(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11月1日(01.11.2018)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2018/199188 A1

(51) 国際特許分類:
B21B 38/00 (2006.01)　*B21C 51/00* (2006.01)
B21B 1/26 (2006.01)　*G01J 5/00* (2006.01)

(21) 国際出願番号：　PCT/JP2018/016868

(22) 国際出願日：　2018年4月25日(25.04.2018)

(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 2017-086161　2017年4月25日(25.04.2017)　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: 多根井　寛志 (TANEI, Hiroshi); 〒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). 杉浦 雅人(SUGIURA, Masato); 〒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). 山崎 修一(YAMAZAKI, Shuichi); 〒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). 近藤 泰光(KONDO, Yasumitsu); 〒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: 國分　孝悦 (KOKUBUN, Takayoshi); 〒1700013 東京都豊島区東池袋１丁目１７番８号 ＮＢＦ池袋シティビル５階 Tokyo (JP).

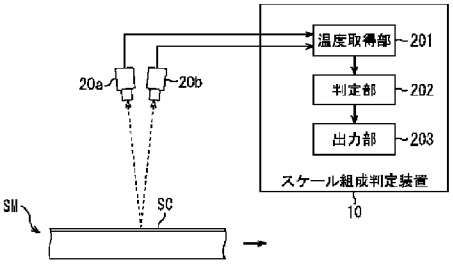
(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, 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).

(54) **Title:** SCALE COMPOSITION DETERMINATION SYSTEM, SCALE COMPOSITION DETERMINATION METHOD, AND PROGRAM

(54) 発明の名称： スケール組成判定システム、スケール組成判定方法、およびプログラム

図２



10　Scale composition determination device
201　Temperature acquiring unit
202　Determination unit
203　Output unit

(57) **Abstract:** A scale composition determination device (10) determines that Fe_2O_3 is formed in an outermost layer of a scale (SC) when the absolute value of the difference between temperatures of a steel material SM measured by radiation thermometers (20a, 20b) is equal to or greater than a predetermined temperature, and when this condition is not satisfied, the scale composition determination device (10) determines that Fe_2O_3 is not formed in the outermost layer of the scale (SC).

(57) 要約：スケール組成判定装置（１０）は、放射温度計（２０ａ、２０ｂ）により測定された鋼材ＳＭの温度の差の絶対値が所定の温度以上である場合に、スケール（ＳＣ）の最表層にFe_2O_3が生成されていると判定し、そうでない場合に、スケール（ＳＣ）の最表層にFe_2O_3が生成されていないと判定する。

WO 2018/199188 A1

［続葉有］

添付公開書類：

一　国際調査報告（条約第21条(3)）

明　細　書

発明の名称 ：

スケール組成判定システム、スケール組成判定方法、およびプログラム

技術分野

[0001] 本発明は、スケール組成判定システム、スケール組成判定方法、およびプログラムに関し、特に、鋼材の表面に生成されるスケールの組成を判定するために用いて好適なものである。

背景技術

[0002] 鋼材を加熱すると表面にスケール（鉄酸化物の皮膜）ができる。鋼材の表面に生成されるスケールには、単層スケールと、複層スケールとがある。単層スケールとは、ウスタイト（FeO）のみからなるスケールである。複層スケールとは、ヘマタイト（Fe_2O_3）、マグネタイト（Fe_3O_4）、およびウスタイト（FeO）からなるスケールである。複層スケールでは、表層から、ヘマタイト（Fe_2O_3）、マグネタイト（Fe_3O_4）、およびウスタイト（FeO）がこの順で配置される。特許文献１に記載されているように、単層スケールおよび複層スケールの何れのスケールになるのかは、鋼材の温度や、鋼材の周囲の雰囲気中の酸素濃度等によって定まる。また、スケールの密着性はその組成に関係している。例えば、熱間圧延工程において、ブリスタリング等により生じるスケールの剥離の発生頻度は、スケールの最表層にFe_2O_3が存在すると飛躍的に上がる。

[0003] 熱間圧延工程においてスケールが剥離すると、その後の圧延で、剥離したスケールが鋼材に押し込まれることにより鋼材の表面に疵が形成される虞がある。また、剥離したスケールが鋼材に押し込まれない場合でも、酸洗後、鋼材の表面にスケールの模様が生じる虞がある。従って、スケールの組成を判別し、その結果を、操業に活用することが望まれる。

[0004] スケールの組成を判別する手法として、Ｘ線回折測定が考えられる。Ｘ線回折測定では、スケールが成長している鋼材を数ｃｍ程度の大きさに切断し

た試験片を作製し、この試験片のＸ線回折パターンを測定する。スケールの結晶構造により異なるＸ線回折パターンが得られる。従って、Ｘ線回折パターンから、スケールの最表層にFe_2O_3があるか否か（即ち、前述した単層スケールであるか、複層スケールであるか）を判別することができる。

[0005] しかしながら、Ｘ線回折測定では、鋼材を切断して試験片を作製する必要がある。また、鋼材が冷えた後でしかＸ線回折パターンを測定することができない。従って、操業中の鋼材の表面に生成されているスケールの組成をオンライン（リアルタイム）で判別することができない。

[0006] そこで、特許文献１に記載の技術では、鋼材の表面における酸化の律速過程が、酸素分子が鋼板の表面の酸化膜へ供給される過程と、鉄原子が鋼材の表面で酸化する過程とのうち、何れに律速されているかによって、スケールの最表層にFe_2O_3があるか否かを判別する。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特開２０１２－９３１７７号公報

非特許文献

[0008] 非特許文献1：斎藤安俊、阿竹徹、丸山俊夫編訳、「金属の高温酸化」、内田老鶴圃、ｐ．３２～ｐ．３４、２０１３年

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] しかしながら、特許文献１に記載の技術では、鋼材の表面における酸化の律速過程を判別するためにモデル式を用いる必要がある。従って、判別の精度はモデル式の精度に依存する。また、初期の酸化層の厚みを仮定する必要がある。更に、複数のモデル定数をモデル式に設定する必要がある。このため、モデル定数を精度よく定める必要がある。従って、操業中の鋼材の表面に生成されているスケールの組成を精度良くオンライン（リアルタイム）で判別することが容易ではないという問題点がある。

[0010] 本発明は、以上の問題点に鑑みてなされたものであり、操業中の鋼材の表面に生成されているスケールの組成をオンラインで精度良く判別できるようにすることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0011] 本発明のスケール組成判定システムの第１の例は、鋼材の表面に生成されるスケールの組成を判定するスケール組成判定システムであって、相互に異なる２つの波長における前記鋼材の温度を放射測温法により測定する測定手段と、前記測定手段により測定された前記鋼材の温度の差に基づいて、前記スケールの最表層にヘマタイト（Fe_2O_3）が生成されているか否かを判定する判定手段と、を有し、前記２つの波長のうち第１の波長におけるヘマタイト曲線と、第２の波長における前記ヘマタイト曲線との交点におけるヘマタイトの厚みが、前記スケールの最表層に生成されるヘマタイトの厚みとして想定される厚みの上限値を上回るように定められており、前記ヘマタイト曲線は、ヘマタイトの厚みとヘマタイトの温度との関係を示す曲線であることを特徴とする。

本発明のスケール組成判定システムの第２の例は、鋼材の表面に生成されるスケールの組成を判定するスケール組成判定システムであって、相互に異なるＮ個の波長における前記鋼材の温度を放射測温法により測定する測定手段と、前記測定手段により測定された前記鋼材の温度のうちの２つの温度の差に基づいて、前記スケールの最表層にヘマタイト（Fe_2O_3）が生成されているか否かを判定する判定手段と、を有し、前記Ｎ個の波長は、想定されるヘマタイト（Fe_2O_3）の厚みの範囲内で、前記Ｎ個の波長におけるヘマタイト曲線の全てが交わる交点が存在しないように定められており、前記ヘマタイト曲線は、ヘマタイトの厚みとヘマタイトの温度との関係を示す曲線であり、前記Ｎは、３以上の整数であることを特徴とする。

[0012] 本発明のスケール組成判定方法の第１の例は、鋼材の表面に生成されるスケールの組成を判定するスケール組成判定方法であって、相互に異なる２つの波長における前記鋼材の温度を放射測温法により測定する測定工程と、前

記測定工程により測定された前記鋼材の温度の差に基づいて、前記スケールの最表層にヘマタイト（Fe_2O_3）が生成されているか否かを判定する判定工程と、を有し、前記２つの波長のうち第１の波長におけるヘマタイト曲線と、第２の波長における前記ヘマタイト曲線との交点におけるヘマタイトの厚みが、前記スケールの最表層に生成されるヘマタイトの厚みとして想定される厚みの上限値を上回るように定められており、前記ヘマタイト曲線は、ヘマタイトの厚みとヘマタイトの温度との関係を示す曲線であることを特徴とする。

本発明のスケール組成判定方法の第２の例は、鋼材の表面に生成されるスケールの組成を判定するスケール組成判定方法であって、相互に異なるＮ個の波長における前記鋼材の温度を放射測温法により測定する測定工程と、前記測定工程により測定された前記鋼材の温度のうちの２つの温度の差に基づいて、前記スケールの最表層にヘマタイト（Fe_2O_3）が生成されているか否かを判定する判定工程と、を有し、前記Ｎ個の波長は、想定されるヘマタイト（Fe_2O_3）の厚みの範囲内で、前記Ｎ個の波長におけるヘマタイト曲線の全てが交わる交点が存在しないように定められており、前記ヘマタイト曲線は、ヘマタイトの厚みとヘマタイトの温度との関係を示す曲線であり、前記Ｎは、３以上の整数であることを特徴とする。

[0013] 本発明のプログラムの第１の例は、鋼材の表面に生成されるスケールの組成を判定することをコンピュータに実行させるためのプログラムであって、放射測温法により測定された、相互に異なる２つの波長における前記鋼材の温度を取得する取得工程と、前記取得工程により取得された前記鋼材の温度の差に基づいて、前記スケールの最表層にヘマタイト（Fe_2O_3）が生成されているか否かを判定する判定工程と、をコンピュータに実行させ、前記２つの波長のうち第１の波長におけるヘマタイト曲線と、第２の波長における前記ヘマタイト曲線との交点におけるヘマタイトの厚みが、前記スケールの最表層に生成されるヘマタイトの厚みとして想定される厚みの上限値を上回るように定められており、前記ヘマタイト曲線は、ヘマタイトの厚みとヘマタイ

