

(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
2025年1月2日(02.01.2025)



(10) 国際公開番号

WO 2025/004891 A1

(51) 国際特許分類:

H01F 41/02 (2006.01) **H01F 27/25** (2006.01)
H01F 1/153 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2024/021895

(22) 国際出願日: 2024年6月17日(17.06.2024)

(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 2023-105125 2023年6月27日(27.06.2023) JP

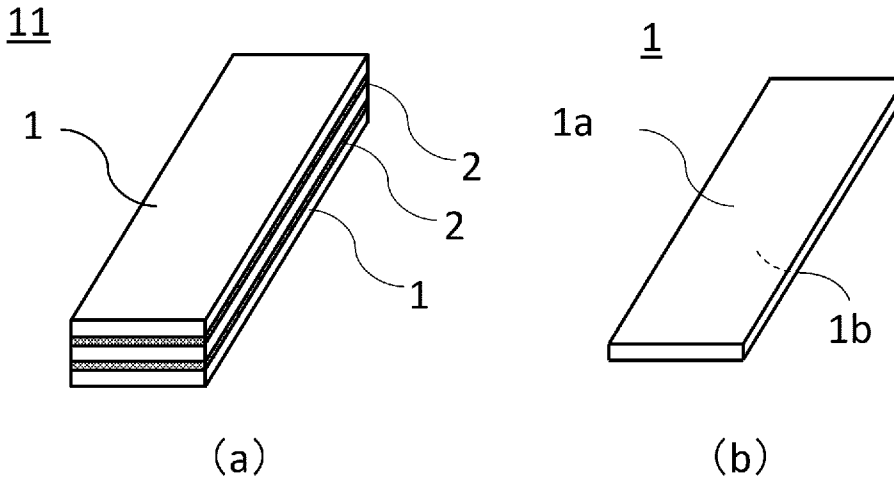
(71) 出願人: 株式会社 プロテリアル(**PROTERIAL, LTD.**) [JP/JP]; 〒1350061 東京都江東区豊洲五丁目6番36号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 石川湧己(**ISHIKAWA Yuki**); 〒1350061 東京都江東区豊洲五丁目6番36号 株式会社プロテリアル内 Tokyo (JP). 野口伸(**NOGUCHI Shin**); 〒1350061 東京都江東区豊洲五丁目6番36号 株式会社プロテリアル内 Tokyo (JP). 相牟田京平(**AIMUTA Kyohei**); 〒1350061 東京都江東区豊洲五丁目6番36号 株式会社プロテリアル内 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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY,

(54) **Title:** LAYERED MAGNETIC MATERIAL, CORE FOR TRANSFORMER, AND METHOD FOR PRODUCING LAYERED MAGNETIC MATERIAL

(54) 発明の名称: 積層磁性材、トランス用コア、および積層磁性材の製造方法



(57) **Abstract:** Provided are: a layered magnetic material which is advantageous in terms of ensuring heat resistance and reliability while maintaining excellent magnetic properties; a core for a transformer; and a method for producing a layered magnetic material. In the layered magnetic material, an Fe-based soft magnetic quenched alloy ribbon is bonded between layers using a thermosetting resin or a resin that is curable at normal temperature. The layered magnetic material is characterized by: the resin having a glass transition temperature of 110 °C or lower, as measured using a differential scanning calorimeter; and having a peel strength of 0.5 gf/mm or more in a 180° peeling test method carried out at room temperature, and a magnetic flux density B80 of 1.25 T or more in a magnetic field of 80 A/m in the longitudinal direction.

[続葉有]

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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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).

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: 耐熱性や信頼性確保に有利で、優れた磁気特性を維持した積層磁性材、トランス用コア、および積層磁性材の製造方法を提供する。Fe基の軟磁性急冷合金薄帯が、熱硬化性または常温硬化性である樹脂で層間接合された積層磁性材であって、前記樹脂は示差走査熱量計で測定されるガラス転移温度が110℃以下であり、室温での180°剥離試験法における積層磁性材のピール強度が0.5gf/mm以上、長手方向での印加磁界が80A/mにおける磁束密度B80が1.25T以上であることを特徴とする積層磁性材。

明 細 書

発明の名称：

積層磁性材、トランス用コア、および積層磁性材の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、積層磁性材、トランス用コア、および積層磁性材の製造方法に関する。

背景技術

[0002] CO_2 排出削減の世界的潮流の中、トランスの高効率化が求められている。このような要求に対して方向性電磁鋼板よりも低損失特性である軟磁性急冷合金薄帯が注目されており、例えば配電トランス用コアへの応用が期待されている。ところで、電磁鋼板の板厚が0.20～0.35mm程度であるのに対して、軟磁性急冷合金薄帯は、厚さ25 μm 程度である。そのため、電磁鋼板と同一サイズのコア(鉄心)を軟磁性急冷合金薄帯で作製する場合、10倍以上の積層回数が必要になり、コア製造プロセスへの負担が過大であるという課題があった。この課題を解決するため、例えば特許文献1に開示されるように、軟磁性急冷合金薄帯を複数枚接着積層して板状にし、電磁鋼板と同様の取り扱いを可能とする検討が行われてきた。

[0003] しかしその場合でも、樹脂(接着剤)と軟磁性急冷合金薄帯間に生じる接着応力によって軟磁性急冷合金薄帯の磁気特性が劣化する問題があった。そこで特許文献2に開示されるように、ポリエステル樹脂等のデュロメータ硬さがD60以下の柔らかい樹脂(接着剤)を用いることで軟磁性急冷合金薄帯への負荷を軽減し、磁気特性の劣化を抑制する試みがなされてきた。ここで、デュロメータ硬さとは、デュロメータ(ゴム硬度計)で計測した試料の硬さのことである。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2002-151316号公報

