	4 E 0 0 4
B 2 2 D	27/02 (2006.01)	B 2 2 D	27/02	C	4 K 0 0 1
B 2 2 D	11/16 (2006.01)	B 2 2 D	11/16	1 0 4	
C 2 2 B	9/22 (2006.01)	B 2 2 D	11/16	1 0 4 A	
		C 2 2 B	9/22		
		審査請求	未請求	請求項の数	12 O L (全20頁)

(21)出願番号	特願2021-212547(P2021-212547)	(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
(22)出願日	令和3年12月27日(2021.12.27)	(74)代理人	110000408 弁理士法人高橋・林アンドパートナーズ
		(72)発明者	隅田 恒 神奈川県茅ヶ崎市茅ヶ崎三丁目3番5号 東邦チタニウム株式会社内
		(72)発明者	藤本 大雅 神奈川県茅ヶ崎市茅ヶ崎三丁目3番5号 東邦チタニウム株式会社内
		Fターム(参考)	4E004 MA10 MC30 PA05 4K001 FA13 GA19

(54)【発明の名称】 金属インゴットを製造するための装置、方法、およびプログラム

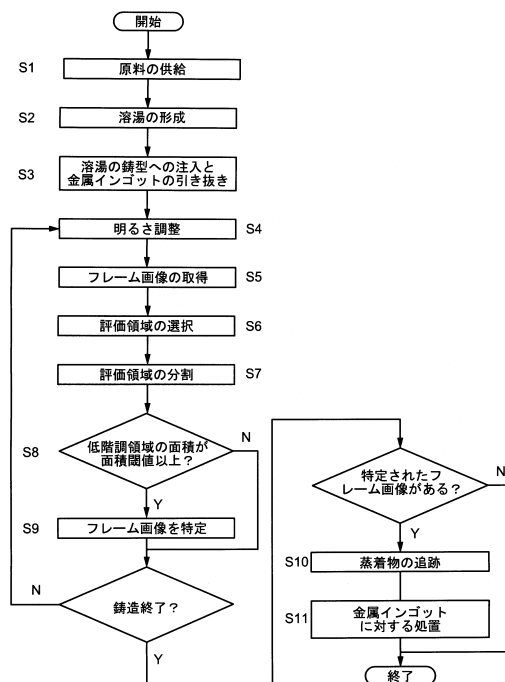
(57)【要約】

【課題】高品質の金属インゴットを選択的に製造・提供するための装置と方法、およびこの方法を実行するためのプログラムを提供する。

【解決手段】

金属インゴットを製造するための装置は、チャンバー、ハース、鋳型、撮像装置、および制御装置を備える。ハースはチャンバー内に配置され、金属を含む原料を受け取る。鋳型もチャンバー内に配置され、ハース内で形成される金属の溶湯が注入される。撮像装置は、チャンバー外に配置され、鋳型の動画像を取得するように構成される。制御装置は、取得された動画像に基づいて、溶湯と固体状の金属を識別するように構成される。

【選択図】図4



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

溶解炉と制御装置を含み、

前記溶解炉は、

チャンバー、

前記チャンバー内に配置され、金属を含む原料を受け取るためのハース、

前記チャンバー内に配置され、前記ハース内で形成される前記金属の溶湯が注入される鋳型、および

前記チャンバー外に配置され、前記鋳型の動画像を取得するように構成され、前記制御装置に接続される撮像装置を含み、

前記制御装置は、前記動画像に基づいて、前記動画像中の前記溶湯と固体状の前記金属を識別するように構成される、金属インゴットを製造するための装置。

10

【請求項 2】

前記撮像装置は、前記鋳型と鉛直方向において重ならない、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 3】

前記撮像装置は、前記チャンバーに設けられる窓を介して前記動画像を取得するように配置される、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 4】

前記動画像は、前記ハースの一部を含む、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 5】

前記動画像は複数のフレーム画像によって構成され、

前記撮像装置は、前記複数のフレーム画像の各々において前記溶湯に対応するデータポイントの平均階調が一定の範囲内の階調になる条件下、前記複数のフレーム画像を取得する、請求項 1 に記載の装置。

20

【請求項 6】

前記制御装置は、前記動画像を構成する複数のフレーム画像のそれぞれにおいて、

前記鋳型の内側の評価領域を構成する複数の評価領域データポイントから、第 1 の閾値以下の階調を有するデータポイントを低階調データポイントとして選択すること、および

前記評価領域データポイントの数に対する前記低階調データポイントの数の比が第 2 の閾値以上である場合、前記フレーム画像を特定すること、

を実行するように構成される、請求項 1 に記載の装置。

30

【請求項 7】

前記制御装置は、前記動画像を構成する複数のフレーム画像のそれぞれにおいて、

前記鋳型の内側の評価領域を分割した複数のサブ領域ごとに、前記複数のサブ領域を構成する複数の評価領域データポイントから、第 1 の閾値以下の階調を有するデータポイントを低階調データポイントとして選択すること、および

前記複数のサブ領域の少なくとも一つにおいて、前記評価領域データポイントの数に対する前記低階調データポイントの数の比が第 2 の閾値以上である場合、前記フレーム画像を特定すること、

を実行するように構成される、請求項 1 に記載の装置。

40

【請求項 8】

前記複数のサブ領域は、互いに一部が重なる、請求項 7 に記載の装置。

【請求項 9】

前記第 2 の閾値は、前記鋳型と前記撮像装置の間の距離が増大するに従って、前記サブ領域ごとに減少する、請求項 7 に記載の装置。

【請求項 10】

前記評価領域は、前記鋳型の内壁から 10 mm 以上離れる、請求項 6 または 7 に記載の装置。

【請求項 11】

50

請求項 1 に記載の装置を利用する、金属インゴットの製造方法。

【請求項 1 2】

請求項 1 に記載の前記制御装置に対し、

前記撮像装置を介して前記鋳型の動画像を取得すること、および

前記動画像に基づいて、前記溶湯と固体状の前記金属を識別することを実行させるプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態の一つは、チタンなどの金属のインゴット（鋳塊）を製造するための装置、方法、およびプログラムに関する。 10

【背景技術】

【0002】

金属のインゴットを製造する方法の一つとして、溶解鋳造法が挙げられる。この方法では、原料となる金属単体または合金の粉体、ペレット、ワイヤー、スポンジ、ブリケット、プレート、またはピレットなどを溶解することで得られる液体状態の金属（溶湯）を鋳型に注入し、凝固することで鋳型の形状を反映したインゴットが得られる。例えば特許文献 1 では、原料であるチタン合金に電子ビームを照射して溶湯を形成し、溶湯を円筒状の鋳型に注入・冷却することで円柱形状を有するチタン合金のインゴットが製造できることが開示されている。 20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2020 - 204055 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

本発明の実施形態の一つは、金属単体または合金のインゴットを製造するための新規な装置と方法、およびこの方法を実行するためのプログラムを提供することを課題の一つとする。例えば、本発明の実施形態の一つは、溶解鋳造法を適用し、高品質の金属インゴットを選択的に製造・提供するための装置と方法、およびこの方法を実行するためのプログラムを提供することを課題の一つとする。 30

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明に係る実施形態の一つは、金属インゴットを製造するための装置である。この装置は、チャンバー、ハース、鋳型、撮像装置、および制御装置を備える。ハースはチャンバー内に配置され、金属を含む原料を受け取る。鋳型もチャンバー内に配置され、ハース内で形成される金属の溶湯が注入される。撮像装置は、チャンバー外に配置され、鋳型の動画像を取得するように構成される。制御装置は、取得された動画像に基づいて、溶湯と固体状の金属を識別するように構成される。 40

【0006】

本発明に係る実施形態の一つは、上記装置を利用する、金属インゴットの製造方法である。

【0007】

すなわち、上記製造方法は、チャンバー内に配置されるハース内で金属を含む原料を溶解して溶湯を形成すること、チャンバー内において溶湯を鋳型に注入すること、チャンバー外に備えられる撮像装置を用いて鋳型の動画像を取得すること、および動画像に基づき、溶湯と固体状の金属を識別することを含む。

【0008】

本発明に係る実施形態の一つは、プログラムである。このプログラムは、金属の溶湯を 50

鋳型に注入して金属インゴットを製造するための製造装置に備えられる撮像装置に接続される制御装置に対し、撮像装置を介して鋳型の動画像を取得すること、および取得された動画像に基づいて、溶湯と固体状の金属を識別することを実行させるように構成される。

