(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第5893766号
(P5893766)
(45)発行日　平成28年3月23日(2016.3.23)　(24)登録日　平成28年3月4日(2016.3.4)

| (51)Int.Cl. | | F I | | |
|---|---|---|---|---|
| C21D 8/12 | (2006.01) | C21D | 8/12 | A |
| C21D 9/56 | (2006.01) | C21D | 9/56 | 101C |
| C22C 38/00 | (2006.01) | C22C | 38/00 | 303U |
| C22C 38/06 | (2006.01) | C22C | 38/06 | |

請求項の数 8　(全 11 頁)

(21)出願番号　特願2014-560207 (P2014-560207)
(86)(22)出願日　平成24年3月27日(2012.3.27)
(65)公表番号　特表2015-515540 (P2015-515540A)
(43)公表日　平成27年5月28日(2015.5.28)
(86)国際出願番号　PCT/CN2012/000368
(87)国際公開番号　WO2013/131212
(87)国際公開日　平成25年9月12日(2013.9.12)
審査請求日　平成26年9月4日(2014.9.4)
(31)優先権主張番号　201210060176.7
(32)優先日　平成24年3月8日(2012.3.8)
(33)優先権主張国　中国(CN)

(73)特許権者　514216801
バオシャン　アイアン　アンド　スティール　カンパニー　リミテッド
中華人民共和国　２０１９００　シャンハイ，　バオシャン　ディストリクト，　フージン　ロード　８８５
(74)代理人　110000914
特許業務法人　安富国際特許事務所
(72)発明者　ヘイ，　ホンシュ
中華人民共和国　２０１９００　シャンハイ，　バオシャン　ディストリクト，　フージン　ロード　８８５

最終頁に続く

(54)【発明の名称】焼ならし珪素鋼基板の製造方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
製鋼工程と、熱間圧延工程と、焼ならし工程とを含む、焼ならし珪素鋼基板の製造方法であって、
前記焼ならし工程では焼ならし炉が使用され、
前記焼ならし炉は、帯鋼の走行方向に沿って順に、予熱部、無酸化加熱部、炉口部、複数のその後の焼ならし処理炉部、及び、出口シール室を有し、
前記焼ならし炉の炉内圧力分布は、炉内圧力が、帯鋼の走行方向に沿って前記炉口部の下流側に隣接する炉部において最大となり、該炉内圧力が最大となる炉部から前記焼ならし炉の入口方向の炉部へと徐々に減少し、さらに該炉内圧力が最大となる炉部から前記焼ならし炉の出口方向の炉部へと徐々に減少することを特徴とする
製造方法。
【請求項２】
前記複数のその後の焼ならし処理炉部が、輻射管加熱／冷却部、電気／輻射管均熱部、及び、輻射管／ウォータージャケット冷却部から選択される少なくとも１つの炉部を含み、
前記複数のその後の焼ならし処理炉部が無作為な順序で配置されることを特徴とする
請求項１に記載の製造方法。
【請求項３】
前記炉口部と前記出口シール室の間の炉部には$N_2$保護ガスが充填され、
その前記炉口部と前記出口シール室の間の炉部への$N_2$保護ガスの供給量が、前記炉内圧

