(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第4604370号
(P4604370)

(45)発行日　平成23年1月5日(2011.1.5)　(24)登録日　平成22年10月15日(2010.10.15)

(51)Int.Cl.			F I		
C21D	8/12	(2006.01)	C21D	8/12	B
H01F	1/16	(2006.01)	H01F	1/16	B
C22C	38/00	(2006.01)	C22C	38/00	303U

請求項の数 5　(全 8 頁)

(21)出願番号　特願2001-67023(P2001-67023)
(22)出願日　平成13年3月9日(2001.3.9)
(65)公開番号　特開2002-266030(P2002-266030A)
(43)公開日　平成14年9月18日(2002.9.18)
審査請求日　平成19年8月3日(2007.8.3)

(73)特許権者　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　100147485
弁理士　杉村　憲司
(74)代理人　100114292
弁理士　来間　清志
(74)代理人　100072051
弁理士　杉村　興作
(72)発明者　伊東　敦史
岡山県倉敷市水島川崎通１丁目（番地なし）　川崎製鉄株式会社　水島製鉄所内
(72)発明者　岡田　典久
岡山県倉敷市水島川崎通１丁目（番地なし）　川崎製鉄株式会社　水島製鉄所内
最終頁に続く

(54)【発明の名称】方向性電磁鋼板の製造方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
電磁鋼素材を熱間圧延して得られた熱延板に、１回または中間焼鈍を挟む２回以上の冷間圧延を施して最終板厚とした後、脱炭を兼ねた１次再結晶焼鈍を施し、次いで、コイル状に鋼板を巻き取った後に、該鋼板コイルをその巻取り軸が垂直になるように載置して仕上焼鈍を施す一連の工程を有する方向性電磁鋼板の製造方法において、
仕上焼鈍は２次再結晶焼鈍と純化焼鈍に分けられ、２次再結晶焼鈍後に、前記鋼板コイルをその垂直方向での両端面位置が逆になるように反転させて載置し直し、その後、純化焼鈍を行うことを特徴とする方向性電磁鋼板の製造方法。
【請求項２】
仕上焼鈍にて、２次再結晶焼鈍はバッチ式焼鈍炉で行い、純化焼鈍は連続式焼鈍炉で行う請求項１に記載の方向性電磁鋼板の製造方法。
【請求項３】
前記鋼板コイルの２次再結晶条件が異なる場合、２次再結晶焼鈍は、同一の２次再結晶条件を有する鋼板コイル群ごとに別個のバッチ式焼鈍炉で行い、
純化焼鈍は、前記２次再結晶焼鈍を行った全鋼板コイルを同一の連続式焼鈍炉で行う請求項１または２に記載の方向性電磁鋼板の製造方法。
【請求項４】
２次再結晶焼鈍は、不活性ガス雰囲気中で、９００℃以下かつ３０時間以上保持することにより行い、

純化焼鈍は、還元ガス雰囲気中で１１００℃以上かつ１０時間以下保持を行うことにより行う請求項１、２または３に記載の方向性電磁鋼板の製造方法。

【請求項５】

バッチ式焼鈍炉から連続式焼鈍炉への炉換えを大気中で行う場合には、前記鋼板コイルをバッチ式焼鈍炉内で４００℃以下に冷却してから連続式焼鈍炉に炉換えし、このとき、鋼板コイルを前記したように反転させてから連続式焼鈍炉に載置する請求項２、３または４に記載の方向性電磁鋼板の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】

この発明は、方向性電磁鋼板の製造方法に関するものであって、特に方向性電磁鋼板の側歪の発生を抑制する技術を提案する。

【０００２】

【従来の技術】

方向性電磁鋼板は、電磁鋼素材を熱間圧延して得られた熱延板に、１回または中間焼鈍を挟む２回以上の冷間圧延を施して最終板厚とした後、脱炭を兼ねた１次再結晶焼鈍を施し、次いで焼鈍分離剤を塗布・乾燥してからコイル状に鋼板を巻き取った後に、所定の雰囲気ガス中で仕上焼鈍を施すことによって製造される。

【０００３】

上記仕上焼鈍においては、該鋼板コイルを、その巻取り軸が垂直になるようにコイル受け台の上面に載置した状態で高温・長時間の熱処理を実施することになることから、コイル受け台の上面と接する側の鋼板コイルの下端部には、高温状態で鋼板コイル自体の自重が負荷されることに伴って、変形が生じやすくなり、いわゆる「側歪」と呼ばれる歪が発生する傾向がある。