特許文献2：国際公開第2019/087932号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、トランス用コアは使用時の温度上昇が避けられず、特許文献2にあるホットメルト型のポリエステル樹脂のような熱可塑性樹脂では耐熱性や長期的な信頼性は十分とは言えなかった。そのため、新しい磁気特性の劣化防止技術が求められた。

[0006] 本発明は、上記課題に鑑み、耐熱性に優れ、信頼性確保に有利で、優れた磁気特性を維持した積層磁性材、トランス用コア、および積層磁性材の製造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

[0007] 本発明の積層磁性材は、Fe基の軟磁性急冷合金薄帯が、熱硬化性または常温硬化性である樹脂で層間接合された積層磁性材であって、

前記樹脂は示差走査熱量計で測定されるガラス転移温度が 110°C 以下であり、

室温での 180° 剥離試験法における積層磁性材のピール強度が 0.5 gf/mm 以上、長手方向での印加磁界が 80 A/m における磁束密度 $B80$ が 1.25 T 以上、である積層磁性材である。

[0008] また、本発明の製造方法は、Fe基の軟磁性急冷合金薄帯が、熱硬化性または常温硬化性である樹脂で層間接合された積層磁性材の製造方法であって、

前記軟磁性急冷合金薄帯を、長手方向での印加磁界が 80 A/m における磁束密度 $B80$ を 1.4 T 以上に調整する工程と、

示差走査熱量計で測定されるガラス転移温度が 110°C 以下である前記樹脂を、前記軟磁性急冷合金薄帯の片面または両面に、前記樹脂を塗布する工程と、

前記軟磁性急冷合金薄帯を積層して、前記樹脂を硬化させる工程と、

により、

室温での 180° 剥離試験法における積層磁性材のピール強度を 0.5 gf/mm 以上、長手方向での印加磁界が 80 A/m における磁束密度 $B80$ を 1.25 T 以上とする、

積層磁性材の製造方法である。

発明の効果

[0009] 本発明によれば、耐熱性に優れ、信頼性確保に有利で、優れた磁気特性を維持した積層磁性材を提供できる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]本発明の積層磁性材の一実施形態を説明する模式的な斜視図である。

[図2]2枚の軟磁性急冷合金薄帯1の間に樹脂層2が配置されている本発明の積層磁性材の一実施形態を示す模式的な斜視図である。

[図3]本発明の実施例に使用したT型剥離試験の試験片を説明する図である。

[図4]本発明のトランス用コアの一実施形態を示す模式的な斜視図である。

発明を実施するための形態

[0011] 本発明者等は、まずFe基の軟磁性急冷合金薄帯が、熱硬化性または常温硬化性である樹脂で層間接合された積層磁性材を基本構成とした。

Fe基の軟磁性急冷合金薄帯は、Feを主体とする、すなわち50質量%以上のFeを有することで、高い磁束密度を得ることができる。また、軟磁性急冷合金薄帯は鉄損を低減できるものである。

また、熱硬化性または常温硬化性である樹脂は、ホットメルト型のポリエステル樹脂のような熱可塑性樹脂での課題である耐熱性を改善することができる。

一方、本発明者等の検討によれば、熱硬化性または常温硬化性である樹脂を単に適用しただけでは、信頼性、磁気特性においては十分満足できるものではなかった。

そこで、Fe基の軟磁性急冷合金薄帯の磁気特性の調整、樹脂の選定と接着応力の低減により、上記課題を解決した新しい積層磁性材を見出した。以

下、本発明の実施形態について詳しく説明する。

[0012] 本実施形態において適用する樹脂は示差走査熱量計で測定されるガラス転移温度が 110°C 以下である。ガラス転移温度を低くすることで、接着工程での応力が残留しにくくなり、接着応力を小さいものとすることができる。

また、本実施形態の積層磁性材では、室温での 180° 剥離試験法における積層磁性材のピール強度が 0.5 gf/mm 以上と規定した。これは積層磁性材としてハンドリンク性等を考慮した場合に必要な特性と認識したためである。

そして、本発明の積層磁性材は、長手方向での印加磁界が 80 A/m における磁束密度 $B80$ (以下、単に $B80$ と略す)が 1.25 T 以上を実現したものである。このように、必要なピール強度を保ったまま、積層磁性材として高い磁束密度が実現できたことにより、特に配電トランス用コアとして有用なものとなる。また、本発明の積層磁性材として、より好ましくは $B80$ が 1.39 T 以上、周波数 50 Hz 、最大磁束密度 1.4 T における鉄損 P_{CM} (以下、 $P_{\text{CM}14/50}$ と表記する)が 0.16 W/kg 以下である。

[0013] 本発明においては、前記積層磁性材を、構成する軟磁性急冷合金薄帯部分で評価するとき、 $B80$ が 1.4 T 以上における $P_{\text{CM}14/50}$ が 0.26 W/kg 以下、とすることができる。このように、積層磁性材において、Fe基の軟磁性急冷合金薄帯が本来有する性能を大きく劣化せず配置できる構成の実現は有用である。