力分布が実現されるように調整されることを特徴とする
請求項１に記載の製造方法。
【請求項４】
前記炉部へのＮ$_2$保護ガスの供給量が以下の式：
（炉口部におけるＮ$_2$供給量）／（複数のその後の焼ならし処理炉部におけるＮ$_2$供給量の合計）≧１．２
を満たすことを特徴とする
請求項３に記載の製造方法。
【請求項５】
前記炉内圧力分布について、前記帯鋼の走行方向に沿って前記炉口部の下流側に隣接する炉部と前記無酸化加熱部との炉内圧力差が０Ｐａを超え、１０Ｐａ以下の範囲に制御されることを特徴とする
請求項１に記載の製造方法。
【請求項６】
前記炉内圧力差が５～１０Ｐａの範囲に制御されることを特徴とする
請求項５に記載の製造方法。
【請求項７】
前記炉内圧力分布について、炉内圧力制御のための基準点が１０～２５Ｐａの範囲に設定され、
前記炉内圧力制御のための基準点は、予熱部で検出された炉内圧力であることを特徴とする
請求項１に記載の製造方法。
【請求項８】
前記炉内圧力分布について、前記帯鋼の走行方向に沿って前記炉口部の下流側に隣接する炉部から前記焼ならし炉の出口方向の炉部への炉内圧力減少の傾き$K'_{出口方向}$が－０．０５～－０．２５であり、前記無酸化加熱部から前記焼ならし炉の入口方向の炉部への炉内圧力減少の傾き$K_{入口方向}$が０．５５～０．８であり、
$K'_{出口方向}$及び$K_{入口方向}$は、それぞれ、下記式で表されることを特徴とする
請求項１に記載の製造方法。
$K'_{出口方向}$＝（（帯鋼の走行方向に沿って並ぶ複数のその後の焼ならし処理炉部のうち最終の炉部の炉内圧力（Ｐａ））－（帯鋼の走行方向に沿って炉口部の下流側に隣接する炉部の炉内圧力（Ｐａ））／（対応する２つの炉部間の距離（ｍ））
$K_{入口方向}$＝（（無酸化加熱部の炉内圧力（Ｐａ））－（炉内圧力制御のための基準点（Ｐａ））／（対応する２つの炉部間の距離（ｍ））
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、高品質の焼ならし珪素鋼基板の製造方法に関する。
【背景技術】
【０００２】
無方向性電磁鋼の製造は、国内及び海外のいずれにおいても、徐々に生産能力過剰の時代に突入し、低級の方向性珪素鋼製品も飽和の段階に差し掛かっている。市場での激しい競争において製品のシェアを確保するためには、製品の品質を絶え間なく向上させることや、生産コストの削減を継続することが非常に重要である。珪素鋼の製造方法は、製鋼、熱間圧延、焼ならし、酸洗、冷間圧延及びその後の焼なましの各工程を含む。無方向性珪素鋼の焼ならし処理の目的は、冷間圧延前の熱延板を粗大な結晶粒組織とすることであり、それにより焼なましの際に冷延板が高強度の０ｖｗ集合組織となる。方向性珪素鋼製品の焼ならし処理の目的は、結晶粒径及び集合組織を調整し、硬質相を制御し、遊離のＣ及びＮを生成させ、ＡＬＮ等を析出させることである。
【０００３】

焼ならしプロセスが適切に制御されない場合、すなわち、実際の製造過程において、無酸化加熱炉内の石炭ガス、空気及び煙道ガスの混合物が完全に混合されず不完全燃焼を起こしたものが炉喉部の後方の炉部へと逆流した場合、露点が上昇し、帯鋼がさらに残留酸素と反応し、Ｓｉ、Ａｌ、Ｍｎ等からなる難除去性で高密度の酸化物層が基板表面上に形成されてしまう。この基板表面に付着した酸化物は、その後のショットブラスト及び酸洗処理において極めて除去され難い。冷間圧延後、硬質圧延板の表面には局所的に又はその幅全体にわたって埃様の斑点や触っても分からないような帯状のものの付着が見られることとなる。

【０００４】

日本は、珪素鋼製造技術レベルに関して世界を牽引している。例えば、特許文献１は、既に形成されてしまった高密度の酸化物をできるだけ取り除くための酸洗処理の強化方法に注目している。中国国内で発行された文献である非特許文献１でも、基板表面に付着した酸化物の除去方法が開示されている。以下に具体的に説明する。焼なまし鋼板に対して、７０℃で１０％ＨＦ又は１～２％ＨＦ＋６％$HNO_3$を含む濃塩酸による酸洗処理を施すか、あるいは$H_3PO_4$＋ＨＦを用いた化学研磨又は電解研磨を施す。付着した酸化物を完全に取り除いた後、基板に対してその後の処理を施すと、最終珪素鋼製品の鉄損が著しく減少することとなる。

【０００５】

上記文献はいずれも、焼ならし後の工程で基板表面上の高密度酸化物を除去するために酸洗処理を強化することを提案しているが、それらは後追いの対症療法的な策でしかない。焼ならし後の後続工程では、通常、プロセスが複雑になったり、コストが上昇したりするといった問題が生じる。したがって、焼ならし処理プロセスにおいて高密度酸化物の形成を防ぐようにすることが依然として期待されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００６】

