(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
2018年6月14日(14.06.2018)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2018/105652 A1

(51) 国際特許分類:
G01B 11/06 (2006.01) *F27D 21/00* (2006.01)
B22D 37/00 (2006.01) *F27D 21/02* (2006.01)
B22D 43/00 (2006.01) *G01F 17/00* (2006.01)
C21B 3/04 (2006.01) *G01N 33/20* (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2017/043809

(22) 国際出願日： 2017年12月6日(06.12.2017)

(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 2016-236936 2016年12月6日(06.12.2016) JP

(71) 出願人: 新日鐵住金株式会社(**NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION**) [JP/JP]; 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目６番１号 Tokyo (JP).

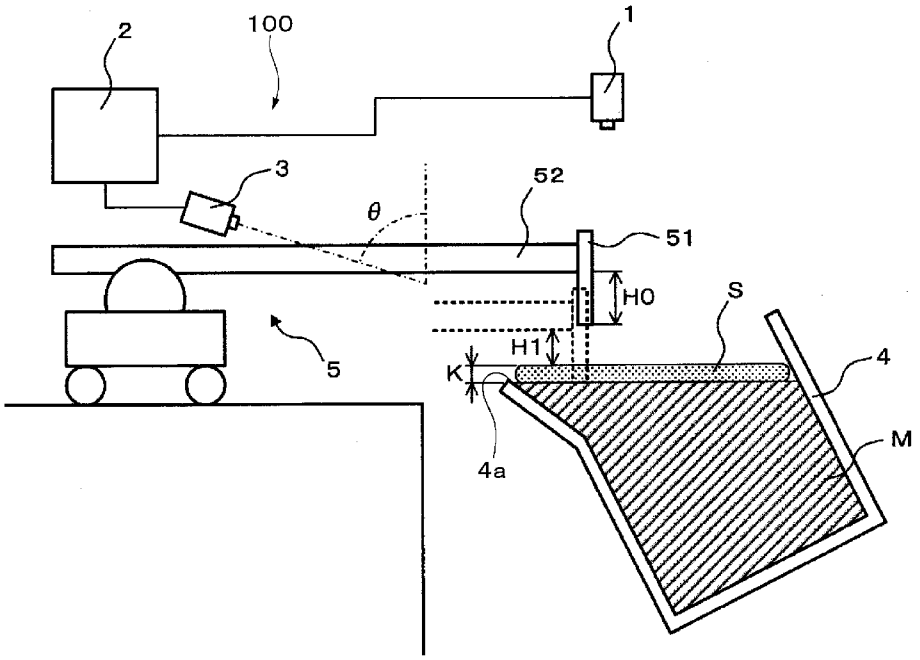
(72) 発明者: 楠 智行 (**KUSUNOKI Tomoyuki**); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目６番１号 新日鐵住金株式会社内 Tokyo (JP). 宮▲崎▼ 貴大(**MIYAZAKI Takahiro**); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目６番１号 新日鐵住金株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 棚井 澄雄, 外 (**TANAI Sumio** et al.); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目９番２号 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,

(54) **Title:** METHOD FOR EVALUATING VOLUME OF SLAG ON SURFACE OF MOLTEN METAL

(54) 発明の名称： 溶融金属表面のスラグ体積評価方法



(57) **Abstract:** This method for evaluating the volume of slag on the surface of molten metal includes: a preparation step of measuring the thickness of a plurality of pieces of slag having mutually different thicknesses, floating on the surface of molten metal in a container, and calculating the value of a density parameter having a correlation with the densities of pixels regions, in a captured image of the molten metal surface in the container, corresponding to the plurality of pieces of slag, in order to calculate in advance an approximate curve representing a correspondence relationship between the slag

WO 2018/105652 A1

[続葉有]

CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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, SA, 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, ST, 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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

thickness and the density parameter; and a slag volume calculating step of calculating the volume of slag by calculating and integrating the slag thickness for each pixel on the basis of the density parameter for each pixel forming a captured image obtained by capturing an image of the molten metal surface to be evaluated, and on the basis of the approximate curve.

(57) 要約:この溶融金属表面のスラグ体積評価方法は、容器内の溶融金属の表面に浮上している、互いに厚みの異なる複数のスラグの厚みを測定すると共に、前記容器内の湯面の撮像画像における、前記複数のスラグに対応する画素領域の濃度に相関を有する濃度パラメータの値を算出することで、スラグの厚みと前記濃度パラメータとの対応関係を示す近似曲線を予め算出する準備工程と;評価対象とする湯面を撮像して得られた撮像画像を構成する各画素の前記濃度パラメータの値と、前記近似曲線とに基づき、前記画素毎にスラグの厚みを算出して積算することで、スラグの体積を算出するスラグ体積算出工程と;を有する。

明　細　書

発明の名称 ： 溶融金属表面のスラグ体積評価方法

技術分野

[0001] 本発明は、溶融金属表面のスラグ体積評価方法に関する。

本願は、２０１６年１２月６日に日本に出願された特願２０１６－２３６９３６号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 高炉から溶銑鍋に取り出された溶銑、または転炉から取鍋に取り出された溶鋼などの、容器内に収容された溶融金属の表面にはスラグが浮上している。溶銑鍋内に収容された溶銑の表面に浮上しているスラグは、後工程である転炉工程で成分外れを発生させるおそれがある。また、取鍋内に収容された溶鋼の表面に浮上しているスラグも、後工程である２次精錬工程で成分外れを発生させるおそれがある。このように、容器内に収容された溶融金属の表面に浮上しているスラグは、後工程で有害な作用を及ぼすおそれがあるため、溶融金属を後工程に送る前に、スラグを容器外に掻き出す排滓機を用いてスラグを除去する排滓作業を行うことが一般的である。

[0003] 溶融金属の種類等に応じて、スラグを容器から完全に除去する排滓作業（完全排滓）を行う必要がある場合と、スラグを部分的に除去してスラグの一部を容器内に残す排滓作業（部分排滓）を行えば良い場合とがある。スラグを掻き出す際は、スラグのみならず溶融金属も部分的に掻き出してしまうため、スラグを掻き出す量が多くなれば、掻き出される溶融金属の量も多くなるのが一般的である。このため、部分排滓は、完全排滓に比べて、溶融金属のロスを低減して歩留まりを高めることが可能であるという利点を有する。しかしながら、部分排滓の場合、スラグが必要以上に容器内に残存すると、前述のように、後工程で有害な作用を及ぼすおそれがあるため、例えば排滓率を求める等して容器内に残存するスラグの量を正確に把握する必要がある。

[0004] ここで、従来技術として、容器を上方から見た場合のスラグ面積から排滓率を求める方法がある。しかしながら、容器内のスラグの一部を掻きだすと、例えば、残ったスラグの上部が崩壊して湯面に落下し、スラグが湯面において広がるように見える現象が生じる場合がある。この場合、上記従来技術の方法で排滓率を求めると、スラグを掻き出しているにも関わらず、排滓率が増大しない結果となる。すなわち、スラグ面積と排滓率とは相関がとれない場合が多く、上記従来技術の方法では容器内に残存するスラグの量を正確に把握することは難しい。

[0005] また、特許文献１には、溶融金属容器近傍に設置された撮像装置によって溶融金属容器内の湯面を撮像して得られた画像データから輝度ヒストグラムを求め、この輝度ヒストグラムのパターンからスラグ掻き出しの前期、中期、後期のいずれであるかを判断し、これらの時期毎の輝度ヒストグラムピーク位置よりスラグ判断閾値を求め、設定された閾値で輝度を２値化し、スラグと溶融金属とを識別する方法が開示されている。

特許文献１の上記方法によれば、スラグと溶融金属とを識別するための閾値を固定する場合に比べて、スラグと溶融金属とを正確に識別できると考えられる。このため、特許文献１の上記方法によれば、湯面におけるスラグの量をある程度正確に算出可能と考えられる。

[0006] しかしながら、実際のスラグには厚みがあり、スラグの排滓作業の過程でスラグの厚みは徐々に減少すると考えられる。特に、部分排滓の場合、容器内に残存するスラグの量を正確に把握する必要があるが、特許文献１の上記方法では、スラグの厚みを評価していないため、容器内に残存するスラグの量を正確に把握することが難しい。また、特許文献１の上記方法では、上記スラグの量を算出するのに多くの工程が必要となり、迅速に上記スラグの量を把握することが難しい。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：日本国特開２００３－１９５５３号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] 本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであり、容器内の溶融金属の表面に浮上しているスラグの体積をより正確にかつ迅速に評価することが可能な溶融金属表面のスラグ体積評価方法の提供を目的とする。

