(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)特許出願公開番号
特開2019-18247
(P2019-18247A)
(43)公開日　平成31年2月7日(2019.2.7)

| (51)Int.Cl. | | F I | | | テーマコード（参考） |
|---|---|---|---|---|---|
| B22D 11/16 | (2006.01) | B22D | 11/16 | 104N | 4E004 |
| | | B22D | 11/16 | 104T | |

審査請求 未請求　請求項の数 6　OL　（全 12 頁）

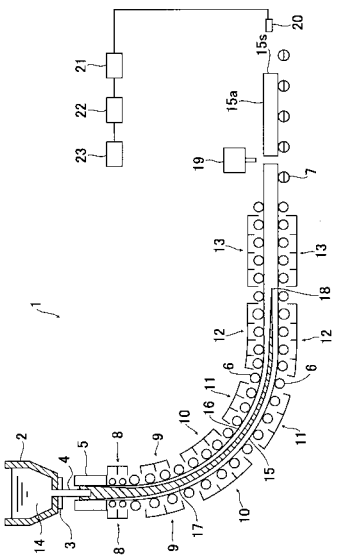
(21)出願番号　特願2018-134660 (P2018-134660)
(22)出願日　平成30年7月18日 (2018.7.18)
(31)優先権主張番号　特願2017-140608 (P2017-140608)
(32)優先日　平成29年7月20日 (2017.7.20)
(33)優先権主張国　日本国 (JP)

(71)出願人　000001258
ＪＦＥスチール株式会社
東京都千代田区内幸町二丁目２番３号
(74)代理人　100158573
弁理士　尾崎　大介
(74)代理人　100123386
弁理士　熊坂　晃
(74)代理人　100184859
弁理士　磯村　哲朗
(74)代理人　100196667
弁理士　坂井　哲也
(74)代理人　100130834
弁理士　森　和弘

最終頁に続く

(54)【発明の名称】連続鋳造機における鋳片表面欠陥及び設備異常の検知方法並びに検知設備

(57)【要約】
【課題】　鋼の連続鋳造工程において、ブリードに起因する鋳片表面欠陥を精度良く検知することができ、及び／または、ブリードに起因する鋳片表面欠陥の発生原因となる連続鋳造設備の鋳型または二次冷却帯の設備異常を検知することのできる、鋳片表面欠陥及び設備異常の検知方法を提供する。
【解決手段】　本発明に係る連続鋳造機における鋳片表面欠陥及び設備異常の検知方法は、連続鋳造機１の出側に設けられた鋳片切断機１９で切断された鋳片１５の横断面を光学式撮影装置２０によって撮影し、撮影された画像から鋳片横断面の断面形状を求め、求めた断面形状に基づいて、鋳片の表面欠陥、及び／または、連続鋳造機の鋳型及び二次冷却帯のうちの少なくとも一方の設備異常を検知する。
【選択図】　図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
連続鋳造機の出側に設けられた鋳片切断機で切断された鋳片の横断面を光学式撮影装置によって撮影し、撮影された画像から鋳片横断面の断面形状を求め、求めた断面形状に基づいて、鋳片の表面欠陥、及び／または、連続鋳造機の鋳型及び二次冷却帯のうちの少なくとも一方の設備異常を検知することを特徴とする、連続鋳造機における鋳片表面欠陥及び設備異常の検知方法。
【請求項２】
前記断面形状を、鋳片長辺面のバルジング量または鋳片短辺面の凹み量によって求めることを特徴とする、請求項１に記載の連続鋳造機における鋳片表面欠陥及び設備異常の検知方法。
【請求項３】
前記断面形状の経時変化に基づいて、鋳片の表面欠陥、及び／または、連続鋳造機の鋳型及び二次冷却帯のうちの少なくとも一方の設備異常を検知することを特徴とする、請求項１または請求項２に記載の連続鋳造機における鋳片表面欠陥及び設備異常の検知方法。
【請求項４】
前記断面形状において、前記鋳片の長辺面に閾値を超える量のバルジングの発生が確認された場合、閾値を超えるバルジングの発生位置を冷却している鋳型の部位及び鋳型直下の二次冷却帯の部位のうちの少なくとも一方の部位で、設備異常が発生していると判定することを特徴とする、請求項１ないし請求項３のいずれか１項に記載の連続鋳造機における鋳片表面欠陥及び設備異常の検知方法。
【請求項５】
前記断面形状において、前記鋳片の短辺面に閾値を超える量の凹みの発生が確認された場合、閾値を超える凹みの発生位置を冷却している鋳型の部位及び鋳型直下の二次冷却帯の部位のうちの少なくとも一方の部位で、設備異常が発生していると判定することを特徴とする、請求項１ないし請求項３のいずれか１項に記載の連続鋳造機における鋳片表面欠陥及び設備異常の検知方法。
【請求項６】
連続鋳造機の出側に設けられた鋳片切断機で切断された鋳片の横断面を撮影する光学式撮影装置と、
前記光学式撮影装置で撮影された画像を記憶する記憶装置と、
前記記憶装置に記憶されている画像から鋳片横断面の断面形状を求め、求めた断面形状に基づいて、鋳片の表面欠陥、及び／または、連続鋳造機の二次冷却帯の設備異常を判定する演算表示装置と、
を有することを特徴とする、連続鋳造機における鋳片表面欠陥及び設備異常の検知設備。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、連続鋳造機における鋳片表面欠陥及び設備異常の検知方法並びに検知設備に関し、詳しくは、鋼の連続鋳造鋳片の切断面の形状に基づいて鋳片の表面欠陥、及び／または、連続鋳造設備の水冷式の鋳型及び二次冷却帯のうちの少なくとも一方の設備異常を検知する方法並びに設備に関する。
【背景技術】
【０００２】
鋼の連続鋳造では、鋳型内に注入された溶鋼は水冷式の鋳型によって冷却（「一次冷却」という）され、鋳型との接触面で溶鋼が凝固して凝固シェル（「凝固層」とも呼ぶ）が生成される。この凝固シェルを外殻とし、内部を未凝固層とする鋳片は、鋳型の下流側に設置された鋳片支持ロールで支持されながら水スプレーや気水スプレーによって冷却（「二次冷却」という）され、鋳型下方に連続的に引き抜かれる。鋳片は、水スプレーや気水スプレーによる冷却によって厚み中心部まで凝固し、その後、ガス切断機などの鋳片切断