[0014] 本発明において、適用する樹脂は、限定しないが、例えばエポキシ樹脂、エポキシ変性シリコン樹脂、アクリル樹脂のうち少なくとも一種とすることが好ましい。

[0015] エポキシ樹脂は、例えば公知の単官能性エポキシ樹脂、多官能性エポキシ樹脂などを用いることができる。具体的には、ビスフェノールA型エポキシ樹脂、ビスフェノールF型エポキシ樹脂、ノボラック型エポキシ樹脂、脂肪族型エポキシ樹脂、グリシジルアミン型エポキシ樹脂、ウレタン変性エポキシ樹脂、ゴム変性エポキシ樹脂等の変性エポキシ樹脂などが挙げられる。こ

これらのエポキシ樹脂は単独で用いても、2種類以上を混合して用いても良い。

[0016] エポキシ変性シリコン樹脂は、極めて低い曲げ弾性率をもつため、接着応力を大きく低減可能であり、好ましい。エポキシ変性シリコン樹脂の種類は、変性シリコン樹脂の官能基の一部をエポキシ基に置換したもの、またはエポキシ樹脂と変性シリコンが非相溶で相分離し、海島構造を形成しているもののどちらでも良い。

[0017] アクリル樹脂は、硬化速度が速いために接着工程の短縮が可能である点、二液型室温硬化タイプの中には二液を十分に混合しなくとも、二液が接触すれば反応が開始し硬化する（ハネムーン接着）ことが可能な接触反応型で硬化を行うことができる点、嫌気性接着や光硬化性接着といった常温硬化方法の種類が豊富にある点から、接着工程を最適化しやすいため好ましい。

[0018] 本発明で用いる常温硬化性のアクリル樹脂としては、第二世代アクリル樹脂（SGA）でも良い。SGAは、エラストマーとアクリルモノマーがグラフト重合し硬化する樹脂で、熱可塑性であるものの耐熱性が高く、高温時の接着強度が低下しにくい。アクリル樹脂の成分としては、例えば、ポリアクリル酸およびその共重合体、ポリアクリル酸エステルおよびその共重合体、ポリメタクリル酸およびその共重合体、ポリメタクリル酸エステルおよびその共重合体、ウレタン-アクリル酸共重合体、スチレン-アクリル酸共重合体などが挙げられる。これらのアクリル樹脂は単独で用いても、2種類以上を混合して用いても良い。

[0019] 本発明において樹脂は、前記軟磁性急冷合金薄帯の片面または両面に塗布する工程を付与することで配置することができる。この時、樹脂を塗布する方法は特に限定はしないが、例えば、フレキソ印刷方式による樹脂の塗布方法、または樹脂と溶媒を含む接着剤を作製し、その接着剤をスプレーやコーターで塗布し、その後、溶媒を蒸発させる方法等が適用できる。

また、樹脂は塗布する工程の後、前記軟磁性急冷合金薄帯を積層して、前記樹脂を硬化させる工程を付与することで、本実施形態の積層磁性材が得ら

れる。たとえば、積層する際は軟磁性急冷合金薄帯同士を重ね、ローラー等で圧着し、次いで樹脂の硬化温度に応じて必要により加熱して硬化させる方法を適用することができる。

[0020] 本実施形態に適用するFe基の軟磁性急冷合金薄帯としては、例えば、非晶質合金やナノ結晶合金を用いることができる。特にFe-Si-B系（Si：0原子%以上10原子%以下、B：10原子%以上20原子%以下、残部Feおよび不純物）は、飽和磁束密度 B_s [T]が高く、好ましい。

上述した軟磁性急冷合金薄帯は、溶融した合金を高速で回転する鋳造ロールの円筒面に注ぎ、鋳造ロールの表面に触れた瞬間に急冷し、連続薄帯を得る単ロール法を用いて製造することができる。この時の冷却速度は、約 10^6 °C/sと非常に早く、溶融合金を結晶化させずに薄帯化できる。一般的に、製造された後は所定の寸法幅にスリットされてコイルに巻かれる。

[0021] 軟磁性急冷合金薄帯(以下、リボンともいう)の幅は、特に限定されないが、例えば、100mm以上とすることができる。リボンの幅が100mm以上であると、実用的な配電トランス用コアを好適に作製できる。リボンの幅は、125mm以上であることがより好ましい。

一方、リボンの幅の上限は特に限定されないが、例えば、単ロール法での製造幅が300mmを超えると、幅方向に均一な厚さのリボンを得られないことがあり、その結果、形状が不均一な為に部分的に脆化したり、 B_{80} が低下する可能性がある。リボンの幅は、275mm以下であることがより好ましい。また、要求されるトランスの特性に合わせて、リボンをスリットして幅を調整することも可能である。

[0022] 軟磁性急冷合金薄帯の厚さは、 $10\mu\text{m}$ 以上 $50\mu\text{m}$ 以下が好ましく、 $15\mu\text{m}$ 以上 $35\mu\text{m}$ 以下がより好ましい。これは、薄すぎると機械的強度が損なわれ、厚すぎると非晶質層を安定的に得にくくなるためである。

[0023] 軟磁性急冷合金薄帯は、結晶構造に由来する異方性がなく、磁壁の移動を妨げる結晶粒界が存在しないため、高磁束密度でありながら高透磁率、低損失の優れた軟磁気特性を有する。軟磁性急冷合金薄帯は、単体で、1.4T