課題を解決するための手段

[0009] 本発明者らは、容器内の溶融金属の表面に浮上している、大気に触れて冷えて固まったスラグが、当該溶融金属から熱放射によって放射された放射光を吸収すること、及び、スラグの厚みに応じて当該放射光の吸収度合が異なることに着目した。そして、厚みの異なる複数のスラグが溶融金属の表面に浮上している状態で湯面を撮像し、スラグの厚みと濃度（輝度）との関係を予め算出しておけば、評価対象とする湯面の撮像画像に基づいてスラグの体積を算出することができることを見出した。

[0010] 上記の知見に基づき、本発明は、上記課題を解決するために以下を採用する。

（１）本発明の一態様に係る溶融金属表面のスラグ体積評価方法は、容器内に収容された溶融金属の表面に浮上しているスラグの体積を、前記容器内の湯面の撮像画像に基づいて評価する方法であって、前記溶融金属の表面に浮上している、互いに厚みの異なる複数のスラグの厚みを測定すると共に、前記複数のスラグが前記溶融金属の表面に浮上している状態で前記容器内の湯面を撮像して得られた撮像画像における、前記複数のスラグに対応する画素領域の濃度に相関を有する濃度パラメータの値を算出することで、スラグの厚みと前記濃度パラメータとの対応関係を示す近似曲線を予め算出する準備工程と；評価対象とする湯面を撮像する撮像工程と；前記撮像工程で得られた撮像画像を構成する各画素の前記濃度パラメータの値と、前記準備工程で算出した前記近似曲線とに基づき、前記撮像工程で得られた撮像画像を構成する画素毎にスラグの厚みを算出し、前記算出した画素毎のスラグの厚みを積算することで、スラグの体積を算出するスラグ体積算出工程と；を有す

る。

（２）上記（１）に記載の態様において、以下のように構成してもよい：前記容器内のスラグを排滓する排滓工程と；前記容器内のスラグの残存率を算出するスラグ残存率算出工程と；をさらに有し、前記撮像工程で、前記排滓工程前の前記容器内の湯面と、前記排滓工程後の前記容器内の湯面とを撮像し、前記スラグ体積算出工程で、前記排滓工程前の前記容器内のスラグの体積と、前記排滓工程後の前記容器内のスラグの体積とを算出し、前記スラグ残存率算出工程で、前記排滓工程後の前記容器内のスラグの体積を、前記排滓工程前の前記容器内のスラグの体積で除算して、前記容器内のスラグの残存率を算出する。

発明の効果

[0011] 本発明の上記各態様によれば、容器内の溶融金属の表面に浮上しているスラグの体積をより正確にかつ迅速に評価することができる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]本発明の一実施形態に係るスラグ体積評価方法に用いるスラグ体積評価装置の概略構成を示す模式図である。

[図2]上記スラグ体積評価方法を示すフロー図である。

[図3]図１に示す第１撮像手段１を用いて容器内の湯面を撮像することで得られる撮像画像の一例を示す図である。

[図4]図３に示すスラグＳ１～Ｓ３が容器内の湯面に浮上している状態を示す図であって、図３のＸ－Ｘ線断面図である。

[図5]図２に示す準備工程ＳＴ１において算出した近似曲線の一例を示す図である。

[図6A]図２に示すスラグ体積算出工程ＳＴ３においてスラグの厚みを算出する手順を説明するための図であって、撮像工程ＳＴ２で得られる撮像画像の一例を示す図である。

[図6B]図２に示すスラグ体積算出工程ＳＴ３においてスラグの厚みを算出する手順を説明するための図であって、図６Ａの破線Ａで囲まれた画素領域の

拡大図である。

[図6C]図２に示すスラグ体積算出工程ＳＴ３においてスラグの厚みを算出する手順を説明するための図であって、図６Ｂに示す画素領域において算出されたスラグの厚みを示す図である。

[図7]上記スラグ体積評価方法と、特許文献１に記載の方法とを比較した試験結果を示す図である。

発明を実施するための形態

[0013] 以下、図面を参照しながら、本発明の一実施形態に係る溶融金属表面のスラグ体積評価方法（以下、単に「スラグ体積評価方法」とも言う）について説明する。なお、本明細書及び図面において、実質的に同一の機能構成を有する構成要素については同一符号を付すことにより、それらの重複説明を省略する。

まず、本実施形態に係るスラグ体積評価方法に用いるスラグ体積評価装置の構成について説明する。

[0014] 図１は、本実施形態に係るスラグ体積評価方法に用いるスラグ体積評価装置１００の概略構成を示す模式図である。なお、図１において、溶融金属Ｍを収容する容器４は断面で示している。

図１に示すように、スラグ体積評価装置１００は、傾動させた溶銑鍋などの容器４内に収容された溶銑などの溶融金属Ｍの表面に浮上しているスラグＳを、掻き板５１およびアーム５２を有する排滓機５を用いて容器４外に掻き出す排滓作業に用いられる。

[0015] 容器４内に収容された溶融金属Ｍは、例えば温度が１２００℃～１４００℃であり、熱放射により発光している（すなわち、溶融金属Ｍは、熱放射により自発光している）。一方、容器４内に収容された溶融金属Ｍの表面に浮上しているスラグＳは、大気に触れることで冷えて表面付近は凝固しており、実質的には自発光せず、溶融金属の発光を遮っている。

[0016] スラグ体積評価装置１００は、容器４内の湯面を鉛直方向上方から撮像する第１撮像手段１と、容器４内の湯面を鉛直方向に対して斜め上方から撮像

する第２撮像手段３と、これら第１撮像手段１および第２撮像手段３に接続された画像処理手段２とを備えている。

なお、本明細書において「湯面」とは、溶融金属Ｍの表面のみを意味するものではなく、スラグが溶融金属の表面に浮上している場合にはスラグの表面を意味する。すなわち、容器４内の収容物の最表面（最上面）を意味する。

[0017] 第１撮像手段１としては、例えば、可視光域に主感度を有するＣＣＤカメラ、または赤外光域に主感度を有する熱画像カメラ（サーモグラフィ）などを用いることができる。本実施形態では、第１撮像手段１としてＣＣＤカメラを用いている。

なお、本実施形態のようにＣＣＤカメラを用いる場合、撮像画像におけるスラグに対応する画素領域の濃度の値を算出可能である。また、熱画像カメラ（サーモグラフィ）を用いる場合、当該画素領域の温度又は濃度（温度に換算する前の濃度）の値を算出可能である。

[0018] 画像処理手段２は、例えば、後述のスラグ体積算出工程ＳＴ３およびスラグ残存率算出工程ＳＴ７を実行するための所定のプログラムがインストールされた汎用のパーソナルコンピュータから構成される。なお、画像処理手段２は、第１撮像手段１および第２撮像手段３で得られた撮像画像を表示するためのモニターを有している。

[0019] 第２撮像手段３としては、第１撮像手段１と同様に、例えば可視光域に主感度を有するＣＣＤカメラ、または赤外光域に主感度を有する熱画像カメラ（サーモグラフィ）を用いることができる。本実施形態では、第２撮像手段３として、ＣＣＤカメラを用いている。

[0020] 本実施形態に係るスラグ体積評価方法は、スラグ体積評価装置１００を用いて実行される。以下、本実施形態に係るスラグ体積評価方法について説明する。

[0021] 図２は、本実施形態に係るスラグ体積評価方法を示すフロー図である。本実施形態に係るスラグ体積評価方法は、溶融金属Ｍを収容する容器４内の湯

面を第１撮像手段１によって撮像して得られる撮像画像に基づき、溶融金属Ｍの表面に浮上しているスラグＳの体積を評価する方法であって、図２に示すように、準備工程ＳＴ１と、撮像工程ＳＴ２と、スラグ体積算出工程ＳＴ３と、排滓工程ＳＴ４と、撮像工程ＳＴ５と、スラグ体積算出工程ＳＴ６と、スラグ残存率算出工程ＳＴ７と、排滓作業を終了するか否かを判断する判断工程ＳＴ８とを有している。

以下、各工程の内容について、順次説明する。

[0022] （準備工程ＳＴ１）

準備工程ＳＴ１においては、まず、互いに厚みの異なる複数のスラグＳが溶融金属Ｍの表面に同時に浮上している状態の湯面を、第１撮像手段１を用いて撮像する。この際、排滓機５を用いた排滓作業（部分排滓）の異なる時期に得られる複数の湯面を撮像してもよいし、排滓作業のある時点における単一の湯面を撮像してもよい。なお、排滓作業（部分排滓）の異なる時期に得られる複数の湯面の具体例として、例えば、スラグＳの排滓作業を開始する前の湯面（スラグＳの厚みが最も大きいと考えられる湯面）、排滓作業中期の湯面、および排滓作業終了後の湯面（スラグＳの厚みが最も小さいと考えられる湯面）を例示できる。

得られた撮像画像は、画像処理手段２に記憶される。

[0023] なお、第１撮像手段１によって得られた撮像画像における溶融金属Ｍに対応する画素領域の濃度が最大値の２５５（白）となるように、第１撮像手段１が具備するレンズの絞り、および第１撮像手段１から出力されるビデオ信号のゲインが調整される。後述の撮像工程ＳＴ２においても同様である。