【０００４】

この側歪は特に厚みが0.30ｍｍ以下の薄物材の場合に生じやすい。また、方向性電磁鋼板は鉄心の形状にせん断加工した複数枚を積層した状態で使用するため、かかるコイル端部の歪が発生すると、せん断加工が非常に困難となり、さらに、積層後の磁気特性の面で大きな障害となる。従って、このように歪が生じたコイル端部は、最終仕上焼鈍後に切除されるが、歪が生じた部分が大きいと製品の歩留りが悪化するため、コイル端部の歪は極力低減する必要がある。

【０００５】

仕上焼鈍におけるコイル端部の側歪を低減するための従来の手段としては、例えば特開平７－48629号公報等に記載されているように、焼鈍炉内にコイルを載置するためのベースプレートを改良する方法、特公平３－33766号公報等に記載されているように、コイルの巻取り張力の適正化を図る方法等が挙げられる。

【０００６】

しかしながら、これらの方法により側歪は低減されるものの、通常良好な被膜状態や磁気特性を確保するため必要となる板端部の切捨量に比べて、大きな側歪が残るという問題があった。

【０００７】

そのため、発明者は、該鋼板コイルを、その巻取り軸が垂直になるようにコイル受け台の上面に載置した状態で高温・長時間の仕上焼鈍を施した場合の側歪の発生原因について詳細に検討したところ、以下の知見を得た。

【０００８】

すなわち、仕上焼鈍を施した場合の鋼板コイルの（自重が集中しかつコイル受け台の上面に載置した側の）端部に生じる側歪は、鋼板コイルの端部に一定温度で一定の荷重（鋼板コイルの自重）が加わった状態が長時間続くことに伴うクリープ変形によるものであることがわかった。

【０００９】

さらに、仕上焼鈍工程を前工程と後工程との２つに分けて調査したところ、鋼板コイルの自重が集中する端部には、比較的低温である前工程において、後工程でのクリープの発生起点と考えられる微小な歪が導入されていることがわかった。次いで、比較的高温となる後工程において前記起点よりクリープ変形が生じたものと考えられ、その結果、鋼板コイルの端部に前記した大きな側歪が発生したものと推定される。

【００１０】

【発明が解決しようとする課題】

この発明の目的は、方向性電磁鋼板の製造方法に関するものであって、特に方向性電磁鋼板の側歪の発生を抑制する技術を提案することにある。

【００１１】

【課題を解決するための手段】

発明者は、上記課題を解決するため鋭意検討を行ったところ、仕上焼鈍中に、鋼板コイルの自重が集中する端部を異ならせること、すなわち、クリープ発生起点と考えられる微小な歪の導入部を仕上焼鈍途中において、コイル上端部に移動させることにより、側歪が顕著に抑制されることを見出し、この発明を完成させることに成功したのである。

【００１２】

すなわち、この発明の要旨は下記のとおりである。

【００１３】

（１）電磁鋼素材を熱間圧延して得られた熱延板に、１回または中間焼鈍を挟む２回以上の冷間圧延を施して最終板厚とした後、脱炭を兼ねた１次再結晶焼鈍を施し、次いで焼鈍分離剤を塗布・乾燥してからコイル状に鋼板を巻き取った後に、該鋼板コイルをその巻取り軸が垂直になるように載置して仕上焼鈍を施す一連の工程を有する方向性電磁鋼板の製造方法において、仕上焼鈍は２次再結晶焼鈍と純化焼鈍に分けられ、２次再結晶焼鈍後に、前記鋼板コイルをその垂直方向での両端面位置が逆になるように反転させて載置し直し、その後、純化焼鈍を行うことを特徴とする方向性電磁鋼板の製造方法。

【００１４】

（２）仕上焼鈍にて、２次再結晶焼鈍はバッチ式焼鈍炉で行い、純化焼鈍は連続式焼鈍炉で行う上記（１）に記載の方向性電磁鋼板の製造方法。

【００１５】

（３）前記鋼板コイルの２次再結晶条件が異なる場合、 2次再結晶焼鈍は、同一の2次再結晶条件を有する鋼板コイル群ごとに別個のバッチ式焼鈍炉で行い、純化焼鈍は、前記２次再結晶焼鈍を行った全鋼板コイルを同一の連続式焼鈍炉で行う上記（１）または（２）に記載の方向性電磁鋼板の製造方法。

【００１６】

（４）２次再結晶焼鈍は、不活性ガス雰囲気中で、900℃以下かつ30時間以上保持することにより行い、純化焼鈍は、還元ガス雰囲気中で1100℃以上かつ10時間以下保持を行うことにより行う上記（１）、（２）または（３）に記載の方向性電磁鋼板の製造方法。