機によって切断されて、所定長さの鋳片が製造されている。鋳片が二次冷却される範囲を「二次冷却帯」と称している。

【０００３】

鋳型内における冷却が不均一になる、または、水スプレーや気水スプレーによる冷却が不均一になると、鋳片の表面に、縦割れ、横割れ、コーナーカギ割れなどのさまざまな欠陥が発生する。

【０００４】

また、鋳型内における冷却が不均一になると、凝固シェル厚みの厚い部分と薄い部分との熱収縮量に差が生じ、鋳片の断面形状が不均一になったりすることもある。同様に、二次冷却帯の設備異常などによって鋳片に冷却水が噴霧されなくなると、冷却水が噴霧されないまたは不足する部分は、抜熱が不足して凝固シェルの表面温度が高くなり、溶鋼静圧によって凝固シェルが外側に膨らみ（外側に膨らむことを「バルジング」という）、鋳片の断面形状が不均一になったりすることもある。

【０００５】

鋳片の断面形状が不均一になった場合には、鋳片コーナー部の凝固シェルに内部割れが発生し、この内部割れが凝固界面から凝固シェル表面まで伝播すると、鋳片内部の未凝固層が外部へ流出する、所謂ブリードの発生する危険性がある。ここで、「ブリード」とは、凝固シェルに凝固界面から凝固シェル表面に至る亀裂が生じ、この亀裂から鋳片内部の未凝固層が少量漏れ出す現象である。ブリードが拡大すれば、ブレークアウトに至る。ブリードが生じた鋳片部位は、通常、鋳片表面が二重肌状の表面欠陥になる。

【０００６】

鋳片表面に存在する欠陥は、次工程の熱間圧延工程で鋼製品の表面欠陥となることから、鋳造後の鋳片の段階において、鋳片の表面を手入れして表面欠陥を除去することが必要となる。

【０００７】

基本的には、このような表面欠陥発生の原因を取り除くことが重要ではあるが、予測し得ない原因によって不測に表面欠陥が発生してしまった鋳片を、他の健全な鋳片と区別して適切な処理を施すことも、実操業においては大切な事項である。つまり、熱間圧延後の鋼製品において欠陥となる鋳片の表面欠陥については、その表面欠陥を有する鋳片を識別・分離してスカーフィングやグラインダー研削などによって表面手入れを施し、表面欠陥を除去した後に熱間圧延に供することが重要である。

【０００８】

そこで、鋳造中または鋳造直後の鋳片の表面欠陥を、光学式撮影装置や放射温度計を用いてオンラインで検知するまたは予測する技術が多数提案されている。

【０００９】

例えば、特許文献１には、連続鋳造機での機内停止により生じた鋳片の表面温度を赤外線カメラで測定し、測定される鋳片の表面温度が予め設定した目標温度よりも低く、且つ、表面温度の低い部位が鋳造方向の所定長さに達したときに、鋳片表面に欠陥が発生したと判定し、且つ、鋳片に表面温度の低い部位が生じる原因となった二次冷却帯の部位を特定し、特定した二次冷却帯の部位に設備異常が発生したと判定する異常検知方法が提案されている。

【００１０】

特許文献２には、鋳片表面の熱画像を赤外線カメラで撮影し、熱画像における温度プロファイルに基づき、過去の熱画像における温度プロファイルと鋳片表面の欠陥との対応関係を参照して鋳片表面の欠陥を検知する欠陥検知方法が提案されている。