トの温度との関係を示す曲線であることを特徴とする。

本発明のプログラムの第２の例は、鋼材の表面に生成されるスケールの組成を判定することをコンピュータに実行させるためのプログラムであって、放射測温法により測定された、相互に異なるＮ個の波長における前記鋼材の温度を取得する取得工程と、前記取得工程により取得された前記鋼材の温度のうちの２つの温度の差に基づいて、前記スケールの最表層にヘマタイト（Fe_2O_3）が生成されているか否かを判定する判定工程と、をコンピュータに実行させ、前記Ｎ個の波長は、想定されるヘマタイト（Fe_2O_3）の厚みの範囲内で、前記Ｎ個の波長におけるヘマタイト曲線の全てが交わる交点が存在しないように定められており、前記ヘマタイト曲線は、ヘマタイトの厚みとヘマタイトの温度との関係を示す曲線であり、前記Ｎは、３以上の整数であることを特徴とする。

図面の簡単な説明

[0014] [図1]図１は、熱間圧延ラインの概略構成の一例を示す図である。

[図2]図２は、スケール組成判定システムの構成の第１の例を示す図である。

[図3]図３は、鋼材の温度と、単層スケールの厚みとの関係の一例を示す図である。

[図4]図４は、鋼材の温度と、複層スケールの最表層のFe_2O_3の厚みとの関係の一例を示す図である。

[図5]図５は、Fe_2O_3が生成される時間と、鋼材の温度との関係の一例を示す図である。

[図6]図６は、スケール組成判定装置の動作の一例を説明するフローチャートである。

[図7]図７は、スケール組成判定装置のハードウェアの構成の一例を示す図である。

[図8]図８は、スケール組成判定システムの構成の第２の例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0015] 以下、図面を参照しながら、本発明の実施形態を説明する。

（第１の実施形態）

まず、第１の実施形態を説明する。

＜熱間圧延ラインの構成の概略＞

図１は、スケール組成判定装置１０の適用先の一例である熱間圧延ラインの概略構成の一例を示す図である。

[0016] 図１において、熱間圧延ラインは、加熱炉１１と、デスケーラ１２ａ～１２ｆと、幅方向圧延機１３と、粗圧延機１４と、仕上圧延機１５と、冷却装置（ランアウトテーブル）１６と、巻取装置（コイラー）１７とを有する。

加熱炉１１は、スラブ（鋼材）Ｓを加熱する。

デスケーラ１２ａ～１２ｆは、鋼材の表面に生成されているスケールを除去する。スケールの厚みは、例えば１０［μｍ］～１００［μｍ］である。デスケーラ１２ａ～１２ｆは、例えば、加圧水を鋼材の表面に吹き付けることにより、デスケーリング（スケールの除去）を行う。尚、鋼材は高温であるため、スケールを除去しても鋼材は直ちに再酸化する。従って、鋼材は、常にスケールが表面に存在した状態で圧延される。

[0017] 幅方向圧延機１３は、加熱炉１１で加熱されたスラブＳを幅方向に圧延する。

粗圧延機１４は、幅方向圧延機１３で幅方向に圧延されたスラブＳを上下方向から圧延して粗バーにする。図１に示す例では、粗圧延機１４は、ワークロールのみからなる圧延スタンド１４ａと、ワークロールとバックアップロールとを有する圧延スタンド１４ｂ～１４ｅとを有する。

[0018] 仕上圧延機１５は、粗圧延機１４で製造された粗バーをさらに所定の厚みまで連続して熱間仕上圧延を行う。図１に示す例では、仕上圧延機１５は、７つの圧延スタンド１５ａ～１５ｇを有する。

冷却装置１６は、仕上圧延機１５により熱間仕上圧延が行われた熱延鋼板Ｈを冷却水により冷却する。

巻取装置１７は、冷却装置１６により冷却された熱延鋼板Ｈをコイル状に巻き取る。

[0019] 尚、熱間圧延ラインは、公知の技術で実現することができ、図１に示す構成に限定されるものではない。例えば、仕上圧延機１５の７つの圧延スタンド１５ａ～１５ｇのうち、上流側の圧延スタンドの間（例えば、圧延スタンド１５ａ、１５ｂの間および圧延スタンド１５ｂ、１５ｃの間）にデスケーラを配置しても良い。

[0020] 本実施形態では、熱間圧延ラインに対し、２つの放射温度計を一組とする放射温度計の組を少なくとも１つ配置する。放射温度計は、放射測温法により、鋼材の温度を非接触で測定する。

[0021] 図１に示す例では、デスケーラ１２ｂと、圧延スタンド１４ｂとの間の領域に一組の放射温度計２０ａ、２０ｂを配置する場合を示す。圧延スタンド１４ｂは、ワークロールとバックアップロールとを有する圧延スタンドのうち最上流に設けられた圧延スタンドである。

図２に示すスケール組成判定装置１０は、放射温度計２０ａ、２０ｂで測定された鋼材ＳＭの温度を入力する。スケール組成判定装置１０は、入力した鋼材ＳＭの温度に基づいて、当該鋼材ＳＭの表面に、単層スケールおよび複層スケールの何れのスケールＳＣが生成されているのかを判定する。前述したように、単層スケールは、Fe0のみからなるスケールである。複層スケールは、ヘマタイト（Fe_2O_3）、マグネタイト（Fe_3O_4）、およびウスタイト（Fe0）からなるスケールである。複層スケールでは、表層から、ヘマタイト（Fe_2O_3）、マグネタイト（Fe_3O_4）、およびウスタイト（Fe0）が、この順で配置される。

[0022] 図２は、スケール組成判定システムの構成の一例を示す図である。図２では、放射温度計２０ａ、２０ｂの配置と、スケール組成判定装置１０の機能的な構成の一例を示す。

＜放射温度計２０ａ、２０ｂ＞

まず、放射温度計２０ａ、２０ｂの配置の一例について説明する。図２では、鋼材ＳＭの傍らに付している矢印線の方向が鋼材ＳＭの搬送方向である場合を例に挙げて示す。また、鋼材ＳＭの表面にはスケールＳＣが生成され

ているものとする。

[0023] 図２において、放射温度計２０ａ、２０ｂの軸（受光レンズの光軸）の、鋼材ＳＭ（の表面）の通過位置との交点が略一致するように、放射温度計２０ａ、２０ｂを配置する。尚、図２では、鋼材ＳＭの搬送方向に放射温度計２０ａ、２０ｂを並べる場合を例に挙げて示す。しかしながら、放射温度計２０ａ、２０ｂの軸（受光レンズの光軸）の、鋼材ＳＭ（の表面）の通過位置との交点が略一致するようにしていれば、放射温度計２０ａ、２０ｂをこのように配置する必要はない。例えば、鋼材ＳＭの幅方向に放射温度計２０ａ、２０ｂを並べても良い。

[0024] 次に、放射温度計２０ａ、２０ｂにおいて検出する波長の一例について説明する。

放射温度計２０ａ、２０ｂと鋼材ＳＭとの間の領域（雰囲気）には、水蒸気（H_2O）や二酸化炭素（CO_2）等のガスがある。スケールＳＣから放射される光（赤外線）には、このガスにより、吸収される波長帯域がある。

[0025] 本発明者らは、熱間圧延工程の環境下において、測定対象から放射温度計までの光路における放射光の減衰の有無と、当該放射温度計で検出する波長λとの関係を調査した。その結果、本発明者らは、放射温度計２０ａ、２０ｂで検出する波長λを、以下（ａ１）～（ｃ１）の波長帯域のいずれかの中から選択すれば、放射温度計２０ａ、２０ｂは、雰囲気中のガスに大きな影響を受けずに分光放射輝度を測定することができることを確認した。即ち、（ａ１）０．６［μｍ］～１．６［μｍ］、（ｂ１）３．３［μｍ］～５．０［μｍ］、および（ｃ１）８．０［μｍ］～１４．０［μｍ］の波長帯域の中から、放射温度計２０ａ、２０ｂで検出する波長λを選択する。このようにすれば、放射温度計２０ａ、２０ｂは、雰囲気中のガスに大きな影響を受けずに分光放射輝度を測定することができる。尚、分光放射輝度は、波長λ［μｍ］における、単位波長あたり、単位面積あたり、単位立体角あたりの放射束［$W \cdot \mu m^{-1} \cdot sr^{-1} \cdot m^{-2}$］である。また、放射温度計２０ａ、２０ｂそれぞれで検出する波長λは、相互に異なる波長帯域から選択するものと

する。たとえば放射温度計２０ａで計測する波長λを（ａ１）の波長帯域から選択した場合は、放射温度計２０ｂで計測する波長λを（ｂ１）か（ｃ１）のいずれかから選択する。

[0026] ここで、前述した（ａ１）の下限値は、放射温度計において分光放射輝度を測定することが可能な波長λの下限値（測定対象の鋼材ＳＭの温度の下限値）から定まる。この分光放射輝度を測定することが可能な波長λの下限値は、測定対象の鋼材ＳＭの温度に応じて定まる。例えば、測定対象の鋼材ＳＭの温度として９００［℃］以上の温度を測定するものとした場合、放射温度計において分光放射輝度を測定することが可能な波長λの下限値は０．６［μｍ］になる。そこで、ここでは、（ａ１）の下限値を０．６［μｍ］とした。尚、測定対象の鋼材ＳＭの温度の下限値を６００［℃］とする場合には、前述した（ａ１）の下限値は０．９［μｍ］になる。また、（ｃ１）の上限値は、放射温度計における光検出素子の性能（長波長の赤外線の検出能力）の制約から定まる。