【特許文献１】特開昭４８－１９０４８号公報

【非特許文献】

【０００７】

【非特許文献１】Ｈｅ　Ｚｈｏｎｇｚｈｉ編，Ｅｌｅｃｔｒｉｃａｌ　Ｓｔｅｅｌ

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００８】

本発明の目的は、高品質の焼ならし珪素鋼基板の製造方法を提供することである。「高品質」とは、本方法による焼ならし処理後に、その後の酸洗で除去できない高密度の酸化物が基板上に形成されないことを意味する。本発明の方法によって、焼ならし処理プロセスにおいて高密度酸化物の形成を首尾よく防ぎ、焼ならし珪素鋼基板の品質を向上させることができる。本発明の方法によって、焼ならし後の工程が簡単になり、コストが削減される。

【課題を解決するための手段】

【０００９】

本発明は、製鋼工程と、熱間圧延工程と、焼ならし工程とを含む、焼ならし珪素鋼基板の製造方法であって、上記焼ならし工程では焼ならし炉が使用され、上記焼ならし炉は、帯鋼の走行方向に沿って順に、予熱部、無酸化加熱部、炉喉部、複数のその後の焼ならし処理炉部、及び、出口シール室を有し、上記焼ならし炉の炉内圧力分布は、炉内圧力が、帯鋼の走行方向に沿って上記炉喉部の下流側に隣接する炉部において最大となり、該炉内圧力が最大となる炉部から上記焼ならし炉の入口方向の炉部へと徐々に減少し、さらに該炉内圧力が最大となる炉部から上記焼ならし炉の出口方向の炉部へと徐々に減少することを特徴とする製造方法を提供する。

【００１０】

本発明の方法においては、上記複数のその後の焼ならし処理炉部が、輻射管加熱／冷却部、電気／輻射管均熱部、及び、輻射管／ウォータージャケット冷却部から選択される少なくとも１つの炉部を含み、上記複数のその後の焼ならし処理炉部が無作為な順序で配置される。

【００１１】

本発明の方法においては、上記炉喉部と上記出口シール室の間の炉部には$N_2$保護ガスが充填され、その上記炉喉部と上記出口シール室の間の炉部への$N_2$保護ガスの供給量が、上記炉内圧力分布が実現されるように調整される。

【００１２】

本発明の方法においては、上記炉部への$N_2$保護ガスの供給量が以下の式：

（炉喉部における$N_2$供給量）／（複数のその後の焼ならし処理炉部における$N_2$供給量の合計）≧１．２

を満たす。

【００１３】

本発明の方法においては、上記炉内圧力分布について、上記帯鋼の走行方向に沿って上記炉喉部の下流側に隣接する炉部と上記無酸化加熱部との炉内圧力差が０～１０Ｐａ、好ましくは５～１０Ｐａの範囲に制御される。

【００１４】

本発明の方法においては、上記炉内圧力分布について、炉内圧力制御のための基準点が１０～２５Ｐａの範囲に設定される。

【００１５】

本発明の方法においては、上記炉内圧力分布について、上記帯鋼の走行方向に沿って上記炉喉部の下流側に隣接する炉部から上記焼ならし炉の出口方向の炉部への炉内圧力減少の傾きが－０．０５～－０．２５であり、上記無酸化加熱部から上記焼ならし炉の入口方向の炉部への炉内圧力減少の傾きが０．５５～０．８である。

【発明の効果】

【００１６】

本発明の方法によって、焼ならし処理プロセスにおいて高密度酸化物の形成を首尾よく防ぎ、焼ならし珪素鋼基板の品質を向上させることができる。本発明の方法によって、焼ならし後の工程が簡単になり、コストが削減される。

【図面の簡単な説明】

【００１７】

【図１】焼ならし炉の本来の炉内圧力分布と本発明における新たな炉内圧力分布とを比較するための概略グラフであり、グラフ中のＡは予熱部を、Ｂは無酸化加熱部を、Ｃは炉喉部の下流側に隣接する炉部を、Ｄは複数のその後の焼ならし処理炉部のうち最終の炉部を表す。

【図２】無酸化加熱部の煙道ガスが焼ならし炉の炉喉部へ逆流した場合に炉喉部の後続の炉部で検出された露点及び酸素含有量の両方の変化の動向を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【００１８】