【００１１】

特許文献３には、連続鋳造設備の機端から排出されつつある鋳片を、側方及び上方に設けた撮像装置によって撮影し、側方から撮影された鋳片画像を画像処理して鋳片の厚みを測定し、上方から撮影された鋳片画像を画像処理して鋳片の幅を測定する、連続鋳造鋳片の寸法測定方法が提案されている。

【００１２】
特許文献４には、ガス切断機によって切断された鋳片の斜め下方より、鋳片切断面から鋳片下面にかけて十字状スリットレーザー光を照射し、十字状スリットレーザー光が照射された鋳片の切断面及び下面をカメラによって撮影し、得られた画像を処理し、鋳片切断面での段差の有無及び鋳片下面への溶断屑（バリ）の付着の有無を検知する、鋳片の切断面形状検知方法が提案されている。
【００１３】
また、鋳片の表面欠陥を検知する技術ではないが、特許文献５には、連続鋳造設備の出側に設けられた鋳片切断機により切断された鋳片の断面温度を二次元放射温度計により測定し、測定した断面温度に基づいて鋳片の最終凝固位置を推定する最終凝固位置推定方法が提案されている。
【先行技術文献】
【特許文献】
【００１４】
【特許文献１】特開２０１４－２１７８４９号公報
【特許文献２】特開２００９－６６６０２号公報
【特許文献３】特開２００３－２６０５５１号公報
【特許文献４】特開平１１－２９１００８号公報
【特許文献５】特開２０１４－２３３７３４号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【００１５】
特許文献１及び特許文献２などにより、鋳片の表面割れを主体とする表面欠陥の検知が可能となり、鋳片の表面割れを原因とする鋼製品の表面欠陥は大幅に軽減されている。また、特許文献３により鋳片のバルジング量の経時変化が測定でき、二次冷却帯の設備異常の迅速な検知が可能になって、二次冷却帯の異常に起因する表面欠陥も軽減されている。更に、特許文献４などにより、鋳片の切断面に付着した溶断屑による鋼製品の表面欠陥も大幅に軽減されている。
【００１６】
しかしながら、ブリードに起因する鋳片表面欠陥は、特許文献１や特許文献２などで検査対象とする鋳片の長辺面及び短辺面の撮影画像からは検知が難しく、健全な鋳片として次工程の熱間圧延工程に搬出され、鋼製品で表面欠陥が発生する場合が起こる。これは、ブリードは主に水冷式の鋳型内または鋳型直下の二次冷却帯で起こり、光学式撮影装置による検査時点には、ブリード発生箇所の温度は、健全な箇所と同等の温度になってしまい、ブリードが検知できなくなることによる。
【００１７】
特許文献３は、鋳片のバルジングを測定する技術であり、鋳片に閾値を超える量のバルジングの発生が観察されなくてもブリードが発生することがあり、したがって、特許文献３では、ブリードに起因する鋳片表面欠陥を見逃す可能性がある。
【００１８】
後述するように、本発明は鋳片の切断面（横断面）に基づいて鋳片表面欠陥を検知しており、特許文献４及び特許文献５も、鋳片の切断面（横断面）を検査対象としている。しかしながら、特許文献４は、鋳片切断面での段差の有無を検知する技術であり、特許文献５は、断面温度に基づいて鋳片の最終凝固位置を推定する技術であり、いずれもブリードに起因する鋳片表面欠陥については何ら言及していない。
【００１９】
本発明は上記事情に鑑みてなされたもので、その目的とするところは、鋼の連続鋳造工程において、主にブリードに起因する鋳片表面欠陥を精度良く検知することができ、及び／または、ブリードに起因する鋳片表面欠陥の発生原因となる連続鋳造設備の鋳型または二次冷却帯の設備異常を検知することのできる、連続鋳造機における鋳片表面欠陥及び設