[0027] 次に、本発明者らは、前述した（ａ１）～（ｃ１）の波長帯域に属する波長λにおいて、以下の検討を行った。

図３は、鋼材ＳＭの温度の測定値と、単層スケールの厚みとの関係の一例を示す図である。図３に示すように、ここでは、温度が９００［℃］の鋼材ＳＭを例に挙げて検討する。

[0028] 図３に示すように、波長λに応じたFe0の分光放射率ε_wを放射温度計に設定することにより、単層スケール（Fe0）の温度として、単層スケール（Fe0）の厚みに関わらず一定の温度が測定値として放射温度計により測定されることが分かる。また、波長λに関わらず、単層スケール（Fe0）の温度として、同じ値の温度が放射温度計により測定されることが分かる。これは、Fe0が不透明であり、分光放射率がその厚みによって変化することがないためである。尚、Fe0の分光放射率ε_wは、実験的に測定したり、光学定数データベースを参照したりすることによって求めることができる。

[0029] また、本発明者らは、表面に複層スケールを有する鋼材ＳＭの温度と、当

該複層スケールの最表層のFe_2O_3の厚みとの関係を、（ａ１）、（ｂ１）、（ｃ１）それぞれの波長帯域に属する各波長λにおいて調査した。前述したように、波長λは、放射温度計で検出する波長である。

各波長λにおける、表面に複層スケールを有する鋼材ＳＭの温度の測定値と、当該複層スケールの最表層のFe_2O_3の厚みとの関係の一例を図４に示す。前述したように、複層スケールの最表層には、Fe_2O_3が存在する。図４において、Fe_2O_3厚とは、複層スケールの最表層のFe_2O_3の厚みを指す。また、各波長λにおける鋼材の温度を導出する際には、当該波長λにおける前述したFe0の分光放射率ε_wを用いた。

[0030] 図４において、曲線４０１、４０２、４０３は、波長λが、それぞれ（ａ１）、（ｂ１）、（ｃ１）の波長帯域に属する場合の、鋼材ＳＭの温度の測定値と、Fe_2O_3厚（複層スケールの最表層のFe_2O_3の厚み）との関係を示す。本実施形態においては、このように、各波長λにおける、鋼材ＳＭの温度の測定値とヘマタイト（Fe_2O_3厚）との関係を示す曲線を必要に応じて「ヘマタイト曲線」と称する。

[0031] 図４に示すように、表面に複層スケールを有する鋼材ＳＭの温度の放射温度計による測定値は、Fe_2O_3の厚みにより異なる。これは、Fe_2O_3による光の干渉の影響により、Fe_2O_3の厚みによって、Fe_2O_3の分光放射率が変化し、また、その波形（分光放射率とFe_2O_3の厚みとの関係を示す波形）も、波長λにより異なるためであると考えられる。尚、Fe_2O_3による光の干渉の影響により、Fe_2O_3の厚みによって、Fe_2O_3の分光放射率が変化するという現象自体は、特許文献１に記載されている。本実施形態では、Fe_2O_3の厚みによる分光放射率の変化が波長によって異なるという新規知見を利用する。

[0032] 図４に示す結果から、Fe_2O_3の厚みが少なくとも１．５［μｍ］以下の場合、ヘマタイト曲線４０１、４０２、４０３すべてが１点で交わることがないことがわかる。このためFe_2O_3の厚みが少なくとも１．５［μｍ］以下の場合は、ヘマタイト曲線４０１、４０２、４０３のうちの２つの曲線の組であって、相互に交わらない２つの曲線の組が少なくとも１つ存在する。図４から

は具体的に、以下の（ａ２）～（ｃ２）のことが分かる。

[0033] （ａ２）Fe_2O_3の厚みが１．５［μｍ］以下の場合、ヘマタイト曲線４０１とヘマタイト曲線４０３とが交わらない。

（ｂ２）Fe_2O_3の厚みが０．８６［μｍ］未満の場合、ヘマタイト曲線４０１とヘマタイト曲線４０２とが交わらず、かつ、ヘマタイト曲線４０１とヘマタイト曲線４０３とが交わらない。

（ｃ２）Fe_2O_3の厚みが０．２９［μｍ］未満の場合、いずれのヘマタイト曲線４０１～４０３も交わらない。

[0034] 尚、スケールＳＣの最表層に生成されるFe_2O_3の厚みは、以下のようにして求められる。まず、デスケーリングによるスケール除去時の鋼材ＳＭの温度とその後の経過時間とを用いて、公知のスケール厚計算式からスケールＳＣ全体の厚みを求める。スケール厚計算式は、温度と時間との関数からスケールＳＣの全体の厚みを求める式である。そして、熱間圧延ラインにおいて生成されることが想定されるFe_2O_3の厚みとして、スケールＳＣの全体の厚みの１［％］の厚みを求める。本実施形態では、このようにして、Fe_2O_3の厚みが推定される場合を例に挙げて説明する。以下の説明では、このようにして推定されるFe_2O_3の厚みを必要に応じてFe_2O_3の推定厚みと称する。尚、実際の温度履歴を想定したスケール生成のラボ実験を行うことによって、Fe_2O_3の推定厚みを求めても良い。本実施形態において想定している鋼材ＳＭの温度（６００［℃］～１２００［℃］）の範囲では、スケールＳＣの最表層に生成されるFe_2O_3の推定厚みは厚くても０．５０［μｍ］である。仕上圧延機１５を通過中の鋼材ＳＭにおいては、スケールＳＣの最表層に生成されるFe_2O_3の厚みは厚くても０．１８［μｍ］である。

[0035] 本実施形態において想定している鋼材ＳＭの温度（６００［℃］～１２００［℃］）の範囲においては、以上の「Fe_2O_3の推定厚みと、相互に交わらない２つのヘマタイト曲線の組み合わせの関係」を示す（ａ２）～（ｃ２）は、前述した（ａ１）～（ｃ１）の波長帯域のその他の波長の組み合わせでも同様であった。ただし、その他の波長の組み合わせにおいては、ヘマタイト

曲線４０１、４０２、４０３それぞれの交わる点が、上述した図４、および（ａ２）～（ｃ２）に例示した交点とは異なる。

[0036] たとえば、前述した（ａ２）の説明におけるFe_2O_3の推定厚みの上限は（ａ１）の波長帯域の中から選択された波長λから求められたヘマタイト曲線（第１のヘマタイト曲線）と、（ａ２）の波長帯域の中から選択された波長λから求められたヘマタイト曲線（第２のヘマタイト曲線）との交点から算出される。

そして、Fe_2O_3の推定厚みである１．５［μｍ］と、第１のヘマタイト曲線と第２のヘマタイト曲線との交点から算出された厚みとのうち、大きい方の厚みを第１の厚みとし、最小の厚みを第２の厚みとする。

[0037] 第１の厚みと第２の厚みとの間に差がある場合は、小さい方の厚みである第２の厚みを（ａ２）の「ヘマタイト曲線４０１とヘマタイト曲線４０３とが交わらない」場合の上限として採用する。

[0038] 同様に、（ｂ２）の「ヘマタイト曲線４０１とヘマタイト曲線４０２とが交わらず、ヘマタイト曲線４０１とヘマタイト曲線４０３とが交わらない」領域の上限（図４に示す例では０．８６［μｍ］）も、選択した波長λに応じて各ヘマタイト曲線４０１～４０３を算出して採用する。

[0039] （ｃ２）の「いずれのヘマタイト曲線４０１～４０３も交わらない」領域についても同様に、ヘマタイト曲線４０２とヘマタイト曲線４０３の交点から、その上限（図４に示す例では０．２９［μｍ］）を定めればよい。尚、前述したように本実施形態では、熱間圧延ラインにおいて、温度が６００［℃］～１２００［℃］の範囲の鋼材ＳＭが搬送されることを想定している。このような温度範囲では、（ａ２）における上限１．５［μｍ］の代わりに採用されるFe_2O_3の厚みは、１．５［μｍ］に対し大きく変わることはない。（ｂ２）～（ｃ２）の説明におけるFe_2O_3の厚みについても同様に、図４に示した上限および下限から大きく変わることはない。

[0040] 以上のことから、以下の（ａ３）～（ｃ３）のことが言える。

（ａ３）Fe_2O_3の推定厚みが１．５［μｍ］（または前述したようにして１

．５［μｍ］よりも小さい、Fe_2O_3の第２の厚み）未満の場合、前述した（ａ１）および（ｃ１）の波長帯域の中からそれぞれ１つずつ波長λを選択する。このようにすれば、それらの波長λにおいて放射温度計２０ａ、２０ｂにより測定される第１の温度と第２の温度との間に差がある場合に、スケールＳＣの最表層にFe_2O_3があると判定でき、図３に示すように第１の温度と第２の温度との間に差がない場合はFe0が最表層にあるため、Fe_2O_3がないと判定できる。

[0041] （ｂ３）Fe_2O_3の推定厚みが０．８６［μｍ］（または前述したようにして０．８６［μｍ］の代わりに採用されるFe_2O_3の厚み）未満の場合、前述した（ａ１）および（ｃ１）の波長帯域の中からそれぞれ１つずつ波長λを選択することと、前述した（ａ１）および（ｂ１）の波長帯域の中から１つずつ波長λを選択することとの何れか一方を採用する。このようにすれば、それらの波長λにおいて放射温度計２０ａ、２０ｂにより測定される温度の差がある場合に、スケールＳＣの最表層にFe_2O_3があると判定でき、差がない場合に、Fe_2O_3がないと判定できる。

[0042] （ｃ３）Fe_2O_3の推定厚みが０．２９［μｍ］（または前述したようにして０．２９［μｍ］の代わりに採用されるFe_2O_3の厚み）未満の場合、前述した（ａ１）～（ｃ１）の何れか２つの波長帯域の中からそれぞれ１つずつ波長λを選択する。このようにすれば、それらの波長λにおいて放射温度計２０ａ、２０ｂにより測定される温度の差がある場合に、スケールＳＣの最表層にFe_2O_3があると判定でき、差がない場合に、Fe_2O_3がないと判定できる。

[0043] 以上のように、判定の対象となるFe_2O_3の推定厚みの上限値（第２の厚み）に応じて、前述した（ａ１）～（ｃ１）の波長帯域の中から２つの波長帯域を選択する。ここで、判定の対象となるFe_2O_3の推定厚みの上限値とは、熱間圧延ラインで熱間圧延が行われる鋼材ＳＭの表面に生成されるスケールＳＣの最表層のFe_2O_3の推定厚みとして想定される厚みの最大値である。そして、（ａ１）～（ｃ１）の波長帯域の中から選択した２つの波長帯域の中からそれぞれ１つずつ選択した相互に異なる波長λ（第１の波長λと第２の波長λ