以下に示す図面及び実施形態を参照しながら本発明の方法を以下に具体的に説明するが、本発明はこれらの図面及び実施形態に限定されるものではない。

【００１９】

上記焼ならし珪素鋼基板の製造方法は、製鋼工程と、熱間圧延工程と、焼ならし工程とを含み、上記焼ならし工程では焼ならし炉が使用され、上記焼ならし炉は、帯鋼の走行方向に沿って順に、予熱部、無酸化加熱部、炉喉部（炉室の高さが急に減少する）、複数のその後の焼ならし処理炉部、及び、出口シール室を有する。上記複数のその後の焼ならし処理炉部は、輻射管加熱／冷却部、電気／輻射管均熱部、及び、輻射管／ウォータージャケット冷却部から選択される少なくとも１つの炉部を含み、上記複数のその後の焼ならし処理炉部は無作為な順序で配置される。炉喉部の前に行われる加熱は、直接的な有炎燃焼に

よる無酸化加熱であり、炉喉部と出口シール室の間（炉喉部と出口シール室を含む）には$N_2$保護ガスが充填される。焼ならし炉の機能には、予熱、加熱、均熱及び冷却が含まれる。

【００２０】

帯鋼の走行方向に沿って、予熱部と、無酸化加熱部と、炉喉部の下流側に隣接する炉部と、複数のその後の焼ならし処理炉部のうち最終の炉部とについて炉内圧力を検出し、図１に示す。炉内圧力とは、炉室の内部圧力のことである。予熱部で検出された炉内圧力を、炉内圧力制御のための基準点とする。

【００２１】

本発明では、図１に示す焼ならし炉の新たな炉内圧力分布によって、煙道ガスの逆流をなくし、その後の焼ならし処理過程において、酸洗により効果的に除去できない高密度の酸化物が熱延鋼板表面に形成されるのを防ぐことにより、焼ならし基板の品質を向上させる。上記熱延鋼板に含まれる主な元素の重量％は以下の通りである：０．５≦Ｓｉ≦６．５％、０．０５≦Ｍｎ≦０．５５％、０．０５≦Ａｌ≦０．７％、Ｃ≦０．０５％、Ｐ≦０．０３％、Ｓ≦０．０３％、残部はＦｅ及び不可避的不純物元素。これは熱延鋼板の一般的な化学組成にすぎず、本発明はこの化学組成に限定されるものではなく、他の化学成分を含有してもよい。

【００２２】

図１に示す本来の炉内圧力分布の場合、通常の製造過程において炉喉部には$N_2$保護ガスがほとんど補充されないか、補充されてもごく少量である。製品の種類や仕様を変更したり、プロセスを切り換えたり、製造中の通板速度を変更したりすると、燃焼負荷も変化する。特に、過渡的な鋼帯の製造過程では、過渡的な鋼帯の材料、仕様又は使用頻度の違いが炉内雰囲気の乱高下を引き起こし、それにより無酸化加熱炉部の煙道ガスが炉喉部の後方の炉部へと逆流してしまう。この場合、完全に燃焼・消費されなかった空気（多量の酸素を含む）及び煙道ガス（$H_2O$ガスを含む）が高温の帯鋼と反応し、基板表面に高密度の酸化物が徐々に形成されてしまう。

【００２３】

図１に示す本発明における新たな炉内圧力分布は以下のように説明される。炉内圧力は、帯鋼の走行方向に沿って炉喉部の下流側に隣接する炉部において最大となり、該炉内圧力が最大となる炉部から焼ならし炉の入口方向の炉部へと徐々に減少し、さらに該炉内圧力が最大となる炉部から焼ならし炉の出口方向の炉部へと徐々に減少する。本発明においては、炉喉部と出口シール室の間の炉部には$N_2$保護ガスが充填され、その炉喉部と出口シール室の間の炉部への$N_2$保護ガスの供給量が、上記炉内圧力分布が実現されるように調整される。上記炉内圧力分布は、例えば、炉喉部や複数のその後の焼ならし処理炉部内を流れる$N_2$保護ガスの流量を調製することによって実現できる。具体的な実践方法としては、所定の量の$N_2$保護ガスを炉喉部に供給することにより、$N_2$により効果的に遮断する保護カーテンを形成することが挙げられる。効果的な$N_2$保護カーテンを形成するためには、炉喉部に供給される$N_2$の量と、複数のその後の焼ならし処理炉部に供給される$N_2$の量が以下の式：