【0009】

本発明に係る実施形態の一つは、上記プログラムが記録されたコンピュータ可読記憶媒体である。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】本発明の実施形態の一つに係る金属インゴットの製造装置のブロック図。

【図2】本発明の実施形態の一つに係る金属インゴットの製造装置の模式的端面図。 10

【図3A】本発明の実施形態の一つに係る金属インゴットの製造装置の模式的端面図。

【図3B】本発明の実施形態の一つに係る金属インゴットの製造装置の模式的上面図。

【図4】本発明の実施形態の一つに係る金属インゴットの製造方法を示すフローチャート。

【図5A】本発明の実施形態の一つに係る金属インゴットの製造方法を説明する模式的斜視図。

【図5B】本発明の実施形態の一つに係る金属インゴットの製造方法を説明する模式的斜視図。

【図6】本発明の実施形態の一つに係る金属インゴットの製造方法を説明する模式的斜視図。 20

【図7A】本発明の実施形態の一つに係る金属インゴットの製造方法を説明する模式図。

【図7B】本発明の実施形態の一つに係る金属インゴットの製造方法を説明する模式図。

【図8A】本発明の実施形態の一つに係る金属インゴットの製造方法を説明する模式図。

【図8B】本発明の実施形態の一つに係る金属インゴットの製造方法を説明する模式図。

【図9A】本発明の実施形態の一つに係る金属インゴットの製造方法を説明する模式図。

【図9B】本発明の実施形態の一つに係る金属インゴットの製造方法を説明する模式図。

【図10】本発明の実施形態の一つに係る金属インゴットの製造方法を説明する模式図。

【図11】実施例における評価領域とサブ領域を示す模式図。

【発明を実施するための形態】

【0011】 30

以下、本発明の各実施形態について、図面などを参照しつつ説明する。ただし、本発明は、その要旨を逸脱しない範囲において様々な態様で実施することができ、以下に例示する実施形態の記載内容に限定して解釈されるものではない。

【0012】

図面は、説明をより明確にするため、実際の態様に比べ、各部の幅、厚さ、形状などについて模式的に表される場合があるが、あくまで一例であって、本発明の解釈を限定するものではない。本明細書と各図において、既出の図に関して説明したものと同様の機能を備えた要素には、同一の符号を付して、重複する説明を省略することがある。符号が付された要素の一部を表記する際には、符号に小文字のアルファベットが添えられる。同一または類似の構造を有する複数の要素をそれぞれ区別して表記する際には、符号の後にハイフンと自然数を付す。同一または類似の構造を有する複数の要素を纏めて表記する際には、符号のみを用いる。 40

【0013】

ここで、溶解とは液体に気体、液体、固体が混合して均一な液相を形成する現象であるが、以下の記載においては、固体が液体へ変化する現象である溶融を包含する用語として使用する。

【0014】

1. 金属インゴットの製造装置

1-1. 概要

まず、本発明の実施形態の一つに係る製造装置100について説明する。製造装置100 50

0は溶解鑄造法で金属単体または合金のインゴット（以下、金属単体のインゴットと合金のインゴットを総じて金属インゴットと記す。）を製造するための装置であり、金属（0価の金属）を含む原料に対して熱エネルギーを供給することによって加熱・溶解し、得られる溶湯を鑄型に注入するように構成される。溶湯が鑄型内で冷却されることで、金属インゴットが得られる。原料の加熱は熱源を用いて行われる。熱源としては、電子銃やプラズマトーチが挙げられる。前者を用いる場合には電子銃から放出される電子ビームにより、後者を用いる場合にはプラズマトーチから放出されるアーク放電により熱エネルギーが供給される。前者の方法は電子ビーム溶解鑄造法と呼ばれ、後者の方法はプラズマアーク溶解鑄造法と呼ばれる。以下、熱源として電子銃を用いる電子ビーム溶解鑄造法について記述するが、本発明の実施形態の一つは、熱源としてプラズマトーチを用いるプラズマアーク溶解鑄造法にも適用することができる。

10

【0015】

製造装置100で使用可能な金属に制約はなく、チタン、銅、ニッケル、アルミニウム、ジルコニウム、ハフニウム、タンゲステン、モリブデン、タンタル、またはこれらの金属から選択される金属を含む合金など、様々な金属を含む原料を取り扱うことができる。原料の形状にも制約はなく、粉体状、ペレット状、棒状、ワイヤー状、プレート状の原料だけでなく、例えば金属を切削加工する際に副生し、様々な形状の原料が混在する金属屑を原料として用いてもよい。原料の密度も任意であり、例えばチタンを含む原料を用いる場合には、クロール法またはハンター法などに例示される四塩化チタンの還元で生じるスポンジチタンを用いてもよい。なお、チタンを含む金属は、チタン単体だけでなく、チタン-アルミニウム合金などのチタン合金を含む。

20

【0016】

図1は製造装置100のブロック図であり、図2は製造装置100の模式的な端面図である。図1に示すように、製造装置100は、溶解炉110と制御装置160を含む。制御装置160は、図示しないアプリケーションプログラミングインターフェースを介して溶解炉110または溶解炉110に設けられる少なくとも一つの構成（後述）に接続され、溶解炉110の機能の全てまたは一部を制御するように構成してもよい。あるいは、制御装置160と溶解炉110は互いに非接続の独立した装置であってもよい。

【0017】

1-2. 溶解炉

図2に示すように、溶解炉110は、主な構成として、原料を溶解・凝固するための空間を提供するチャンバー112、チャンバー112内に設けられるハース120、鑄型124、一つまたは複数の電子銃140、一つまたは複数の電子銃142、およびチャンバー112外に設けられる撮像装置150を有する。溶解炉110はさらに、金属を含む原料104が充填されたドラムフィーダ114や、チャンバー112内を減圧するための排気装置（真空ポンプ）116、ドラムフィーダ114から供給される原料104をハース120へ輸送するための振動フィーダ118などを設けることができる。排気装置116により、チャンバー112内を0.01Pa以下の減圧雰囲気にすることができ、これにより、活性の高い金属、例えば溶解状態で容易に酸素や窒素と反応するチタンなどの金属を取り扱うことができる。振動フィーダ118は、ハース120側がドラムフィーダ114側よりも低くなるように設けられ、図示しない振動装置に連結される。このため、例えばドラムフィーダ114を回転させて原料104を振動フィーダ118へ供給し、振動フィーダ118を振動させることで原料104をハース120に搬送することができる。

30

40

【0018】

電子銃140は、ハース120に供給された原料104に熱エネルギーを供給する熱源である。図示しないが、電子銃140は、熱電子を発生させるためのフィラメント、および電子ビームを偏向させるための磁石を基本構成として備える。磁石の磁界を制御することで電子ビームの照射方向が制御され、電子ビームをハース120上で走査することができる。電子ビームによって供給されるエネルギーによって原料104に含まれる金属が溶解し、溶湯106が形成される。

50

【0019】

ハース120は、原料104と溶湯を保持し、溶湯を鑄型124に供給するように構成される。このため、図2には示されないが、ハース120には溶湯106を鑄型124に注ぐための注ぎ口が鑄型124と重なるように設けられる。また、ハース120は、その上方で溶解された原料を受け取るように構成されてもよい。さらに、ハース120上には、予め原料に含まれる金属を溶解・凝固することで得られるスカル122が形成されていてもよい。スカル122は溶湯106の流路としても機能するが、一部を再溶解して溶湯106の供給源として機能させてもよい。

【0020】

鑄型124は、ハース120内で形成された溶湯106を受容する容器であり、ハース120の注ぎ口の下に配置される。鑄型124の数に制約はなく、一つまたは複数の鑄型124をチャンパー112内に配置してもよい。ハース120の注ぎ口数は、鑄型124の数と同数またはそれ以上になるように設けられる。鑄型124は、例えば銅などの熱伝導率の高い金属を用いて構成される。任意の構成として、鑄型124は鑄型124を冷却するための流路126を有していてもよい。流路126に水、エチレングリコールやプロピレングリコールなどのグリコール類、エタノールやイソプロパノールなどのアルコール類、テトラデカフルオロヘキサンやパーフルオロ2-ブチルテトラヒドロフランなどのフッ素含有化合物、シリコンオイル、ピフェニルとジフェニルエーテルの混合物などの常温で固体の芳香族化合物などに例示される冷却媒体を環流させることで、鑄型124に注入された溶湯106を効果的に冷却することができる。