）を測定対象の波長とする。この各波長の測定においては、放射温度計２０ａ、２０ｂをそれぞれ用いる。そして、選択した波長λにおけるFe0の分光放射率を放射温度計２０ａ、２０ｂに設定する。このようにして放射温度計２０ａ、２０ｂを構成する。そうすると、第１の波長に対応する放射温度計２０ａにより測定される鋼材温度の測定値（第１の鋼材温度）と、第２の波長に対応する放射温度計２０ｂにより測定される鋼材温度の測定値（第２の鋼材温度）との間に差があれば、鋼材ＳＭの表面に生成されているスケールＳＭの最表層にFe_2O_3が生成されていると判定される。それに対し、第１の鋼材温度と第２の鋼材温度との間に差がなければ、スケールＳＣの最表層はFe0であり、Fe_2O_3が生成されていないと判定することができる。

[0044] ただし、実際の放射温度計では、測定にばらつきが生じる（公差等がある）ため、スケールＳＣの最表層がFe0であっても、第１の鋼材温度と第２の鋼材温度とが完全に一致しない場合がある。従って、放射温度計２０ａ、２０ｂにより測定される第１の鋼材温度と第２の鋼材温度との差の絶対値が所定の値以上であれば、鋼材ＳＭの表面に生成されているスケールＳＭの最表層にFe_2O_3が生成されていると判定し、そうでなければ、Fe_2O_3が生成されていないと判定するのが好ましい。例えば、温度のばらつきが±１０［℃］である場合、第１の鋼材温度と第２の鋼材温度との差の絶対値として２０［℃］を採用することができる。

[0045] 図５は、Fe_2O_3が生成される時間と、鋼材ＳＭの温度との関係の一例を示す図である。

図５における温度は、デスケーリングされたときの鋼材ＳＭの温度を示す。ここでは、デスケーリングされたときの鋼材ＳＭの温度が１０００［℃］、１０５０［℃］、１１００［℃］、１１５０［℃］、１２００［℃］のときに、デスケーリングを行ってから、鋼材ＳＭの表面に生成されるスケールＳＣの最表層のFe_2O_3の厚みが１．５［μｍ］になるまでの時間をそれぞれ導出した。その値が、図５に示すプロットである。尚、導出に用いた式は、非特許文献１に記載されているので、ここでは、その詳細な説明を省略する。

また、ここでは、Fe_2O_3の厚みが、スケールＳＣの厚みの１［％］であると仮定した。

[0046] デスケーリングを行ってからスケールＳＣの最表層に生成されるFe_2O_3の厚みが１．５［μｍ］になるまでの時間をt_B［秒］とし、３次式で近似すると、以下の（１）式になる。ここで、T_sは、鋼材ＳＭの温度［℃］である。

$$t_B=-2.978\times10^{-5}\times T_s^3+1.069\times10^{-1}\times T_s^2-1.281\times10^{2}\times T_s+5.128\times10^{4} \quad \cdots (1)$$

[0047] 図４を参照しながら説明したように、Fe_2O_3の推定厚みが１．５［μｍ］以下であれば、前述したようにして、放射温度計２０ａ、２０ｂで検出する波長λと、放射温度計２０ａ、２０ｂに設定する分光放射率とを定めることにより、スケールＳＣの最表層にFe_2O_3が生成されているか否かを判定することができる（前述した（ａ３）～（ｃ３）を参照）。そして、実際の熱間圧延工程では、デスケーリングが行われる時間間隔は、（１）式に示す時間t_Bよりも短い時間で行われることが多い。従って、前述したようにしてスケールＳＣの最表層にFe_2O_3が生成されているか否かを判定する手法を、熱間圧延ラインのうち、デスケーリングが行われる時間間隔が、（１）式に示す時間t_Bよりも短い箇所に適用することができる。

[0048] ただし、仕上圧延機１５よりも下流側を搬送中の鋼材ＳＭにおいては、温度が低くなっていることと、連続圧延されることと、冷却水が吹き付けられることとから、スケールＳＣの最表層に生成されるFe_2O_3の厚みは厚くても０．１［μｍ］である。従って、仕上圧延機１５よりも下流側においては、（１）式に示す時間t_Bとは無関係に、放射温度計２０ａ、２０ｂを配置する場所を決定することができる。

[0049] ＜スケール組成判定装置１０＞

次に、スケール組成判定装置１０の詳細の一例について説明する。スケール組成判定装置１０のハードウェアは、例えば、ＣＰＵ、ＲＯＭ、ＲＡＭ、ＨＤＤ、および各種のインターフェースを備える情報処理装置、または、専用のハードウェアを用いることにより実現することができる。

[0050] 図６は、スケール組成判定装置１０の動作の一例を説明するフローチャートである。図２および図６を参照しながら、スケール組成判定装置１０の機能の一例を説明する。尚、図６のフローチャートは、放射温度計２０ａ、２０ｂにより鋼材ＳＭの温度が測定される度に実行される。

[0051] ステップＳ６０１において、温度取得部２０１は、放射温度計２０ａ、２０ｂで測定された鋼材ＳＭの温度を取得する。

次に、ステップＳ６０２において、判定部２０２は、ステップＳ６０１で取得された鋼材ＳＭの温度の差の絶対値が所定の温度以上であるか否かを判定する。所定の温度は、図６のフローチャートの実行を開始する前に、スケール組成判定装置１０に設定されている。また、前述したように、例えば、温度のばらつきが±１０［℃］である場合、所定の値として２０［℃］を採用することができる。

[0052] この判定の結果、鋼材ＳＭの温度の差の絶対値が所定の温度以上である場合には、スケールＳＣの最表層にFe_2O_3が生成されていると判断される（即ち、鋼材ＳＭの表面に複層スケールが生成されていると判断される）。そこで、ステップＳ６０３において、出力部２０３は、スケールＳＣの最表層にFe_2O_3が生成されている（鋼材ＳＭの表面に複層スケールが生成されている）ことを示す情報を出力する。そして、図６のフローチャートによる処理を終了する。

[0053] 一方、鋼材ＳＭの温度の差の絶対値が所定の温度以上でない場合には、スケールＳＣの最表層にFe_2O_3が生成されていないと判断される（即ち、鋼材ＳＭの表面に単層スケールが生成されていると判断される）。そこで、ステップＳ６０４において、出力部２０３は、スケールＳＣの最表層にFe_2O_3が生成されていない（鋼材ＳＭの表面に単層スケールが生成されている）ことを示す情報を出力する。そして、図６のフローチャートによる処理を終了する。

[0054] 尚、出力部２０３による前記情報の出力形態としては、例えば、コンピュータディスプレイへの表示、外部装置への送信、およびスケール組成判定装置１０の内部または外部の記憶媒体への記憶の少なくとも何れか１つを採用

することができる。

[0055] 図７は、スケール組成判定装置１０のハードウェアの構成の一例を示す図である。

図７において、スケール組成判定装置１０は、ＣＰＵ７０１、主記憶装置７０２、補助記憶装置７０３、通信回路７０４、信号処理回路７０５、画像処理回路７０６、Ｉ／Ｆ回路７０７、ユーザインターフェース７０８、ディスプレイ７０９、およびバス７１０を有する。

[0056] ＣＰＵ７０１は、スケール組成判定装置１０の全体を統括制御する。ＣＰＵ７０１は、主記憶装置７０２をワークエリアとして用いて、補助記憶装置７０３に記憶されているプログラムを実行する。主記憶装置７０２は、データを一時的に格納する。補助記憶装置７０３は、ＣＰＵ７０１によって実行されるプログラムの他、各種のデータを記憶する。補助記憶装置７０３は、前述した所定の温度等、図６に示したフローチャートの処理に必要な情報を記憶する。

[0057] 通信回路７０４は、スケール組成判定装置１０の外部との通信を行うための回路である。

信号処理回路７０５は、通信回路７０４で受信された信号や、ＣＰＵ７０１による制御に従って入力した信号に対し、各種の信号処理を行う。温度取得部２０１は、例えば、ＣＰＵ７０１、通信回路７０４、および信号処理回路７０５を用いることによりその機能を発揮する。また、判定部２０２は、例えば、ＣＰＵ７０１および信号処理回路７０５を用いることによりその機能を発揮する。

[0058] 画像処理回路７０６は、ＣＰＵ７０１による制御に従って入力した信号に対し、各種の画像処理を行う。この画像処理が行われた信号は、ディスプレイ７０９に出力される。

ユーザインターフェース７０８は、オペレータがスケール組成判定装置１０に対して指示を行う部分である。ユーザインターフェース７０８は、例えば、ボタン、スイッチ、およびダイヤル等を有する。また、ユーザインター

フェース７０８は、ディスプレイ７０９を用いたグラフィカルユーザインターフェースを有していても良い。

[0059] ディスプレイ７０９は、画像処理回路７０６から出力された信号に基づく画像を表示する。Ｉ／Ｆ回路７０７は、Ｉ／Ｆ回路７０７に接続される装置との間でデータのやり取りを行う。図７では、Ｉ／Ｆ回路７０７に接続される装置として、ユーザインターフェース７０８およびディスプレイ７０９を示す。しかしながら、Ｉ／Ｆ回路７０７に接続される装置は、これらに限定されない。例えば、可搬型の記憶媒体がＩ／Ｆ回路７０７に接続されても良い。また、ユーザインターフェース７０８の少なくとも一部およびディスプレイ７０９は、スケール組成判定装置１０の外部にあっても良い。

出力部２０３は、例えば、通信回路７０４および信号処理回路７０５と、画像処理回路７０６、Ｉ／Ｆ回路７０７、およびディスプレイ７０９との少なくとも何れか一方を用いることによりその機能を発揮する 。

[0060] 尚、ＣＰＵ７０１、主記憶装置７０２、補助記憶装置７０３、信号処理回路７０５、画像処理回路７０６、およびＩ／Ｆ回路７０７は、バス７１０に接続される。これらの構成要素間の通信は、バス７１０を介して行われる。また、スケール組成判定装置１０のハードウェアは、前述したスケール組成判定装置１０の機能を実現することができれば、図７に示すものに限定されない。