【００１７】

（５）バッチ式焼鈍炉から連続式焼鈍炉への炉換えを大気中で行う場合には、前記鋼板コイルをバッチ式焼鈍炉内で400℃以下に冷却してから連続式焼鈍炉に炉換えし、このとき、鋼板コイルを前記したように反転させてから連続式焼鈍炉に載置する上記（２）、（３）又は（４）に記載の方向性電磁鋼板の製造方法。

【００１８】

【発明の実施の形態】

次に、この発明に従う方向性電磁鋼板の製造方法の実施形態の一例について説明する。

まず、電磁鋼素材を熱間圧延する。電磁鋼素材の組成については特に限定はしないが、一例を挙げておくと、質量％で、C:0.02～0.10％、Si:2.0～4.5％、Mn：0.05～0.2％を含有し、かつSe:およびＳの１種または２種を合計で0.01～0.04％含有する組成になる電磁鋼素材を用いることが好ましい。

【００１９】

また、電磁鋼素材（スラブ）は、公知の方法によって製造することができる。例えば、転炉製鋼法等によって所望の成分組成の溶鋼に溶製し、連続鋳造法あるいは造塊－分塊圧延法によって製造すればよい。

【００２０】

さらに、電磁鋼素材は、熱間圧延を行う前に、通常はインヒビター形成元素を十分に解離固溶させるために1250℃以上の高温に加熱することが好ましく、その後、公知の方法に従って熱間圧延を施し、所定の厚み、好適には1.4～5.0ｍｍ程度の厚みの熱延板とする。

【００２１】

次いで、この熱延板に、必要に応じて熱延板焼鈍を施した後、酸洗処理を行い、その後、１回または中間焼鈍を挟む２回以上の冷間圧延を施して最終板厚の冷延板とする。

冷間圧延は、公知の方法に従って行えばよく、最終板厚は、0.20～0.35ｍｍとすることが好ましい。

【００２２】

その後、冷延板は、磁気特性に悪影響を及ぼす鋼中のＣを除去するための脱炭を兼ねた１次再結晶焼鈍を施し、次いで、MgOで代表される焼鈍分離剤を塗布してからコイル状に鋼板を巻き取った後、前記鋼板コイルに、２次再結晶焼鈍および純化焼鈍からなる仕上焼鈍を施すことによって、方向性電磁鋼板を製造することができる。

【００２３】

そして、この発明の構成上の主な特徴は、前記鋼板コイルの仕上焼鈍方法の適正化を図ることにあり、より具体的には、仕上焼鈍中に、前記鋼板コイルをその垂直方向での両端面位置が逆になるように反転させて載置し直すことにあり、これによって、鋼板コイルの端部での側歪みの発生が顕著に抑制することができる。

【００２４】

発明者は、仕上焼鈍途中のコイルについて調査したところ、仕上焼鈍前期の側歪が現出していない段階においても、鋼板コイルの自重が集中する端部には鋼板内部に微小な歪が発生していることがわかった。このような微小な歪がその後の仕上焼鈍におけるクリープ変形の発生起点として作用し、これよりクリープ変形が増長されたものと考えられる。すなわち、鋼板コイルの自重が集中する端部を、仕上焼鈍中に変更することにより、クリープ変形の発生起点が鋼板コイルの下端部において減少するために、鋼板コイルの端部での側歪の発生が全体として抑制されるものと考えられる。

【００２５】

また、例えば特公平３－52521号公報に記載されているように、MnSe、MnSをインヒビターとする方向性電磁鋼板では、前記仕上焼鈍を、｛１１０｝＜００１＞方位に揃った2次再結晶粒を発達させるため、比較的低温かつ長時間の処理を必要とする2次再結晶焼鈍と、鉄損に有害な鋼中のＳ、Se、Ｎ等を除去するため、比較的高温かつ短時間の処理を必要とする純化焼鈍との２つに分けて、いわゆる2段加熱のヒートパターンで行うのが一般的である。

【００２６】

この場合には、２次再結晶焼鈍後に前記鋼板コイルを前記したように反転させて載置し、その後、純化焼鈍を行うことが好ましい。

2次再結晶焼鈍は、800～900℃程度の比較的低温で行われるため、この時点では側歪は現出していない。しかしながら、前記と同様に、比較的低温な2次再結晶焼鈍においても鋼板内部には微小な歪は発生しており、これが高温の純化焼鈍においてクリープ変形の発生起点として作用し、クリープ変形が増長されるものと思われる。すなわち、鋼板コイルの自重が集中する端部を、2次再結晶焼鈍と純化焼鈍とで反転させることにより、純化焼鈍時におけるクリープ変形の発生起点が鋼板コイルの下端部において減少するために、鋼板コイルの端部での側歪の発生が全体として抑制されるものと考えられる。