また、本実施形態では、第１撮像手段１の視野が、容器４の湯面だけでなく、容器４および背景Ｂも視野内に含まれるように設定されている。なお、容器４の湯面だけが視野内に含まれるように第１撮像手段１の視野を設定してもよい。

[0024] ここで、本明細書における「濃度」とは、例えば２５６階調の画像の明暗（すなわち、画像上の輝度）のことを指す。そして、この濃度と、容器内の

湯面における熱放射輝度との関係は、リニアな関係にある。

[0025] 図３は、第１撮像手段１によって容器４内の湯面を撮像することで得られる撮像画像の一例を模式的に示す図である。図３は、第１撮像手段の視野が容器４及び背景Ｂも視野内に含まれる広い視野に設定され、単一の湯面に互いに厚みの異なる複数のスラグＳ１～Ｓ３が同時に浮上している場合を示している。図３では、スラグＳ１の厚みが最も大きく、スラグＳ２、スラグＳ３の順に厚みが小さくなっている。

[0026] 図３に示す撮像画像における、スラグＳに相当する画素領域のうち、厚みが最も大きいスラグＳ１に対応する画素領域が最も暗く（濃度が小さく）なり、厚みが最も小さいＳ３に対応する画素領域が最も明るく（濃度が大きく）なっている。また、前述のように、溶融金属Ｍに対応する画素領域の濃度は最大値の２５５（白）となっている。

なお、容器４に対応する画素領域および背景Ｂに対応する画素領域は、容器４および背景Ｂの温度が溶融金属ＭおよびスラグＳよりも低いため、実際には暗く（濃度が小さく）なるが、図示の便宜上、溶融金属Ｍに対応する画素領域と同様に白で示している。

[0027] ここで、図４を用いて、図３に示す、各スラグＳ１～Ｓ３にそれぞれ相当する画素領域の明るさが異なる理由を説明する。なお、図４は、スラグＳ１～Ｓ３が容器４内の溶融金属Ｍに浮上している状態を示す図であって、図３のＸ－Ｘ線断面図である。

図４に示すように、溶融金属Ｍから熱放射により放射された放射光ＳＲは、一部がスラグＳ１～Ｓ３に吸収される。一方、スラグＳ１～Ｓ３を透過した放射光ＳＲは透過光ＴＩ１～ＴＩ３となり、これら透過光ＴＩ１～ＴＩ３は第１撮像手段１に入射する。

スラグの厚みが大きいほど、スラグによる放射光ＳＲの吸収が大きくなるため、スラグＳ１を透過した透過光ＴＩ１、スラグＳ２を透過した透過光ＴＩ２、およびスラグＳ３を透過した透過光ＴＩ３の順に光の強度が大きくなる。これにより、図３に示す撮像画像において、スラグＳ１、スラグＳ２、

及びスラグＳ３の順に、画素領域が明るくなっている。

[0028] 続いて、準備工程ＳＴ１では、図３に示す撮像画像における、スラグＳ１～Ｓ３に対応する画素領域の濃度に相関を有する濃度パラメータの値を算出する。濃度パラメータとしては、濃度そのものの他、温度を例示できるが、本実施形態では濃度パラメータとして濃度そのものを用いている。

具体的には、各スラグＳ１～Ｓ３に対応する画素領域の平均濃度を算出する。各スラグＳ１～Ｓ３に対応する画素領域は、例えば、撮像画像を画像処理手段２のモニターに表示し、これを操業者が目視することで認識可能である。そして、例えば、マウス等のポインティングデバイスを用いて指定した輪郭内の平均濃度等を算出するプログラムを画像処理手段２にインストールしておけば、操業者がモニターを目視しながら各スラグＳ１～Ｓ３の輪郭を指定することで、画像処理手段２が自動的に各スラグＳ１～Ｓ３に対応する画素領域の平均濃度を算出可能である。

[0029] その後、準備工程ＳＴ１では、各スラグＳ１～Ｓ３に対応する画素領域の平均濃度の値を用いて、スラグＳの厚みと濃度との対応関係を示す近似曲線を算出する。換言すれば、互いに厚みが異なる複数のスラグＳ（図３に示す例ではスラグＳ１～Ｓ３）の厚みと、各スラグＳに対応する画素領域の平均濃度の値とを用いて、例えば、最小二乗法を適用することで、近似曲線を算出する。なお、本実施形態では、好ましい態様として、スラグＳに対応する画素領域の濃度の値だけでなく、スラグＳの厚みがゼロの画素領域（すなわち、溶融金属Ｍに対応する画素領域）の濃度の値（本実施形態では２５５）も用いて近似曲線を算出している。

[0030] 各スラグＳの厚みは、例えば、排滓機５の掻き板５１の上下方向寸法とスラグＳとを比較することで、測定可能である。具体的には、本実施形態では、図１に示すように、排滓機５のアーム５２を駆動して（回動させて）掻き板５１の下端部をスラグＳに埋没させ、掻き板５１の下面をスラグＳの下面（溶融金属Ｍの上面）に略一致させる。そして、第２撮像手段３によって容器４内の湯面を鉛直方向に対して斜め上方から撮像する。これにより、スラ

グＳ及び掻き板５１の双方が写った撮像画像が得られる。

[0031] なお、図１に示すように、容器４を傾けた状態では、溶融金属Ｍの上面と、容器４の注ぎ口４ａとは高さ方向における位置が略一致する。そのため、注ぎ口４ａの高さ位置と掻き板５１の下面の高さ位置とを略一致させることにより、掻き板５１の下面をスラグＳの下面（溶融金属Ｍの上面）と略一致させることができる。また、容器４内の溶融金属Ｍの体積から、容器４を傾けたときの湯面位置を予め算出しておき、この算出した湯面位置と掻き板５１の下面とが略一致するように、掻き板５１を下降させてもよい。

[0032] その後、この撮像画像を画像処理手段２のモニターに表示し、これを操業者が目視することで、アーム５２の下面とスラグＳの上面との距離Ｈ１を算出する。具体的には、例えば、マウス等のポインティングデバイスを用いて指定した２点を通る直線の距離（実寸）を、予め設定された第２撮像手段３の撮像倍率および視軸角（図１に示すθ）を用いた幾何学演算で算出するプログラムを画像処理手段２にインストールしておけば、操業者がモニターを目視しながらアーム５２の下面とスラグＳの上面との２点を指定することで、画像処理手段２が自動的に距離Ｈ１を算出可能である。そして、アーム５２の下面と掻き板５１の下面との距離Ｈ０は予め分かっているため、掻き板５１の下端部が埋没している箇所におけるスラグＳの厚みＫは、Ｋ＝Ｈ０－Ｈ１の関係式により、距離Ｈ０から距離Ｈ１を減算することで算出できる。

図３に示す例では、スラグＳ１～Ｓ３の各々に掻き板５１の下端部を順次埋没させて上記の手順を実行し、各スラグＳ１～Ｓ３の厚みを測定する。

[0033] 本実施形態では、スラグの厚みＫと濃度Ｉとの対応関係を精度良く近似するため、算出する近似曲線を指数関数で表わす。具体的には、スラグの厚みをＫとし、濃度の値をＩとし、下記の式（１）で表わされる近似曲線を算出する（最小二乗法等によって係数ａを特定する）。

$$I = I_0 \times e^{-aK} \quad \cdots (1)$$

[0034] 上記の式（１）において、I_0は準備工程ＳＴ１で得られた撮像画像における溶融金属Ｍに対応する画素領域の濃度の値（本実施形態では２５５）を、

ｅは自然対数の底を、ａは正の係数を、それぞれ意味する。

[0035] 図５は、準備工程ＳＴ１において算出した近似曲線の一例を示す図である。図５において円でプロットしたデータは、近似曲線を算出するのに用いた各スラグＳの厚みＫにおける濃度Ｉを、上下に延びるバーは、同じ厚みＫにおける濃度のバラツキ（標準偏差１σ）を示す。図５では、上記の式（１）における係数ａ＝０．００９と求められ、スラグＳの厚みＫと濃度Ｉとの相関係数をＲとすると、R^2＝０．９４１３となり、比較的精度良く近似できることが分かる。

[0036] 以上に説明した準備工程ＳＴ１は、実際に評価対象とする湯面のスラグＳの体積を評価する前に実行される。そして、準備工程ＳＴ１で得られた、スラグＳの厚みＫと濃度Ｉとの対応関係（近似曲線）は、画像処理手段２に記憶され、後述のスラグ体積算出工程ＳＴ３で用いられる。具体的には、後述の式（２）が画像処理手段２に記憶される。

[0037] （撮像工程ＳＴ２）

次に、撮像工程ＳＴ２では、第１撮像手段１によって、評価対象とする湯面を撮像する。この際、第１撮像手段１が具備するレンズの絞り、および第１撮像手段１から出力されるビデオ信号のゲイン等の撮像条件は、準備工程ＳＴ１で設定した条件と同一とする。