（炉喉部における$N_2$供給量）／（複数のその後の焼ならし処理炉部における$N_2$供給量の合計）≧１．２

を満たす必要がある。

【００２４】

効果的な$N_2$保護カーテンを形成して煙道ガスの逆流を完全になくすために、図１に示すように、本発明における炉内圧力分布について、帯鋼の走行方向に沿って炉喉部の下流側に隣接する炉部と無酸化加熱部との炉内圧力差が０～１０Ｐａの範囲、好ましくは５～１０Ｐａの範囲に制御される。

【００２５】

無酸化加熱炉に供給された燃料は炉内で燃焼する。所定の容積の炉室内において、燃焼によって生成される排気の量と、排煙ファンから排出される排気の量がある特定の平衡点に

制御されていれば、炉内圧力を炉内圧力制御のための基準点付近に安定的に制御することができる。炉内圧力の安定的な制御を省エネルギーで実現するために、本発明における焼ならし炉の炉内圧力分布について、炉内圧力制御のための基準点が１０～２５Ｐａの範囲に設定される。炉内圧力制御のための基準点が１０Ｐａ未満であると、焼ならし炉の入口シールロールから大量の空気が吸い込まれてしまう。２５Ｐａを超えると、炉室から煙道ガスが大量にあふれ出てしまい、それにより、著しい熱損失が生じるだけでなく、付近の設備に安全上の問題もでてくる。

【００２６】

炉体構造の様々なサイズに合わせて出口シール室の$N_2$量を調節することにより、帯鋼の走行方向に沿って炉喉部の下流側に隣接する炉部から焼ならし炉の出口方向の炉部への炉内圧力減少の傾き$K'_{出口方向}$、すなわち、最高点から焼ならし炉の出口への炉内圧力減少の傾きを調整する。

【００２７】

$K'_{出口方向}$＝（（帯鋼の走行方向に沿って並ぶ複数のその後の焼ならし処理炉部のうち最終の炉部の炉内圧力）－（帯鋼の走行方向に沿って炉喉部の下流側に隣接する炉部の炉内圧力））／（対応する２つの炉部間の距離）

【００２８】

本発明における炉内圧力分布を確保しつつ$N_2$消費量を最大限に削減するために、本発明における新たな炉内圧力分布では、図１に示すように、帯鋼の走行方向に沿って炉喉部の下流側に隣接する炉部から焼ならし炉の出口方向の炉部への炉内圧力減少の傾き$K'_{出口方向}$が－０．０５～－０．２５である。

【００２９】

ガスダンパーと排煙ファンを組み合わせて、無酸化加熱部から焼ならし炉の入口方向の炉部への炉内圧力減少の傾き$K_{入口方向}$、すなわち、図１に示す無酸化加熱部から炉内圧力制御のための基準点への炉内圧力減少の傾きを調節することができる。

【００３０】

$K_{入口方向}$＝（（無酸化加熱部の炉内圧力）－（炉内圧力制御のための基準点））／（対応する２つの炉部間の距離）

【００３１】

図１に示すように、無酸化加熱部から焼ならし炉の入口方向の炉部への炉内圧力減少の傾き$K_{入口方向}$は０．５５～０．８である。上記傾きが０．８を超えると、煙道ガスと鋼帯の間で効果的な熱交換が充分に行われず、煙道ガス排出温度が上昇し、エネルギーの浪費となってしまう。上記傾きが０．５５未満であると、炉内圧力勾配分布が炉室内で形成されないため、空気が炉内にスムーズに流れず、それにより、無酸化加熱炉のノズルにおいて安定的に燃焼を行う際に影響がでてしまう。

【００３２】

炉室内全体の炉内圧力分布が上記式を満たす場合、製造される焼ならし基板の表面の品質は最高のものとなる。

【００３３】

本発明の方法に従って、焼ならし炉の$N_2$保護ガスの補給位置及び流量を調整することにより、$N_2$により効果的に遮断する保護カーテンを炉喉部に形成するとともに、炉喉部から入口及び出口への炉内圧力減少の傾きを効果的に制御することにより、煙道ガスの逆流を完全になくし、その後の焼ならし処理過程において、酸洗により効果的に除去できない高密度の酸化物が熱延鋼板表面に形成されるのを防ぐことができ、それにより焼ならし基板の品質を向上させることができる。

【００３４】

調製例

熱間圧延鋼コイルの調製方法は、以下に説明するような製鋼、熱間圧延等の工程を含む。１）製鋼プロセス。転炉吹錬、ＲＨ精錬及び連続鋳造プロセスを包含する。これらのプロセスによって、製品の成分、介在物及び微細組織を厳密に制御し、鋼中の不可避的不純物