10

20

【0021】

鑄型124の形状にも制約はなく、鑄型124の水平断面の形状、より詳細には水平断面における内壁の形状は矩形などの多角形でもよく、あるいは円であってもよい。水平断面が矩形や円の内壁を有する鑄型124を用いることで、それぞれ直方体と円柱の金属インゴット108が得られる。さらに、鑄型124の内壁の水平断面は楕円でもよく、あるいは直線と曲線によって構成されていてもよい。鑄型124の大きさにも制約はなく、例えば水平断面の面積が 1500 cm^2 以上 15000 cm^2 以下になるように適宜設定すればよい。

【0022】

鑄型124の底部には、底蓋として機能するダブテール128が設けられ、ダブテール128には図示しない引出機構が接続される。ダブテール128上にはスタブとも呼ばれるスターティングブロック130が形成されてもよい。スターティングブロック130は、鑄造に供される原料104に含まれる金属を含み、ダブテール128上に溶湯106を流し込み、その後凝固させることで形成される。

30

【0023】

スターティングブロック130には、直接、またはダブテール128を介して図示しない引き抜き機構が接続される。鑄型124に注入された溶湯106はダブテール128側やスターティングブロック130側から凝固を開始するため、引き抜き機構を利用してダブテール128および/またはスターティングブロック130を鑄型124から下方方向(図2の直線矢印参照)引き抜くことで、溶湯106が鑄型124内で凝固した部分を金属インゴット108として得ることができる。なお、スターティングブロック130は、溶湯106が凝固する際に一体化され、金属インゴット108の一部を構成してもよい。他方、金属インゴット108の鑄造後においてスターティングブロック130を切断除去しても構わない。

40

【0024】

任意の構成として、チャンパー112は金属インゴット108を冷却するための冷却管134を備えてもよい。冷却管134は、スターティングブロック130や得られる金属インゴット108を囲むように設けられる。鑄型124と同様、冷却管134も熱伝導率の高い銅などの金属を含むことが好ましい。冷却管134にも冷却媒体を環流させるための流路136を設けてもよい。

50

【 0 0 2 5 】

電子銃 1 4 2 は、電子銃 1 4 0 とは異なり、鋳型 1 2 4 内の溶湯 1 0 6 に電子ビームを照射するように配置される。電子銃 1 4 2 を配置することで、溶湯 1 0 6 の温度を調整し、凝固速度を制御することができる。また、意図せず蒸着物（後述）が鋳型 1 2 4 内の溶湯に落下した場合、当該蒸着物を溶解させることにも電子銃 1 4 2 を使用できる。電子銃 1 4 0 と同様、電子銃 1 4 2 もフィラメントと磁石を備える。磁石の磁界を制御することで、溶湯 1 0 6 を含む任意の対象物に電子ビームを選択的に照射することが可能となる。

【 0 0 2 6 】

撮像装置 1 5 0 としては、例えば電荷結合素子（CCD）または相補性金属酸化膜半導体（CMOS）素子を含む撮像装置などが例示される。撮像装置 1 5 0 は、鋳型 1 2 4 の上面の動画像を取得するように配置される。より具体的には、鋳型 1 2 4 の全体、および鋳型 1 2 4 内の溶湯 1 0 6 の動画像を取得するように配置される。よって、後述する評価領域、さらにはサブ領域を含むように撮像装置 1 5 0 を予め配置することもできる。また、ハース 1 2 0 の鋳型 1 2 4 側の壁面や注ぎ口も同時に撮像できるように撮像装置 1 5 0 を配置してもよい。これにより、金属インゴット 1 0 8 の製造過程において鋳型 1 2 4 や鋳型 1 2 4 内の溶湯 1 0 6、ハース 1 2 0 の一部などの動画像を同時に取得することができる。

【 0 0 2 7 】

撮像装置 1 5 0 が取得する動画像は、複数のフレーム画像によって構成される。換言すると、撮像装置 1 5 0 は、静止画像であるフレーム画像を連続的に取得し、得られる複数のフレーム画像によって一つの動画像が構成される。フレーム画像の取得間隔（フレーム間隔）にも制約はなく、例えば 0 . 1 秒（1 秒あたりに取得されるフレーム画像数が 1 0 ）以上 1 0 秒（1 秒あたりに取得されるフレーム画像数が 0 . 1 ）以下の範囲から適宜選択すればよい。なお、動画像は溶湯と固体状の金属との識別に使用される複数のフレーム画像を含めばよい。動画像は、例えば、フレーム画像の明るさ調整を行ったものなど、溶湯と固体状の金属との識別に使用される複数のフレーム画像以外のフレーム画像を含むこともある。

【 0 0 2 8 】

図 3 A に、撮像装置 1 5 0 とその近傍の模式的な端面図を示す。チャンバー 1 1 2 の上部には開口部が形成され、窓 1 5 2 が開口部に設けられてよい。窓 1 5 2 は、ガラス、石英ガラス、および鉛ガラスのうち一つまたは複数を含み、例えば石英ガラスと鉛ガラスの積層でもよい。撮像装置 1 5 0 は、窓 1 5 2 を介して鋳型 1 2 4 の上面の画像を取得できるように配置されてよい。

【 0 0 2 9 】

開口部が設けられる位置は任意に設定することができる。ただし、チャンバー 1 1 2 内で原料 1 0 4 を溶解させると、金属の種類によっては一部が蒸発し、その結果、チャンバー 1 1 2 の内壁や窓 1 5 2 の内側に金属が堆積することがある。特に鉛直方向で鋳型 1 2 4 と重なる位置は溶湯から蒸発する金属が堆積しやすい。このため、図 2 に示すように、開口部を鋳型 1 2 4 やハース 1 2 0 などと鉛直方向において重ならない位置に設けることが好ましい。したがって、撮像装置 1 5 0 も、鋳型 1 2 4 やハース 1 2 0 と重ならないように配置され、開口部を通して鋳型 1 2 4 に対して斜めの方向から撮像することが好ましい（図 3 A 参照。）。すなわち、撮像装置 1 5 0 のレンズの光軸が鉛直方向から傾くように撮像装置 1 5 0 を配置することが好ましい。

【 0 0 3 0 】

図 3 A、図 3 B に示すように、窓 1 5 2 と重なる防着板 1 5 4 を任意の構成としてチャンバー 1 1 2 内に設けてもよい。防着板 1 5 4 はほぼ円形の形状を有する金属板である。防着板 1 5 4 を設けることで、金属の蒸気が窓 1 5 2 に付着することが抑制され、その結果、金属の堆積が防止され、窓 1 5 2 の透明度を長時間に亘って維持することができる。撮像装置 1 5 0 による鋳型 1 2 4 の撮像を可能にするため、防着板 1 5 4 に一つまたは複数の開口 1 5 4 a を設け、図示しないモータなどによって回転させてもよい。開口 1 5 4

10

20

30

40

50

aの形状も任意であり、開口154aと撮像装置150が重なる際に鋳型124を撮像できるように形成すればよい。例えば開口154aは円形でもよく、矩形でもよい。開口154aを複数設ける場合、その配置は任意であり、例えば防着板154の中心に対して対称に配置すればよい。また、防着板154の回転方向に沿って等間隔に複数の開口154aを配置してもよい。撮像装置150は、開口154aが撮像装置150と重なる時にフレーム画像を取得するように構成される。なお、開口154aはスリットでもよい。

【0031】

さらに任意の構成として、防着板154とともに、あるいは防着板154に替わり、窓152の内側にアルゴンやヘリウムなどの不活性ガスを吹き付けるためのノズル156をチャンバー112に設けてもよい(図2)。ノズル156はチャンバー112外に設けられる不活性ガス供給源(図示しない)と接続される。原料を溶解する際、不活性ガス供給源から不活性ガスを窓152の内側へ供給することで、金属蒸気の窓152への付着が抑制されるため、窓152の透明度が維持される。