備異常の検知方法並びに検知設備を提供することである。
【課題を解決するための手段】
【００２０】
本発明者らは、上記課題を解決するべく、鋭意、実験及び研究を行った。その結果、ブリードは、鋳型内または鋳型直下の二次冷却帯での凝固シェルのバルジングや抜熱の不均一に起因して発生し、且つ、バルジング量が大きくなるほど発生することから、連続鋳造中の鋳片の横断面形状の変形量を監視することによってブリードに起因する鋳片表面欠陥を検知できると考え、鋳片横断面形状の経時変化に着目した。
【００２１】
鋳片横断面形状の経時変化を観察した結果、鋳片毎の横断面形状を時系列で比較し、鋳片長辺面や鋳片短辺面のバルジング及び鋳片短辺面の凹みを早期に認識することで、ブリードに起因する鋳片表面欠陥を検知でき、且つ、ブリードの原因となる鋳型または二次冷却帯の設備異常を検知できることを知見した。
【００２２】
本発明は上記知見に基づきなされたものであり、その要旨は以下のとおりである。
［１］連続鋳造機の出側に設けられた鋳片切断機で切断された鋳片の横断面を光学式撮影装置によって撮影し、撮影された画像から鋳片横断面の断面形状を求め、求めた断面形状に基づいて、鋳片の表面欠陥、及び／または、連続鋳造機の鋳型及び二次冷却帯のうちの少なくとも一方の設備異常を検知することを特徴とする、連続鋳造機における鋳片表面欠陥及び設備異常の検知方法。
［２］前記断面形状を、鋳片長辺面のバルジング量または鋳片短辺面の凹み量によって求めることを特徴とする、上記［１］に記載の連続鋳造機における鋳片表面欠陥及び設備異常の検知方法。
［３］前記断面形状の経時変化に基づいて、鋳片の表面欠陥、及び／または、連続鋳造機の鋳型及び二次冷却帯のうちの少なくとも一方の設備異常を検知することを特徴とする、上記［１］または上記［２］に記載の連続鋳造機における鋳片表面欠陥及び設備異常の検知方法。
［４］前記断面形状において、前記鋳片の長辺面に閾値を超える量のバルジングの発生が確認された場合、閾値を超えるバルジングの発生位置を冷却している鋳型の部位及び鋳型直下の二次冷却帯の部位のうちの少なくとも一方の部位で、設備異常が発生していると判定することを特徴とする、上記［１］ないし上記［３］のいずれかに記載の連続鋳造機における鋳片表面欠陥及び設備異常の検知方法。
［５］前記断面形状において、前記鋳片の短辺面に閾値を超える量の凹みの発生が確認された場合、閾値を超える凹みの発生位置を冷却している鋳型の部位及び鋳型直下の二次冷却帯の部位のうちの少なくとも一方の部位で、設備異常が発生していると判定することを特徴とする、上記［１］ないし上記［３］のいずれかに記載の連続鋳造機における鋳片表面欠陥及び設備異常の検知方法。
［６］連続鋳造機の出側に設けられた鋳片切断機で切断された鋳片の横断面を撮影する光学式撮影装置と、前記光学式撮影装置で撮影された画像を記憶する記憶装置と、前記記憶装置に記憶されている画像から鋳片横断面の断面形状を求め、求めた断面形状に基づいて、鋳片の表面欠陥、及び／または、連続鋳造機の二次冷却帯の設備異常を判定する演算表示装置と、を有することを特徴とする、連続鋳造機における鋳片表面欠陥及び設備異常の検知設備。
【発明の効果】
【００２３】
本発明によれば、バルジングや抜熱の不均一を原因とするブリードに起因する鋳片表面欠陥を、鋳片横断面の断面形状に基づいて検知するので、ブリードの発生に至るようなバルジング量が大きい場合、または、ブリードの発生に至るような鋳片短辺面の凹み量が大きい場合には、凝固完了後の鋳片の横断面の変形量が大きく、したがって、ブリードに起因する鋳片表面欠陥を精度良く検知することが可能となる。また、ブリードに起因する鋳

片表面欠陥を精度良く検知することができるので、ブリードの原因となるバルジングや抜熱の不均一を鋳片に生じさせる鋳型または鋳型直下の二次冷却帯の設備異常も検知することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【００２４】

【図１】本発明に係る鋳片表面欠陥及び設備異常の検知設備を備えた垂直曲げ型の連続鋳造機の概略側面図である。

【発明を実施するための形態】

【００２５】

以下、添付図面を参照して本発明を具体的に説明する。図１は、本発明に係る鋳片表面欠陥及び設備異常の検知設備を備えた垂直曲げ型の連続鋳造機の概略側面図である。

【００２６】

図１に示すように、鋳片１５（スラブ鋳片）を鋳造するための連続鋳造機１には、溶鋼１４を注入して凝固させるための水冷式の鋳型５が設置されており、この鋳型５の上方には、取鍋（図示せず）から溶鋼１４を受け、受けた溶鋼１４を、浸漬ノズル４を介して鋳型５に供給するタンディッシュ２が配置されている。タンディッシュ２と浸漬ノズル４との間にはタンディッシュ２から鋳型５への溶鋼注入流量を制御するためのスライディングノズル３が設置されている。

【００２７】

一方、鋳型５の下方には、対向する一対のロールを１組とする複数組の鋳片支持ロール６が設置されており、鋳型５から引き抜かれた鋳片１５はその上面及び下面を鋳片支持ロール６で支持されながら鋳型５の下方に引き抜かれるようになっている。鋳片支持ロール６の下流側には、つまり、連続鋳造機１の出側には、鋳造された鋳片１５を払い出すための複数本の搬送ロール７が設置されている。そして、搬送ロール７の上方には、鋳片引き抜き速度と同期して移動しながら、鋳造されつつある鋳片１５を所定長さのスラブ鋳片１５ａ（以下、切断された所定長さのスラブ鋳片を「切断鋳片１５ａ」と記す）に切断するための鋳片切断機１９が設置されている。通常、鋳片切断機１９としては、鋳片１５の幅方向で鋳片１５の幅中心部に向かって逆方向に移動しながら鋳片１５を溶断する、２つのガストーチを有するガス切断機が使用されている。