及び残留成分を比較的低い濃度に保ち、鋼中の介在物量を低減し、該介在物を粗大化し、一連の製鋼技術によって、様々な製品の種類に応じてできるだけ高い等軸晶率の鋳造スラブを合理的なコストで得ることができる。

【００３５】

２）熱間圧延プロセス。工程１）で設計した様々な鋼種の連続鋳造スラブに対して、加熱、粗圧延、仕上圧延、ラミナー冷却及び巻き取りといった工程をそれぞれ異なる温度で行う。バオスティール（Ｂａｏｓｔｅｅｌ）により独自に開発された熱間圧延プロセスによれば、効果的にエネルギーを節約することができ、最終製品に求められる性能と品質を満たす優れた性能を有する高品質のホットコイルを高生産量で得ることができる。調製される熱間圧延鋼コイルの化学成分は以下の通りである：０．５≦Ｓｉ≦６．５％、０．０５≦Ｍｎ≦０．５５％、０．０５≦Ａｌ≦０．７％、Ｃ≦０．０５％、Ｐ≦０．０３％、Ｓ≦０．０３％、残部はＦｅ及び不可避的不純物成分。

【実施例】

【００３６】

Ｃ：２０ｐｐｍ、Ｓｉ：３．０６％、Ｍｎ：０．２％、Ａｌ：０．５８％、Ｐ：０．００４％、及び、Ｓ：０．０００５％未満からなる熱間圧延鋼コイルに様々な方法で焼ならしを施した。酸洗及び冷間圧延後の製品表面の品質を以下に示す。

【００３７】

表１：本発明における炉内圧力分布下で得られた焼ならし基板と煙道ガスの逆流後に得られた焼ならし板との比較

【００３８】

【表１】

| | $N_2$供給量比[1] | 炉内圧力基準点[2] | （炉喉部の後方の炉内圧力[3]）－（無酸化加熱部の炉内圧力） | $K_{入口方向}$ | $K'_{出口方向}$ | 酸洗後の焼ならし基板上の酸化物の残留 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 実施例1 | 1.3 | 20 | 5 | 0.70 | －0.1 | なし |
| 実施例2 | 1.35 | 15 | 7 | 0.80 | －0.15 | なし |
| 比較例1 | 1.15 | 20 | －5 | 0.45 | －0.15 | (煙道ガスの逆流)あり |
| 比較例2 | 1.1 | 25 | －4 | 0.90 | －0.07 | (煙道ガスの逆流)あり |

注１：$N_2$供給量比とは、（炉喉部における$N_2$供給量（$Nm^3$／ｈｒ））／（複数のその後の焼ならし処理炉部における$N_2$供給量の合計（$Nm^3$／ｈｒ））の比を指す。

注２：炉内圧力基準点とは、炉内圧力制御のための基準点における炉内圧力を指す。

注３：炉喉部の後方の炉内圧力とは、帯鋼の走行方向に沿って炉喉部の下流側に隣接する炉部の炉内圧力を指す。

【００３９】

実施例１においては、$N_2$供給量比［（炉喉部における$N_2$供給量（$Nm^3$／ｈｒ））／（複数のその後の焼ならし処理炉部における$N_2$供給量の合計（$Nm^3$／ｈｒ））］は１．３に設定されている。帯鋼の走行方向に沿って炉喉部の下流側に隣接する炉部と無酸化加熱部との炉内圧力差は５Ｐａである。帯鋼の走行方向に沿って炉喉部の下流側に隣接する炉部から焼ならし炉の出口方向の炉部への炉内圧力減少の傾き$K'_{出口方向}$は－０．１

である。一方、無酸化加熱部から焼ならし炉の入口方向の炉部への炉内圧力減少の傾き$K_{入口方向}$は０．７０である。上記データから分かるように、炉内圧力は、帯鋼の走行方向に沿って炉喉部の下流側に隣接する炉部において最大となり、該炉内圧力が最大となる炉部から焼ならし炉の入口方向の炉部へと徐々に減少し、さらに該炉内圧力が最大となる炉部から焼ならし炉の出口方向の炉部へと徐々に減少する。つまり、本発明における炉内圧力分布形式が実現されている。実施例１では、$N_2$供給量比［（炉喉部における$N_2$供給量（$Nm^3$／ｈｒ））／（複数のその後の焼ならし処理炉部における$N_2$供給量の合計（$Nm^3$／ｈｒ））］を１．３に調整することにより、$N_2$により効果的に遮断する保護カーテンが炉喉部に形成され、本発明における炉内圧力分布形式が実現されている。その結果、酸洗後の焼ならし基板上に酸化物は残留しない。安定的に炉内圧力が制御されるように、炉内圧力制御のための基準点は２０Ｐａに設定されている。

