

(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2026-16339
(P2026-16339A)

(43)公開日
令和8年2月3日(2026. 2. 3)

(51)Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
C 2 1 D 8/12 (2026. 01)	C 2 1 D 8/12 H	4 K 0 3 3
C 2 2 C 38/00 (2006. 01)	C 2 2 C 38/00 3 0 3 V	5 E 0 4 1
C 2 2 C 38/02 (2006. 01)	C 2 2 C 38/02	
H 0 1 F 1/16 (2006. 01)	H 0 1 F 1/16	
C 2 1 D 9/46 (2006. 01)	C 2 1 D 9/46 5 0 1 A	
審査請求 有 請求項の数 10 O L (全 20 頁)		

(21)出願番号 (22)出願日 (31)優先権主張番号 (32)優先日 (33)優先権主張国・地域又は機関 中国(CN)	特願2025-121432(P2025-121432) 令和7年7月18日(2025. 7. 18) 202410981887.0 令和6年7月22日(2024. 7. 22)	(71)出願人 江西大有科技有限公司 中国江西省宜春市宜春経済技術開発区 (74)代理人 110002365 弁理士法人サンネクスト国際特許事務所 (72)発明者 毛宇辰 中国江西省宜春市宜春経済技術開発区 (72)発明者 彭春楊 中国江西省宜春市宜春経済技術開発区 (72)発明者 劉浩 中国江西省宜春市宜春経済技術開発区 (72)発明者 毛文竜 中国江西省宜春市宜春経済技術開発区 Fターム(参考) 4K033 RA02 SA01 5E041 AA02 HB11 NN18
--	---	---

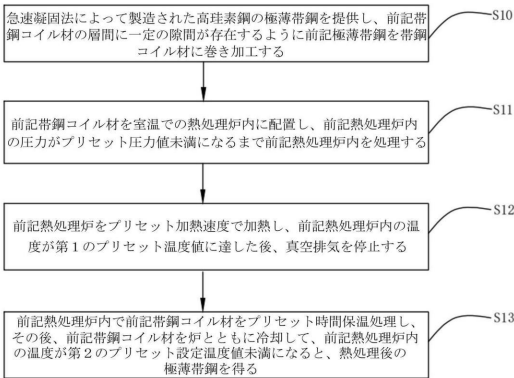
(54)【発明の名称】急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法及び極薄帯鋼

(57)【要約】 (修正有)

【課題】急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法及び該方法によって製造された高珪素鋼の極薄帯鋼を提供する。

【解決手段】熱処理方法は、帯鋼コイル材の層間に一定の隙間が存在するように極薄帯鋼を前記帯鋼コイル材に巻き加工する工程と、前記帯鋼コイル材を室温での熱処理炉内に配置し、前記熱処理炉内の圧力がプリセット圧力値未満になるまで前記熱処理炉内を処理する工程と、前記熱処理炉をプリセット加熱速度で加熱し、前記熱処理炉内の温度が第1のプリセット温度値に達した後、真空排気を停止する工程と、前記熱処理炉内で前記帯鋼コイル材をプリセット時間保温処理し、その後、前記帯鋼コイル材を炉とともに冷却して、前記熱処理炉内の温度が第2のプリセット設定温度値未満になると、熱処理後の極薄帯鋼を得る工程と、を含む。本発明は従来技術の急速凝固法で製造された極薄高珪素鋼の熱処理方法が帯鋼の性能に影響を及ぼすという問題を解決する。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法であって、
前記方法は、

急速凝固法によって製造された高珪素鋼の極薄帯鋼を提供し、帯鋼コイル材の層間に一定の隙間が存在するように前記極薄帯鋼を前記帯鋼コイル材に巻き加工する工程と、

前記帯鋼コイル材を室温での熱処理炉内に配置し、前記熱処理炉内の圧力がプリセット圧力値未満になるまで前記熱処理炉内を処理する工程と、

前記熱処理炉をプリセット加熱速度で加熱し、前記熱処理炉内の温度が第 1 のプリセット温度値に達した後、真空排気を停止する工程と、

前記熱処理炉内で前記帯鋼コイル材をプリセット時間保温処理し、その後、前記帯鋼コイル材を炉とともに冷却して、前記熱処理炉内の温度が第 2 のプリセット設定温度値未満になると、熱処理後の極薄帯鋼を得る工程と、を含むことを特徴とする急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法。

10

【請求項 2】

前記帯鋼コイル材の占積率は 0.75 ~ 0.85 であることを特徴とする請求項 1 に記載の急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法。

【請求項 3】

前記プリセット圧力値は 100 Pa であることを特徴とする請求項 1 に記載の急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法。

20

【請求項 4】

前記プリセット加熱速度は 5 / 分未満であることを特徴とする請求項 1 に記載の急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法。

【請求項 5】

前記第 1 のプリセット温度値は 800 ~ 900 であることを特徴とする請求項 1 に記載の急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法。

【請求項 6】

前記保温処理時間は 1.5 時間 ~ 3 時間であることを特徴とする請求項 1 に記載の急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法。

【請求項 7】

前記第 2 のプリセット温度値は 100 であることを特徴とする請求項 1 に記載の急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法。

30

【請求項 8】

前記帯鋼コイル材を室温での熱処理炉内に配置し、前記熱処理炉内の圧力がプリセット圧力値未満になるまで前記熱処理炉内を処理する工程は、

前記帯鋼コイル材を室温での熱処理炉内に配置し、前記熱処理炉内の圧力がプリセット圧力値未満になるまで、前記熱処理炉内を真空排気したり、保護ガスを充填したりして処理することを特徴とする請求項 1 に記載の急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法。

【請求項 9】

前記保護ガスは高純度アルゴンガスであることを特徴とする請求項 8 に記載の急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法。

40

【請求項 10】

急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼であって、請求項 1 ~ 9 のいずれか一項に記載の急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法を用いて熱処理して前記急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼を得ることを特徴とする急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、帯鋼製造技術分野に関し、特に急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法及

び極薄帯鋼に関する。

【背景技術】

【0002】

急速凝固法で製造された超薄高珪素鋼（Fe - 6 . 5 w t . % Si）帯鋼（厚さ約 0 . 035 mm）は、冷却速度が速すぎるため、組織結晶粒が細くなりすぎて内部応力が大きくなりすぎ、最終的に磁気特性と理論値の間に一定のギャップが生じる。そのため、熱処理を施して、結晶粒を成長させ、内部応力を減らし、磁気特性を回復させる必要がある。

【0003】

現在、一般的に、従来のシリコン鋼に類似する熱処理方法で超薄高珪素鋼帯鋼を処理し、熱処理前に、帯鋼層間の接着を防ぐため、隔離層として酸化マグネシウムの層を帯鋼の表面にコーティングし、熱処理後に残留する酸化マグネシウムを洗浄する。この方法は複雑でコストが高いだけでなく、酸化マグネシウムが高温で帯鋼内のシリコンとある程度反応し、帯鋼の性能に影響を与える。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

そこで、本発明は、従来技術の急速凝固法で製造された極薄高珪素鋼の熱処理方法が帯鋼の性能に影響を及ぼすという問題を解決することを目的とした、急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明の実施例は以下のように実現される。