以上、好ましくは1.48 T以上のB80を有することが好ましい。

[0024] 軟磁性急冷合金薄帯は、薄帯長手方向に磁化容易方向を持つことがトランス用のリボンとして有効である。そこで、本実施形態の製造方法にあつては、上述した軟磁性急冷合金薄帯を得る工程として、B80を1.4 T以上に調整する工程を必要とするものとした。この工程は具体的には、例えば、張架した状態で熱処理（テンションアニール）する方法、又は薄帯長手方向に磁界をかけた状態で熱処理する方法、張架しながら薄帯長手方向に磁界をかけた状態で熱処理する方法等が好適である。

[0025] 層間接合前の素材において高い磁束密度にあらかじめ調整する工程を設けることで、磁気特性としては実質的に接合時の劣化を考慮することのみで済み、磁気特性に対して付加的な処理の追加を避けることができる。より好ましくは、B80を1.48 T以上に調整する。

[0026] 本実施形態において積層磁性材の優れた磁気特性を維持する観点から、占積率を可能な限り高めることが好ましく、具体的には90%以上99%以下の占積率を有することが好ましい。また、樹脂層の厚さは、5 μm 以下が好ましく、3.0 μm 以下がより好ましく、さらには2.0 μm 以下がより好ましい。一方で、樹脂層が薄すぎると十分な接着強度を発現できない場合があることから、1 μm 以上が好ましく、1.5 μm 以上がより好ましい。

[0027] 本実施形態において、前記樹脂の室温における曲げ弾性率を γ [MPa]、前記樹脂の40～50℃で評価した線熱膨張係数を α_1 [1/℃]、前記樹脂に適用する硬化温度を T_a [℃]、前記樹脂の硬化時の線熱収縮率を β [無次元]、積層磁性材に占める前記樹脂の厚さを h_1 [μm]、積層磁性材に占める軟磁性急冷合金薄帯の厚さを h_2 [μm]、軟磁性急冷合金薄帯の線熱膨張率を α_2 [1/℃]、室温を R_T [℃]とすると、以下の数式で示される接着応力 σ [MPa]が2.5 [MPa]以下であることが好ましい。さらに好ましくは、前記接着応力 σ は0.4 [MPa]以下である。

$$(\text{数}1) \quad \sigma = h_1 / h_2 \times \gamma \times \{ (\alpha_1 - \alpha_2) \times (T_a - R_T) + \beta \}$$

[0028] 接着応力 σ について説明を加える。軟磁性急冷合金薄帯を熱硬化性または

常温硬化性である樹脂で層間接合して積層磁性材を得ようとする場合、樹脂が硬化する際に体積が減少する。また、加熱して接着した場合には、軟磁性急冷合金薄帯と接着剤の線熱膨張係数の差が生じる。これらの要因により、軟磁性急冷合金薄帯に対して主に面内方向に接着応力が残留する状態となる。

[0029] この接着応力は、軟磁性急冷合金薄帯の磁区構造を乱し、軟磁性急冷合金薄帯の磁気特性を劣化する。特に、商用周波数帯（50Hz、60Hz）における配電トランス用コアとして使用する場合、鉄損の増加や所定の磁界を印加した時の磁束密度が低下するという現象が起きる。コアの鉄損の増加はトランスの効率低下を招き、所定の磁界を印加した時の磁束密度が低下すると、トランスを励磁した時に発生する騒音が大きくなる問題が生じる。よって、軟磁性急冷合金薄帯をトランス用コアとして使用する場合、軟磁性急冷合金薄帯に生じる接着応力をできるだけ小さく制御することが有効である。

[0030] また、本実施形態の製造方法にあつては、上記の接着応力 σ の規定値に合わせた軟磁性急冷合金薄帯、樹脂、硬化温度等を選択することが望ましい。

[0031] 以下、図を用いて本実施形態の積層磁性材を詳細に説明する。

図1は、本実施形態の積層磁性材の一実施形態を説明する模式的な斜視図である。図1（a）は、積層磁性材の一実施形態を示す模式的な斜視図であり、実際の寸法とは必ずしも一致しない。また、図1（a）は、軟磁性急冷合金薄帯を3層とした例であるが、本実施形態においては、層数は制限しない。

[0032] 本実施形態の積層磁性材11は、複数の軟磁性急冷合金薄帯1と、複数の軟磁性急冷合金薄帯1間に配置された樹脂層2とを備える。図1（b）は、軟磁性急冷合金薄帯1の一実施形態を示す模式的な斜視図であり、向かい合う2つの主面1a、1bが存在している。

[0033] 図2は、2枚の軟磁性急冷合金薄帯1の間に樹脂層2が配置されている積層磁性材12を示す模式的な斜視図である。このように、樹脂層2は、軟磁性急冷合金薄帯1の主面1a、1bの少なくとも一面に配置されている。樹

脂層 2 は、軟磁性急冷合金薄帯 1 の 2 つの主面 1 a、1 b にそれぞれ配置されていても良い。樹脂層 2 は、主面 1 a、1 b の全体に配置されていても良いし、主面 1 a、1 b 上にストライプ状、ドット状等、樹脂層 2 が配置される領域と、樹脂層 2 が配置されない領域と、を含む所定のパターンで設けられていても良い。

[0034] 以下、本実施形態の実施例に適用した計測と評価技術について説明する。

(1. 接着応力 σ)

接着応力 σ [MPa] は、上述した (数 1) により評価できる。以下、接着応力 σ を算出するための各因子の導出方法について説明する。

[0035] (1-1. 樹脂硬化物の曲げ弾性率 γ)