10

【0032】

図示しないが、チャンバー112内に不活性ガスを導入するためのガス導入口をさらに設けてもよい。ガス導入口にも不活性ガス供給源が接続される。

【0033】

1-2. 制御装置

制御装置160は通信機能と計算機能を有するコンピュータであり、ノート型、または据え置き型のコンピュータでもよく、あるいはタブレットコンピュータなどの携帯型通信端末でもよい。制御装置160は、インターネットのような外部ネットワーク、あるいはLAN(Local Area Network)などの内部ネットワークを介してチャンバー112、またはチャンバー112に設けられる構成の全て若しくは一部(例えば電子銃142や撮像装置150など)と接続される。

20

【0034】

図1のブロック図に示すように、制御装置160には、制御装置160の動作を制御する制御部162に加え、制御部162によって制御される入力部164、出力部166、送受信部168、記憶部170、音声出力部172、入力ポート174などが設けられる。記憶部170には、制御装置160を動作させるための基本アプリケーションプログラムとともに、後述する金属インゴット108の製造方法を実施するためのプログラムが格納される。制御部162は中央演算ユニット(CPU)などのプロセッサを備え、記憶部170に格納される基本アプリケーションプログラムや上記プログラムを動作させて制御装置160で実行される各種処理を制御する。入力部164は制御装置160に命令や情報を入力する際に用いられるユーザインターフェースであり、典型的にはキーボードやタッチパネル、マウス、またはこれらの組み合わせが挙げられる。出力部166は記憶部170に格納された各種データを画像や印刷物として提供するものであり、液晶表示装置や有機電界発光表示装置などの表示装置、あるいはプリンタなどの出力デバイスである。送受信部168は、ネットワークを介して溶解炉110またはそれに設けられる構成との通信を行う機能を有する。例えば送受信部168は、撮像装置150で取得された画像を受信するとともに、電子銃140、142など、チャンバー112に設けられる構成に対して信号を送信するように構成してもよい。音声出力部172は種々の音を発生する機能を有するスピーカーである。入力ポート174は、撮像装置150または撮像装置150に装着されるメモリカードなどの記憶媒体と物理的に接続されることが可能な有線インターフェースである。制御装置160と溶解炉110が接続されない場合でも、撮像装置150または記憶媒体を入力ポート174を介して制御装置160に接続することで、取得された動画像を読み込み、記憶部170に格納することができる。

30

40

【0035】

図1のブロック図では、溶解炉110に備えられるドラムフィーダ114や排気装置116、振動フィーダ118、電子銃140と142、および撮像装置150の全てが制御装置160によって制御される例が示されている。しかしながら、制御装置160はこれ

50

らの構成の全てを制御する必要は無く、例えば撮像装置 150 のみを制御・操作するように構成されてもよい。あるいは、制御装置 160 は撮像装置 150 のみに接続され、撮像装置 150 で取得された動画像のデータを受信または格納し、そのデータを処理するように構成されてもよい。この場合には、他の構成、例えばドラムフィーダ 114 や振動フィーダ 118、排気装置 116、引き抜き機構（図示しない）、電子銃 140、142 などは制御装置 160 から独立した制御システムによって制御・操作すればよい。あるいは、上述したように、制御装置 160 は溶解炉 110 に接続されず、独立してもよい。この場合、入力ポート 174 を介して撮像装置 150 で取得された動画像が制御装置 160 に入力される。

【0036】

上述したように、溶解鑄造法による金属インゴット 108 の製造工程では、ハース 120 や鑄型 124 内の高温の溶湯 106 から金属が徐々に蒸発することがある。金属の蒸気がハース 120 の側壁、チャンバー 112 の天井や内壁などに付着すると冷却され、金属が析出・堆積する。このような堆積物は、液体状態の溶湯 106 と異なって固体状の金属であり、蒸着物と呼ばれる。蒸着物の堆積が進むと、蒸着物が鑄型 124 やハース 120 内の溶湯 106 に落下することがある。落下した蒸着物が再度溶解すれば溶湯 106 と均一に混ざり合うため、均一な密度や組成を有する金属インゴット 108 が得られる。しかしながら、蒸着物が完全に溶解しない場合、溶湯 106 の冷却過程において蒸着物は固体状態を維持し、蒸着物を取り込むように溶湯 106 が凝固する。蒸着物の密度は、溶湯 106 が凝固して得られる金属インゴット 108 の密度よりも小さい。このため、取り込まれた蒸着物は、金属インゴット 108 中に局所的に密度の小さい欠陥を作り出す。このような欠陥は低密度介在物 (LDI: Low Density Inclusions) と呼ばれる。LDI が金属インゴット 108 中に存在すると、LDI は金属インゴット 108 の圧延後に表面疵として現れ、材料として致命的な欠陥を引き起こす。また、金属インゴット 108 の製造後、内部に LDI が存在するかどうかを判断するのは必ずしも容易ではない。

【0037】

以下に詳述するように、製造装置 100 を用いることにより、溶解鑄造法による金属インゴット 108 の製造工程において蒸着物を容易にかつ速やかに検出することができる。このため、蒸着物が溶湯 106 内に混入しても、その挙動を詳細に追跡することができ、蒸着物による影響を確実に把握することができる。その結果、LDI を含む、または含む可能性の高い金属インゴット 108 を除去し、良品の金属インゴット 108 のみを確実に確保・提供することが可能となる。

【0038】

2. 金属インゴットの製造方法

以下、製造装置 100 を用いる金属インゴットの製造方法について説明する。図 4 は、本発明の実施形態の一つに係る金属インゴットの製造方法の一例を示すフローチャートである。

【0039】

2-1. 原料からの溶湯の形成

まず、チャンバー 112 内の雰囲気を選択的に調整する。例えば排気装置 116 を使い、チャンバー 112 内を減圧状態にしてもよい。チタンなどの溶解状態で高い反応性を示す金属を含む原料 104 を用いる場合には、チャンバー 112 内を 0.001 Pa ~ 0.005 Pa の圧力に調整することが好ましい。溶解状態における反応性が低い金属を含む原料 104 を用いる場合には、チャンバー 112 内の雰囲気は空気でもよく、あるいはガス導入口から導入された不活性ガスでもよい。

【0040】

引き続き、ドラムフィーダ 114 から振動フィーダ 118 へ原料 104 を導入する (S1、図 2)。例えば原料 104 が充填されたドラムフィーダ 114 を使い、ドラムフィーダ 114 を回転させて原料 104 を振動フィーダ 118 へ落下させればよい (図 2、曲線

10

20

30

40

50

矢印参照。)。振動フィーダ 118 には図示しない振動装置が設けられ、振動フィーダの振動により原料 104 がハース 120 側へ移動し、最終的にハース 120 内に供給される。

【0041】

この後、一つまたは複数の電子銃 140 を用い、原料 104 に電子ビームが照射されるよう、電子ビームをハース 120 上で走査する。これにより、原料 104 に含まれる金属が溶解し、溶湯 106 が形成される (S2)。溶湯 106 が一定量貯まるとハース 120 の注ぎ口から溶湯 106 が流出し、鑄型 124 へ注入される (S3)。鑄型 124 への溶湯 106 の供給速度は、原料 104 の供給量と電子ビームの強度を適宜制御することで調節することができる。なお、溶湯 106 を鑄型 124 に注入する前に鑄型 124 の底部には予めダブテール 128 を配置してもよい。あるいは、ダブテール 128 とその上に形成されたスターティングブロック 130 を配置してもよく (図 2 参照)、ダブテール 128 に替わってスターティングブロック 130 のみを単独で配置してもよい。スターティングブロック 130 が配置される場合、溶湯 106 は凝固する際にスターティングブロック 130 と一体化し金属インゴット 108 が形成される。

10

【0042】

鑄型 124 に供給された溶湯 106 の表面にも電子銃 142 から射出される電子ビームを走査してもよい。電子銃 142 からの電子ビームの強度や走査速度を適宜制御することで、凝固速度を調節することができる。

【0043】

溶湯 106 の注入後、ダブテール 128 および / またはスターティングブロック 130 を下方方向にスライドさせて鑄型 124 から金属インゴット 108 を引き出す。引出速度は、例えば 0.5 t/h から 4 t/h の範囲から適宜設定すればよい。これにより、金属インゴット 108 を得ることができる。