【0006】

急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法であって、前記方法は、

急速凝固法によって製造された高珪素鋼の極薄帯鋼を提供し、帯鋼コイル材の層間に一定の隙間が存在するように前記極薄帯鋼を前記帯鋼コイル材に巻き加工する工程と、

前記帯鋼コイル材を室温での熱処理炉内に配置し、前記熱処理炉内の圧力がプリセット圧力値未満になるまで前記熱処理炉内を処理する工程と、

前記熱処理炉をプリセット加熱速度で加熱し、前記熱処理炉内の温度が第1のプリセット温度値に達した後、真空排気を停止する工程と、

前記熱処理炉内で前記帯鋼コイル材をプリセット時間保温処理し、その後、前記帯鋼コイル材を炉とともに冷却して、前記熱処理炉内の温度が第2のプリセット設定温度値未満になると、熱処理後の極薄帯鋼を得る工程と、を含む。

【0007】

さらに、上記急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法において、前記帯鋼コイル材の占積率（Stacking Factor）は0 . 75 ~ 0 . 85である。

【0008】

さらに、上記急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法において、前記プリセット圧力値は100 Paである。

【0009】

さらに、上記急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法において、前記プリセット加熱速度は5 / 分未満である。

【0010】

さらに、上記急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法において、前記第1のプリセット温度値は800 ~ 900 である。

【0011】

さらに、上記急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法において、前記保温処理時間は1 . 5時間 ~ 3時間である。

【0012】

10

20

30

40

50

さらに、上記急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法において、前記第2のプリセット温度値は100である。

【0013】

さらに、上記急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法において、前記帯鋼コイル材を室温での熱処理炉内に配置し、前記熱処理炉内の圧力がプリセット圧力値未満になるまで前記熱処理炉内を処理する工程は、

前記帯鋼コイル材を室温での熱処理炉内に配置し、前記熱処理炉内の圧力がプリセット圧力値未満になるまで、前記熱処理炉内を真空排気したり、保護ガスを充填したりして処理することを含む。

【0014】

さらに、上記急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法において、前記保護ガスは高純度アルゴンガスである。

【0015】

本発明の他の目的は、上記急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法を用いて熱処理することにより得られる急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼を提供することにある。

【発明の効果】

【0016】

従来技術と比較して、本発明の実施例は、急速凝固法によって製造された高珪素鋼の極薄帯鋼を提供し、帯鋼コイル材層間に一定の隙間が存在するように極薄帯鋼を帯鋼コイル材に巻き加工する工程と、帯鋼コイル材を室温での熱処理炉内に配置し、熱処理炉内の圧力がプリセット圧力値未満になるまで熱処理炉内を処理する工程と、熱処理炉をプリセット加熱速度で加熱し、熱処理炉内の温度が第1のプリセット温度値に達した後、真空排気を停止する工程と、熱処理炉内で帯鋼コイル材をプリセット時間保温処理し、その後、帯鋼コイル材を炉とともに冷却して、熱処理炉内の温度が第2のプリセット設定温度値未満になると、熱処理後の極薄帯鋼を得る工程と、を含む方法を使用して帯鋼を熱処理し、ここで、帯鋼層間の接着を防ぐために隔離層として酸化マグネシウムの層を帯鋼の表面にコーティングする必要がないので、酸化マグネシウムが高温で帯鋼内のシリコンとある程度反応し、帯鋼の性能に影響を与えることを回避する。従来技術の急速凝固法で製造された極薄高珪素鋼の熱処理方法が帯鋼の性能に影響を及ぼすという問題を解決する。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】本発明の一実施例によって提供された急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法のフローチャートである。

【図2】本発明の一実施例によって提供された急速凝固高珪素鋼極薄帯の熱処理方法において、熱処理温度400で製造された極薄帯鋼の組織図である。

【図3】本発明の一実施例によって提供された急速凝固高珪素鋼極薄帯の熱処理方法において、熱処理温度500で製造された極薄帯鋼の組織図である。

【図4】本発明の一実施例によって提供された急速凝固高珪素鋼極薄帯の熱処理方法において、熱処理温度600で製造された極薄帯鋼の組織図である。

【図5】本発明の一実施例によって提供された急速凝固高珪素鋼極薄帯の熱処理方法において、熱処理温度700で製造された極薄帯鋼の組織図である。

【図6】本発明の一実施例によって提供された急速凝固高珪素鋼極薄帯の熱処理方法において、熱処理温度800で製造された極薄帯鋼の組織図である。

【図7】本発明の一実施例によって提供された急速凝固高珪素鋼極薄帯の熱処理方法において、熱処理温度900で製造された極薄帯鋼の組織図である。

【発明を実施するための形態】

【0018】

別途定義されない限り、本明細書で使用されるすべての技術用語及び科学用語は、本発明の技術分野が属する当業者が一般的に理解する意味と同じ意味を有する。本明細書で本発明の明細書に用いられる用語は、具体的な実施例を説明することのみを目的としており

10

20

30

40

50

、本発明を限定するものではない。

【0019】

さらに、本明細書で使用される用語「及び／又は」は、関連するリスト項目の1つ以上の任意及びあらゆる組み合わせを含む。発明を実施するための形態及び特許請求の範囲において、「のうちの1つ」という用語でリンクされた項目のリストは、リストされた項目のいずれか1つを意味する場合がある。例えば、項目AとB がリストされている場合、「AとBのうちの1つ」という語句は、Aのみ、またはBのみを意味する。他の事例において、項目A、B、Cがリストされている場合、「A、B、Cのうちの1つ」という語句は、Aのみ、Bのみ、またはCのみを意味する。項目Aは単一の要素または複数の要素を含む場合がある。項目Bは単一の要素または複数の要素を含む場合がある。項目Cは単一の要素または複数の要素を含む場合がある。発明を実施するための形態及び特許請求の範囲において、「のうちの少なくとも1つ」、「のうちの少なくとも1種」、またはその他の類似の用語でリンクされた項目のリストは、リストされた項目の任意の組み合わせを意味する場合がある。例えば、項目AとBがリストされている場合、「AとBのうちの少なくとも1つ」又は「A又はBのうちの少なくとも1つ」という語句は、Aのみ、Bのみ、又はAとBを意味する。他の事例において、項目A、B、Cがリストされている場合、「A、B、Cのうちの少なくとも1つ」又は「A、B又はCのうちの少なくとも1つ」という語句は、Aのみ、又はBのみ、Cのみ、AとB（Cを除く）、AとC（Bを除く）、BとC（Aを除く）、又はA、B、Cのすべてを意味する。項目Aは単一の要素または複数の要素を含む場合がある。項目Bは単一の要素または複数の要素を含む場合がある。項目Cは単一の要素または複数の要素を含む場合がある。

10

20

【0020】

本発明は、現在の急速凝固法で製造された極薄高珪素鋼の熱処理方法が帯鋼性能に影響を及ぼすという問題に着目し、急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法を提供し、図1を参照して、該方法は、