以下、樹脂を積層体に用いるために所定の条件で硬化させたものを樹脂硬化物と呼ぶ。樹脂硬化物の曲げ弾性率 γ [MPa] は、室温 ($= 23 \pm 5^\circ\text{C}$) における曲げ弾性率を使用する。樹脂硬化物の曲げ弾性率 γ は、JIS K 7171 : 2016 を参考に、3 点曲げ試験によって測定する。曲げ試験の装置は、島津製作所社製、オートグラフ AGX-100kNV を準備する。試験片は、断面が長方形で短冊形状となる型に樹脂を流し込んで、樹脂を硬化させることで作製する。この時の大きさは、厚さ $T \times$ 幅 $W \times$ 長さ $l = : 2 \text{ mm} \times 25 \text{ mm} \times 40 \text{ mm}$ とする。試験片の数は、各樹脂につき 3 個とする。

[0036] 3 点曲げ試験の支点間距離 L は 30 mm とする。試験速度は 1 mm/min とし、下記の (数 2) から導出される曲げひずみ ε が 0.0025 を超えるまで、連続的に試料にかかる荷重 F [N] と、その時のたわみ D [mm] を測定する。

[0037] 測定した荷重 F とたわみ D から、以下の (数 2) および (数 3) を用いて、曲げ応力 τ および曲げひずみ ε を算出し、応力ひずみ曲線を取得する。応力ひずみ曲線の曲げひずみ区間 $0.0005 \leq \varepsilon \leq 0.0025$ における応力曲線に対して最小二乗法による線形回帰を行い、その傾きを曲げ弾性率 γ とする。測定は各樹脂に対して、異なる試験片を用いて 3 回繰り返し、その

平均値をその樹脂の室温における曲げ弾性率 γ とする。

$$(\text{数}2) \quad \varepsilon = (6 \times T / L^2) \times D$$

$$(\text{数}3) \quad \tau = (3 \times F \times L) / (2 \times W \times T^2)$$

[0038] (数1)に示す通り、接着応力 σ を低減するためには、曲げ弾性率 γ が低いことが有効である。曲げ弾性率 γ を低くするためには、ガラス転移温度 T_g の低い樹脂を使用することが有効である。曲げ弾性率 γ は2600MPa以下が好ましく、1000MPa以下がより好ましく、100MPa以下がさらに好ましい。これらの曲げ弾性率 γ を得るためには、ガラス転移温度 T_g は110℃以下が好ましく、70℃以下がより好ましく、室温以下がさらに好ましい。

[0039] (1-2. 樹脂硬化物の線熱膨張係数 α_1)

樹脂硬化物の線熱膨張係数 α_1 [1/℃] は、JISK7197:1991を参考に、熱機械分析装置(TMA)を用いて測定する。

一定の雰囲気内で、試験片の温度を一定の速度で昇温でき、圧縮モードで測定できる装置として、NETZSCH社製、熱機械分析装置DIL402を使用する。この装置は円筒形の炉の中に試料をセットした治具を入れる空間があり、この治具に取り付けた試料の線熱膨張係数 α_1 を計測することができる。また、この装置では、長さ15mmの試料が必要だが、測定対象とする樹脂でそのサイズを形成するのが困難である。そこで、4.2mm角×長さ5mmの樹脂片と、 ϕ 6mm×長さ10mmの既知の線熱膨張係数を有するアルミナスペーサを直列に接続して15mmの試料として、これを計測対象とした。

[0040] 測定条件としては、昇温速度は、約1℃/minとし、測定温度範囲は、35℃～55℃とする。昇温過程における40℃～50℃の範囲の平均線熱膨張係数を、JISK7197:1991に記載の方法で算出し、その平均線膨張係数を樹脂の線熱膨張係数 α_1 として使用する。測定は、各樹脂に対して、異なる試験片について3回繰り返し、その平均値をその樹脂の線熱膨張係数 α_1 とする。

[0041] (1-3. 樹脂硬化時の線熱収縮率 β)

樹脂硬化時の線熱収縮率 β [無次元]は、未硬化樹脂の比重 S_{g_i} と樹脂硬化物の比重 S_{g_f} から以下の近似式(数4)を用いて算出する。

$$(数4) \quad \beta \div (1 - (S_{g_i} / S_{g_f})) / 3$$

[0042] (数4)に必要な未硬化樹脂の比重 S_{g_i} および樹脂硬化物の比重 S_{g_f} は、JISK6833-1:2008に記載の比重カップ法およびJISK7112:1999に記載の水中置換法に準じて測定する。

なお、二液混合型の接着剤の場合の未硬化の比重は、以下の方法で計算する。二液混合型の接着剤をA剤およびB剤とすると、A剤の未硬化時の比重 S_{g_A} およびB剤の未硬化時の比重 S_{g_B} をJISK6833-1:2008に記載の比重カップ法を用いて測定する。その二液混合型接着剤の推奨混合質量割合をもとにA剤およびB剤の混合する質量(A剤の質量 M_A およびB剤の質量 M_B)を決定し、以下の(数5)に従って計算する。

$$(数5) \quad S_{g_i} = (M_A + M_B) / (M_A / S_{g_A} + M_B / S_{g_B})$$

[0043] (1-4. 積層磁性材に占める前記樹脂の厚さ h_1 および積層磁性材に占める軟磁性急冷合金薄帯の厚さ h_2)