[0038] （スラグ体積算出工程ＳＴ３）

スラグ体積算出工程ＳＴ３では、画像処理手段２が、撮像工程ＳＴ２で得られた撮像画像を構成する各画素の濃度Ｉの値と、準備工程ＳＴ１で算出した近似曲線とに基づき、撮像工程ＳＴ２で得られた撮像画像を構成する画素毎にスラグＳの厚みＫを算出する。この際、算出されるスラグＳの厚みＫを濃度Ｉの関数とするため、上記の式（１）を変形して得られる下記の式（２）を用いる。なお、下記の式（２）の「Ｉｎ」は自然対数を意味する。

$$K(I) = (-1/a) \times \ln(I/I_0) \quad \cdots (2)$$

[0039] 前述のように、係数ａは準備工程ＳＴ１によって予め求められ（図５に示す例では、ａ＝０．００９）、濃度I_0も準備工程ＳＴ１によって予め設定（

図５に示す例では、I_0＝２５５）され、これら係数ａ及び濃度I_0は画像処理手段２に記憶されている。そのため、画像処理手段２は、各画素の濃度Ｉの値を上記の式（２）に代入することで、この濃度Ｉに対応するスラグＳの厚みＫを自動的に算出できる。

[0040] 図６Ａ～図６Ｃは、スラグ体積算出工程ＳＴ３においてスラグＳの厚みＫを算出する手順を説明するための図である。なお、図６Ａは撮像工程ＳＴ２で得られる撮像画像の一例を模式的に示す図である。図６Ｂは、図６Ａの破線Ａで囲まれた画素領域の拡大図（左図）、および図５に示す近似曲線を用いて画素領域の濃度からスラグの厚みを算出するためのグラフ（右図）である。図６Ｃは図６Ｂに示す画素領域において算出されたスラグＳの厚みＫを示す図である。

図６Ａの破線Ａで囲まれた画素領域中に、濃度が５０、１００、１５０の画素領域が存在するとすれば、図６Ｂに示す近似曲線に基づき（上記の式（２）に基づき）、厚み１８１ｍｍ、１０４ｍｍ、５９ｍｍが算出される。

スラグ体積算出工程ＳＴ３では、破線Ａで囲まれた画素領域について説明した上記の処理を、撮像工程ＳＴ２で得られた撮像画像を構成する各画素について実行する。

[0041] ただし、図６Ａに示すように、撮像画像中に容器４および背景Ｂに対応する画素領域が存在する場合、前述のように、これら画素領域の濃度は小さいため、近似曲線に基づき算出される厚みが大きくなる。そのため、これら画素領域の厚みを後述の積算に加えると、算出されるスラグＳの体積に大きな誤差が生じる。

したがって、例えば、撮像画像を構成する全ての画素中、容器４に対応する画素領域よりも内側に位置する画素だけを、厚みを算出する対象にする。一般に、排滓作業を行うときの容器４の位置は固定されている場合が多く、この場合、撮像画像中の容器４および背景Ｂに対応する画素領域の位置は変動しないことになる。このため、撮像画像中の容器４に対応する画素領域よりも内側に位置する画素の座標を予め設定して画像処理手段２に記憶してお

くことで、当該画素領域よりも内側に位置する画素についてのみ厚みを算出することができる。

また、例えば、撮像画像を構成する全ての画素（容器４及び背景Ｂに対応する画素も含む）について厚みを算出した後、容器４に対応する画素領域よりも内側に位置する画素についての厚みだけを積算してもよい。

また、容器４及び背景Ｂに対応する画素領域の濃度は、溶融金属Ｍ及びスラグＳに対応する画素領域の濃度よりも小さくなるのが一般的であるため、例えば、所定のしきい値以上の濃度を有する画素だけを対象にしてもよい。

また、撮像画像を構成する全ての画素の厚みを算出した後、前記所定のしきい値以上の濃度を有する画素についての厚みだけを積算してもよい。前記所定のしきい値は、溶融金属ＭおよびスラグＳに対応する画素領域の濃度と、容器４及び背景Ｂに対応する画素領域の濃度とを識別可能な値である。

また、例えば、容器４内の湯面だけが撮像されるように、第１撮像手段１の視野を予め調整してもよい。ただし、視野を小さくし過ぎると、スラグＳの一部が視野外となり、スラグＳの体積を精度良く算出できないおそれがあるため、容器４が写らない範囲で可能な限り大きな視野に調整することが好ましい。

なお、溶融金属Ｍに対応する画素領域は、算出対象にしてもよいし、しなくてもよい。溶融金属Ｍに対応する画素領域の濃度はI_0（本実施形態では２５５）であるため、上記の式（２）で算出される厚みＫ（I_0）がゼロとなる。そのため、仮に溶融金属Ｍに対応する画素領域について厚みを算出し、後述の積算に加えたとしても、算出されるスラグＳの体積に誤差は生じないからである。

[0042] 続いて、スラグ体積算出工程ＳＴ３では、算出した画素毎の厚みを積算することで、スラグＳの体積を算出する。

具体的には、排滓作業の開始時刻を始点とする時刻ｔにおいて撮像した撮像画像について、濃度Ｉの画素の総数をＮｓ（ｔ，Ｉ）とすると、画像処理手段２は、例えば、下記の式（３）に基づき、時刻ｔにおけるスラグＳの体

積Ｖ（ｔ）を算出する。下記の式（３）において、I_{th}は、溶融金属Ｍおよびスラグ Ｓに対応する画素領域の濃度と、容器４および背景Ｂに対応する画素領域の濃度とを識別可能な前述の所定のしきい値を意味する。なお、下記の式（３）で算出される体積の単位は、画素×画素×厚み（ｍｍ）であるが、第１撮像手段１の撮像倍率等に基づき、１画素当たりの分解能（実寸）を予め求めておけば、実寸単位で体積を算出できる。

[数1]

$$V(t)=\sum_{I=Ith}^{I_0} K(I)\cdot Ns(t,I) \quad \cdots(3)$$

[0043] （排滓工程ＳＴ４）

次に、容器４を傾けた状態で、排滓機５を用いて容器４外へスラグＳの一部を掻き出す（図１参照）。すなわち、排滓工程ＳＴ４では、容器４内の全てのスラグを掻き出さず、スラグＳの一部が容器４内に残るように排滓作業を行う。

[0044] （撮像工程ＳＴ５）

撮像工程ＳＴ５では、排滓工程ＳＴ４後の容器４内の湯面を撮像する。なお、撮像条件等は、上記撮像工程ＳＴ２と同様である。

[0045] （スラグ体積算出工程ＳＴ６）

スラグ体積算出工程ＳＴ６では、撮像工程ＳＴ５で得られた撮像画像に基づき、排滓工程ＳＴ４後の容器４内のスラグの体積を算出する。なお、算出方法は、上述したスラグ体積算出工程ＳＴ３と同様である。

[0046] （スラグ残存率算出工程ＳＴ７）

スラグ残存率算出工程ＳＴ７では、画像処理手段２が、スラグ体積算出工程ＳＴ６で算出したスラグＳの体積（排滓工程ＳＴ４後に撮像した撮像画像に基づいて算出したスラグＳの体積）を、スラグ体積算出工程ＳＴ３で算出したスラグＳの体積（排滓工程ＳＴ４前に撮像した撮像画像に基づいて算出したスラグＳの体積）で除算して、容器４内のスラグＳの残存率を算出する

。すなわち、画像処理手段２は、下記の式（４）に基づき、時刻ｔにおけるスラグＳの残存率Ｐｓ（ｔ）を算出する。算出したスラグＳの残存率Ｐｓ（ｔ）は、画像処理手段２に記憶され、モニターに表示される。

Ｐｓ（ｔ）＝Ｖ（ｔ）／Ｖ（０）　・・・（４）

[0047] なお、スラグＳの残存率Ｐｓ（ｔ）を用いて、スラグＳの排滓率Ｑｓ（ｔ）は、下記の式（５）により算出することができる。

Ｑｓ（ｔ）＝１－Ｐｓ（ｔ）　・・・（５）

[0048] 次に、操業者がモニターに表示されたスラグＳの残存率Ｐｓ（ｔ）を目視して、所望の残存率に到達したか否かを判断し、スラグＳの排滓作業を終了するか否かを決定する（図２のＳＴ８）。排滓作業を終了する場合（図２のＳＴ８において「Ｙｅｓ」の場合）、本実施形態に係るスラグ体積評価方法は完了する。

一方、排滓作業を終了しない場合（図２のＳＴ８において「Ｎｏ」の場合）、排滓工程ＳＴ４、撮像工程ＳＴ５、スラグ体積算出工程ＳＴ６、及びスラグ残存率算出工程ＳＴ７を繰り返し実行する。