急速凝固法によって製造された高珪素鋼の極薄帯鋼を提供し、帯鋼コイル材の層間に一定の隙間が存在するように前記極薄帯鋼を前記帯鋼コイル材に巻き加工する工程S10と

、前記帯鋼コイル材を室温での熱処理炉内に配置し、前記熱処理炉内の圧力がプリセット圧力値未満になるまで前記熱処理炉内を処理する工程11と、

30

前記熱処理炉をプリセット加熱速度で加熱し、前記熱処理炉内の温度が第1のプリセット温度値に達した後、真空排気を停止する工程S12と、

前記熱処理炉内で前記帯鋼コイル材をプリセット時間保温処理し、その後、前記帯鋼コイル材を炉とともに冷却して、前記熱処理炉内の温度が第2のプリセット設定温度値未満になると、熱処理後の極薄帯鋼を得る工程S13と、を含む。

【0021】

層間に一定の隙間が存在するように帯鋼をコイルに巻、占積率（Stacking Factor：充填係数）は0.75～0.85である。占積率が高すぎると層間の接着が生じやすく、低すぎると不均一になりやすくなり、熱処理炉内の温度が室温になったら、帯鋼コイル材を炉内に置き、熱処理炉内を真空排気にするか、高純度アルゴンガスなどの保護ガスを充填し、帯鋼を空気中に置くと、帯鋼の表面がひどく酸化されやすくなり、炉内の圧力が100Pa未満の場合、電源を入れて加熱し、加熱速度は5 /分未満になり、炉内の加熱速度が速すぎると、帯鋼の内部応力が不均一に解放され、帯鋼板の形状が不均一になり、炉内の温度が800～900 に達したら、真空排気を停止し、1.5～3時間保温し、保持時間に達すると、加熱電源を切断し、加熱を停止し、帯鋼コイル材を炉とともに冷却し、冷却速度が異なり、帯鋼内部に発生する応力も異なる。内部応力が存在すると磁区反転が影響を受け、帯鋼の磁気特性に影響を及ぼし、炉内の温度が100 未満になると、炉内に空気を導入し、炉内外の空気圧が等しくなったら、炉の扉を開け、帯鋼コイル材を炉外に取り出し、熱処理工程を完了する。

40

【0022】

50

一方、本発明は、上記急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法を用いて熱処理して得られる急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼をさらに提供する。

【0023】

本発明の理解を容易にするために、本発明のいくつかの実施例を以下に示す。しかしながら、本発明は、多くの異なる形態で実現することができ、本明細書に記載された実施例に限定されない。それどころか、これらの実施例は、本発明の開示をより徹底的かつ完全なものにするために提供される。

【0024】

実施例 1

急速凝固法によって製造された高珪素鋼の極薄帯鋼を提供し、極薄帯鋼を帯鋼コイル材に巻き、占積率は 0.8 なので、帯鋼コイル材層間に一定の隙間が存在した。

10

帯鋼コイル材を室温での熱処理炉内に配置し、熱処理炉内の圧力が 100 Pa 未満になるまで熱処理炉内を真空処理した。

熱処理炉を 5 / 分の加熱速度で加熱し、熱処理炉内の温度が 1900 に達した後、真空排気を停止した。

熱処理炉内で帯鋼コイル材を 1.5 時間保温処理し、その後、帯鋼コイル材を炉とともに冷却して、熱処理炉内の温度が 100 未満になる時、熱処理後の極薄帯鋼を得た。

【0025】

実施例 2

本実施例も、急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法を提供し、本実施例で提供する急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法と実施例 1 で提供した急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法との相違点は、占積率が 0.7 であり、熱処理温度が 700 であり、保温時間が 3 時間である点である。

20

【0026】

実施例 3

本実施例も、急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法を提供し、本実施例で提供する急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法と実施例 1 で提供した急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法との相違点は、占積率が 0.8 であり、熱処理温度が 700 であり、保温時間が 3 時間である点である。

【0027】

実施例 4

本実施例も、急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法を提供し、本実施例で提供する急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法と実施例 1 で提供した急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法との相違点は、占積率が 0.9 であり、熱処理温度が 700 であり、保温時間が 3 時間である点である。

30

【0028】

実施例 5

本実施例も、急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法を提供し、本実施例で提供する急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法と実施例 1 で提供した急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法との相違点は、占積率が 0.7 であり、熱処理温度が 800 であり、保温時間が 3 時間である点である。

40

【0029】

実施例 6

本実施例も、急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法を提供し、本実施例で提供する急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法と実施例 1 で提供した急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法との相違点は、占積率が 0.8 であり、熱処理温度が 700 であり、保温時間が 3 時間である点である。

【0030】

実施例 7

本実施例も、急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法を提供し、本実施例で提供する

50

急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法と実施例 1 で提供した急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法との相違点は、占積率が 0.9 であり、熱処理温度が 800 であり、保温時間が 3 時間である点である。

【0031】

実施例 8

本比較例も、急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法を提供し、本比較例で提供する急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法と実施例 1 で提供した急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法との相違点は、占積率が 0.7 であり、保温時間が 1.5 時間である点である。

【0032】

10

実施例 9

本比較例も、急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法を提供し、本比較例で提供する急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法と実施例 1 で提供した急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法との相違点は、占積率が 0.7 であり、保温時間が 2 時間である点である。

【0033】

実施例 10

本比較例も、急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法を提供し、本比較例で提供する急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法と実施例 1 で提供した急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法との相違点は、占積率が 0.7 であり、保温時間が 3 時間である点である。

20

【0034】

実施例 11

本比較例も、急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法を提供し、本比較例で提供する急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法と実施例 1 で提供した急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法との相違点は、占積率が 0.8 であり、保温時間が 2 時間である点である。

【0035】

実施例 12

本比較例も、急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法を提供し、本比較例で提供する急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法と実施例 1 で提供した急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法との相違点は、占積率が 0.8 であり、保温時間が 3 時間である点である。

30

【0036】

実施例 13

本比較例も、急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法を提供し、本比較例で提供する急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法と実施例 1 で提供した急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法との相違点は、占積率が 0.9 であり、保温時間が 1.5 時間である点である。

【0037】

40

実施例 14

本比較例も、急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法を提供し、本比較例で提供する急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法と実施例 1 で提供した急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法との相違点は、占積率が 0.9 であり、保温時間が 2 時間である点である。

【0038】

実施例 15

本比較例も、急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法を提供し、本比較例で提供する急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法と実施例 1 で提供した急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法との相違点は、占積率が 0.9 であり、保温時間が 3 時間である点であ

50

る。

【 0 0 3 9 】

実施例 1 6

本比較例も、急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法を提供し、本比較例で提供する急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法と実施例 1 で提供した急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法との相違点は、加熱速度が 1 0 / 分である点である。

【 0 0 4 0 】

実施例 1 7

本比較例も、急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法を提供し、本比較例で提供する急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法と実施例 1 で提供した急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法との相違点は、加熱速度が 2 0 / 分である点である。

10

【 0 0 4 1 】

実施例 1 8

本比較例も、急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法を提供し、本比較例で提供する急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法と実施例 1 で提供した急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法との相違点は、冷却方式がカバーを開けて冷却することである点である。

【 0 0 4 2 】

実施例 1 9

本比較例も、急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法を提供し、本比較例で提供する急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法と実施例 1 で提供した急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法との相違点は、冷却方法がカバーを開けて空冷することである点である。