20

【0044】

2-2. 動画像の取得

蒸着物の検出のため、鑄型 124 の動画像を撮像装置 150 を用いて取得する。上述したように、好ましくは、撮像装置 150 は、鉛直方向においてハース 120 や鑄型 124 とは重ならず、溶湯 106 の表面に対して斜めの方向から撮像できるように予め配置される (図 2、図 3 A 参照)。このとき、図 5 A に示すように、鑄型 124 の内壁の上面視形状が矩形である場合、撮像装置 150 は、そのレンズの光軸が鑄型 124 の短辺方向と交差または直交するように配置してもよく、あるいは図 5 B に示すように、鑄型 124 の長手方向と交差または直交するように配置してもよい。撮像装置 150 は、少なくとも鑄型 124 と溶湯 106 の表面の全体の動画像を取得できるように配置され、好ましくはさらにハース 120 の注ぎ口 120 a および / または鑄型 124 側の側壁 120 b が動画像に含まれるように配置する (図 6 参照。)。なお、チャンパー 112 に鑄型 124 が複数配置される場合には、各鑄型 124 に対応する撮像装置 150 を用いてもよく、あるいは複数の鑄型 124 を一つの撮像装置 150 を用いて動画像を取得してもよい。

30

【0045】

動画像の取得は任意のタイミングで開始でき、例えば、電子銃 142 からの電子ビームの照射を開始した後に開始してもよく、鑄型 124 内に溶湯 106 が形成された後に開始してもよく、あるいはダブテール 128 および / またはスターティングブロック 130 の鑄型 124 からの引き抜きを開始した後に開始してもよい。また、ハレーションを防ぐため、各フレーム画像を取得する際には、電子銃 142 からの電子ビームの照射を一時的に停止してもよい。

40

【0046】

上述したように、動画像は、連続的に取得された静止画像である複数のフレーム画像によって構成される。各フレーム画像は、複数の列と複数の行で構成されるマトリクス形状に配置されるデータポイントのそれぞれの座標と階調データの組み合わせの集合として取得される。各データポイントは、最も暗い第 0 階調から最も明るい第 255 階調の合計 2

50

56の階調から選択される階調として表現される。なお、この画像を表示装置のディスプレイ上で表示する場合には、各データポイントは画素に対応し、その階調が輝度として表現される。すなわち、256段階の異なる輝度を与える画素の集合体として鋳型124や溶湯106の画像がディスプレイ上で視認される。

【0047】

ここで、後の評価対象となるフレーム画像を取得する前に、撮像装置150の絞りや減光フィルタ（NDフィルタ）などを用いてフレーム画像の明るさ調整を行う（S4）。具体的には、各フレーム画像において、溶湯106に対応するデータポイントの平均階調が一定の範囲内の階調（基準階調）となるように明るさ調整を行う。基準階調は、例えば第120階調から第200階調の範囲から適宜選択すればよい。上述したように、溶解鋳造法では、溶湯106から金属の蒸気が発生して堆積し、蒸着物を形成するが、蒸着物が撮像用の窓152に付着して窓152が曇ると、窓152を通過する光量が徐々に低下する。このため、動画の階調が全体として徐々に低下し、画質が低下することがある。また、後述するように、フレーム画像において蒸着物は溶湯106と比較して低階調の領域として表現される。このため、フレーム画像の取得前に明るさ調整を行って溶湯106に対応するデータポイントの階調を一定レベル以上に確保することで、フレーム画像の品質の低下を防ぎ、蒸着物を階調の低いデータポイントの集合としてより確実に検出することができる。明るさ調整は、各フレーム画像を取得する都度行ってもよく、複数のフレーム画像ごとに行ってもよい。あるいは、一定時間ごとに明るさ調整を行ってもよい。また、平均階調として、後述する評価領域に対応するデータポイントの階調の平均を採用してもよい。さらに、蒸着物がない状態で階調の平均を取得してもよい。

10

20

【0048】

明るさ調整を行った後、フレーム画像を取得する（S5）。フレーム画像は、制御装置160の送受信部168を介して記憶部170に恒久的にまたは一時的に格納される。

【0049】

溶湯106と固体状の金属の識別、さらには溶湯106と蒸着物の識別に供する動画画像を取得できることを前提に、上述した撮像装置150の配置、フレーム画像の明るさ調整、鋳型124内の溶湯106の形成などは任意の順序にて実施すればよい。よって、図4に示したフローチャート以外の順序にて動画画像を取得してもよい。例えば、撮像装置150を所定位置に配置し、鋳型124内に溶湯106を形成し、フレーム画像の明るさ調整を行い、上記識別に供するフレーム画像の取得を開始し、インゴットの引き抜きを開始する、という順序を適用してもよい。

30

【0050】

2-3. 溶湯と蒸着物の識別

引き続き、各フレーム画像を処理し、溶湯106と蒸着物を識別する。

【0051】

(1) 評価領域の選択

まず、各フレーム画像において評価領域を選択する（S6）。評価領域の選択は適宜実行可能であり、例えばオペレータが行ってよいし、また例えば制御装置160と撮像装置150との関係に鑑みてあらかじめ設定した範囲を評価領域として選択してもよい。上述したように、溶解鋳造法では溶湯から蒸気が発生して蒸着物が生成するが、蒸気の一部は鋳型124の内壁や上面にも堆積し、図6中の拡大図に示すように、比較的小さな金属の塊を形成することがある。また、鋳型124内の溶湯106に照射される電子ビームによって溶湯106の一部が弾き飛ばされて鋳型124の上面や内壁に付着・凝固することでも金属の塊が形成されることもある。このような小さな金属の塊は、鋳付き182と呼ばれ、蒸着物とは区別される。鋳付き182を検出せずに蒸着物180を選択的に検出するため、鋳付き182が発生し得る領域を排除することで評価領域を選択することが好ましい。例えば、図7Aに示すように、溶湯106が表示される領域のうち、鋳型124の内壁から一定の距離d以上離れた領域を評価領域184として選択する。距離dは、例えば10mm以上30mm以下の範囲から選択すればよい。あるいは、溶湯106を中心とし

40

50

、溶湯 106 の面積の 70% 以上 90% 以下の面積を有する領域を評価領域 184 としてもよい。このように評価領域 184 を選択することで、鑄付き 182 に起因する検出ノイズを排除することができる。なお、撮像装置 150 は固定した状態で動画像を取得することが多いので、実質的な評価領域の選択は撮像装置 150 の配置とともに行われうる。

【0052】

(2) 蒸着物の検出とフレーム画像の特定

その後、図 7B に模式的に示すように、評価領域を構成するデータポイント（以下、評価領域データポイント DP と記す。）の各階調を算出し、その中から一定の階調（閾値階調）以下のデータポイント DP₂ を特定する。閾値階調は、上述した平均階調よりも低い階調から適宜選択され、例えば第 40 階調以下、または第 70 階調以下の範囲から選択すればよい。閾値階調の下限値は、例えば第 0 階調でもよく、第 10 階調でもよい。蒸着物 180 は目視でも溶湯 106 に対して明らかに暗く認識され、上述したように、動画像においても蒸着物 180 は溶湯 106 と比較して極めて暗い領域として表現される。このため、閾値階調を超えるデータポイント DP₁、および閾値階調以下の低階調領域を構成するデータポイント DP₂ は、それぞれ溶湯 106 と蒸着物 180 を構成するデータポイントであると判断することができる。また、上述した平均階調と閾値階調をある程度の隔たりをもって設定することで誤検出（ノイズ）を低減できる。

【0053】

次に、各フレーム画像の評価領域において、低階調領域の面積が一定の閾値以上であるかどうかを判断する（S8）。具体的には、評価領域データポイント DP の数に対するデータポイント DP₂ の数の比を計算し、この比が一定の閾値（以下、面積閾値）以上である場合、蒸着物 180 が検出されたと判断する。面積閾値は、例えば 0.0005 以上の範囲から選択すればよい。上述した範囲で面積閾値を設定することで、撮像時のエラーに起因する低階調領域や、鑄型 124 から遊離した鑄付き 182、溶湯 106 に速やかに溶解し得る程度に非常に小さい蒸着物 180 などを排除することができる。すなわち、誤検出や過剰検出を防止するとともに、溶湯 106 と蒸着物 180 を正確に識別し、追跡すべき蒸着物 180 を選択的にかつ確実に検出することができる。