[0049] 以上に説明した本実施形態に係るスラグ体積評価方法によれば、準備工程ＳＴ１において、スラグＳの厚みと濃度との対応関係を示す近似曲線を予め算出しておき、この近似曲線に基づいて、撮像工程ＳＴ２で得られた、評価対象とする湯面の撮像画像を構成する画素毎にスラグの厚みを算出するため、スラグＳの体積をより正確かつ迅速に評価することができる。このため、スラグＳの排滓作業の過程において、容器４内に残存するスラグＳの体積を逐次評価して、スラグＳが必要以上に容器４内に残存しないように、排滓作業を最適化することが可能である。

[0050] また、本実施形態に係るスラグ体積評価方法によれば、スラグ残存率算出工程ＳＴ７で容器４内のスラグＳの残存率を算出する。この残存率を用いれば、後工程で容器４内の溶融金属Ｍを処理する際に、この溶融金属Ｍに含まれる硫黄成分の量を予測可能である。これにより、後工程における溶融金属Ｍの成分調整を好適化できる。

[0051] ここで、容器内の溶融金属中の硫黄成分を脱硫剤（フラックス）の添加によって脱硫し、溶融金属中の硫黄成分を生成したスラグに移行させる精錬を例に挙げると、容器内のスラグの残存率は、後工程における溶融金属中の硫黄成分の含有量に相関を有することが一般的に知られている。

排滓作業の前工程において、サンプル分析を用いれば、スラグを生成させる前の溶融金属中の硫黄成分の含有率と、スラグを生成させた後（脱硫精錬後）の溶融金属中の硫黄成分の含有率とを測定可能であり、両測定結果に基づき、排滓作業を開始する前の容器内のスラグ中の硫黄成分の含有量を算出可能である（含有率差×溶融金属量＝スラグ中の硫黄成分の含有量）。

本実施形態によれば、スラグ残存率算出工程ＳＴ７によって容器４内のスラグの残存率を算出できるため、算出したスラグの残存率と、前述のように算出した排滓作業開始前の容器内のスラグ中の硫黄成分の含有量とから、排滓作業開始後の容器内のスラグ中の硫黄成分の含有量を算出可能である。そして、この算出した排滓作業開始後の容器内のスラグ中の硫黄成分の含有量と、前述のようにサンプル分析を用いて算出した脱硫精錬後の溶融金属中の硫黄成分の含有量とを用い、後工程での処理時におけるスラグから溶融金属への複硫率を踏まえ、後工程での処理時における溶融金属中の硫黄成分の含有量を予測可能である。

したがって、溶融金属に要求される硫黄成分の含有率に応じてスラグ残存率を決定できる（排滓作業の終了を決定できる）。これにより、後工程における溶融金属の成分調整を好適化できるという利点を有する。

実施例

[0052] 次に、本発明の作用効果を確認するために行った実施例について説明する。

[0053] 本実施形態に係るスラグ体積評価方法と、特許文献１に記載の方法とを比較した。

具体的には、熟練の操業者が、容器４内の湯面を目視で確認しながら、排滓作業終了時のスラグＳの排滓率が０．７～０．８となるように排滓作業を

行った。この排滓作業の際、本実施形態に係るスラグ体積評価方法を用いて、排滓作業終了時のスラグＳの残存率Ｐｓ（ｔ）を算出し、上記の式（５）によりスラグＳの排滓率を求めた。また、この排滓作業の際、特許文献１に記載の方法を用いて算出した、排滓作業開始前および排滓作業終了時のスラグＳの面積からスラグＳの残存率を算出し、上記の式（５）によりスラグＳの排滓率を求めた。

以上の試験を、３回繰り返した。結果を図７に示す。

[0054] 図７では、操業者の目視判断によるスラグＳの排滓率を基準とし、本実施形態に係るスラグ体積評価方法を用いて求めたスラグＳの排滓率と、特許文献１に記載の方法を用いて求めたスラグＳの排滓率とを規格化した値を示す。なお、図７において、棒グラフの値は３回の試験の平均値を、棒グラフから上下に延びるバーはバラツキ（標準偏差１σ）を示す。

図７に示すように、特許文献１に記載の方法を用いて求めた、スラグＳの排滓率が０．７０±０．０８であるのに対し、本実施形態に係るスラグ体積評価方法を用いて求めた、スラグＳの排滓率は０．９８±０．０６であった。すなわち、本実施形態に係るスラグ体積評価方法によるスラグＳの排滓率の方が、特許文献１に記載の方法による排滓率よりも熟練操業者の感覚に近く、正確であると考えられる。

[0055] 以上、本発明の実施形態を説明したが、上記実施形態は、例として提示したものであり、本発明の範囲が上記実施形態のみに限定されるものではない。上記実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。上記実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれると同様に、請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

[0056] 例えば、上記実施形態では、準備工程ＳＴ１において、上記の式（１）で表される近似曲線（図５参照）を算出する場合を示した。準備工程ＳＴ１では、第１撮像手段１に入射された、スラグＳを透過した溶融金属Ｍの放射光から、図５に示すようなスラグの厚みＫと濃度Ｉとの関係を求めているため

、式（１）のような指数関数で近似できる場合が多い。しかしながら、近似曲線は式（１）に限定されるものではなく、スラグの厚みと濃度の測定データをフィッティングできればよい。そして、例えば下記の式（６）または式（７）で表される近似曲線を算出してもよい。

$I = I_0 / (aK^2 + bK + 1)$ ・・・（６）

$I = I_0 / (aK^3 + bK^2 + cK + 1)$ ・・・（７）

[0057] また、例えば、上記実施形態では、準備工程ＳＴ１において、第２撮像手段３による、掻き板５１の下面をスラグＳの下面（溶融金属Ｍの上面）と略一致させた状態の撮像画像に基づいてスラグＳの厚みＫを測定する場合を示した（図１参照）。しかしながら、第２撮像手段３に代えて、例えば、掻き板５１の上方において互いに同じ高さに配置した、非接触式の距離計である１組のレーザ距離計を用いてもよい。この場合、一方のレーザ距離計でスラグＳの上面までの距離を測定すると共に、他方のレーザ距離計でアーム５２の上面までの距離を測定した後、当該一方のレーザ距離計の測定結果から、当該他方のレーザ距離計の測定結果を減算すると共に、アーム５２の上下方向寸法を減算することで、アーム５２の下面とスラグＳの上面との距離Ｈ１を算出することができる。このようにして算出した距離Ｈ１をＨ０から減算することで、スラグＳの厚みＫを測定してもよい。

また、例えば、上記１組のレーザ距離計を用い、一方のレーザ距離計でスラグＳの上面までの距離を計測すると共に、他方のレーザ距離計で溶融金属Ｍの表面までの距離を計測し、これら計測結果の差分からスラグＳの厚みＫを測定してもよい。また、測定棒を用いてスラグＳの厚みＫを測定してもよい。なお、これらの場合、距離Ｈ１を測定する必要はない。

[0058] また、例えば、上記実施形態では、スラグ体積算出工程ＳＴ３においてスラグＳの体積を評価するための撮像画像を得る目的で用いる第１撮像手段１と、準備工程ＳＴ１においてスラグＳの厚みＫを算出する目的で用いる第２撮像手段３とを別個に設けている。しかしながら、例えば、第２撮像手段３を、スラグＳの厚みＫを算出する目的で用いると同時に、スラグＳの体積を

評価するための撮像画像を得る目的で用いてもよい。ただし、第２撮像手段３は、アーム５２の下面とスラグＳの上面との距離Ｈ１を算出するために鉛直方向に対して斜め上方から撮像する必要があるため、視軸角θが大きいほど、容器４の湯面のうち、第２撮像手段３に近い側の部位と遠い側の部位との間で、１画素当たりの分解能の差が大きくなったり、スラグＳの厚みが同じであっても対応する画素領域の濃度に差が生じるおそれがある。このように、スラグ体積の算出精度に悪影響を及ぼすおそれがあるため、上記実施形態のように、第１撮像手段１と第２撮像手段３とを用いることが好ましい。

[0059] また、例えば、上記実施形態では、第１撮像手段１によって得られた撮像画像における溶融金属Ｍに対応する画素領域の濃度が最大値の２５５（白）となるように第１撮像手段１が調整される。上記実施形態では、撮像画像を構成する画素の濃度をスラグＳの厚みに換算しているため、スラグＳの厚みを算出する分解能を高める上では、スラグＳ以外の溶融金属Ｍに対応する画素領域の濃度範囲を最大値に制限することで、スラグＳに対応する画素領域の濃度範囲を広く確保することができるためである。しかしながら、例えば、溶融金属Ｍに対応する画素領域の濃度が２５０～２５５となるように（最大値以外の濃度も含むように）、第１撮像手段１を調整してもよい。この場合、上記の式（１）、式（２）、および式（３）における濃度Ｉ$_0$として、溶融金属Ｍに対応する画素領域の濃度の最小値（上記の例では２５０）を用いれば良い。