20

【 0 0 4 3 】

実施例 2 0

本比較例も、急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法を提供し、本比較例で提供する急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法と実施例 1 で提供した急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法との相違点は、占積率が 0 . 7 であり、熱処理温度が 4 0 0 であり、保温時間が 3 時間である点である。

【 0 0 4 4 】

実施例 2 1

本比較例も、急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法を提供し、本比較例で提供する急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法と実施例 1 で提供した急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法との相違点は、占積率が 0 . 7 であり、熱処理温度が 5 0 0 であり、保温時間が 3 時間である点である。

30

【 0 0 4 5 】

実施例 2 2

本比較例も、急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法を提供し、本比較例で提供する急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法と実施例 1 で提供した急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法との相違点は、占積率が 0 . 7 であり、熱処理温度が 6 0 0 であり、保温時間が 3 時間である点である。

40

【 0 0 4 6 】

実施例 2 3

本比較例も、急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法を提供し、本比較例で提供する急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法と実施例 1 で提供した急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法との相違点は、占積率が 0 . 8 であり、熱処理温度が 4 0 0 であり、保温時間が 3 時間である点である。

【 0 0 4 7 】

実施例 2 4

本比較例も、急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法を提供し、本比較例で提供する

50

急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法と実施例 1 で提供した急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法との相違点は、占積率が 0.8 であり、熱処理温度が 500 であり、保温時間が 3 時間である点である。

【0048】

実施例 25

本比較例も、急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法を提供し、本比較例で提供する急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法と実施例 1 で提供した急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法との相違点は、占積率が 0.8 であり、熱処理温度が 600 であり、保温時間が 3 時間である点である。

【0049】

実施例 26

本比較例も、急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法を提供し、本比較例で提供する急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法と実施例 1 で提供した急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法との相違点は、占積率が 0.9 であり、熱処理温度が 400 であり、保温時間が 3 時間である点である。

【0050】

実施例 27

本比較例も、急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法を提供し、本比較例で提供する急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法と実施例 1 で提供した急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法との相違点は、占積率が 0.9 であり、熱処理温度が 500 であり、保温時間が 3 時間である点である。

【0051】

実施例 28

本比較例も、急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法を提供し、本比較例で提供する急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法と実施例 1 で提供した急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法との相違点は、占積率が 0.9 であり、熱処理温度が 600 、保温時間が 3 時間である点である。

【0052】

実施例 29

本比較例も、急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法を提供し、本比較例で提供する急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法と実施例 1 で提供した急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法との相違点は、熱処理に空気を導入する点である。

【0053】

実施例 30

本比較例も、急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法を提供し、本比較例で提供する急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法と実施例 1 で提供した急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法との相違点は、熱処理の際に高純度アルゴンガスを導入する点である。

【0054】

実施例 31

本比較例も、急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法を提供し、本比較例で提供する急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法と実施例 1 で提供した急速凝固高珪素鋼の極薄帯鋼の熱処理方法との相違点は、熱処理に工業用アルゴンガスを導入する点である。

【0055】

下記の表 1 を参照して、これは、本発明の上記実施例 1 ~ 31 に対応するパラメータを示し、以下の表 1 に示すように、実験の精度を確保するために、上記実施例の他のプロセスパラメータは一貫していることに留意する必要がある。

【0056】

表 1

10

20

30

40

カテゴリー 実施例	占積率	熱処理 温度	保温時間	加熱速度	帯鋼環境	冷却方法
実施例1	0.8	900	1.5	5.0	真空	炉とともに冷却
実施例3	0.7	700	3	5.0	真空	炉とともに冷却
実施例3	0.8	700	3	5.0	真空	炉とともに冷却
実施例4	0.9	700	3	5.0	真空	炉とともに冷却
実施例5	0.7	800	3	5.0	真空	炉とともに冷却
実施例6	0.8	800	3	5.0	真空	炉とともに冷却
実施例7	0.9	800	3	5.0	真空	炉とともに冷却
実施例8	0.7	900	1.5	5.0	真空	炉とともに冷却
実施例9	0.7	900	2	5.0	真空	炉とともに冷却
実施例10	0.7	900	3	5.0	真空	炉とともに冷却
実施例11	0.8	900	2	5.0	真空	炉とともに冷却
実施例12	0.8	900	3	5.0	真空	炉とともに冷却
実施例13	0.9	900	1.5	5.0	真空	炉とともに冷却
実施例14	0.9	900	2	5.0	真空	炉とともに冷却
実施例15	0.9	900	3	5.0	真空	炉とともに冷却
実施例16	0.8	900	1.5	10.0	真空	炉とともに冷却
実施例17	0.8	900	1.5	20.0	真空	炉とともに冷却
実施例18	0.8	900	1.5	5.0	真空	カバーを開けて冷却する
実施例19	0.8	900	1.5	5.0	真空	カバーを開けて空冷する
実施例20	0.7	400	3	5.0	真空	炉とともに冷却
実施例21	0.7	500	3	5.0	真空	炉とともに冷却
実施例22	0.7	600	3	5.0	真空	炉とともに冷却
実施例23	0.8	400	3	5.0	真空	炉とともに冷却
実施例24	0.8	500	3	5.0	真空	炉とともに冷却
実施例25	0.8	600	3	5.0	真空	炉とともに冷却
実施例26	0.9	400	3	5.0	真空	炉とともに冷却
実施例27	0.9	500	3	5.0	真空	炉とともに冷却
実施例28	0.9	600	3	5.0	真空	炉とともに冷却
実施例29	0.8	900	1.5	5.0	空気	炉とともに冷却
実施例30	0.8	900	1.5	5.0	高純度アルゴンガス	炉とともに冷却
実施例31	0.8	900	1.5	5.0	工業用アルゴンガス	炉とともに冷却

【 0 0 5 7 】

また、図 2 ～ 図 7 を参照して、本発明の実施例に係る、異なる熱処理温度で製造された高珪素鋼薄帯鋼の組織図である。具体的には、占積率 0 . 8、保温温度 4 0 0 ～ 8 0 0、保温時間 3 時間、加熱速度 5 / 分、帯鋼環境が真空、冷却方法が炉とともに冷却するという条件下で製造された高珪素鋼薄帯鋼の組織図であり、及び占積率 0 . 8、保温温度 9 0 0、保温時間 1 . 5 時間、加熱速度 5 / 分、帯鋼環境が真空、冷却方法が炉とと

もに冷却するという条件下で製造された高珪素鋼薄帯鋼の組織図である。

【0058】

低温条件下での熱処理中に帯鋼の粒径が大きく変化しないこと、帯鋼コイル材の層間に接着がないこと、つまり低温で帯鋼層間での原子の明らかな遷移がないことがはっきりとわかり、また、実施例20～28に基づいて、鉄損P、保磁力、相対透磁率を分析したところ、磁気性能指標はほぼ同じであり、鉄損Pは 23 W/Kg (400 Hz 1000 mT)、保磁力Hcは 124 A/m 、相対透磁率はわずか3000レベルを維持した。