【００２８】

鋳片支持ロール６が設置された範囲には、鋳型５の直下から下流側に向かって、第１冷却ゾーン８、８、第２冷却ゾーン９、９、第３冷却ゾーン１０、１０、第４冷却ゾーン１１、１１、第５冷却ゾーン１２、１２、及び第６冷却ゾーン１３、１３の合計１２箇所に分割された二次冷却ゾーンからなる二次冷却帯が設置されている。二次冷却帯の各二次冷却ゾーンには、鋳造方向に隣り合う鋳片支持ロール６の間に、水スプレーノズルまたは気水（エアーミスト）スプレーノズルなどのスプレーノズル（図示せず）が設けられ、鋳片１５の表面に向けて二次冷却水が噴霧される、または、二次冷却水が空気とともに噴霧されるように構成されている。尚、図１では、二次冷却帯の二次冷却ゾーンの設置数が合計１２であるが、連続鋳造機１の設備長さなどに応じて幾つに分割しても構わない。

【００２９】

鋳片切断機１９によって切断された切断鋳片１５ａの切断面１５ｓと相対する位置に、ＣＣＤカメラや赤外線カメラなどの光学式撮影装置２０が設置されており、切断鋳片１５ａの切断面１５ｓ（鋳片１５の横断面）が光学式撮影装置２０によって撮影されるように構成されている。光学式撮影装置２０による撮影時の切断面１５ｓの表面温度は、どの程度であっても問題ない。この場合、光学式撮影装置２０は、切断鋳片１５ａの切断面１５ｓの全体が撮影できるように構成されている。

【００３０】

尚、光学式撮影装置２０は、必要に応じて冷却水や冷風で冷却されるようになっている。また、光学式撮影装置２０が切断鋳片１５ａの切断面１５ｓと相対しており、切断面１５ｓを撮影した後の切断鋳片１５ａを光学式撮影装置２０の方向に移動すれば、切断鋳片

１５ａと光学式撮影装置２０とが衝突することになるが、切断鋳片１５ａの搬送方向を、光学式撮影装置２０の設置位置の直前で鋳片１５の鋳造方向と直交する方向に変えることで、切断鋳片１５ａと光学式撮影装置２０との衝突は回避できる。また、光学式撮影装置２０を切断鋳片１５ａの搬送方向の斜め上方または斜め下方とすることでも、切断鋳片１５ａと光学式撮影装置２０との衝突は回避できる。但し、光学式撮影装置２０は切断鋳片１５ａの切断面１５ｓの形状（横断面形状）を正確に撮影するための装置であり、そのためには、光学式撮影装置２０を、切断鋳片１５ａの切断面１５ｓと相対する位置、つまり、切断面１５ｓと垂直に対向する位置に設置することが好ましい。

【００３１】

光学式撮影装置２０で撮影された画像はデジタル処理され、デジタル処理された画像データは、光学式撮影装置２０から記憶装置２１に送信されて、記憶装置２１で記憶される。記憶する画像データには、溶鋼１４のチャージ番号、鋼種、鋳片の寸法、ストランド番号、鋳造日時などのデータも合わせて記憶する。

【００３２】

また、記憶装置２１に記憶された画像データは演算表示装置２２に送信される。演算表示装置２２は、入力された画像データから切断鋳片１５ａの切断面１５ｓの断面形状を求め、求めた断面形状に基づいて、鋳片１５の表面欠陥、及び／または、連続鋳造機１の鋳型５または鋳型直下の二次冷却帯の設備異常を判定する。

【００３３】

求めた断面形状に基づいて、鋳片１５の表面欠陥、及び／または、連続鋳造機１の鋳型５または鋳型直下の二次冷却帯の設備異常を判定するにあたり、予め設定した断面形状の閾値と、その時点で把握した断面形状とを比較して、得られた断面形状が閾値を超えたときに表面欠陥及び／または設備異常が発生したと判定することができ、また、断面形状の経時変化に基づいて表面欠陥及び／または設備異常が発生したと判定することもできる。

【００３４】

本発明で対象とする、厚みが１５０～３５０ｍｍで、幅が９５０～３０００ｍｍの横断面を有するスラブ鋳片において、操業異常の生じていない鋳片１５の横断面形状は、通常、矩形であるか、または、鋳片長辺面は、上面及び下面がほぼ平行で、鋳片短辺面が円弧状に凹んだ形状（凹みの深さ；２～４ｍｍ）となる。この横断面形状に対して、例えば、横断面形状が矩形でなく、鋳片長辺面がバルジングして鋳片幅方向左右の鋳片厚みが異なる（例えば、左右の鋳片厚み差が４ｍｍ以上）、または、鋳片短辺面中心部の凹み量が左右で異なり、且つ、一方の凹み量が大きい（例えば５ｍｍ以上）などの場合に、閾値を超えたとして、鋳片１５にブリードに起因する鋳片表面欠陥が発生したと判定する。