[0060] また、上記実施形態では、図５に示すように、上記の式（１）で表される近似曲線を算出した。ここで、式（１）の係数ａに関し、スラグ成分および溶鋼温度を変えながら、スラグ厚みと濃度とを測定したところ、係数ａは、スラグ成分および溶鋼温度によらず、ほぼ一定であることがわかった。そのため、スラグ厚みＫと濃度Ｉとの対応関係を示す近似曲線をいったん求めておけば、スラグ成分および溶鋼温度が変化したとしても、当該近似曲線を用いることが可能である。ただし、より精度よくスラグ体積を算出する観点からは、スラグ成分および溶鋼温度が変わるたびに、スラグ厚みＫと濃度Ｉと

の対応関係を示す近似曲線を算出することが好ましい。

符号の説明

[0061] １：　第１撮像手段

２：　画像処理手段

３：　第２撮像手段

４：　容器

５：　排滓機

１００：　スラグ体積評価装置

Ｍ：　溶融金属

Ｓ：　スラグ

請求の範囲

[請求項1] 容器内に収容された溶融金属の表面に浮上しているスラグの体積を、前記容器内の湯面の撮像画像に基づいて評価する方法であって、

前記溶融金属の表面に浮上している、互いに厚みの異なる複数のスラグの厚みを測定すると共に、前記複数のスラグが前記溶融金属の表面に浮上している状態で前記容器内の湯面を撮像して得られた撮像画像における、前記複数のスラグに対応する画素領域の濃度に相関を有する濃度パラメータの値を算出することで、スラグの厚みと前記濃度パラメータとの対応関係を示す近似曲線を予め算出する準備工程と；

評価対象とする湯面を撮像する撮像工程と；

前記撮像工程で得られた撮像画像を構成する各画素の前記濃度パラメータの値と、前記準備工程で算出した前記近似曲線とに基づき、前記撮像工程で得られた撮像画像を構成する画素毎にスラグの厚みを算出し、前記算出した画素毎のスラグの厚みを積算することで、スラグの体積を算出するスラグ体積算出工程と；

を有することを特徴とする溶融金属表面のスラグ体積評価方法。

[請求項2] 前記容器内のスラグを排滓する排滓工程と；

前記容器内のスラグの残存率を算出するスラグ残存率算出工程と；

をさらに有し、

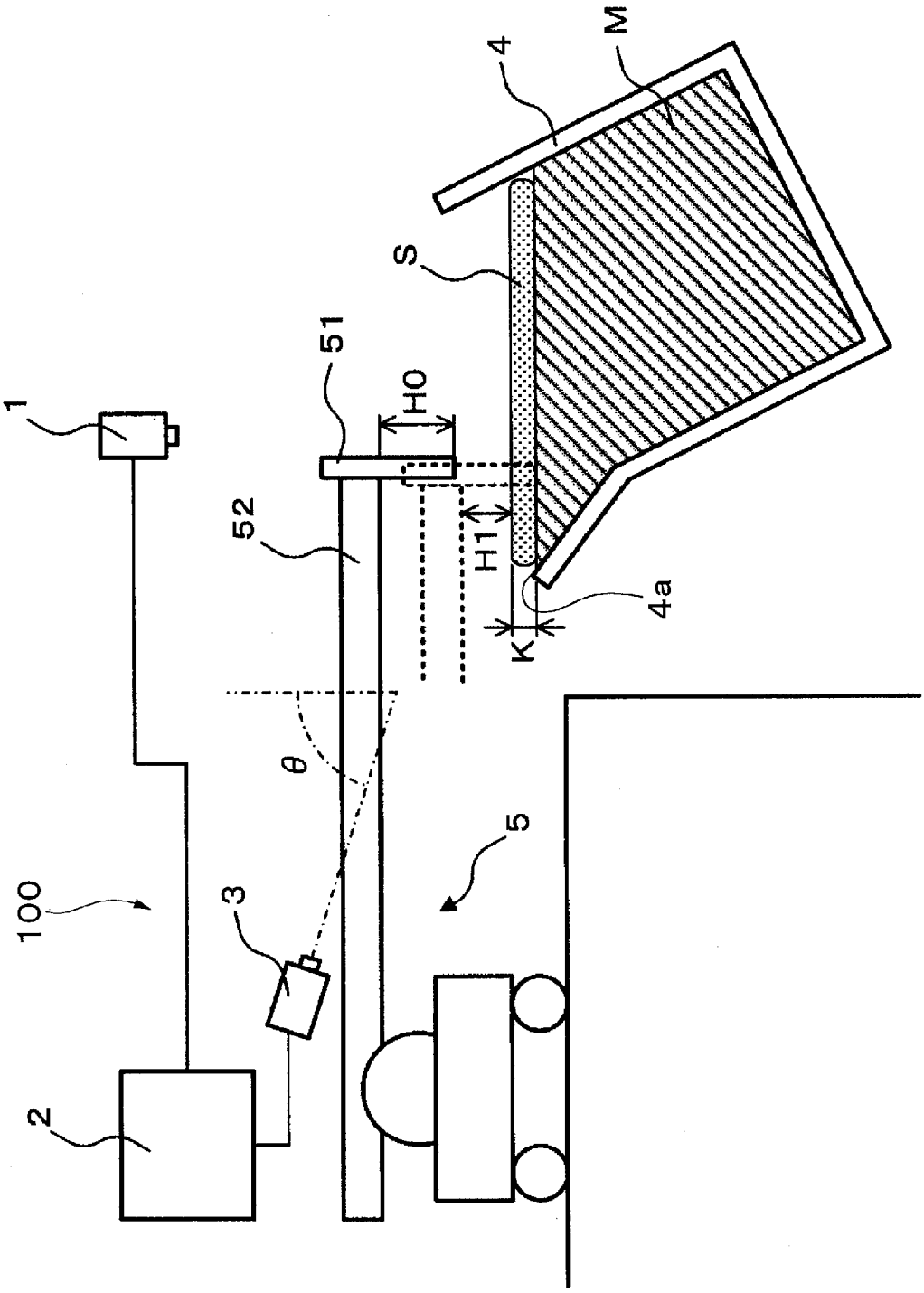
前記撮像工程で、前記排滓工程前の前記容器内の湯面と、前記排滓工程後の前記容器内の湯面とを撮像し、

前記スラグ体積算出工程で、前記排滓工程前の前記容器内のスラグの体積と、前記排滓工程後の前記容器内のスラグの体積とを算出し、

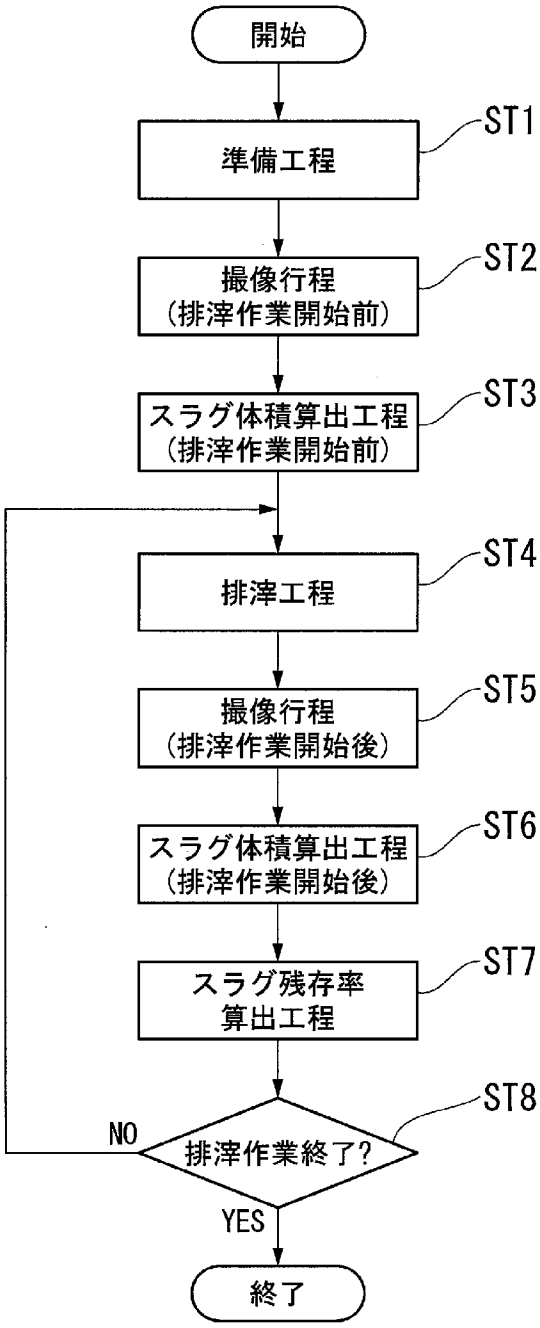
前記スラグ残存率算出工程で、前記排滓工程後の前記容器内のスラグの体積を、前記排滓工程前の前記容器内のスラグの体積で除算して、前記容器内のスラグの残存率を算出する