【0059】

実施例2～4から、700での熱処理中に、帯鋼の結晶粒がわずかに成長し、帯鋼コイル材の層間に接着が見られないこと、すなわち、700では帯鋼層間で明らかな原子の遷移が見られなかったことが明確にわかり、同様に、磁気性能指標もほぼ同じで、鉄損Pは 20 W/Kg (400 Hz 1000 mT)、保磁力Hcは 115 A/m 、相対透磁率は3600レベルを維持した。

【0060】

実施例5～7から、800の熱処理中に、帯鋼の結晶粒が大きく成長し、帯鋼コイル材の占積率が0.9の場合には、層間にわずかな接着が見られ、すなわち、800において占積率が0.9の場合には、帯鋼層間にわずかな原子遷移が見られ、占積率が0.7及び0.8の場合には、層間に接着は見られず、占積率が0.7の場合には、帯鋼コイル材の張力が低すぎ、熱処理中に応力が解放されるため、帯鋼板の形状が不均一になり、帯鋼の品質に影響を与えることが明確にわかる。

【0061】

実施例8～15から、帯鋼の結晶粒がまたわずかに成長したことが明確にわかり、同様に、磁気性能指標はほぼ同じで、鉄損Pはわずか 8.6 W/Kg (400 Hz 1000 mT)、保磁力Hcはわずか 45 A/m 、相対透磁率は10300レベルを維持し、帯鋼コイル材の占積率が0.9のとき、層間の密着が著しく、保温時間が3時間のとき、最も深刻で、即ち帯鋼層間の原子遷移が多くなり、占積率が0.8で保温時間が1.5時間のとき、層間の密着はほとんどなく、帯鋼層間の原子遷移もほとんどなく、占積率が0.8で保温時間が2.0時間の場合、層間にはある程度の接着があり、帯鋼層間にはある程度の原子遷移があった。

【0062】

占積率が0.8で保温時間が3.0時間の場合、層間の接着が著しくなり、帯鋼層間の原子遷移がより多くなり、占積率が0.7で、保温時間が1.5時間及び2時間の場合には、層間の接着はほとんどなく、帯鋼層間の原子遷移もほとんどなく、占積率が0.7で保温時間が3時間の場合、層間にはわずかな接着があり、帯鋼層間にはわずかな原子遷移があった。

【0063】

占積率が0.7の場合、帯鋼コイル材張力が小さすぎ、熱処理工程で応力が解放されるため、帯鋼板の形状が不均一になり、この現象は実施例3よりも深刻であり、帯鋼の品質に重大な影響を及ぼす。

【0064】

実施例1、実施例16、実施例17に基づいて、加熱速度が 10 /分のとき、帯鋼板の形状がわずかに不均一になったことが明確に分かり、これは、加熱プロセス中に炉内の温度勾配が大きく、帯鋼の内部応力が不均一に解放され、帯鋼板の形状が不均一になるためである。加熱速度が 20 /分の場合には、加熱速度が 10 /分の場合よりも帯鋼板の形状が不均一になることがひどくなり、これは、炉内の温度勾配がより大きくなり、帯鋼の内部応力の解放がより不均一になり、帯鋼板の形状がより不均一になるためである。

【0065】

実施例1、実施例18、実施例19に基づいて、炉体のカバーを開けて冷却すると、炉とともに冷却する場合に比べて磁気特性が低下し、鉄損Pが 9.2 W/Kg (400 Hz 1000 mT)に達し、保磁力Hcが 50 A/m に達し、相対磁率が9500に過ぎず、

炉体のカバーを開けて空冷する場合、炉体のカバーを開けて冷却する場合よりも磁気特性がより多く低下し、鉄損 P は 9.6 W/Kg (400 Hz 1000 mT)、保磁力 H_c は 53 A/m に達するが、相対透磁率はわずか 9000 であることが明確に分かり、この結果の理由は、冷却速度が異なり、帯鋼内部に発生する応力も異なり、内部応力が存在すると磁区反転が影響を受け、帯鋼の磁気特性に影響を及ぼすことである。

【0066】

実施例1、実施例29～30から、帯鋼を空气中に置くと、帯鋼の表面がひどく酸化されたことが明らかである。帯鋼を工業用アルゴンガスに置くと、帯鋼も酸化された。これは、工業用アルゴンガスの純度が十分ではなく、微量の酸素が含まれ、高温では、帯鋼中の鉄とアルゴンガス中の酸素の間の酸化反応が加速されるためであり、帯鋼を真空中に置いた場合と帯鋼を高純度アルゴンガス中に置いた場合の結果を比較すると、両者は帯鋼の性能に同等の効果をもたらすものの、高純度アルゴンガスの使用コストが大幅に増加し、本発明の目的に反し、本発明の目的は、製品の性能を確保するだけでなく、コストを最小限に抑えることである。したがって、高純度アルゴンガスやその他の保護ガスの使用も、本発明の保護範囲に含まれる。

10

【0067】

要約すると、本発明の実施例は、急速凝固法によって製造された高珪素鋼の極薄帯鋼を提供し、帯鋼コイル材層間に一定の隙間が存在するように極薄帯鋼を帯鋼コイル材に巻き加工する工程と、帯鋼コイル材を室温での熱処理炉内に配置し、熱処理炉内の圧力がプリセット圧力値未満になるまで熱処理炉内を処理する工程と、熱処理炉をプリセット加熱速度で加熱し、熱処理炉内の温度が第1のプリセット温度値に達した後、真空排気を停止する工程と、熱処理炉内で帯鋼コイル材をプリセット時間保温処理し、その後、帯鋼コイル材を炉とともに冷却して熱処理炉内の温度が第2のプリセット設定温度値未満になるまで、熱処理後の極薄帯鋼を得る工程と、を含む方法を使用して帯鋼を熱処理し、ここで、帯鋼層間の接着を防ぐため、隔離層として酸化マグネシウムの層を帯鋼の表面にコーティングする必要がなく、酸化マグネシウムが高温で帯鋼内のシリコンとある程度反応し、帯鋼の性能に影響を与えることを回避する。従来技術の急速凝固法で製造された極薄高珪素鋼の熱処理方法が帯鋼の性能に影響を及ぼすという問題を解決する。