軟磁性急冷合金薄帯の厚さを h_2 は、水中置換法によって導出した密度から1枚当たりの厚さを求め、積層数を乗じて評価する。積層磁性材に占める前記樹脂の厚さを h_1 は、接着後の積層磁性材の重量 M_{lam} 、積層磁性材中の磁性材のみの重量 M_{mag} 、(数4)で評価した樹脂硬化物の比重 S_{g_f} と樹脂の塗布面積 A から以下の式を用いて算出した。

$$(数6) \quad h_1 = (M_{lam} - M_{mag}) / (S_{g_f} \times A)$$

[0044] (2. ガラス転移温度 T_g)

樹脂硬化物のガラス転移温度 T_g は、示差走査熱量計(DSC)により、JISK7121:2012を参考に、熱流束示差走査熱量測定法で測定をする。測定装置は、NETZSCH社製、DSC、3500Siriusを準備する。この装置に、約10mgの樹脂硬化物試料を封入したDSC測定用アルミパンをセットし、流量50ml/minのアルゴン雰囲気下で測定

する。

[0045] 温度走査は次の通りに行う。まず、室温付近から試料の予想されるガラス転移温度 T_g よりも約 50°C 以上高い温度まで（ガラス転移温度が室温以下と予想されるものについては 60°C まで）昇温速度 $20^\circ\text{C}/\text{min}$ で昇温し、その温度で一定に保ったまま 10 分間保持する。次に、降温速度 $20^\circ\text{C}/\text{min}$ で -140°C まで降温し、その温度で一定に保ったまま 10 分間保持する。続いて、 220°C まで昇温速度 $20^\circ\text{C}/\text{min}$ で昇温する。この二回目の昇温過程で測定される DSC 曲線をガラス転移温度 T_g の解析に用いる。

[0046] ガラス転移温度 T_g の求め方は、次のように行う。まず、DSC 曲線のガラス転移の階段状変化部分に対して低温側のベースラインを高温側に延長した直線と、ガラス転移の階段状変化部分の曲線の勾配が最大になるような点で引いた接線との交点の温度を補外ガラス転移開始温度とする。次に、高温側のベースラインを低温側に延長した直線と、ガラス転移の階段状変化部分の曲線の勾配が最大になるような点で引いた接線との交点を補外ガラス転移終了温度とする。補外ガラス転移開始温度と補外ガラス転移終了温度の中間の温度を中間点ガラス転移温度とし、中間点ガラス転移温度を樹脂のガラス転移温度 T_g とする。

なお、 $-140 \sim 220^\circ\text{C}$ の測定温度範囲で、複数のガラス転移が観察される場合、最も大きなガラス転移の階段状変化が生じた部分をその樹脂の主成分のガラス転移温度として解析し、その樹脂の代表的なガラス転移温度 T_g とする。

[0047] (3. 占積率)

占積率 SF は、積層磁性材に占める前記樹脂の厚さ h_1 および積層磁性材に占める軟磁性急冷合金薄帯の厚さ h_2 から、以下の数式で計算を行う。ここで、占積率 SF をパーセンテージ (%) で表示する際は、以下の数式に 100 を掛けるとする。

$$(\text{数 } 7) \quad SF = h_2 / (h_1 + h_2)$$

[0048] (4. 室温におけるピール強度)

室温における積層磁性材のピール強度は、 180° 度剥離試験法のうち T 型剥離試験によって評価される剥離強度を指し、J I S K 6 8 5 4 - 3 : 1 9 9 9 に準拠して測定する。T 型剥離試験で使用する装置は、島津製作所社製、オートグラフ A G X - 1 0 0 k N V を準備する。ロードセルは容量 5 0 N を使用する。

[0049] 図 3 は、本実施形態の実施例に使用した T 型剥離試験の試験片を説明する図である。最小長さ 2 0 0 m m × 幅 25 ± 0.5 m m の 2 層積層磁性材を作製し、片側 (B 部 : 長さ 5 0 m m) を剥離して試験片とする。試験片の数は、各樹脂につき 5 個とする。

[0050] 試験は、室温 (23°C) において、B 部の先端 2 5 m m を掴み、図中の矢印方向に引っ張って行う。剥離速度は 1 0 0 m m / m i n で一定とし、接着部分 (C 部 : 長さ 1 5 0 m m) が、すべて剥離するまで引っ張り続ける。測定結果の評価範囲は、C 部の剥離開始時に剥がした部分 (E_1 部 : 2 5 m m) と剥離終了時に剥がした部分 (E_2 部 : 2 5 m m) を除いた範囲で評価する。個々の試験片について、この評価範囲における、平均剥離力を記録する。測定は、各樹脂に対して、異なる試験片について 5 回繰り返し、それぞれの試験片の平均剥離強度の平均値を、その樹脂を用いた積層磁性材の室温におけるピール強度 [gf / mm] とする。

[0051] (5. 高温下におけるピール強度)

75°C における積層磁性材のピール強度は、上記の室温におけるピール強度測定から一部測定条件を変更し、測定する。T 型剥離試験で使用する装置は、島津製作所社製、オートグラフ A G X - 1 0 0 k N V を準備する。ロードセルは容量 5 0 N を使用する。また、島津製作所社製、恒温槽 T C E - N 3 0 0 を準備する。

[0052] 試験片は、最小長さ 2 0 0 m m × 幅 25 ± 0.5 m m の 2 層積層磁性材を作製し、片側 (B 部 : 長さ 5 0 m m) を剥離して試験片とする。試験片の数は、各樹脂につき 5 個とする。