【００３５】

鋳片短辺面中心部の凹み量がブリードの有無に関係するメカニズムは明確ではないが、鋳片短辺面中心部の凹みは、鋳片支持ロール間などで鋳片長辺面がバルジングする際の歪に起因して生ずると考えられ、その凹みの大きさは鋳片長辺面のバルジング量の程度を反映していると考えられる。つまり、鋳片長辺面のバルジング量が大きくなれば鋳片短辺面中心部の凹み量が大きくなると考えられる。したがって、鋳片長辺面のバルジング量が大きい場合に生じ易いブリードは、同様に、鋳片短辺面中心部の凹み量と関連すると理解できる。尚、鋳片長辺面のバルジングは、バルジングが発生した位置よりも下流側の鋳片支持ロール６の複数対によって矯正され、切断鋳片１５ａの切断面１５ｓでは、鋳片長辺面のバルジングが観察されないことも起こる。

【００３６】

一方、画像データの経時変化の比較は、同一鋳型５で連続鋳造された鋳片１５の断面画像の輪郭を時系列毎に電子的に比較することで行うことができる。比較方法は、特にこの方法に限らないが、例えば、両方の鋳片短辺中央位置同士の距離及び両方の鋳片長辺中央位置の距離を比較する方法がある。鋳片短辺中央位置同士の距離が時間の経過毎に短くなっていれば、鋳片短辺面が凹み形状になっていて、その凹み量が徐々に大きくなっていると判断でき、一方、鋳片長辺中央位置の距離が大きくなっていれば、鋳片長辺面にバルジ

ングが発生し始めていると判断できる。つまり、例えば、鋳片１５のバルジング速度や短辺面の凹み速度などを経時的に求め、求めたバルジング速度や凹み速度が或る数値を超えたときに、表面欠陥及び／または設備異常が発生したと判定する。

【００３７】

そして、撮影した断面形状が予め設定した所定の形状の範囲を超えた場合や、撮影した断面形状の経時変化から異常が発生したと判定した場合には、演算表示装置２２は、切断鋳片１５ａに表面欠陥が発生したと判定し、且つ、鋳片１５の横断面形状が異常となるほどの設備異常が、鋳型５及び鋳型直下の二次冷却帯のうちの少なくとも一方で発生したと判定し、演算表示装置２２に異常発生を表示すると同時に、警報機２３を介して異常の発生を発報する。

【００３８】

本発明に係る鋳片表面欠陥及び設備異常の検知設備を備えた連続鋳造機１は、このようにして構成されている。このような構成の連続鋳造機１において、以下のようにして本発明に係る検知方法を実施する。

【００３９】

タンディッシュ２から浸漬ノズル４を介して鋳型５に溶鋼１４を注入する。鋳型５に注入された溶鋼１４は鋳型５で冷却されて鋳型５との接触面に凝固シェル１６を形成し、内部に未凝固層１７を有する鋳片１５として、鋳片支持ロール６に支持されつつピンチロール（鋳片支持ロール６の内の複数組のロール）によって下方に連続的に引抜かれる。鋳片１５は鋳片支持ロール６の設置範囲を通過する間、二次冷却帯の各二次冷却ゾーンで冷却され、凝固シェル１６の厚みを増大し、やがて、凝固完了位置１８で厚み中心部までの凝固を完了する。そして、鋳造した鋳片１５を鋳片切断機１９により切断して切断鋳片１５ａを得る。

【００４０】

切断鋳片１５ａの切断面１５ｓ（鋳片横断面）の断面形状を、鋳片１５が切断される毎に光学式撮影装置２０で撮影し、画像データを記憶装置２１で記憶させる。演算表示装置２２は、記憶装置２１から入力された画像データから鋳片１５の横断面の断面形状を求め、求めた断面形状に基づいて鋳片１５の表面欠陥、及び／または、連続鋳造機１の鋳型５または鋳型直下の二次冷却帯の設備異常を判定する。

【００４１】

画像データから求められた鋳片１５の横断面形状が、矩形でなく且つ鋳片幅方向左右の鋳片厚みが異なる場合には、鋳片１５にバルジングが発生し、そのバルジングが凝固完了後も残留したことを意味する。したがって、鋳片１５の横断面形状から、鋳片１５に予め設定した閾値を超えるバルジングの発生が確認された場合には、鋳片１５のバルジング発生位置を冷却している鋳型５の部位及び鋳型直下の二次冷却帯の部位のうちの少なくとも一方の部位に、ブリードに起因する鋳片表面欠陥を発生させるほどの設備異常が発生していると判定できる。