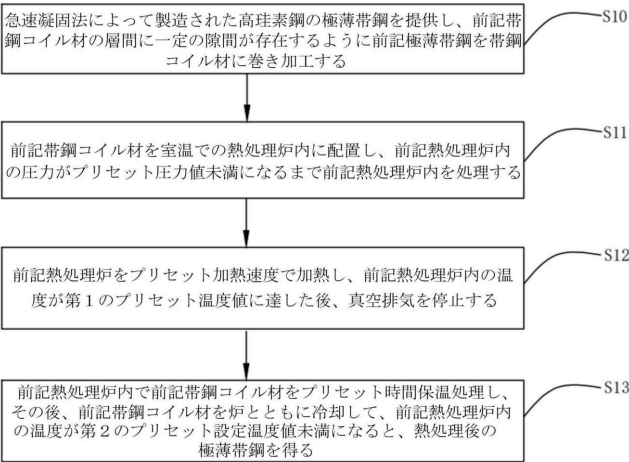
20

【0068】

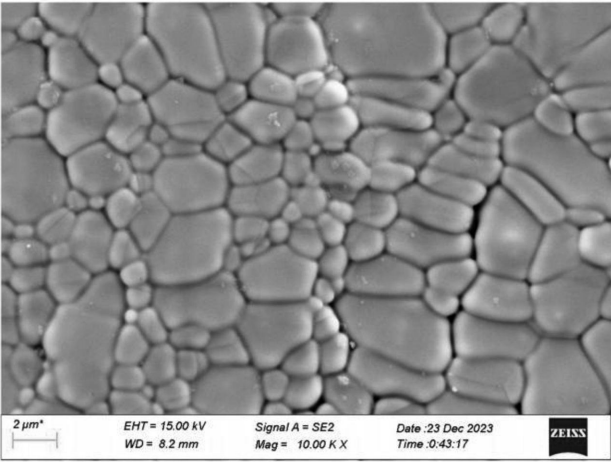
上記実施例は、本発明のいくつかの実施形態を表現したに過ぎず、その説明は比較的具体的かつ詳細であるが、本発明の特許範囲を限定するものと理解されるべきではない。当業者にとって、本発明の概念から逸脱することなく、いくつかの修正および改善を行うことができ、これらはすべて本発明の保護範囲に含まれることを指摘しておかなければならない。したがって、本発明の特許の保護範囲は、添付の特許請求の範囲に基づくものとする。

30

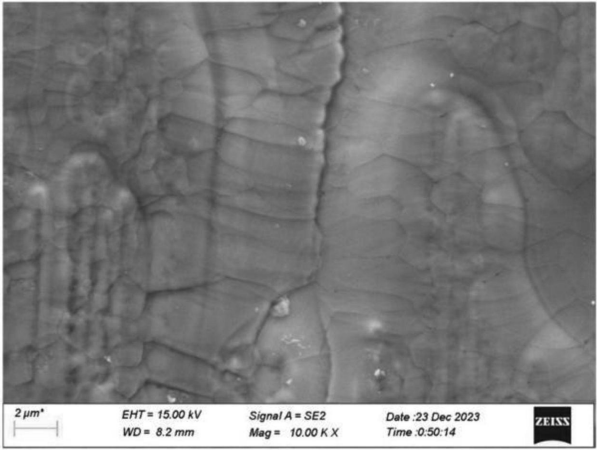
【図 1】



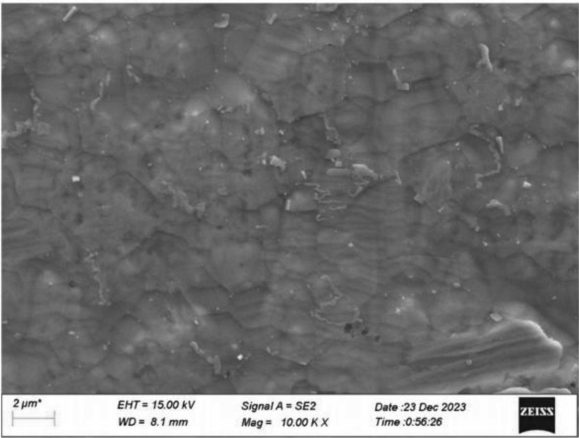
【図 2】



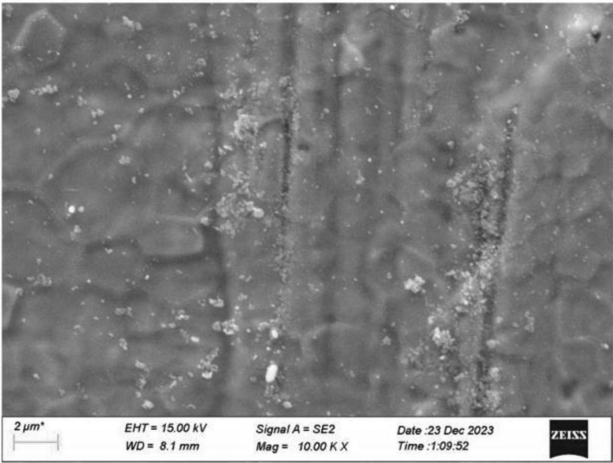
【図 3】



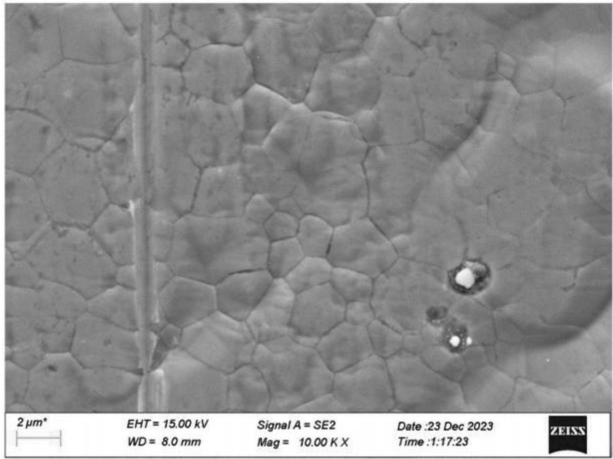
【図 4】



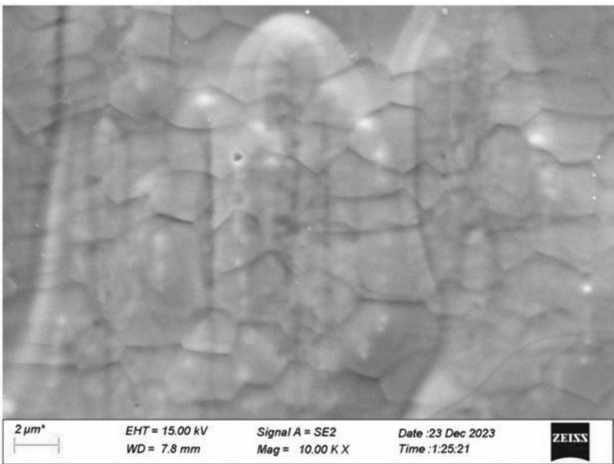
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



【手続補正書】

【提出日】令和7年7月18日(2025.7.18)