試験は、上記の恒温槽の中で75℃に加熱した大気雰囲気中において、オートグラフのつかみ治具と試験片を設置し、測定する。剥離速度は、100 mm/minで一定速度とし、接着部分（C部：長さ72.5 mm）が、剥離するまで引っ張り続ける。測定結果の評価範囲は、C部の剥離開始時に剥がした部分（E₁部：20 mm）を除いた範囲で評価する。個々の試験片について、この評価範囲における平均剥離力を記録する。測定は、各樹脂に対して、異なる試験片について5回繰り返し、それぞれの試験片の平均剥離強度の平均値を、その樹脂を用いた積層磁性材の室温におけるピール強度 [gf/mm] とする。

[0053] （6. 磁気特性 B80およびP_{CM14/50}）

磁気特性は、積層磁性材としての評価値と、積層磁性材を構成する軟磁性急冷合金薄帯部分としての評価値の2種類を導出する。軟磁性急冷合金薄帯部分として導出する場合は、軟磁性急冷合金薄帯部分の断面積および質量を基準とする。

それぞれの磁気特性は、JISC2556:2015を参考に測定した。測定原理は、JISC2556:2015に記載の励磁電流法を用いて測定した。

測定装置には、岩崎通信機株式会社製、BHループアナライザSY8218の交流磁気特性測定装置を使用し、アンプにはPMK社製、パワーアンプSY-5001を使用した。また、測定治具として、JISC2556:2015を参考にした測定用の枠を製作して使用した。

[0054] 測定枠の構成は、MnZnフェライトヨーク、樹脂ボビンおよびポリウレタン被覆銅線から成る。MnZnフェライトヨークはコの字型で、同形状のヨークを二個使用する。測定の際は、二個のMnZnフェライトヨークを用いて試料を上下から挟み込んで測定した。MnZnフェライトヨークでリボンを挟み込むことで磁束の流れを閉磁路にし、リボンに反磁界が発生するのを防ぐことができ、試験片に加わる磁界の分布および試験片内の磁束分布の均一性が確保される。

[0055] 樹脂ボビンにポリウレタン被覆銅線で一次巻線（励磁コイル）（線径0.5 mm）と二次巻線（Bコイル）（線径0.5 mm）をそれぞれ57、100ターン施し、ボビンの間に試料を挿入してボビン長36.2 mm分のリボンに磁界を印加した。また、MnZnフェライトヨークおよびコイルと磁性材の間の空隙に起因して発生するバックグラウンドは、治具とBHループアナライザの間に補償コイルを接続し、8000 A/mの磁界を印加した際の無試料時の出力がゼロになるよう補償コイルの巻線数を調整して、補正した。

[0056] 本実施形態であるトランス用コアの一例について説明を加えておく。図4は、本実施形態の実施形態であるトランス用コアの一実施形態を示す斜視図である。4個の積層磁性材11を複数積層方向の垂直な端面同士を突き合わせるように配置して、全体として矩形のトランス用コアを形成している。ただし、トランス用コアの形状は本実施形態に限定されるものではない。

実施例

[0057] Fe基の軟磁性急冷合金薄帯として、長さ120 mm、幅25 mm±0.5 mm、厚さ25 μmの単ロール法で製造された株式会社プロテリアル製の非晶質合金である2605HB1M（登録商標）の薄帯を用意した。接着前に、リボン長手方向に40 MPaの張力を印加し、450℃でテンションアニールを行い、当該方向が磁化容易方向となる誘導磁気異方性を付与した。これにより、B80を、1.55 Tに調整できた。

また、この接着前のリボン単体の線熱膨張係数 α_2 は、 4.3×10^{-6} [1/℃]であり、 $P_{CM14/50}$ は、0.114 W/kgであることを確認した。

[0058] 次いで、上述の軟磁性急冷合金薄帯の二枚を、種々の接着応力を有する9種類の樹脂（便宜上、これらの樹脂をa、b、c、d、e、f、g、h、iと称する）を用いて、接着した積層磁性材の実施例1～6と比較例1～4を作製した。接着はフレキシ印刷方式を用いて軟磁性急冷合金薄帯上の全面に塗布し、他方の軟磁性急冷合金薄帯を重ね合わせ、ローラーで圧着した。圧着後は、各硬化温度で加熱し、または、室温硬化のものは室温で放置し、十分

に硬化させた。その後、それぞれの積層体について、B 8 0 および $P_{CM14/5}$ を測定した。

[0059] 各試料における使用した樹脂の種別と、接着に係る各因子を表1ないし表2に示す。

なお、表2中の線熱収縮率 δ [%] は、樹脂硬化物の線熱膨張係数 α_1 [$10^{-6}/^{\circ}\text{C}$]、軟磁性急冷合金薄帯の線熱膨張率 α_2 ($4.3 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)、樹脂の硬化温度 T_a [$^{\circ}\text{C}$]、室温 RT (23°C) から、以下の(数8)を用いて求めた値に100を掛けたものである。(数8)は、接着応力 σ の式である(数1)の一部の項に対応する。

(数8) $\delta = (\alpha_1 - \alpha_2) \times (T_a - RT)$

[0060] [表1]