[0061] 以上のように本実施形態では、スケール組成判定装置１０は、放射温度計２０ａ、２０ｂにより測定された鋼材ＳＭの温度の差の絶対値が所定の温度以上である場合に、スケールＳＣの最表層にFe_2O_3が生成されていると判定し、そうでない場合に、スケールＳＣの最表層にFe_2O_3が生成されていないと判定する。その際、放射温度計２０ａ、２０ｂによる測定に雰囲気中のガスの影響を受けない波長帯域の中から選択した波長λのそれぞれについて、ヘマタイト曲線を事前に求めておく。本実施形態では、ヘマタイト曲線は、Fe0の分光放射率を設定した放射温度計で測定される鋼材ＳＭの温度（Fe_2O_3の温度）と、Fe_2O_3の厚みとの関係を示す曲線である。そして、測定対象のFe_2O_3の厚

みの上限値が、それらの曲線の交点でのFe_2O_3の厚み未満になるような波長λの組を求める。そして、放射温度計２０ａ、２０ｂで検出する波長λ、放射温度計２０ａ、２０ｂに設定する分光放射率を、それぞれ、求めた波長λ、当該波長λにおけるFe0の分光放射率とする。従って、２つの放射測温を行うことにより、操業中の鋼材ＳＭの表面に生成されているスケールＳＣが単層スケールであるか複層スケールであるかをオンラインで正確に判別することができる。これにより、例えば、操業上の管理を迅速に且つ正確に行ったり、スケールＳＣの組成の判別結果を操業に迅速に且つ正確に反映させたりすることができる。

[0062] ＜変形例＞

［変形例１］

本実施形態では、２つの放射温度計２０ａ、２０ｂを用いる場合を例に挙げて説明した。しかしながら、２つの異なる波長で放射測温法による温度を測定するようにしていれば、必ずしもこのようにする必要はない。例えば、２色温度計における光学系の部分を用いて１台の放射温度計としても良い。具体的に説明すると、例えば、同一の受光レンズから入光した光をハーフミラーにより２つに分光する。そして、分光した光を、相互に異なる波長の光のみを通過する２つの波長選択フィルタの何れか一方に通す。この波長選択フィルタを通過した光について放射測温法により温度を測定する。このようにすれば、放射温度計の省スペース化を図ることができる。

[0063] ［変形例２］

本実施形態では、デスケーラ１２ｂと、ワークロールとバックアップロールとを有する圧延スタンドのうち最上流に設けられた圧延スタンド１４ｂとの間の領域に一組の放射温度計２０ａ、２０ｂを配置する場合を例に挙げて示した。しかしながら、熱間圧延工程の、最上流のデスケーラ１２ａよりも下流側の場所であれば（加熱炉１１から抽出され、少なくとも１回のデスケーリングが行われた鋼板の温度を測定していれば）、放射温度計の組を配置する場所は、この場所に限定されない。例えば、デスケーラと、当該デスケ

ーラに対し下流側において最も近い位置にある圧延スタンドとの間の場所に、放射温度計の組を配置することができる。また、このような場所の複数の位置に、放射温度計の組をそれぞれ配置しても良い（即ち、放射温度計の組を複数配置しても良い）。この場合、スケール組成判定装置１０は、それぞれの放射温度計の組について、図６に示すフローチャートを行い、放射温度計の組が配置されるそれぞれの場所において、スケールＳＣの最表層にFe_2O_3が生成されているか否かを判定する。

[0064] ［変形例３］

本実施形態では、放射温度計２０ａ、２０ｂに設定する分光放射率として、放射温度計２０ａ、２０ｂで検出する波長λに応じたFe0の分光放射率を設定する場合を例に挙げて説明した。しかしながら、必ずしもこのようにする必要はない。例えば、放射温度計２０ａ、２０ｂの分光放射率として、波長λに関わらず同じ値を設定しても良い（例えば、何れの波長λにおいても０．７８にしたり、初期設定値にしたりしても良い）。このようにする場合、本来のFe0の分光放射率と異なる分光放射率が放射温度計２０ａ、２０ｂに設定される。従って、その分だけ、放射温度計２０ａ、２０ｂにより測定される温度も変化する。そこで、この温度の変化の分も考慮して、放射温度計２０ａ、２０ｂにより測定される温度の差の絶対値と比較する所定の値の大きさを決定する。

[0065] ［変形例４］

本実施形態では、スケール組成判定装置１０を薄板の熱間圧延ラインに適用する場合を例に挙げて説明した。しかしながら、スケール組成判定装置１０の適用先は薄板の熱間圧延ラインに限定されない。この場合、前述した（ａ１）～（ｃ１）に規定する波長範囲の内容は、スケール組成判定装置１０の適用先に応じた内容になる。また、Fe_2O_3の厚み等、前述した（ａ３）～（ｃ３）に規定する内容も、スケール組成判定装置１０の適用先に応じた内容になる。ただし、この場合でも、図４に示した曲線４０１、４０３のように、相互に異なる２つの波長λにおいて放射測温法により得られる鋼材ＳＭの

温度（Fe_2O_3の温度）と、Fe_2O_3の厚みとの関係を示す２つの曲線の交点でのFe_2O_3の厚みが、測定対象のFe_2O_3の厚みの上限値を上回るような２つの波長λを、放射温度計２０ａ、２０ｂで検出する波長λとする。スケール組成判定装置１０の他の適用先としては、例えば、特許文献１に記載の加熱炉が挙げられる。

[0066] ［変形例５］

本実施形態では、放射温度計２０ａ、２０ｂで温度を測定する場合を例に挙げて説明した。しかしながら、必ずしも放射温度計２０ａ、２０ｂで温度まで求める必要はない。例えば、放射計により分光放射輝度を検出し、検出した分光放射輝度に基づいてスケール組成判定装置１０で温度を測定（導出）しても良い。温度計に破損の虞がなければ、接触式の温度計を用いても良い。

[0067] （第２の実施形態）

次に、第２の実施形態について説明する。第１の実施形態では、２つの放射温度計２０ａ、２０ｂを用いる場合を例に挙げて説明した。これに対し、本実施形態では、３つ以上の放射温度計を用いる場合について説明する。このように本実施形態と第１の実施形態とは、放射温度計の数が異なることと、放射温度計の数が異なることによるスケール組成判定装置１０の処理の一部とが主として異なる。従って、本実施形態の説明において、第１の実施形態と同一の部分については、図１～図７に付した符号と同一の符号を付す等して詳細な説明を省略する。

[0068] 図８は、スケール組成判定システムの構成の一例を示す図である。図８では、放射温度計２０ａ、２０ｂ、２０ｃの配置と、スケール組成判定装置１０の機能的な構成の一例を示す。図８は、図２に対応する図である。

＜放射温度計２０ａ、２０ｂ、２０ｃ＞

まず、放射温度計２０ａ、２０ｂ、２０ｃの配置の一例について説明する。図８において、放射温度計２０ａ、２０ｂ、２０ｃの軸（受光レンズの光軸）の、鋼材ＳＭ（の表面）の通過位置との交点が略一致するように、放射

温度計２０ａ、２０ｂ、２０ｃを配置する。尚、図８では、鋼材ＳＭの搬送方向に放射温度計２０ａ、２０ｂ、２０ｃを並べる場合を例に挙げて示す。しかしながら、放射温度計２０ａ、２０ｂ、２０ｃの軸（受光レンズの光軸）の、鋼材ＳＭ（の表面）の通過位置との交点が略一致するようにしていれば、放射温度計２０ａ、２０ｂ、２０ｃをこのように配置する必要はない。例えば、鋼材ＳＭの幅方向に放射温度計２０ａ、２０ｂ、２０ｃを並べても良い。

[0069] 次に、放射温度計２０ａ、２０ｂ、２０ｃにおいて検出する波長の一例について説明する。

放射温度計２０ａは、第１の実施形態で説明した（ａ１）の波長帯域の中から選択された波長λを測定対象の波長とする放射温度計である。放射温度計２０ｂは、第１の実施形態で説明した（ｂ１）の波長帯域の中から選択された波長λを測定対象の波長とする放射温度計である。放射温度計２０ｃは、第１の実施形態で説明した（ｃ１）の波長帯域の中から選択された波長λを測定対象の波長とする放射温度計である。

[0070] また、波長λに応じたFeOの分光放射率ε_wを放射温度計２０ａ、２０ｂ、２０ｃに設定する。

以上のような放射温度計２０ａ、２０ｂ、２０ｃを用いることにより、表面に複層スケールを有する鋼材ＳＭの温度と、当該複層スケールの最表層のFe_2O_3の厚みとの関係の一例として、図４のヘマタイト曲線４０１、４０２、４０３を得ることができる。

[0071] 図４に示す例では、複層スケールの最表層のFe_2O_3の厚みが１．５［μｍ］以下であれば、曲線４０１、４０２、４０３の全てが交わる交点は存在しない。従って、放射温度計２０ａ、２０ｂ、２０ｃにより測定される温度のうちの２つの温度の複数の組み合わせのうち、少なくとも１つの組み合わせにおける温度に差が生じる。よって、放射温度計２０ａ、２０ｂ、２０ｃにより測定される温度のうちの２つの温度の複数の組み合わせのうち、少なくとも１つの組み合わせにおける温度に差がある場合に、スケールＳＣの最表層

にFe_2O_3があると判定でき、全ての組み合わせにおいて差がない場合に、Fe_2O_3がないと判定できる。このようにすれば、判定対象のFe_2O_3の推定厚みの範囲を拡大することができる。また、Fe_2O_3の推定厚みによって、放射温度計を取り替える必要がなくなる。

[0072] ただし、第１の実施形態で説明したように、実際の放射温度計では、測定にばらつきが生じる（公差等がある）。従って、放射温度計２０ａ、２０ｂ、２０ｃにより測定される温度のうちの２つの温度の複数の組み合わせのうち、少なくとも１つの組み合わせにおける温度の差の絶対値が所定の値以上であれば、鋼材ＳＭの表面に生成されているスケールＳＭの最表層にFe_2O_3が生成されていると判定し、そうでなければ、Fe_2O_3が生成されていないと判定するのが好ましい。例えば、温度のばらつきが±１０［℃］である場合、所定の値として２０［℃］を採用することができる。