【００４２】

鋳片１５のバルジングは、凝固シェル１６の厚みが増大した時点、つまり鋳型直下から離れた位置では発生しにくいことから、鋳型直下の二次冷却帯で、且つ、バルジングの発生位置に該当する二次冷却帯で設備異常が発生していると判定できる。ここで、鋳型直下の二次冷却帯とは、鋳型５の下端から３ｍないし４ｍ程度下流までの範囲の二次冷却ゾーンとすればよい。スラブ鋳片用の連続鋳造機１では、設備長さが４０ｍを超える連続鋳造機もあり、バルジングの原因となる二次冷却帯の設備異常の位置を、鋳型５の下端から３ｍないし４ｍ程度下流までの範囲に特定することで、二次冷却帯の設備異常の箇所を容易に見つけることが可能となる。

【００４３】

同様に、鋳片１５の横断面形状において、鋳片１５の短辺面に閾値を超える量の凹みの発生が確認された場合には、閾値を超える凹みの発生位置を冷却している鋳型５の部位及び鋳型直下の二次冷却帯の部位のうちの少なくとも一方の部位に、ブリードに起因する鋳

片表面欠陥を発生させるほどの設備異常が発生していると判定できる。

【００４４】

鋳片１５にブリードに起因する鋳片表面欠陥が発生したと検知された場合には、そのストランドの鋳型５への溶鋼１４の注入を停止し、そのストランド内の鋳片１５を連続鋳造機１から払い出し、その後、ブリードに起因する鋳片表面欠陥及びその他の表面割れの有無を点検する。表面欠陥が見つかった場合には、スカーフィングやグラインダー研削によって表面欠陥を除去する。鋳片１５にブリードに起因する鋳片表面欠陥が発生したと検知された場合は、ブリードに起因する鋳片表面欠陥が発生していないと判定した同一鋳造チャンスの当該ストランドのそれ以前の切断鋳片１５ａも表面欠陥の詳細なチェックを行うことが好ましい。得られた結果を前記判定の閾値にフィードバックすることが更に好ましい。

【００４５】

本発明は、主にブリードに起因する鋳片表面欠陥を検知する技術であるが、ブリードが発生するほどのバルジングや抜熱の不均一が鋳片１５に起こっている場合には、二次冷却帯での鋳片長辺面の不均一冷却や、鋳片コーナー部の過冷却が起こり易く、これによって、鋳片１５に縦割れ、横割れ、コーナーカギ割れが発生するおそれがある。したがって、本発明は、鋳片１５の横断面を監視しているが、鋳片表面の縦割れ、横割れ、コーナーカギ割れも検知することができる。

【００４６】

連続鋳造の終了後、鋳片１５のバルジング発生位置または鋳片短辺面の凹み発生位置を冷却している鋳型５の部位及び鋳型直下の二次冷却帯の部位の設備異常の有無を点検する。先ず、鋳型５を点検し、次いで、鋳型５の下端から３ｍないし４ｍ程度下流までの範囲の二次冷却帯を点検し、その範囲で設備異常が見つからない場合は、その下流側の二次冷却帯の点検を続ける。

【００４７】

以上説明したように、本発明によれば、鋳片１５のバルジングや抜熱の不均一を原因とするブリードに起因する鋳片表面欠陥を、鋳片横断面の断面形状に基づいて検知するので、ブリードに起因する鋳片表面欠陥を精度良く検知することが実現される。また、ブリードに起因する鋳片表面欠陥を精度良く検知することができるので、ブリードの原因となるバルジングまたは短辺面の凹みを鋳片１５に生じさせる鋳型５または鋳型直下の二次冷却帯の設備異常を検知することも可能となる。また、当然ながら、ブリードに起因する鋳片表面欠陥を有する切断鋳片１５ａの次工程への搬出が防止される。

【実施例】

【００４８】

厚みが２２０ｍｍで、幅が１９００ｍｍの低炭素アルミキルド鋼のスラブ鋳片を、２．０ｍ／ｍｉｎの鋳片引き抜き速度で連続鋳造する垂直曲げ型の２ストランドの連続鋳造機で本発明を実施した。切断されたスラブ鋳片は、連続鋳造機のストランドの中心位置を鋳造方向に搬送され、その後、連続鋳造機のストランドの鋳造方向と直交する方向に排出されるように構成された連続鋳造機である。

【００４９】

光学式撮影装置として空冷式のＣＣＤカメラを使用し、スラブ鋳片の搬送方向が鋳造方向から直交する位置に、２つのストランドの中心位置で、且つ、スラブ鋳片の厚み中心位置に相当する位置に、それぞれ１基のＣＣＤカメラをスラブ鋳片の切断面に相対するように配置した。

【００５０】

ＣＣＤカメラで撮影された画像データに基づいてスラブ鋳片横断面の断面形状の経時変化を演算表示装置によって監視した。画像データにおいて、断面形状の閾値として、スラブ鋳片の厚みが通常の場合よりも局所的に４ｍｍ以上大きくなったとき、または、スラブ鋳片短辺面の凹みが５ｍｍ以上となったときとした。そして、監視される画像データが閾値を超えた場合には、スラブ鋳片にブリードに起因する鋳片表面欠陥が発生したと判定す