ことを特徴とする請求項１に記載の溶融金属表面のスラグ体積評価方法。

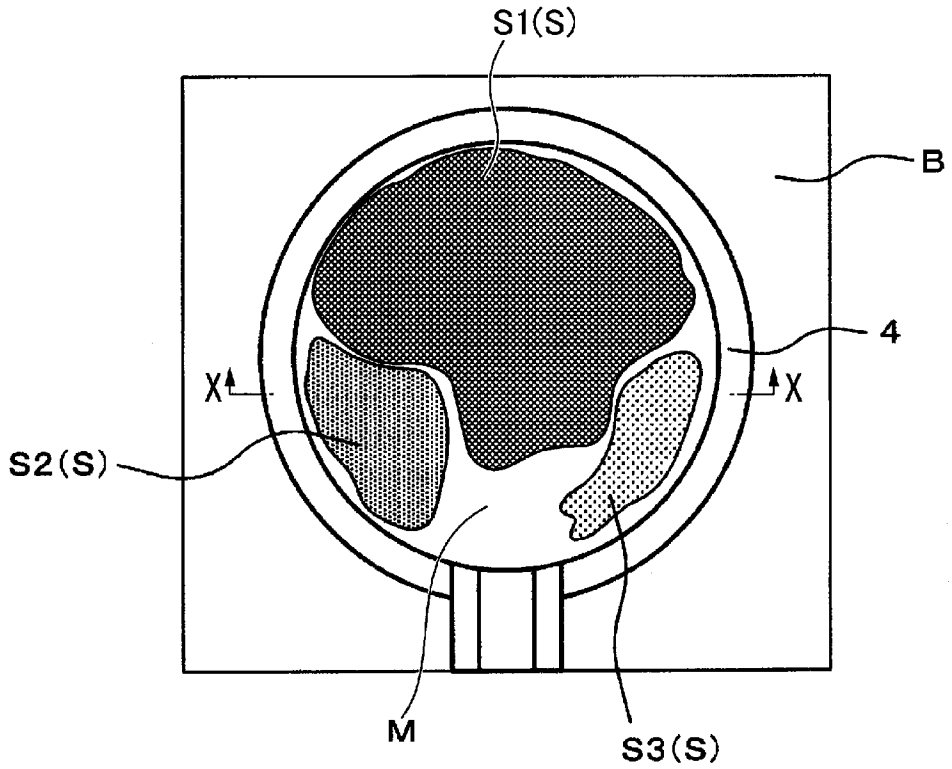
[図1]



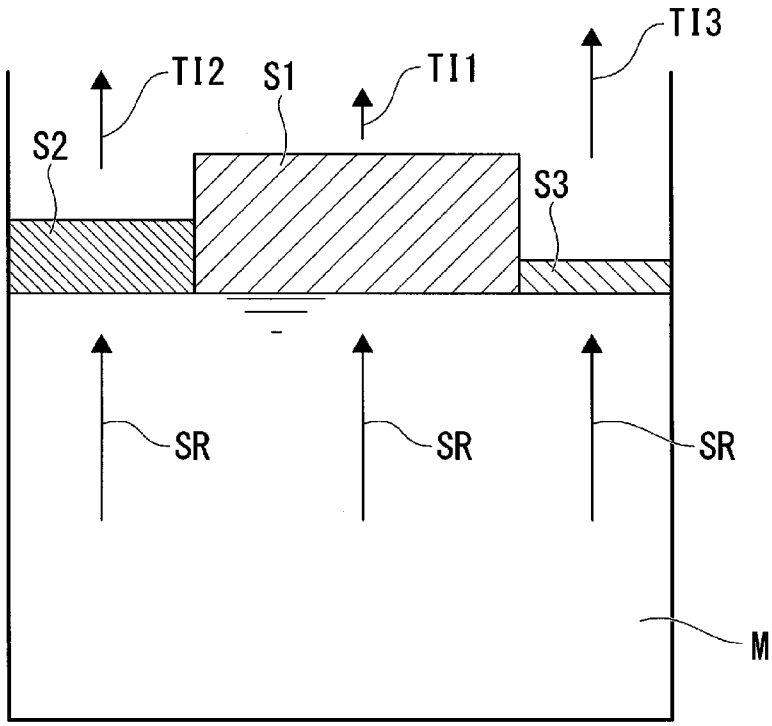
[図2]


開始
準備工程
ST1
撮像行程
(排滓作業開始前)
ST2
スラグ体積算出工程
(排滓作業開始前)
ST3
排滓工程
ST4
撮像行程
(排滓作業開始後)
ST5
スラグ体積算出工程
(排滓作業開始後)
ST6
スラグ残存率
算出工程
ST7
排滓作業終了?
ST8
NO
YES
終了

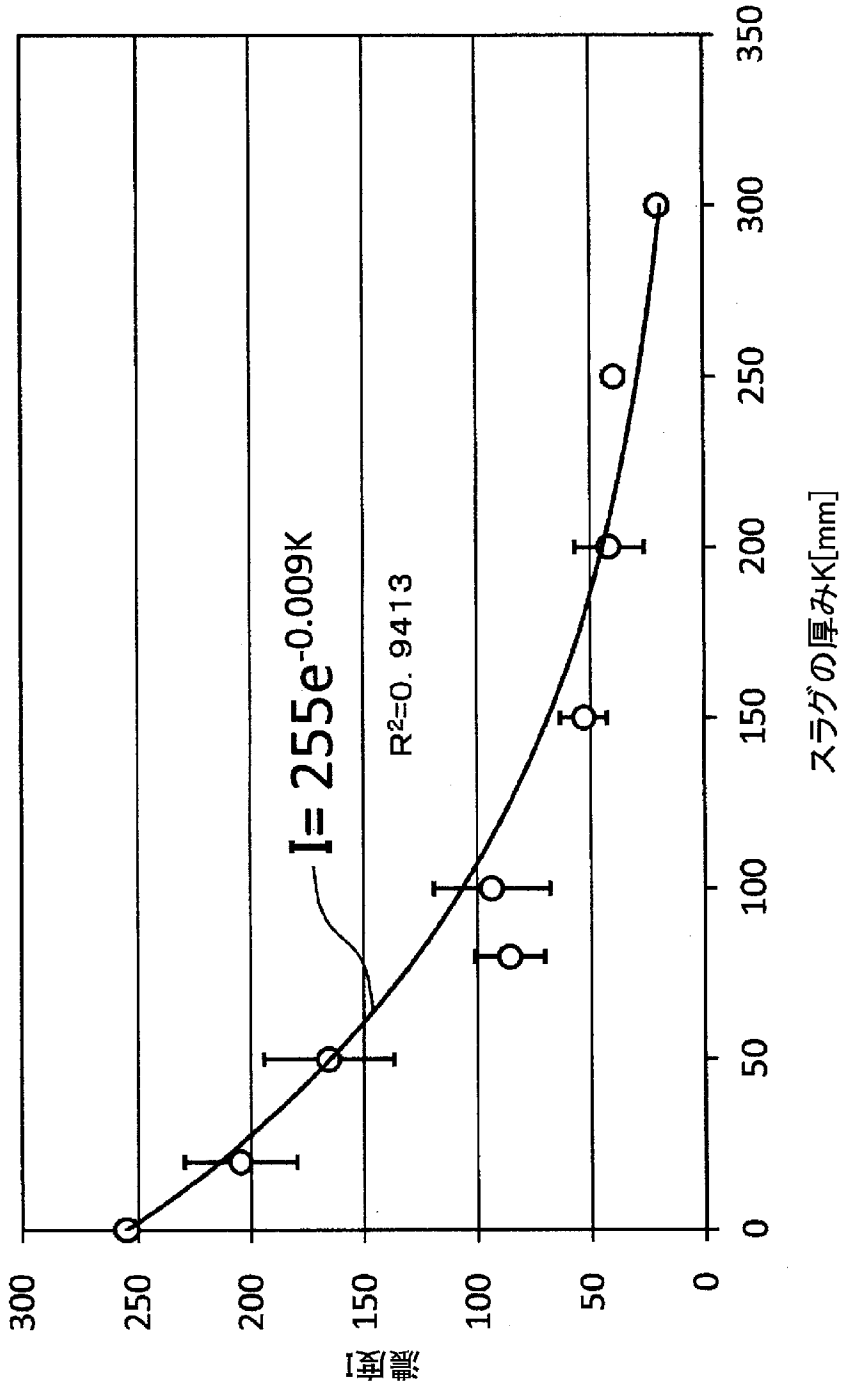
[図3]