また、放射温度計２０ａ、２０ｂ、２０ｃを配置する箇所は、第１の実施形態で説明した箇所と同じである。

[0073] ＜スケール組成判定装置１０＞

スケール組成判定装置１０の構成は、第１の実施形態のスケール組成判定装置１０と同じである。図６のフローチャートを参照しながら、本実施形態のスケール組成判定装置１０の機能の一例を説明する。尚、図６のフローチャートは、放射温度計２０ａ、２０ｂ、２０ｃにより鋼材ＳＭの温度が測定される度に実行される。

[0074] ステップＳ６０１において、温度取得部２０１は、放射温度計２０ａ、２０ｂ、２０ｃで測定された鋼材ＳＭの温度を取得する。

次に、ステップＳ６０２において、判定部２０２は、ステップＳ６０１で取得された鋼材ＳＭの温度のうちの２つの温度の複数の組み合わせのうち、少なくとも１つの組み合わせにおける温度の差の絶対値が所定の温度以上であるか否かを判定する。

[0075] この判定の結果、ステップＳ６０１で取得された鋼材ＳＭの温度のうちの２つの温度の複数の組み合わせのうち、少なくとも１つの組み合わせにおけ

る温度の差の絶対値が所定の温度以上である場合には、スケールＳＣの最表層にFe_2O_3が生成されていると判断される（即ち、鋼材ＳＭの表面に複層スケールが生成されていると判断される）。そこで、ステップＳ６０３において、出力部２０３は、スケールＳＣの最表層にFe_2O_3が生成されている（鋼材ＳＭの表面に複層スケールが生成されている）ことを示す情報を出力する。そして、図６のフローチャートによる処理を終了する。

[0076] 一方、ステップＳ６０１で取得された鋼材ＳＭの温度のうちの２つの温度の複数の組み合わせのうち、少なくとも１つの組み合わせにおける温度の差の絶対値が所定の温度以上でない場合には、スケールＳＣの最表層にFe_2O_3が生成されていないと判断される（即ち、鋼材ＳＭの表面に単層スケールが生成されていると判断される）。そこで、ステップＳ６０４において、出力部２０３は、スケールＳＣの最表層にFe_2O_3が生成されていない（鋼材ＳＭの表面に単層スケールが生成されている）ことを示す情報を出力する。そして、図６のフローチャートによる処理を終了する。

[0077] 図４に示す例では、曲線４０１、４０２、４０３の全てが交わる交点は存在しない。しかしながら、例えば、スケール組成判定装置１０の適用先によっては、鋼材ＳＭの温度と、当該複層スケールの最表層のFe_2O_3の厚みとの関係を示す３つの曲線が交わる交点が生じ得る。従って、第１の実施形態と同様に、このような交点が生じないことを事前に確認する。具体的には、以下のようにする。

[0078] （ａ１）の波長帯域の中から選択した波長λを放射温度計２０ａにおける測定波長とする。また、この波長λに応じたFe0の分光放射率を放射温度計２０ａに設定する。（ｂ１）の波長帯域の中から選択した波長λを放射温度計２０ｂにおける測定波長とする。また、この波長λに応じたFe0の分光放射率を放射温度計２０ｂに設定する。（ｃ１）の波長帯域の中から選択した波長λを放射温度計２０ｃにおける測定波長とする。また、この波長λに応じたFe0の分光放射率を放射温度計２０ｃに設定する。

[0079] 以上の放射温度計２０ａ、２０ｂ、２０ｃで測定される鋼材ＳＭの温度（F

e_2O_3の温度）と、Fe_2O_3の推定厚みとの関係を示すヘマタイト曲線をそれぞれ作成する。そして、Fe_2O_3の推定厚みの範囲内で、３つのヘマタイト曲線が交わる交点があるか否かを判定する。３つのヘマタイト曲線が交わる交点がある場合には、放射温度計２０ａ、２０ｂ、２０ｃにおける測定波長の少なくとも１つを変更する。そして、前述したのと同様に、Fe_2O_3の推定厚みの範囲内で、３つのヘマタイト曲線が交わる交点があるか否かを判定する。以上の工程を、Fe_2O_3の推定厚みの範囲内で、３つのヘマタイト曲線が交わる交点がなくなるまで行う。そして、Fe_2O_3の推定厚みの範囲内で、３つのヘマタイト曲線が交わる交点がない場合、当該３つのヘマタイト曲線を作成した際の放射温度計２０ａ、２０ｂ、２０ｃの測定波長を採用する。

[0080] 以上のように本実施形態では、スケール組成判定装置１０は、放射温度計２０ａ、２０ｂ、２０ｃにより測定された鋼材ＳＭの温度のうちの２つの温度の複数の組み合わせのうち、少なくとも１つの組み合わせにおける温度の差の絶対値が所定の温度以上である場合に、スケールＳＣの最表層にFe_2O_3が生成されていると判定し、そうでない場合に、スケールＳＣの最表層にFe_2O_3が生成されていないと判定する。従って、第１の実施形態で説明した効果に加え、以下の効果が得られる。即ち、判定対象のFe_2O_3の推定厚みの範囲を拡大することができる。また、想定されるFe_2O_3の推定厚みによって、放射温度計を取り替える必要がなくなる。

[0081] 第１の実施形態では、放射温度計の数は２つである。これに対し、本実施形態では、放射温度計の数は３つである。このため、第１の実施形態の方が、第２の実施形態よりも、システムを安価に構成することができる。また、第１の実施形態の方が、第２の実施形態よりも、放射温度計の設置スペースをコンパクトにすることができる。一方、第２の実施形態では、想定されるFe_2O_3の推定厚みが変更される場合でも、スケールＳＣの最表層にFe_2O_3があるか否かを確実に判定することができる。例えば、以上の点を考慮して、第１の実施形態および第２の実施形態のうちの何れの形態を採用するのかを決定することができる。

[0082] ＜変形例＞

［変形例６］

本実施形態では、放射温度計で検出する波長λの数が３つの場合を例に挙げて説明した。しかしながら、放射温度計で検出する波長λの数は、３つ以上であればよい。例えば、第１の実施形態で説明した（ａ１）、（ｂ１）、および（ｃ１）の波長帯域のうち、２つ以上の波長帯域の中から、放射温度計で検出する波長λを選択しても良い。ただし、このとき、合計３つ以上の波長を選択する。このように、（ａ１）、（ｂ１）、および（ｃ１）の波長帯域の全てから波長λを選択しなくても良い。

[0083] また、放射温度計で検出する波長λの数が２つの場合でも、本実施形態の手法を採用することができる。この場合、２つの放射温度計で測定される鋼材ＳＭの温度（Fe_2O_3の温度）と、Fe_2O_3の厚みとの関係を示す２つの曲線の全てが交わる交点が存在しないように、２つの放射温度計で検出する波長λを選択する。図４に示す例では、ヘマタイト曲線４０１、４０３を選択することが、このことに対応する。例えば、（ａ１）、（ｂ１）、および（ｃ１）の波長帯域のうち、２つの波長帯域の中から、放射温度計で検出する波長λとして、合計２つの波長を選択しても良い。

以上のことから、（ａ１）、（ｂ１）、および（ｃ１）の波長帯域を用いる場合、放射温度計で検出する波長λは、（ａ１）、（ｂ１）、および（ｃ１）の波長帯域のうち、２つ以上の波長帯域の波長になる。

[0084] 以上のことを一般化すると、Fe_2O_3の推定厚みの範囲内で、Ｎ個の放射温度計で測定される鋼材ＳＭの温度（Fe_2O_3の温度）と、Fe_2O_3の厚みとの関係を示すＮ個のヘマタイト曲線の全てが交わる交点が存在しないように、Ｎ個の放射温度計で検出する波長λを選択する。

具体的には、Ｎ個の波長を、第１の波長～第Ｎの波長とし、これら第１の波長～第Ｎの波長から１つずつ選択された波長を第ｎの波長とする（第ｎの波長として、第１の波長～第Ｎの波長を１つずつ順番に選択する）。そうすると、第ｎの波長における前記ヘマタイト曲線は、ヘマタイトの厚みと、分

光放射率がウスタイト（Fe0）の分光放射率であるとして当該第ｎの波長において放射測温法により得られるヘマタイトの温度との関係を示す曲線になる。ここで、第１の波長～第Ｎの波長は、想定されるヘマタイト（Fe_2O_3）の厚みの範囲内で、第１の波長～第Ｎの波長におけるヘマタイト曲線の全てが交わる交点が存在しないように定められる。そして、分光放射率を当該第ｎの波長におけるウスタイトの分光放射率として当該第ｎの波長における前記鋼材の温度を放射測温法により測定する。このような測定を第１の波長～第Ｎの波長のそれぞれについて行う。

以上の説明において、Ｎは、３以上の整数であるのが好ましいが、２以上の整数でも良い。

[0085] ［変形例７］

本実施形態でも、第１の実施形態で説明した変形例を採用することができる。

[0086] ［その他の変形例］

尚、以上説明した本発明の実施形態は、コンピュータがプログラムを実行することによって実現することができる。また、前記プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体及び前記プログラム等のコンピュータプログラムプロダクトも本発明の実施形態として適用することができる。記録媒体としては、例えば、フレキシブルディスク、ハードディスク、光ディスク、光磁気ディスク、ＣＤ－ＲＯＭ、磁気テープ、不揮発性のメモリカード、ＲＯＭ等を用いることができる。

また、以上説明した本発明の実施形態は、何れも本発明を実施するにあたっての具体化の例を示したものに過ぎず、これらによって本発明の技術的範囲が限定的に解釈されてはならないものである。すなわち、本発明はその技術思想、またはその主要な特徴から逸脱することなく、様々な形で実施することができる。

産業上の利用可能性

[0087] 本発明は、鋼材を製造すること等に利用できる。

請求の範囲

[請求項1] 鋼材の表面に生成されるスケールの組成を判定するスケール組成判定システムであって、

相互に異なる２つの波長における前記鋼材の温度を放射測温法により測定する測定手段と、

前記測定手段により測定された前記鋼材の温度の差に基づいて、前記スケールの最表層にヘマタイト（Fe_2O_3）が生成されているか否かを判定する判定手段と、を有し、

前記２つの波長のうち第１の波長におけるヘマタイト曲線と、第２の波長における前記ヘマタイト曲線との交点におけるヘマタイトの厚みが、前記スケールの最表層に生成されるヘマタイトの厚みとして想定される厚みの上限値を上回るように定められており、