る、鋼の連続鋳造操業を実施した。

【００５１】

連続鋳造操業を続けていく過程で、一方のストランドで、スラブ鋳片短辺面の凹みが５ｍｍ以上となった連続鋳造操業が発生した。この場合、スラブ鋳片の局所的な厚みの増加量は、通常の場合に対して２ｍｍ以下であった。その連続鋳造操業では、スラブ鋳片短辺面の凹みが５ｍｍ以上となったストランドでの連続鋳造を、鋳片表面欠陥が発生したと判定した時点で直ちに停止し、取鍋に残留した溶鋼を他のストランドで連続鋳造し、その後に予定されていたチャージの連々鋳は中止した。

【００５２】

当該チャージの連続鋳造の終了後、スラブ鋳片短辺面の凹みが拡大した側の鋳型の部位及び鋳型直下から３ｍの範囲の二次冷却帯の部位を点検した。その結果、二次冷却帯のスラブ鋳片下面側の気水スプレーノズルが閉塞しており、スラブ鋳片に二次冷却水が噴霧されていない状態であることが確認された。閉塞した気水スプレーノズルを交換したところ、以降の連続鋳造では、スラブ鋳片短辺面の凹みが５ｍｍ以上となることは起こらなかった。

【００５３】

また、スラブ鋳片短辺面の凹みが５ｍｍ以上となったストランドで連続鋳造した全てのスラブ鋳片を工程運用から外し、スラブ鋳片の表面検査を実施した。この表面検査の結果、鋳片表面欠陥が発生したと判定した時点のスラブ鋳片には、ブリードに起因する鋳片表面欠陥が認められた。また、鋳片表面欠陥が発生したと判定した時点よりも後に連続鋳造したスラブ鋳片（連続鋳造を停止した時点、つまり、鋳型への溶鋼注入を停止した時点で連続鋳造機内に存在していた鋳片）にも、ブリードに起因する鋳片表面欠陥が認められた。一方、鋳片表面欠陥が発生したと判定した時点よりも前に連続鋳造したスラブ鋳片では、若干のバルジングが鋳片長辺面に認められたものの、ブリードに起因する鋳片表面欠陥は認められなかった。

【００５４】

ブリードに起因する鋳片表面欠陥が認められたスラブ鋳片は、スカーフィングによりブリードに起因する鋳片表面欠陥を除去して工程運用とした。

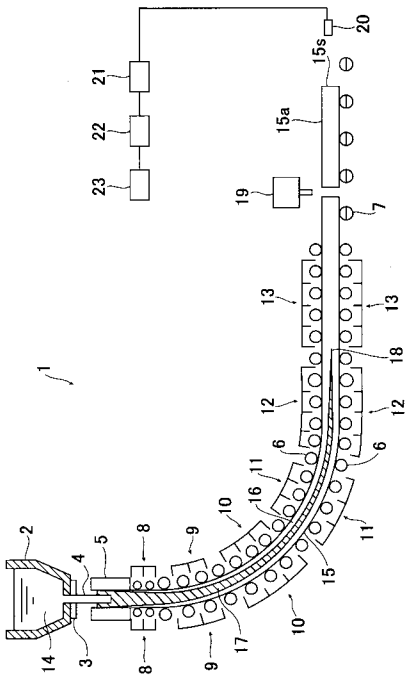
【符号の説明】

【００５５】

１　連続鋳造機
２　タンディッシュ
３　スライディングノズル
４　浸漬ノズル
５　鋳型
６　鋳片支持ロール
７　搬送ロール
８　第１冷却ゾーン
９　第２冷却ゾーン
１０　第３冷却ゾーン
１１　第４冷却ゾーン
１２　第５冷却ゾーン
１３　第６冷却ゾーン
１４　溶鋼
１５　鋳片
１５ａ　切断鋳片
１５ｓ　切断面
１６　凝固シェル
１７　未凝固層
１８　凝固完了位置

１９　鋳片切断機
２０　光学式撮影装置
２１　記憶装置
２２　演算表示装置
２３　警報機

【図１】



フロントページの続き

(72)発明者　丸山　正人
東京都千代田区内幸町二丁目２番３号　ＪＦＥスチール株式会社内
(72)発明者　松岡　克彰
東京都千代田区内幸町二丁目２番３号　ＪＦＥスチール株式会社内
(72)発明者　田中　孝憲
東京都千代田区内幸町二丁目２番３号　ＪＦＥスチール株式会社内
(72)発明者　山内　崇
東京都千代田区内幸町二丁目２番３号　ＪＦＥスチール株式会社内
(72)発明者　田中　秀栄
東京都千代田区内幸町二丁目２番３号　ＪＦＥスチール株式会社内

Ｆターム(参考) 4E004 MC19　MC22　PA05