【００２７】

ところで、従来の仕上焼鈍は、2次再結晶焼鈍と純化焼鈍の双方を同一の連続式焼鈍炉で行っていた。

前記連続式仕上焼鈍炉１は、図1及び図2に示すように、インナーカバー２で覆われた鋼板コイル３を垂直に載置したコイル受台４を所定半径の円周上を走行する炉床５上に設け、前記コイル受台４が、前記鋼板コイル３を１段積み２列で載置しうる構成とし、加熱装置（図示せず）の取付け位置６をコイル受台４上の鋼板コイル３の上端部より上方に設置した構成を有しており、また、炉内温度は、２段加熱のヒートパターンに設定するのが一般的である。

【００２８】

しかしながら、2次再結晶焼鈍と純化焼鈍の双方を同一の連続式焼鈍炉で行う場合には、あらかじめ炉の入口から出口にかけてヒートパターンを形成しておき、その中をコイルが順次連続的に移動しながら焼鈍されるため、炉内温度（ヒートパターン）を鋼種ごとの最適温度に正確に制御することが難しく、安定した電磁特性を有する電磁鋼板を製造することが困難であった。加えて、２次再結晶焼鈍の処理時間は純化焼鈍の処理時間に比べて非常に長いため、各コイルの連続式焼鈍炉での滞留時間が長くなり、結局、連続式焼鈍炉の利点である優れた生産性を十分に活かすこともできなかった。

【００２９】

そこで、この発明では、仕上焼鈍にて、２次再結晶焼鈍は、正確な温度制御が可能なバッチ式焼鈍炉で行い、純化焼鈍は、大量処理可能な連続式焼鈍炉で行うことが好ましい。すなわち、２次再結晶焼鈍を正確な温度制御が可能なバッチ式焼鈍炉で行い、2次再結晶温度、保持時間及び炉内雰囲気等の2次再結晶条件を最適に設定することができるため、｛１１０｝＜００１＞方位に揃った2次再結晶粒を十分に発達させることができ、また、鋼種ごとに焼鈍条件に差がない純化焼鈍のみを連続式焼鈍炉で行うことによって、鋼板コイルを大量に処理することができ、これによって、2次再結晶焼鈍と純化焼鈍の双方を連続式焼鈍炉で行っていた従来の製造方法に比べて、電磁特性が格段に優れた電磁鋼板を効率よくかつ安定して製造することができる。

【００３０】

また、2次再結晶温度、保持時間及び炉内雰囲気等の２次再結晶条件、特に2次再結晶温度が異なる複数の鋼種の鋼板コイルを仕上焼鈍する場合には、2次再結晶焼鈍は、同一の2次再結晶条件を有する鋼板コイル群ごとに、最適な炉内温度に設定した別個のバッチ式焼鈍炉で行うとともに、純化焼鈍は、２次再結晶焼鈍を行った全鋼板コイルを同一の連続式焼鈍炉でまとめて行えば、上述したように、バッチ式焼鈍炉と連続式焼鈍炉の長所を最大限に引き出すことができる。

【００３１】

なお、２次再結晶焼鈍は、炉内雰囲気をN_2、Ａｒ等の不活性ガス雰囲気とし、焼鈍温度を930℃以下、好適には830～870℃とし、焼鈍温度の保持時間を30時間以上、好適には30～80時間とすることが好ましい。焼鈍温度が930℃を超えると、純化焼鈍で行うべき被膜形成や純化が進行してしまう結果、電磁特性が悪化するとともに被膜特性も劣る傾向があるからである。

【００３２】

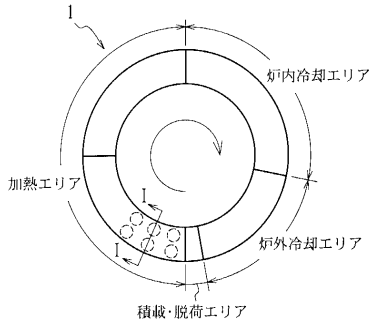
また、純化焼鈍は、炉内雰囲気をH_2、N_2＋H_2等の還元ガス雰囲気とし、焼鈍温度を1100℃以上、好適には1150～1200℃とし、焼鈍温度の保持時間を10時間以下、好適には３～10時間とすることが好ましい。焼鈍温度が1150℃未満だと、被膜形成や純化を十分に行うことができなくなるからである。