【0054】

各フレーム画像において、上記比が面積閾値以上である場合には、追跡すべき蒸着物 180 が存在していることが示唆される。この場合、そのフレーム画像を特定する（S9）。特定方法に限定は無く、例えば、一つの動画像に含まれる全てのフレーム画像に対して順にフレーム番号を付与し、上記比が面積閾値以上である場合に該当するフレーム番号を記憶部 170 に格納すればよい。このとき、同時に音声出力部 172 から警告音を発してもよく、出力部 166 を構成する表示装置上にアラートを表示してもよい。さらに、閾値階調以下のデータポイント DP₂ を囲む図形を表示装置上に表示してもよい。

【0055】

蒸着物 180 の有無の判断を行った後、鑄造が終了していない場合には引き続き S4 から S9 の工程を繰り返す。鑄造が終了したときまでに撮像された複数のフレーム画像によって一つの動画像が構成される。なお、別の実施形態として、鑄造終了までの動画像取得を先行させ、取得した動画像の複数のフレーム画像に対して蒸着物 180 の有無の判断を行ってもよい。動画像取得が先行する場合、明るさの調整（S4）を実施することが好ましい。以上のとおり、動画像の取得と蒸着物 180 の有無の判断は同時に進行させてもよいし、適宜別のタイミングで行ってもよい。

【0056】

(3) 鑄造工程の検証

次に、取得した動画像に基づいて鑄造工程を検証する。この検証工程は、フレーム画像が特定されたときに行ってもよく、一つの動画像を取得した後に行ってもよい。

【0057】

金属インゴット 108 の鑄造時に取得された一つの動画像中に蒸着物 180 が含まれているとして特定されたフレーム画像が存在しない場合には、鑄型 124 内の溶湯 106 の

10

20

30

40

50

表面に蒸着物が発生していない、または発生していても金属インゴット108の品質に大きな影響を及ぼさない程度に無視できると判断する。

【0058】

一方、一つの動画像中に蒸着物180が含まれているとして特定されたフレーム画像が一つ以上存在する場合には、特定されたフレーム画像以降の動画像を解析し、蒸着物180の挙動を追跡する(S10)。その結果、蒸着物180が溶湯106内で完全に溶解したことが確認されれば、その蒸着物180は、得られた金属インゴット108の品質に大きな影響を及ぼさない程度に無視できると判断する。あるいは、蒸着物180が溶湯106に混入せず、鑄造終了まで鑄型124やハース120などの溶解炉110の構成部材に付着した状態を維持していることが確認された場合にも、その蒸着物180は金属インゴット108に取り込まれていないと判断することができる。

10

【0059】

しかしながら、蒸着物180が溶湯106内で完全に溶解せず、蒸着物180が固体状態を維持した状態で溶湯106に取り込まれながら溶湯106が凝固したと認定された場合には、得られる金属インゴット108にはLDIが含まれる可能性が高いと判断する。この場合、得られる金属インゴット108を出荷対象から除外する、原料104として再利用するなどの処置を行えばよい(S11)。

【0060】

このように、本発明の実施形態の一つに係る製造方法によると、溶解鑄造法による金属インゴット108の製造工程において、鑄型124中の溶湯106の動画像に基づいて蒸着物180と溶湯106を識別することでき、金属インゴット108の品質を維持するために追跡すべき蒸着物180を検出することができる。さらに、蒸着物180を追跡することで、金属インゴットに対する適切な処置を選択することができるので、この製造方法を適用することで、高品質の金属インゴット108を選択的に提供することができる。

20

【0061】

2-4. 変形例

本製造方法では、評価領域184を複数の領域(サブ領域)に分割し、サブ領域ごとに蒸着物180と溶湯106の識別を行ってもよい(図4、S7)。分割方法に制約はない。例えば、図8Aや図8Bに示すように、複数のサブ領域(ここでは四つのサブ領域184-1から184-4)が鑄型124の長手方向または長手方向に垂直な方向に整列するように評価領域184を分割してもよい。また、サブ領域の面積や形状は互いに同一でもよく、あるいは図9Aに示すように、少なくとも一つのサブ領域(ここではサブ領域184-3)の面積または形状が他のサブ領域(ここではサブ領域184-1、184-2)の面積または形状と異なるように評価領域184を分割してもよい。さらに、図9Bに示すように、少なくとも二つのサブ領域が互いに部分的に重なるように評価領域184を分割してもよい。図9Bに示す例では、サブ領域184-1から184-3が互いに部分的に重なっている。

30

【0062】

評価領域184を複数のサブ領域に分割し、各サブ領域で蒸着物180と溶湯106の識別を行うことで、誤検出範囲を狭めることが可能となる。すなわち、誤検出が継続するサブ領域以外のサブ領域では、継続して蒸着物の落下の有無などを監視できる。蒸着物の挙動は様々であり、例えばある程度の大きさになったところで落下する蒸着物180もあれば、ハース120の側壁やチャンパー112の天井などから伸び垂れ下がる蒸着物180もあり、後者の場合は、鑄型124上部空間に蒸着物180が長時間存在し続ける。後者の場合は溶湯106内に蒸着物180は落下してしないが、動画像では低階調のデータポイントDP₂として記録されるため誤検出となる。評価領域184を分割しないと蒸着物180を誤検出したフレーム画像の全てについて蒸着物180の挙動を追跡する必要が発生する。一方、評価領域184を複数のサブ領域に分割することで誤検出しない領域を増やすことができるので、正常な検査が可能な範囲を確保できる。

40

【0063】

50

さらに本製造方法では、撮像方向の傾きを考慮し、評価領域データポイントDPの数に対するデータポイントDP₂の数の比の計算において補正を行ってもよい。上述したように、溶解鑄造時における金属蒸気の堆積の影響を最小限にするため、動画像の取得のための窓152や撮像装置150は、鉛直方向においてハース120や鑄型124と重ならないように設けられることが好ましい。このため、動画像は、鑄型124に対して斜めの方向から取得される。動画像では、撮像装置150に近い位置に存在する物体は、遠方に存在する物体と比較して大きく映し出されるので、図10に模式的に示すように、完全に同一の形状と面積を有する蒸着物180が存在する場合でも、撮像装置150から遠い位置（水平方向において遠い位置）にある蒸着物180に対応するデータポイントDP₂は、撮像装置150に近い位置（水平方向において近い位置）にある蒸着物180に対応するデータポイントDP₂と比較して少なくなる。その結果、撮像装置150の鑄型124までの距離や撮像方向によっては、撮像装置150からの距離が蒸着物180の検出に大きな影響を与える。

10

【0064】

このような影響を排除してより高精度で蒸着物180を検出するため、撮像装置150からの距離に応じて面積閾値に対する補正を行ってもよい。例えば、撮像装置150からの距離が増大するに従って面積閾値を低減させればよい。より具体的には、評価領域184の分割を行う場合には、サブ領域ごとに補正を行ってもよい。例えば、図9Bに示すように評価領域184を三つのサブ領域184-1から184-3に分割し、サブ領域184-3が撮像装置150に最も近い場合、サブ領域184-3に最も大きな面積閾値を設定し、サブ領域184-1と184-2に対し、互いに同一であり、かつ、サブ領域184-3の面積閾値よりも小さい面積閾値を設定してもよい。また、各サブ領域でも撮像装置150からの距離が増大するに従って面積閾値を低減させてもよい。また、一つの撮像装置150で複数の鑄型124の動画像を取得する場合や、撮像装置150を鑄型124の長手方向と交差または直交するように配置する場合には、動画像の奥行き方向だけでなく、左右の方向においても面積閾値を変化させてもよい。

20

【0065】

従来、溶解鑄造法による金属インゴットの製造においては、その製造工程中に亘って鑄型を目視で観察することで蒸着物の有無を確認していた。なお、蒸着物が落下するタイミングや位置、蒸着物の大きさを事前に精確に予想することは不可能である。また、蒸着物の大きさや密度、溶湯の温度によって蒸着物の溶解速度や溶湯中への沈降速度が大きく異なる。以上より、目視による検出は作業者の負荷が大きいのみならず、蒸着物の溶湯への落下を見落とすおそれがあり、より高精度の検出手法が望まれていた。本発明の実施形態の一つに係る製造装置と製造方法を適用することで、蒸着物をより確実に検出することができ、その発生時刻もフレーム番号から瞬時に特定することができる。さらに、蒸着物の挙動は、蒸着物が発生したとき以降の動画像から確認することができるので、金属インゴット中のLDIの存否を容易に判断することができる。このため、良品の金属インゴットを選択的に提供することが可能である。