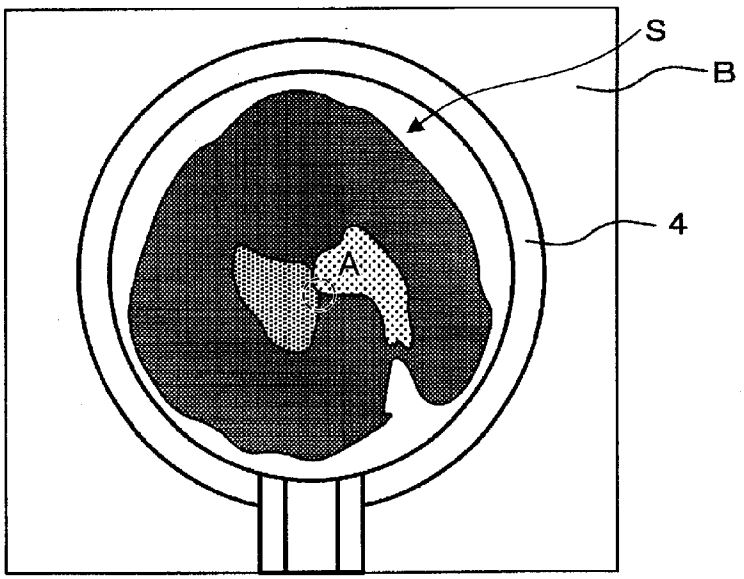
[図4]



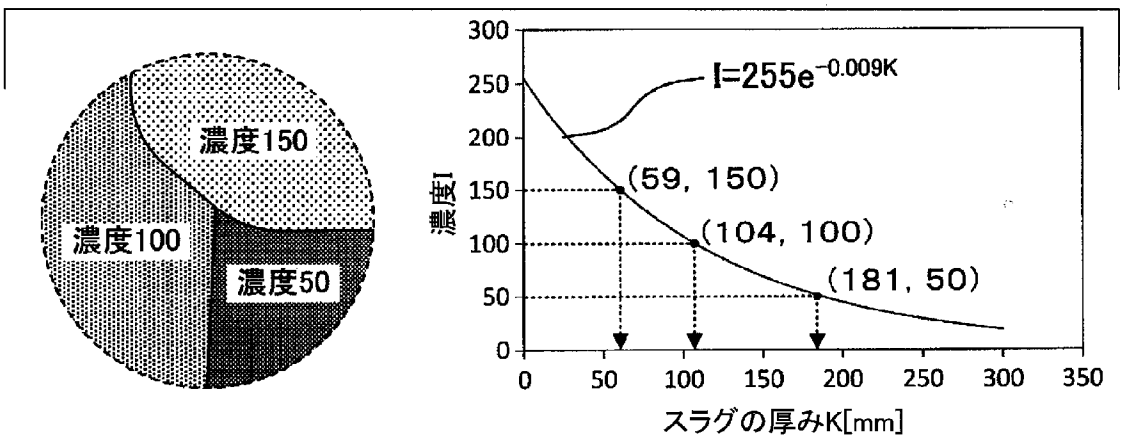
[図5]


I= 255e-0.009K
R2=0. 9413
濃度I
スラグの厚みK[mm]
300
250
200
150
100
50
0
0
50
100
150
200
250
300
350

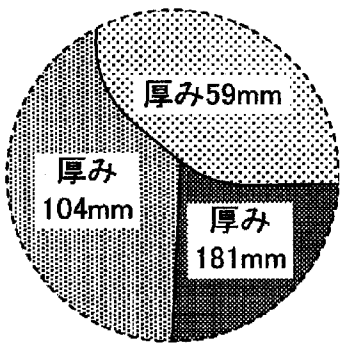
[図6A]


S
B
4
A

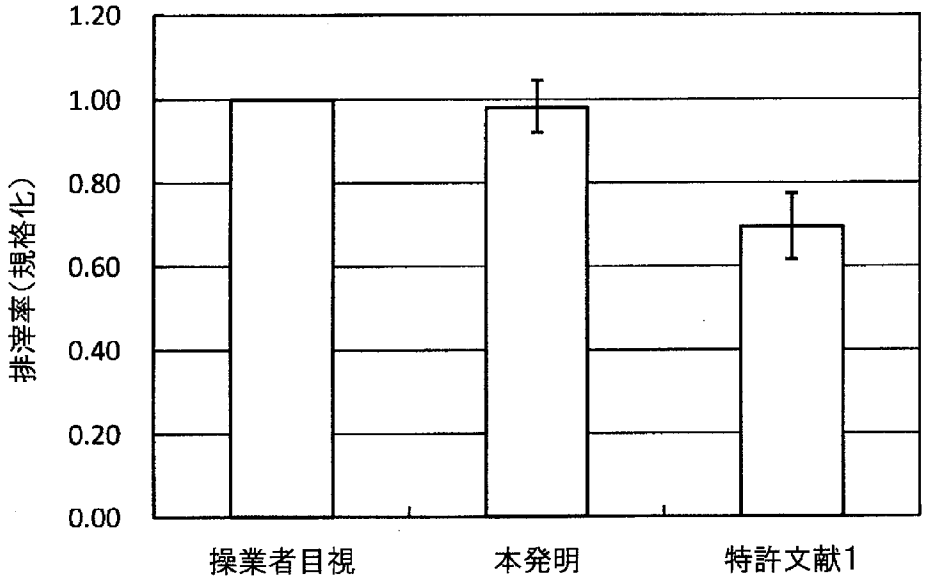
[図6B]


濃度150
濃度100
濃度50
300
250
200
150
100
50
0
I=255e−0.009K
(59, 150)
(104, 100)
(181, 50)
濃度I
0
50
100
150
200
250
300
350
スラグの厚みK[mm]

[図6C]


厚み59mm
厚み
104mm
厚み
181mm

[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/043809

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl. G01B11/06(2006.01)i, B22D37/00(2006.01)i, B22D43/00(2006.01)i, C21B3/04(2006.01)i, F27D21/00(2006.01)i, F27D21/02(2006.01)i, G01F17/00(2006.01)i, G01N33/20(2006.01)
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)
Int.Cl. G01B11/06, B22D37/00, B22D43/00, C21B3/04, F27D21/00, F27D21/02, G01F17/00, G01N33/20

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

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2018
Registered utility model specifications of Japan	1996-2018
Published registered utility model applications of Japan	1994-2018

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.
Y	JP 2002-523753 A (USX ENGINEERS & CONSULTANTS INC.) 30 July 2002, paragraph [0012], fig. 1 & US 6130637 A, column 3, lines 9-19, fig. 1	1-2
Y	JP 2003-13129 A (NKK CORP.) 15 January 2003, paragraph [0032], fig. 2 (Family: none)	1-2
Y	JP 2013-160627 A (NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORP.) 19 August 2013, paragraphs [0022]-[0025], fig. 2-3 (Family: none)	1-2

☒ 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 20 February 2018 (20.02.2018)	Date of mailing of the international search report 06 March 2018 (06.03.2018)
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/043809

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2004-144652 A (FUJI PHOTO FILM CO., LTD.) 20 May 2004, paragraphs [0031], [0034]-[0054], fig. 4-8 (Family: none)	1-2
Y	JP 2007-119837 A (NIPPON STEEL CORP.) 17 May 2007, paragraph [0012] (Family: none)	2
A	US 3080755 A (PERCY, James Ward) 12 March 1963, entire text, all drawings & US 3161499 A	1-2

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１７／０４３８０９

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G01B11/06(2006.01)i, B22D37/00(2006.01)i, B22D43/00(2006.01)i, C21B3/04(2006.01)i, F27D21/00(2006.01)i, F27D21/02(2006.01)i, G01F17/00(2006.01)i, G01N33/20(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.　G01B11/06, B22D37/00, B22D43/00, C21B3/04, F27D21/00, F27D21/02, G01F17/00, G01N33/20

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	１９７１－２０１８年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１８年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１８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
Y	JP 2002-523753 A (ユーエスエックス　エンジニアーズ　アンド　コンサルタンツ，インコーポレーテツド) 2002.07.30, ［００１２］、図１ & US 6130637 A, 第３欄第９－１９行、図１	1-2
Y	JP 2003-13129 A (日本鋼管株式会社) 2003.01.15, ［００３２］、図２（ファミリーなし）	1-2
Y	JP 2013-160627 A (新日鐵住金株式会社) 2013.08.19, ［００２２］－［００２５］、図２－３（ファミリーなし）	1-2

☑　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。　　☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　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の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	国際調査報告の発送日
２０．０２．２０１８	０６．０３．２０１８

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
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）　２Ｓ　４０６７
眞岩　久恵
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２１６

Ｃ（続き）．　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
Y	JP 2004-144652 A (富士写真フイルム株式会社) 2004.05.20, ［００３１］、［００３４］－［００５４］、図４－８（ファミリーなし）	1-2
Y	JP 2007-119837 A (新日本製鐵株式会社) 2007.05.17, ［００１２］（ファミリーなし）	2
A	US 3080755 A (PERCY, James Ward) 1963.03.12, 全文、全図 & US 3161499 A	1-2