【手続補正1】

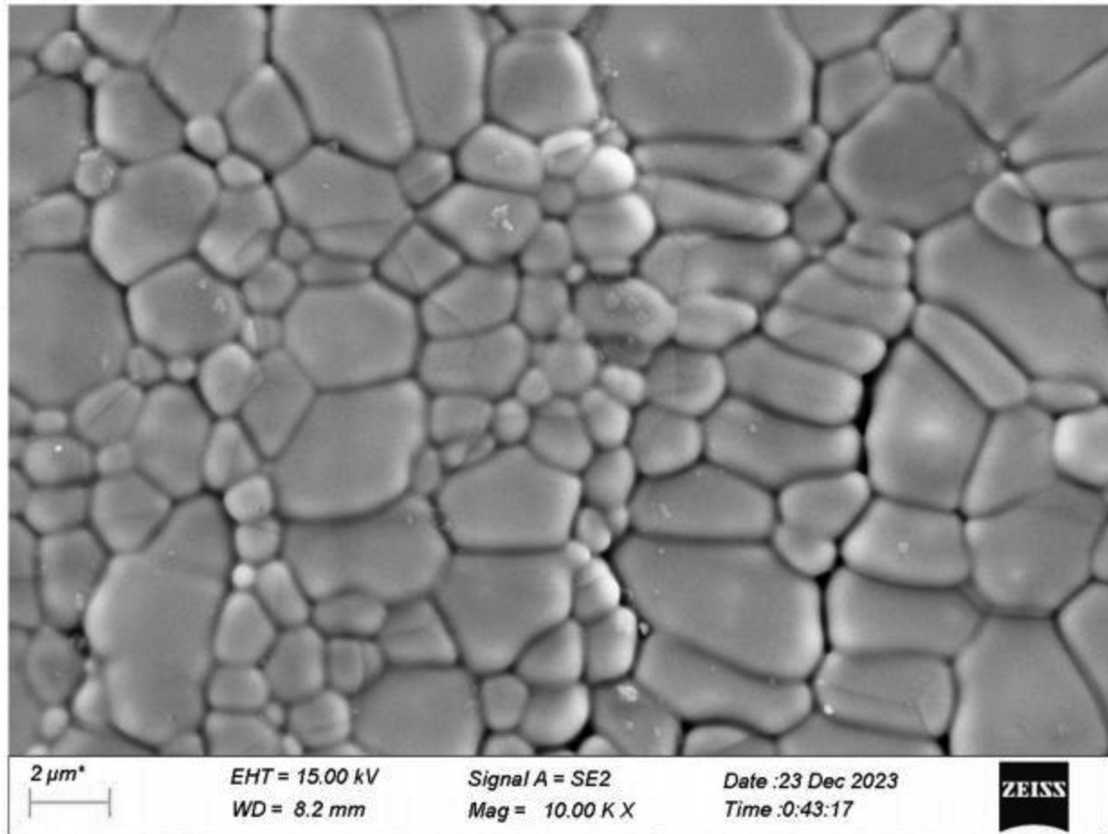
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図2

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図2】



【手続補正2】

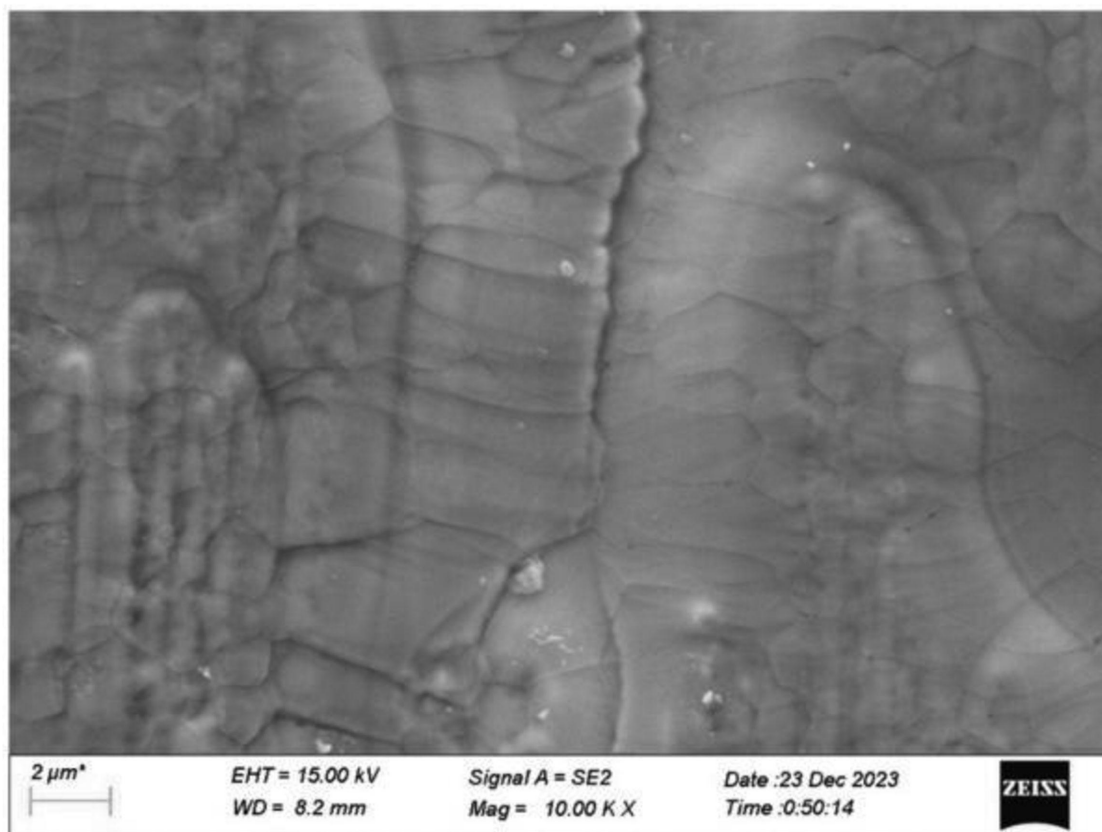
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図3

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図 3】



【手続補正 3】

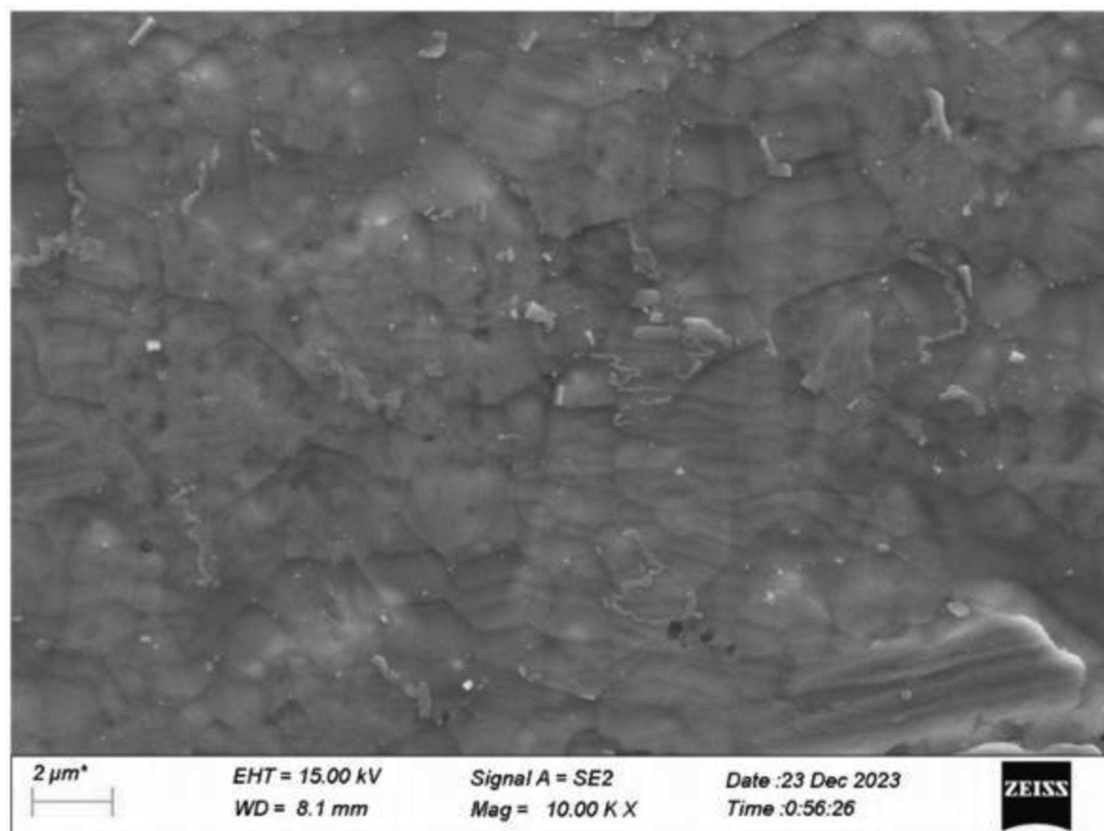
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 4