30

【0066】

3. プログラム

本発明の実施形態の一つに係る製造方法は、上述した製造装置100、およびその制御装置160に搭載されるプログラムによって実施することができる。よって、本発明に係る実施形態の一つは、溶解鑄造法によって金属インゴットを製造するため上記S1からS9の処理の一部または全てを制御装置160に実行させるためのプログラムである。

40

【0067】

また、このプログラムが記録されたコンピュータ可読記録媒体も本発明に係る実施形態の一つである。コンピュータ可読記録媒体の例としては、ハードディスク、フレキシブルディスク、および磁気テープのような磁気媒体、CD-ROM、DVDのような光媒体、フロッピカルディスク(floptical disk)のような光磁気媒体、およびROM、RAM、フラッシュメモリなどのような、当該プログラムを格納して実行するよ

50

うに構成されたハードウェア装置が含まれる。当該プログラムは、コンパイラによって生成されるもののような機械語コードだけでなく、インタプリタなどを使用してサーバによって実行される高級言語コードを含む。当該プログラムは、コンピュータ可読媒体から記憶部 170 にインストールされる。なお、当該プログラムは、ネットワークから記憶部 170 にダウンロード可能であってもよい。

【実施例】

【0068】

本実施例では、本発明の実施形態の一つに係る製造方法を適用してチタンインゴットを製造した結果について述べる。

【0069】

溶解炉として、図 2 に模式的に示された溶解炉 110 を用いた。振動フィーダ 118 を介してドラムフィーダ 114 からスポンジチタンを含む金属片をハース 120 に連続的に供給し、ハース 120 上に配置された電子銃 140 (アルデンヌ社製、型式 EH-800V) から電子ビームを照射して溶湯 106 を形成した。内壁の水平断面が長方形 (縦 1100 mm × 横 250 mm) を有し、一つの短辺がハース 120 の下に配置された鋳型 124 に溶湯 106 を注入した。その後、鋳型 124 上に配置した電子銃 142 (アルデンヌ社製、型式 EH-800V) を用いて溶湯 106 に対する電子ビーム照射を開始した。その後、ダブテール 128 を降下させた。

【0070】

上記操作の間、上述した S4 から S9 に至る一連の工程を反復実施した。撮像装置 150 (キーエンス社製 CMOS カメラ、型式 CA-H500C) は、図 2 に示すように、鋳型 124 と鉛直方向において重ならないように配置し、ハース 120 に対して反対側の鋳型 124 の短辺側から撮像を行った (図 6 参照。)。画像の取得は、防着板 154 を回転させながら窓 152 を介して行った。

【0071】

工程 S4 の明るさ調整は、鋳型 124 内の溶湯 106 の階調が 120 から 200 の範囲となるように行った。得られたフレーム画像のうち、鋳型 124 の内壁から 10 mm 以内の領域を除外し、残りの領域を評価領域 184 として設定した。さらに、図 9B に示すように評価領域 184 を三つのサブ領域 184-1 から 184-3 に分割し、動画像の評価を行った。図 11 に示すように、サブ領域 184-3 はハース 120 の反対側であり、撮像装置 150 に最も近い位置の領域である。サブ領域 184-3 の幅 W は 230 mm であり、長さ l_3 は 650 mm であった。サブ領域 184-1 は、ハース 120 側に位置し、かつ、一方の長辺側に位置する。これに対し、サブ領域 184-2 は、ハース 120 側に位置し、かつ、他方の長辺側に位置する。サブ領域 184-1、184-2 の幅 w_1 、 w_2 はいずれも 140 mm であり、長さ l_1 、 l_2 はいずれも 550 mm であった。図 11 から理解されるように、三つのサブ領域 184-1 から 184-3 は互いに部分的に重なり合う。

【0072】

蒸着物 180 の有無を判断するための閾値階調は、第 60 階調に設定した。工程 S8 における面積閾値は、各サブ領域で長さ 50 mm 四方のサイズに相当する蒸着物 180 が検出できるように設定した。具体的には、サブ領域 184-1 から 184-3 の面積閾値をそれぞれ 0.017、0.016、0.013 に設定した。

【0073】

上記条件下で合計 18 本のチタンインゴットを製造した。鋳造工程において、長さ 50 mm 四方のサイズに相当する蒸着物 180 は 15 個検出された。それぞれの蒸着物 180 の挙動を取得した動画像に基づいて検討した結果、いずれの蒸着物 180 もチタンインゴットの特性に影響を与えるものではなく、全てのチタンインゴットが良品であると判断された。

【0074】

このように、本発明の実施形態に係る製造方法を適用することで、長時間にわたる鋳造

10

20

30

40

50

工程において鑄型 124 を目視で観察し続ける必要は無く、既定のサイズの蒸着物 180 が検出されたフレーム画像以降の動画像を解析することで、蒸着物の挙動を確実に把握することができる。このため、本製造方法により、金属インゴットの品質管理において要求される人的資源を有効に活用することが可能となる。

【0075】

本発明の実施形態として上述した実施形態を基にして、当業者が適宜構成要素の追加、削除もしくは設計変更を行ったもの、または工程の追加、省略もしくは条件変更を行ったものも、本発明の要旨を備えている限り、本発明の範囲に含まれる。上述した各実施形態の態様によりもたらされる作用効果とは異なる他の作用効果であっても、本明細書の記載から明らかなもの、または当業者において容易に予測し得るものについては、当然に本発明によりもたらされるものと解される。

【符号の説明】

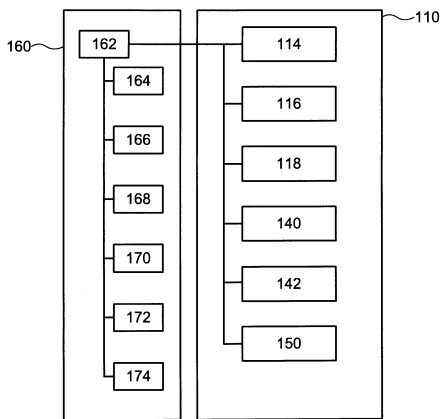
【0076】

100：製造装置、104：原料、106：溶湯、108：金属インゴット、110：溶解炉、112：チャンバー、114：ドラムフィーダ、116：排気装置、118：振動フィーダ、120：ハース、120a：注ぎ口、120b：側壁、122：スカル、124：鑄型、126：流路、128：ダブテール、130：スターティングブロック、134：冷却管、136：流路、140：電子銃、142：電子銃、150：撮像装置、152：窓、154：防着板、154a：開口、156：ノズル、160：制御装置、162：制御部、164：入力部、166：出力部、168：送受信部、170：記憶部、172：音声出力部、174：入力ポート、180：蒸着物、182：鑄付き、184：評価領域、184-1：サブ領域、184-2：サブ領域、184-3：サブ領域、184-4：サブ領域