【００４０】

実施例２においては、$N_2$供給量比［（炉喉部における$N_2$供給量（$Nm^3$／ｈｒ）／（複数のその後の焼ならし処理炉部における$N_2$供給量の合計（$Nm^3$／ｈｒ））］は１．３５に設定されている。帯鋼の走行方向に沿って炉喉部の下流側に隣接する炉部と無酸化加熱部との炉内圧力差は７Ｐａである。帯鋼の走行方向に沿って炉喉部の下流側に隣接する炉部から焼ならし炉の出口方向の炉部への炉内圧力減少の傾き$K'_{出口方向}$は－０．１５である。一方、無酸化加熱部から焼ならし炉の入口方向の炉部への炉内圧力減少の傾き$K_{入口方向}$は０．８０である。上記データから分かるように、炉内圧力は、帯鋼の走行方向に沿って炉喉部の下流側に隣接する炉部において最大となり、該炉内圧力が最大となる炉部から焼ならし炉の入口方向の炉部へと徐々に減少し、さらに該炉内圧力が最大となる炉部から焼ならし炉の出口方向の炉部へと徐々に減少する。つまり、本発明における炉内圧力分布形式が実現されている。実施例２では、$N_2$供給量比［（炉喉部における$N_2$供給量（$Nm^3$／ｈｒ））／（複数のその後の焼ならし処理炉部における$N_2$供給量の合計（$Nm^3$／ｈｒ））］を１．３５に調整することにより、$N_2$により効果的に遮断する保護カーテンが炉喉部に形成され、本発明における炉内圧力分布形式が実現されている。その結果、酸洗後の焼ならし基板上に酸化物は残留しない。安定的に炉内圧力が制御されるように、炉内圧力制御のための基準点は１５Ｐａに設定されている。

【００４１】

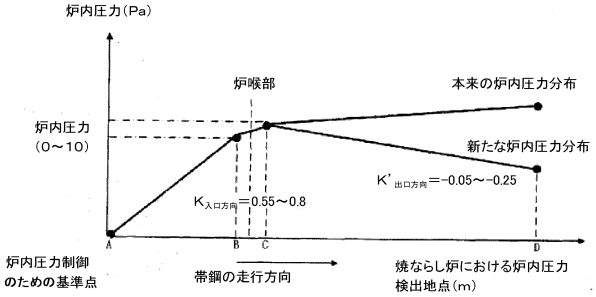
比較例１においては、$N_2$供給量比［（炉喉部における$N_2$供給量（$Nm^3$／ｈｒ））／（複数のその後の焼ならし処理炉部における$N_2$供給量の合計（$Nm^3$／ｈｒ））］は１．１５に設定されている。帯鋼の走行方向に沿って炉喉部の下流側に隣接する炉部と無酸化加熱部との炉内圧力差は－５Ｐａである。上記データから分かるように、炉内圧力は無酸化加熱部において最大となるため、本発明における炉内圧力分布は実現されていない。$N_2$供給量比［（炉喉部における$N_2$供給量（$Nm^3$／ｈｒ））／（複数のその後の焼ならし処理炉部における$N_2$供給量の合計（$Nm^3$／ｈｒ））］が１．２未満であると、$N_2$により効果的に遮断する保護カーテンを炉喉部に形成することも、本発明における炉内圧力分布形式を実現することもできず、その結果、煙道ガスが逆流し、酸洗後の焼ならし基板上に酸化物が残留する。