【補正方法】変更

【補正の内容】

【 図 4 】



【 手続補正 4 】

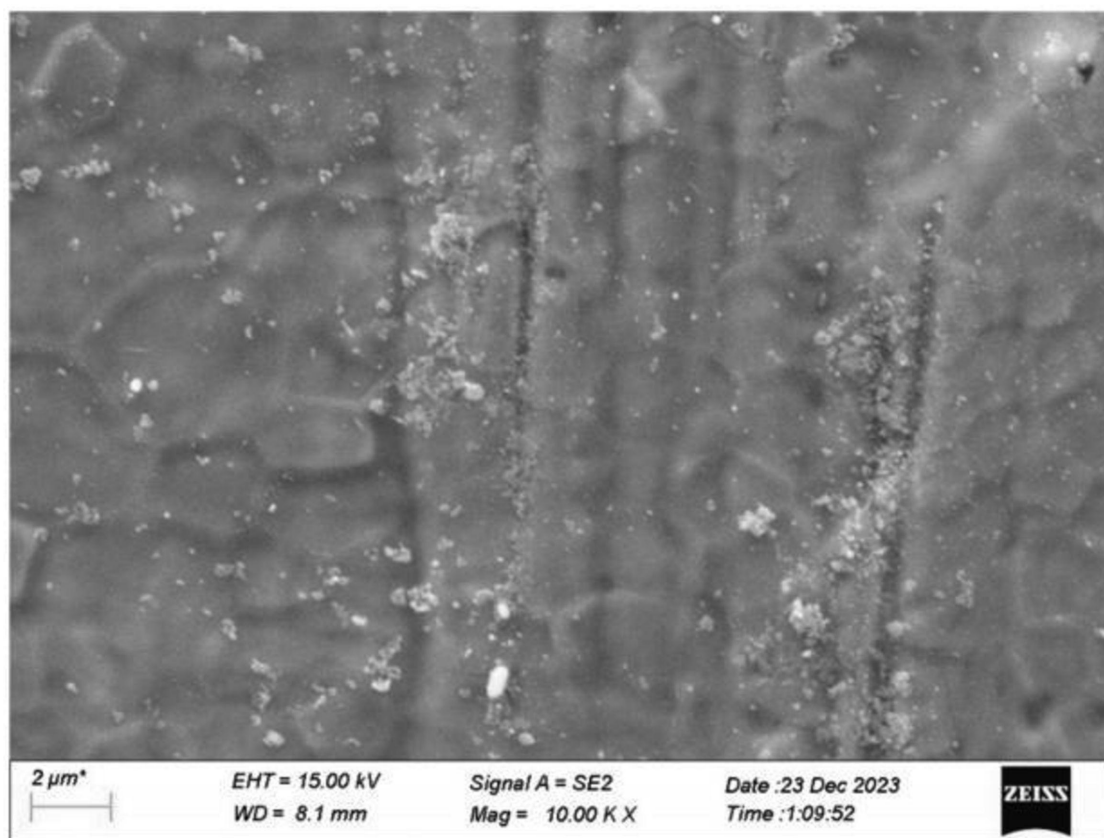
【 補正対象書類名 】 図面

【 補正対象項目名 】 図 5

【 補正方法 】 変更

【 補正の内容 】

【図 5】



【手続補正 5】

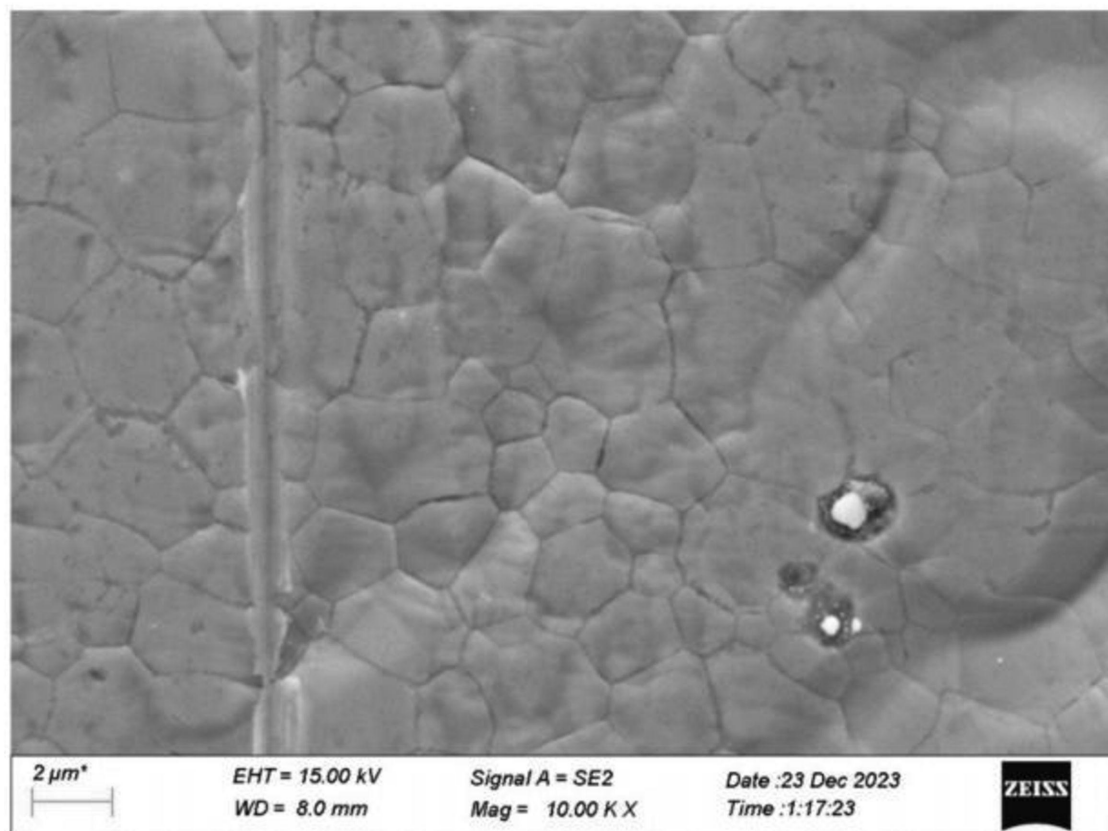
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 6

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図 6】



【手続補正 6】

【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 7

【補正方法】変更

【補正の内容】

【 図 7 】