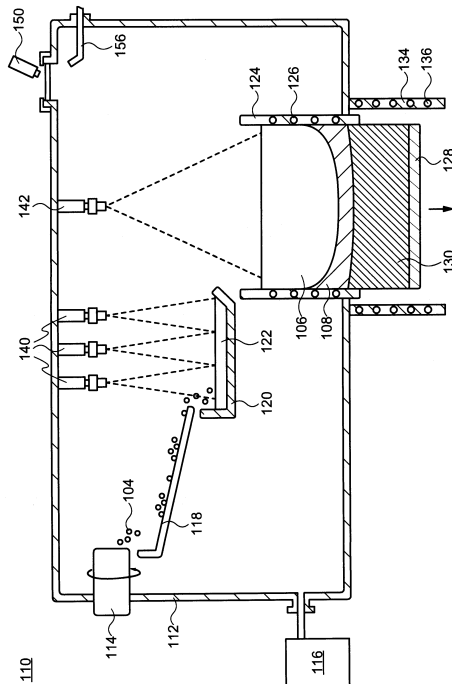
【図面】

【図1】

100



【図2】



10

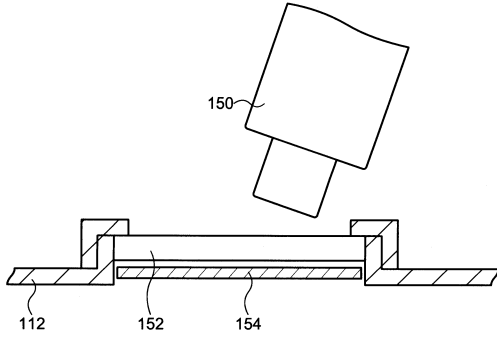
20

30

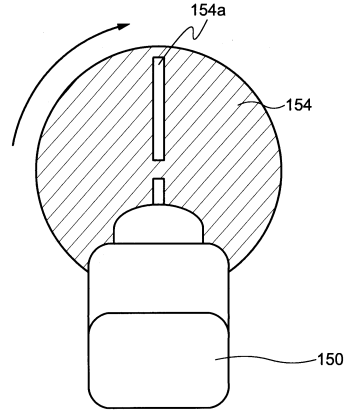
40

50

【 図 3 A 】

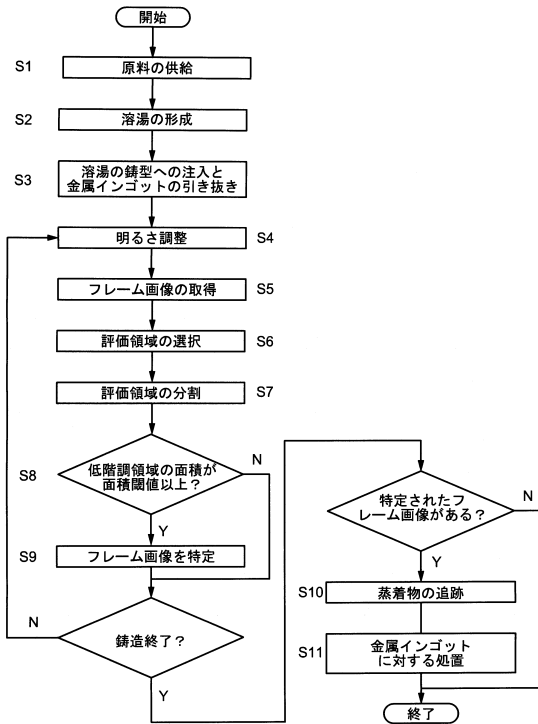


【 図 3 B 】

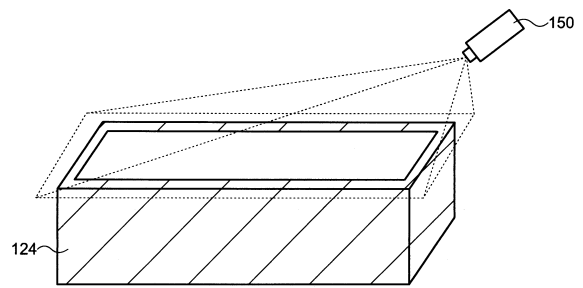


10

【 図 4 】



【 図 5 A 】



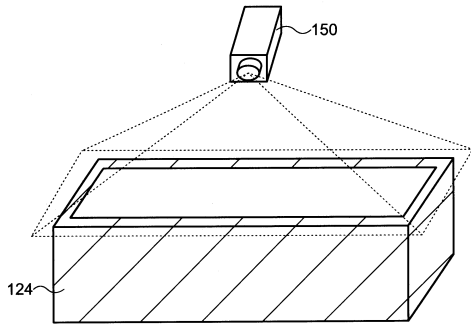
20

30

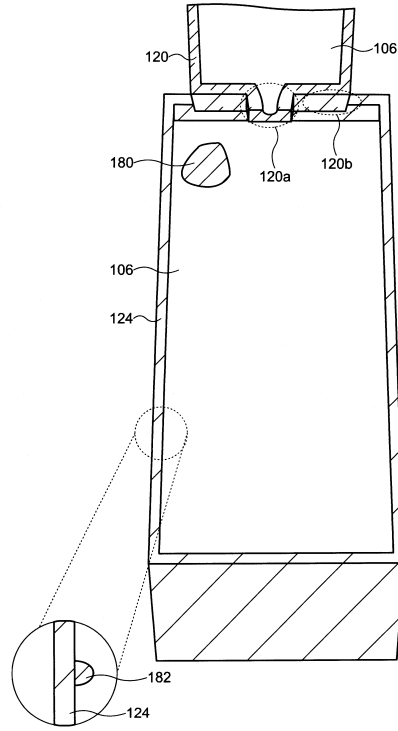
40

50

【 図 5 B 】



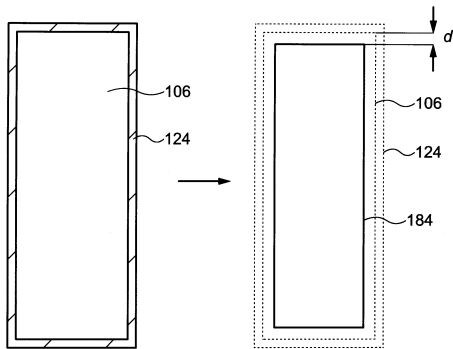
【 図 6 】



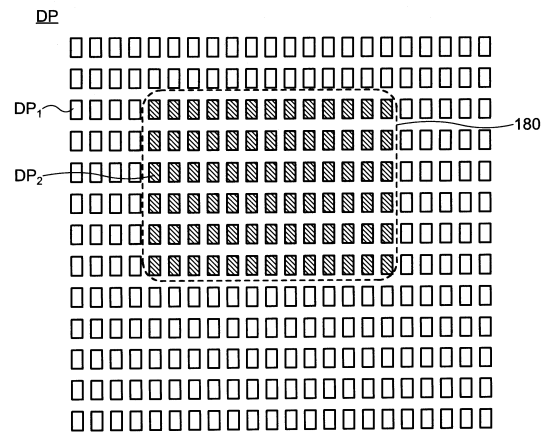
10

20

【 図 7 A 】



【 図 7 B 】

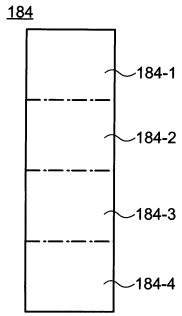


30

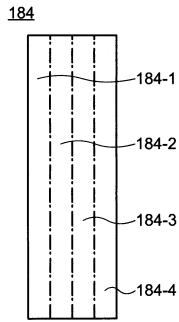
40

50

【 8 A 】

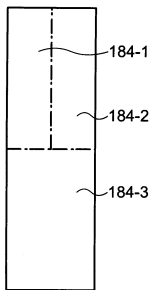


【 8 B 】

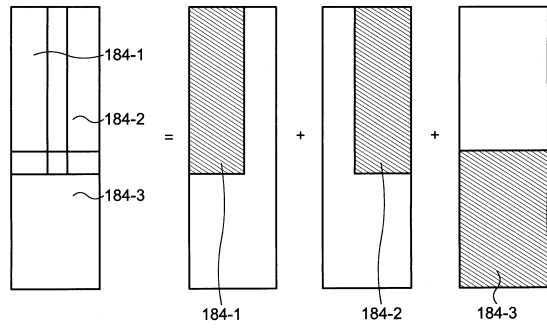


10

【 9 A 】



【 9 B 】



20

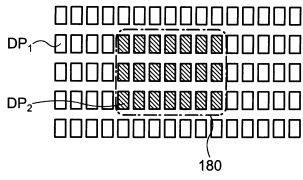
30

40

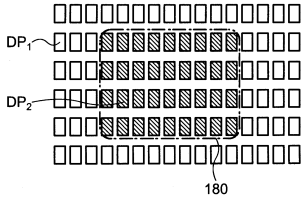
50

【図 10】

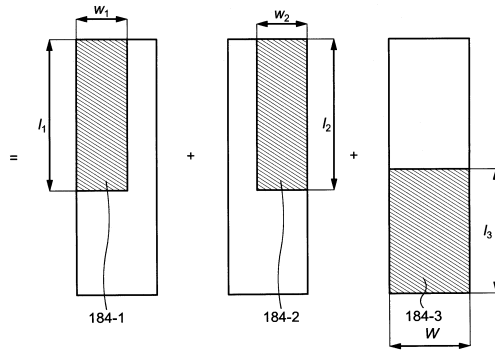
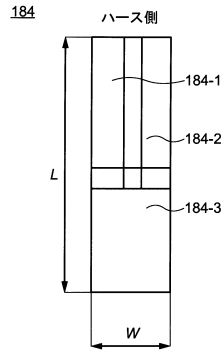
撮像装置から遠い位置



撮像装置に近い位置



【図 11】



10

20

30

40

50