【００４２】

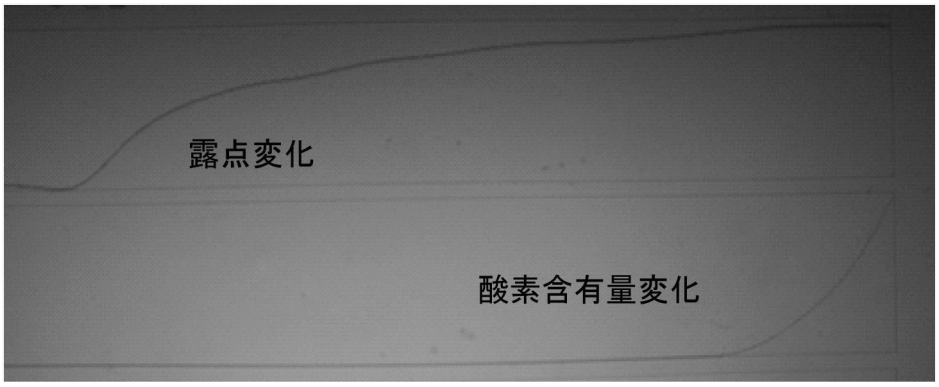
比較例２においては、$N_2$供給量比［（炉喉部における$N_2$供給量（$Nm^3$／ｈｒ））／（複数のその後の焼ならし処理炉部における$N_2$供給量の合計（$Nm^3$／ｈｒ））］は１．１に設定されている。帯鋼の走行方向に沿って炉喉部の下流側に隣接する炉部と無酸化加熱部との炉内圧力差は－４Ｐａである。上記データから分かるように、炉内圧力は無酸化加熱部で最大となるため、本発明における炉内圧力分布は実現されていない。$N_2$供給量比［（炉喉部における$N_2$供給量（$Nm^3$／ｈｒ））／（複数のその後の焼ならし処理炉部における$N_2$供給量の合計（$Nm^3$／ｈｒ））］が１．２未満であると、$N_2$により効果的に遮断する保護カーテンを炉喉部に形成することも、本発明における炉内圧力分布形式を実現することもできず、その結果、煙道ガスが逆流し、酸洗後の焼ならし基板上に酸化物が残留する。

【００４３】
比較例１について、図２は、無酸化加熱部の煙道ガスが焼ならし炉の炉口部へ逆流した場合に炉口部の後続の炉部で検出された露点及び酸素含有量の両方の変化の動向を示すグラフである。この過程では、酸洗後に得られた焼ならし基板の帯鋼表面には難除去性酸化物が存在する。露点とは、煙道ガスに含まれる水分含有量を指す。
【産業上の利用可能性】
【００４４】
本発明の高品質の焼ならし珪素鋼基板の製造方法によって、焼ならし処理プロセスにおいて高密度の酸化物の形成を首尾よく防ぎ、焼ならし珪素鋼基板の品質を向上させることができる。本発明の方法によって、焼ならし後の工程が簡単になり、コストが削減されるため、本発明の方法は高品質の焼ならし珪素鋼基板の大規模生産に使用できる。

【図１】



【図２】



フロントページの続き

(72)発明者 チェン, シャオ
中華人民共和国 ２０１９００ シャンハイ, バオシャン ディストリクト, フージン ロード ８８５
(72)発明者 リュ, シェンドン
中華人民共和国 ２０１９００ シャンハイ, バオシャン ディストリクト, フージン ロード ８８５
(72)発明者 シェ, シーシュ
中華人民共和国 ２０１９００ シャンハイ, バオシャン ディストリクト, フージン ロード ８８５
(72)発明者 スー, デァジュン
中華人民共和国 ２０１９００ シャンハイ, バオシャン ディストリクト, フージン ロード ８８５
(72)発明者 リン, ルンジェ
中華人民共和国 ２０１９００ シャンハイ, バオシャン ディストリクト, フージン ロード ８８５
(72)発明者 ヂャン, ペイリー
中華人民共和国 ２０１９００ シャンハイ, バオシャン ディストリクト, フージン ロード ８８５
(72)発明者 ジャン, ロンチャン
中華人民共和国 ２０１９００ シャンハイ, バオシャン ディストリクト, フージン ロード ８８５
(72)発明者 イェ, ミャオ
中華人民共和国 ２０１９００ シャンハイ, バオシャン ディストリクト, フージン ロード ８８５

審査官 田口 裕健

(56)参考文献 中国特許出願公開第１０１８１２５７１（ＣＮ，Ａ）
特開昭６０－０１７０２０（ＪＰ，Ａ）
中国実用新案第２０１２０１９７３（ＣＮ，Ｙ）
特許第２６６５３３３（ＪＰ，Ｂ２）
特開平０５－２０２４１９（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｃ２１Ｄ ８／１２、９／４６
Ｃ２１Ｄ ９／５２－９／５６