前記ヘマタイト曲線は、ヘマタイトの厚みとヘマタイトの温度との関係を示す曲線であることを特徴とするスケール組成判定システム。

[請求項2] 前記第１の波長における前記ヘマタイト曲線は、ヘマタイトの厚みと、分光放射率がウスタイト（Fe0）の分光放射率であるとして前記第１の波長において放射測温法により得られるヘマタイトの温度との関係を示す曲線であり、

前記第２の波長における前記ヘマタイト曲線は、ヘマタイトの厚みと、分光放射率がウスタイト（Fe0）の分光放射率であるとして前記第２の波長において放射測温法により得られるヘマタイトの温度との関係を示す曲線であり、

前記測定手段は、分光放射率を前記第１の波長におけるウスタイトの分光放射率として前記第１の波長における前記鋼材の温度を放射測温法により測定することと、分光放射率を前記第２の波長におけるウスタイトの分光放射率として前記第２の波長における前記鋼材の温度を放射測温法により測定することとを行うことを特徴とする請求項１に記載のスケール組成判定システム。

[請求項3] 前記判定手段は、前記測定手段により測定された前記鋼材の温度の差の絶対値が所定の値以上である場合に、前記スケールの最表層にヘマタイトが生成されていると判定し、そうでない場合に、前記スケールの最表層にヘマタイトが生成されていないと判定することを特徴とする請求項１または２に記載のスケール組成判定システム。

[請求項4] 前記温度の測定対象である前記鋼材は、熱間圧延工程における加熱炉で抽出され、且つ、少なくとも１回のデスケーリングが行われた後の鋼材であることを特徴とする請求項１～３の何れか１項に記載のスケール組成判定システム。

[請求項5] 前記２つの波長は、０．６［μｍ］～１．６［μｍ］の範囲内の波長と、３．３［μｍ］～５．０［μｍ］の範囲内の波長と、８．０［μｍ］～１４．０［μｍ］の範囲内の波長の何れか２つであることを特徴とする請求項４に記載のスケール組成判定システム。

[請求項6] 前記測定手段は、受光レンズと、前記受光レンズを介して入光した光を２つに分光する分光手段と、前記分光手段により分光された光から前記２つの波長の光を抽出する抽出手段と、を有し、前記抽出手段により抽出された前記２つの波長における前記鋼材の温度を放射測温法により測定することを特徴とする請求項１～５の何れか１項に記載のスケール組成判定システム。

[請求項7] 鋼材の表面に生成されるスケールの組成を判定するスケール組成判定システムであって、

相互に異なるＮ個の波長における前記鋼材の温度を放射測温法により測定する測定手段と、

前記測定手段により測定された前記鋼材の温度のうちの２つの温度の差に基づいて、前記スケールの最表層にヘマタイト（Fe_2O_3）が生成されているか否かを判定する判定手段と、を有し、

前記Ｎ個の波長は、想定されるヘマタイト（Fe_2O_3）の厚みの範囲内で、前記Ｎ個の波長におけるヘマタイト曲線の全てが交わる交点が存

在しないように定められており、

前記ヘマタイト曲線は、ヘマタイトの厚みとヘマタイトの温度との関係を示す曲線であり、

前記Ｎは、３以上の整数であることを特徴とするスケール組成判定システム。

[請求項8] 前記Ｎ個の波長は、第１の波長～第Ｎの波長であり、

前記第１の波長～第Ｎの波長から１つずつ選択された波長を第ｎの波長とし、

前記第ｎの波長における前記ヘマタイト曲線は、ヘマタイトの厚みと、分光放射率がウスタイト（Fe0）の分光放射率であるとして前記第ｎの波長において放射測温法により得られるヘマタイトの温度との関係を示す曲線であり、

前記測定手段は、分光放射率を前記第ｎの波長におけるウスタイトの分光放射率として前記第ｎの波長における前記鋼材の温度を放射測温法により測定し、

前記第１の波長～第Ｎの波長は、想定されるヘマタイト（Fe_2O_3）の厚みの範囲内で、前記第１の波長～第Ｎの波長におけるヘマタイト曲線の全てが交わる交点が存在しないように定められていることを特徴とする請求項７に記載のスケール組成判定システム。

[請求項9] 前記判定手段は、前記測定手段により測定された前記鋼材の温度のうちの２つの温度の組み合わせのうち、少なくとも１つの組み合わせにおける温度の差の絶対値が所定の値以上である場合に、前記スケールの最表層にヘマタイトが生成されていると判定し、そうでない場合に、前記スケールの最表層にヘマタイトが生成されていないと判定することを特徴とする請求項７または８に記載のスケール組成判定システム。

[請求項10] 前記温度の測定対象である前記鋼材は、熱間圧延工程における加熱炉で抽出され、且つ、少なくとも１回のデスケーリングが行われた後

の鋼材であることを特徴とする請求項７～９の何れか１項に記載のスケール組成判定システム。

[請求項11] 前記Ｎ個の波長は、０．６［μｍ］～１．６［μｍ］の範囲内の波長と、３．３［μｍ］～５．０［μｍ］の範囲内の波長と、８．０［μｍ］～１４．０［μｍ］の範囲内の波長とのうち、何れか２つ以上の範囲内の波長であることを特徴とする請求項１０に記載のスケール組成判定システム。

[請求項12] 前記測定手段は、受光レンズと、前記受光レンズを介して入光した光をＮ個に分光する分光手段と、前記分光手段により分光された光から前記Ｎ個の波長の光を抽出する抽出手段と、を有し、前記抽出手段により抽出された前記Ｎ個の波長における前記鋼材の温度を放射測温法により測定することを特徴とする請求項７～１１の何れか１項に記載のスケール組成判定システム。

[請求項13] 前記Ｎは、３以上の整数であることを特徴とする請求項７～１２の何れか１項に記載のスケール組成判定システム。

[請求項14] 鋼材の表面に生成されるスケールの組成を判定するスケール組成判定方法であって、

相互に異なる２つの波長における前記鋼材の温度を放射測温法により測定する測定工程と、

前記測定工程により測定された前記鋼材の温度の差に基づいて、前記スケールの最表層にヘマタイト（Fe_2O_3）が生成されているか否かを判定する判定工程と、を有し、

前記２つの波長のうち第１の波長におけるヘマタイト曲線と、第２の波長における前記ヘマタイト曲線との交点におけるヘマタイトの厚みが、前記スケールの最表層に生成されるヘマタイトの厚みとして想定される厚みの上限値を上回るように定められており、

前記ヘマタイト曲線は、ヘマタイトの厚みとヘマタイトの温度との関係を示す曲線であることを特徴とするスケール組成判定方法。

[請求項15] 鋼材の表面に生成されるスケールの組成を判定するスケール組成判定方法であって、

相互に異なるＮ個の波長における前記鋼材の温度を放射測温法により測定する測定工程と、

前記測定工程により測定された前記鋼材の温度のうちの２つの温度の差に基づいて、前記スケールの最表層にヘマタイト（Fe_2O_3）が生成されているか否かを判定する判定工程と、を有し、

前記Ｎ個の波長は、想定されるヘマタイト（Fe_2O_3）の厚みの範囲内で、前記Ｎ個の波長におけるヘマタイト曲線の全てが交わる交点が存在しないように定められており、

前記ヘマタイト曲線は、ヘマタイトの厚みとヘマタイトの温度との関係を示す曲線であり、

前記Ｎは、３以上の整数であることを特徴とするスケール組成判定方法。

[請求項16] 鋼材の表面に生成されるスケールの組成を判定することをコンピュータに実行させるためのプログラムであって、

放射測温法により測定された、相互に異なる２つの波長における前記鋼材の温度を取得する取得工程と、

前記取得工程により取得された前記鋼材の温度の差に基づいて、前記スケールの最表層にヘマタイト（Fe_2O_3）が生成されているか否かを判定する判定工程と、をコンピュータに実行させ、

前記２つの波長のうち第１の波長におけるヘマタイト曲線と、第２の波長における前記ヘマタイト曲線との交点におけるヘマタイトの厚みが、前記スケールの最表層に生成されるヘマタイトの厚みとして想定される厚みの上限値を上回るように定められており、

前記ヘマタイト曲線は、ヘマタイトの厚みとヘマタイトの温度との関係を示す曲線であることを特徴とするプログラム。

[請求項17] 鋼材の表面に生成されるスケールの組成を判定することをコンピュ

ータに実行させるためのプログラムであって、

放射測温法により測定された、相互に異なるＮ個の波長における前記鋼材の温度を取得する取得工程と、

前記取得工程により取得された前記鋼材の温度のうちの２つの温度の差に基づいて、前記スケールの最表層にヘマタイト（Fe_2O_3）が生成されているか否かを判定する判定工程と、をコンピュータに実行させ、

前記Ｎ個の波長は、想定されるヘマタイト（Fe_2O_3）の厚みの範囲内で、前記Ｎ個の波長におけるヘマタイト曲線の全てが交わる交点が存在しないように定められており、

前記ヘマタイト曲線は、ヘマタイトの厚みとヘマタイトの温度との関係を示す曲線であり、

前記Ｎは、３以上の整数であることを特徴とするプログラム。

[図1]

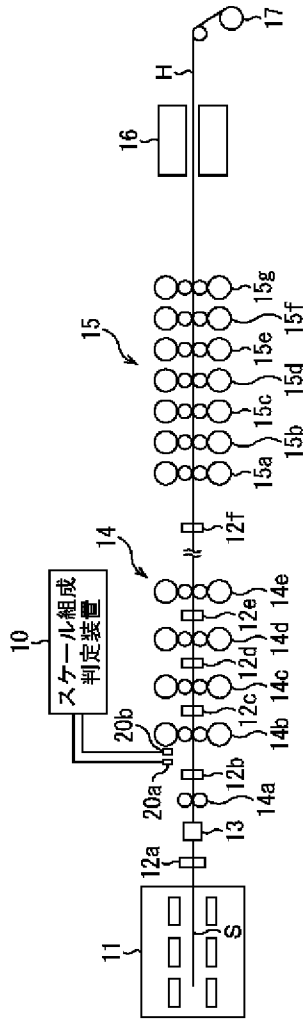

17
H
16
15
15g
15f
15e
15d
15c
15b
15a
12f
14
14e
14d
14c
14b
14a
12e
12d
12c
12b
10
スケール組成判定装置
20b
20a
13
12a
11
S

図1

[図2]