【００３３】

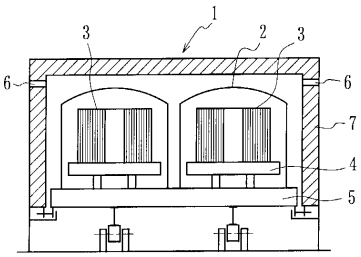
さらに、バッチ式焼鈍炉から連続式焼鈍炉への炉換えを非酸化雰囲気中で行う場合には、バッチ式焼鈍炉で加熱・保持した鋼板コイルを冷却することなく連続式焼鈍炉に移動させることが、純化焼鈍で鋼板コイルを加熱するエネルギー量が少なくなる点で好ましいが、前記炉換えを大気中で行う場合には、ブルーイングや酸化を防止するため、前記鋼板コイルをバッチ式焼鈍炉内で400℃以下に冷却してから連続式焼鈍炉に炉換えすることが好ましい。なお、上記炉換えの際に、バッチ式焼鈍炉では鋼板コイルの一端面をコイル受け台上に載置していたのを、連続式焼鈍炉では鋼板コイルの他端面をコイル受け台上に載置す

るように反転させればよい。
【００３４】
上述したところは、この発明の実施形態の一例を示したにすぎず、請求の範囲において種々の変更を加えることができる。
【００３５】
【実施例】
Ｃ：0.045mass％、Si：3.30 mass％、Mn：0.087 mass％、Se：0.025 mass％を含有する組成になるけい素鋼を中間焼鈍を挟む２回冷延法により0.23ｍｍの最終板厚とした後、脱脂してから１次再結晶焼鈍を施し、次いでMgOを主成分とする焼鈍分離剤を塗布してから巻き取った各鋼板コイルについて、2次再結晶焼鈍と純化焼鈍からなる仕上焼鈍を行った。２次再結晶焼鈍は、乾燥N_2ガス雰囲気中にて850℃、50時間の保定によりバッチ式焼鈍炉で行い、その後、200℃まで冷却し、大気雰囲気下で４時間放置してから連続式（回転式）焼鈍炉に炉換えした後、乾燥N_2ガス雰囲気にて700℃まで加熱後、炉内雰囲気を乾燥H_2ガス雰囲気に切り替えて1200℃、10時間の保定により純化焼鈍を行うことにより、電磁鋼板を作製した。なお、上記鋼板コイルはいずれも、同一ロットで製造されたものを用い、再結晶温度はいずれも850℃であった。
【００３６】
図３に鋼板コイルから引き出した鋼板長さに対して側歪み発生量（ｍｍ）をプロットしたものを示す。
なお、図３中の発明例は、2次再結晶焼鈍と純化焼鈍を鋼板コイルを反転させて異なる端部をコイル受け台に載置して行った場合、従来例は、2次再結晶焼鈍と純化焼鈍を鋼板コイルを反転させることなく同一の端部をコイル受け台に載置して行った場合であり、側歪み発生量は、発明例では両端部で測定したときの合計で示してあり、また、従来例は、コイル受け台に載置した側の端部で測定したときの値で示してある。
【００３７】
図３に示す結果から、発明例は、従来例に比べて、側歪み発生量が少ないことがわかる。
【００３８】
【発明の効果】
この発明の方法によれば、仕上焼鈍中に、前記鋼板コイルをその垂直方向での両端面位置が逆になるように反転させて載置することにより、側歪みの少ない方向性電磁鋼板を安定に製造することが可能になった。
【図面の簡単な説明】
【図１】　従来の連続式（回転式）仕上焼鈍炉の概略平面図である。
【図２】　図１のＩ－Ｉ線上の断面図である。
【図３】　鋼板コイルから引き出した鋼板長さ（ｍ）に対して側歪み発生量（ｍｍ）をプロットした図である。
【符号の説明】
１　連続式（回転式）焼鈍炉
２　インナーカバー
３　鋼板コイル
４　コイル受台
５　炉床
６　加熱装置の取付け位置
７　保温カバー

【図１】

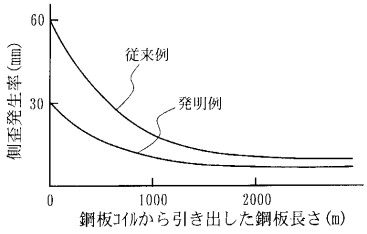


【図２】



I-I 断面図

【図３】



フロントページの続き

審査官　本多　仁

(56)参考文献　特開平０８－２８３８６４（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
C21D 8/12
H01F 1/16-1/18
C22C 38/00-38/60