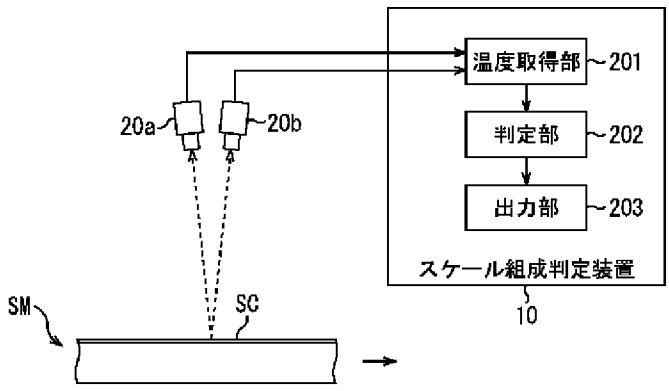
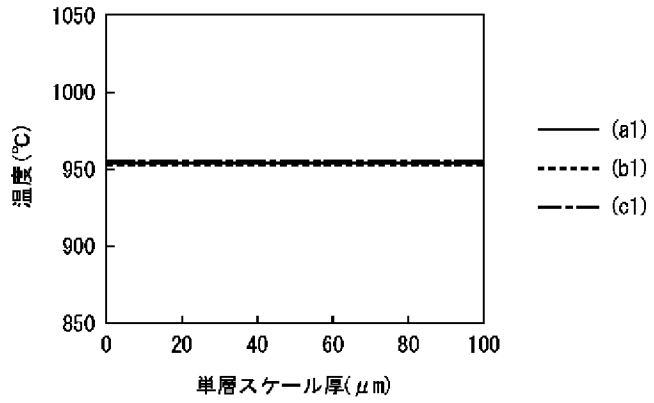

温度取得部
201
判定部
202
出力部
203
スケール組成判定装置
10
20a
20b
SM
SC

図2

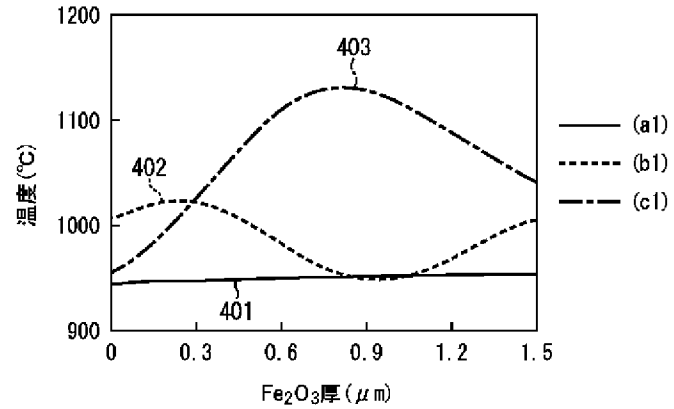
[図3]

図３



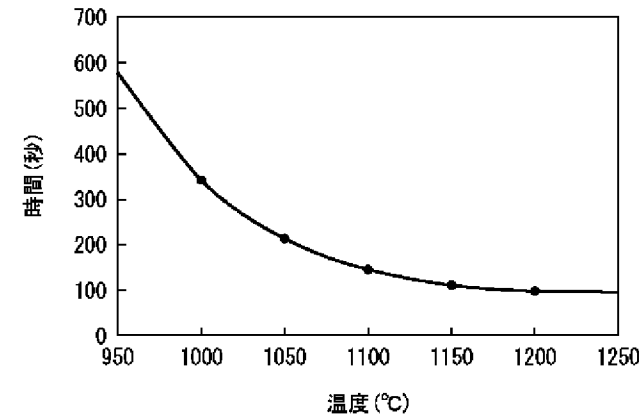
[図4]

図４



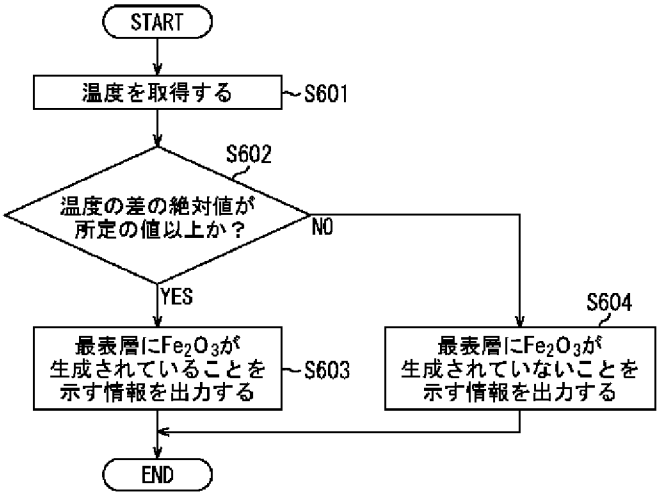
[図5]

図５



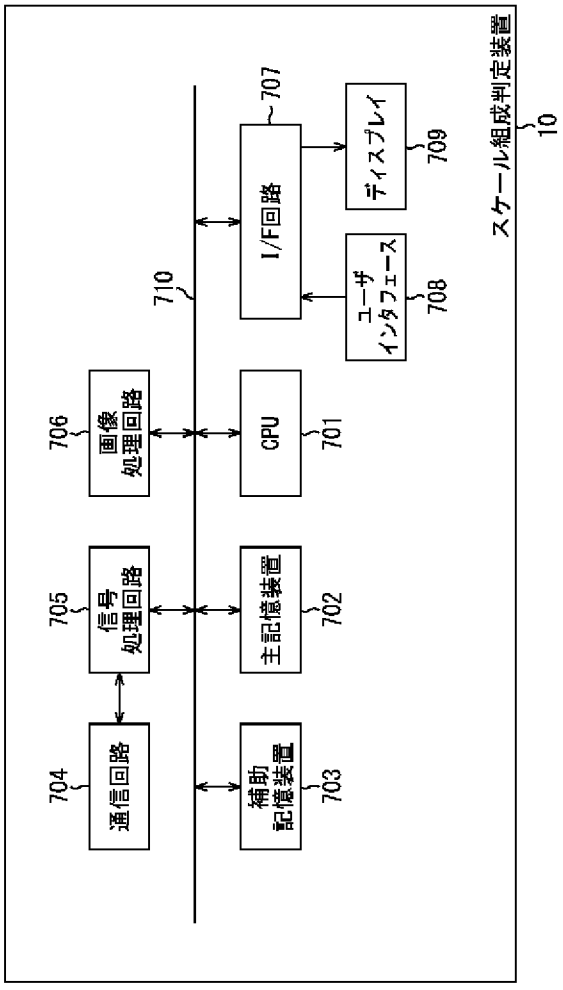
[図6]

図６


START
温度を取得する
S601
S602
温度の差の絶対値が
所定の値以上か？
NO
YES
S604
最表層にFe2O3が
生成されていないことを
示す情報を出力する
最表層にFe2O3が
生成されていることを
示す情報を出力する
S603
END

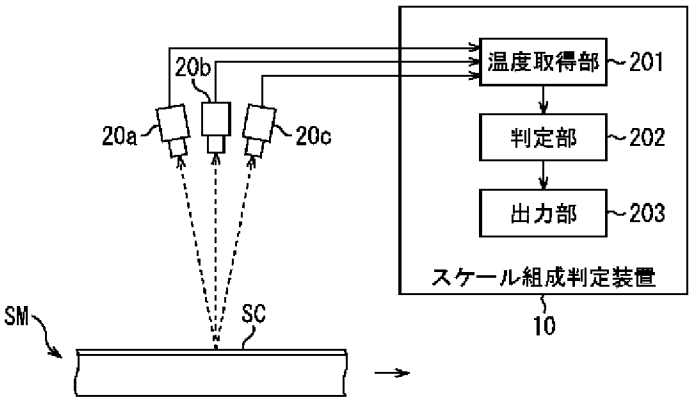
[図7]

図７


スケール組成判定装置
10
707
I/F回路
ディスプレイ
709
ユーザ
インタフェース
708
710
画像
処理回路
706
CPU
701
信号
処理回路
705
主記憶装置
702
通信回路
704
補助
記憶装置
703

[図8]

図８



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2018/016868

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl. B21B38/00(2006.01)i, B21B1/26(2006.01)i, B21C51/00(2006.01)i, G01J5/00(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)
Int.Cl. B21B38/00, B21B1/26, B21C51/00, G01J5/00

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.
A	JP 2012-93177 A (NIPPON STEEL CORP.) 17 May 2012, entire text & JP 5640647 B2	1-17
A	US 5235840 A (HOT ROLLING CONSULTANTS, LTD.) 17 August 1993, entire text (Family: none)	1-17
A	JP 11-325839 A (KAWASAKI STEEL CORP.) 26 November 1999, entire text (Family: none)	1-17
A	JP 10-282020 A (KAWASAKI STEEL CORP.) 23 October 1998, entire text (Family: none)	1-17

☐ 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	Date of mailing of the international search report
04 July 2018 (04.07.2018)	17 July 2018 (17.07.2018)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Telephone No.

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１８／０１６８６８

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　B21B38/00(2006.01)i, B21B1/26(2006.01)i, B21C51/00(2006.01)i, G01J5/00(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.　B21B38/00, B21B1/26, B21C51/00, G01J5/00

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
A	JP 2012-93177 A (新日本製鐵株式会社) 2012.05.17, 全文 & JP 5640647 B2	1-17
A	US 5235840 A (HOT ROLLING CONSULTANTS,LTD.) 1993.08.17, 全文（ファミリーなし）	1-17
A	JP 11-325839 A (川崎製鉄株式会社) 1999.11.26, 全文（ファミリーなし）	1-17

☑　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
０４．０７．２０１８	１７．０７．２０１８

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）　４Ｅ　４１４２
池ノ谷　秀行
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３４２５

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
A	JP 10-282020 A (川崎製鉄株式会社) 1998.10.23, 全文（ファミリーなし）	1-17