	樹脂			硬化温度	硬化時間	ガラス 転移温度
	種類	成分	硬化 タイプ	Ta [$^{\circ}\text{C}$]	[min]	Tg [$^{\circ}\text{C}$]
実施例1	a	エポキシ・変性シリコーン	二液	23	10080	-59.6
実施例2	b	エポキシ	一液	150	120	-23.3
実施例3	c	エポキシ	二液	23	10080	39.5
実施例4	d	アクリル	二液	23	10080	69.0
実施例5	c	エポキシ	二液	60	60	43.2
実施例6	e	エポキシ	一液	120	40	100.3
比較例1	f	エポキシ	一液	150	20	109.9
比較例2	g	エポキシ	一液	150	60	150.5
比較例3	h	エポキシ	一液	150	60	168.8
比較例4	i	エポキシ	一液	180	30	159.9

[0061]

[表2]

	樹脂 種類	樹脂層 の厚さ h 1 [μm]	曲げ 弾性率 γ [MPa]	線膨張率 α1 [10 ⁻⁶ /°C]	熱収縮率 δ [%]	硬化時の 線収縮率 β [%]	硬化温度 [°C]	硬化時間 [min]
実施例1	a	1.9	44.8	192.5	0.0000	0.741	23	10080
実施例2	b	2.5	9.7	220.9	2.8054	3.188	150	120
実施例3	c	4.1	711.1	159.1	0.0000	0.499	23	10080
実施例4	d	2.7	447.4	204.1	0.0000	2.229	23	10080
実施例5	c	4.9	711.1	160.5	0.5939	0.499	60	60
実施例6	e	2.4	2454.0	83.5	0.8100	0.610	120	40
比較例1	f	4.1	2674.0	71.9	0.9131	1.023	150	20
比較例2	g	3.5	2845.1	60.0	0.7620	1.944	150	60
比較例3	h	2.9	2830.1	50.7	0.6439	1.179	150	60
比較例4	i	6.7	2708.2	58.1	0.9122	0.730	180	30

[0062] 上記の表に示す各因子から、(数1)に基づき接着応力 σ を導出するとともに、試料の磁気特性を測定した。結果を表3に示す。なお、表3においては、積層磁性材を、構成する軟磁性急冷合金薄帯部分で評価した磁気特性も併記する。

[0063] [表3]

	樹脂 種類	接着応力 σ [MPa]	積層磁性材全体		積層磁性材の軟磁性 急冷合金薄帯部分	
			B80 [T]	Pcm _{14/50} [W/kg]	B80 [T]	Pcm _{14/50} [W/kg]
実施例1	a	0.013	1.47	0.129	1.53	0.130
実施例2	b	0.029	1.44	0.150	1.51	0.151
実施例3	c	0.291	1.40	0.153	1.51	0.155
実施例4	d	0.539	1.36	0.196	1.43	0.197
実施例5	c	0.761	1.29	0.202	1.42	0.204
実施例6	e	1.673	1.35	0.190	1.41	0.192
比較例1	f	4.246	1.20	0.269	1.30	0.273
比較例2	g	5.390	1.02	0.261	1.09	0.279
比較例3	h	2.992	1.13	0.276	1.20	0.263
比較例4	i	5.960	0.99	0.273	1.12	0.279

[0064] 表3に示す、積層磁性材全体におけるB80およびP_{CM14/50}について述べる。実施例1～6は、樹脂硬化物のガラス転移温度T_gが110°C以下かつ、樹脂硬化物の曲げ弾性率 γ が2600MPa以下の樹脂を使用した。この結果、表1乃至表3から分かるように、接着応力 σ が2.5MPa以下であ

り、比較例に対してB80を1.25T以上と高く、 $P_{CM14/50}$ を0.26W/kg以下と低く抑えられた。これは、商用周波数帯を使用する配電トランス用コアのとして、適正な磁気特性である。

[0065] さらに、実施例1～3は、樹脂硬化物のガラス転移温度 T_g が50℃以下かつ、樹脂硬化物の曲げ弾性率 γ が1000MPa以下の樹脂を使用した。この結果、表1乃至表3から分かるように、接着応力 σ が0.5MPa以下であり、B80は1.4T以上と非常に高く、 $P_{CM14/50}$ を0.18W/kg以下と、非常に抑えられた。これは、商用周波数帯を使用する配電トランス用コアのとして、さらに適正な磁気特性である。

[0066] 上述した室温および75℃の高温下におけるピール強度測定方法を用いて、実施例1～6の各試料のピール強度を測定した。また、比較例5として、ホットメルト型の熱可塑性樹脂であるポリエステル樹脂（便宜上、樹脂kと称する）を使用して実施例と同様の二層積層体を作製し、同様にピール強度を測定した。結果を表4に示す。

[0067] [表4]

	樹脂種類	室温		75℃	
		樹脂厚さ [um]	ピール強度 [gf/mm]	樹脂厚さ [um]	ピール強度 [gf/mm]
実施例1	a	1.9	3.27	1.9	2.24
実施例2	b	2.5	6.67	2.7	3.15
実施例3	c	4.2	1.07	4.3	1.23
実施例4	d	2.7	8.74	2.7	4.35
実施例5	c	4.9	0.94	5.0	1.47
実施例6	e	2.4	2.31	2.5	2.39
比較例5	k	2.1	4.62	2.2	0.25

[0068] 実施例1～6のピール強度は、室温において0.5gf/mm以上であり、75℃の高温下において0.8gf/mm以上だった。ピール強度0.5gf/mm以上は、ハンドリング時に崩れる等の問題が生じない強度であり、0.8gf/mm以上はより好ましい強度である。また、実施例1～6は、ポリエステル樹脂を使用した比較例5のように高温化でのピール強度が大

きく低下しておらず、室温におけるピール強度に対する75℃におけるピール強度の比は0.4以上であり、実用に耐えうるものであることを示した。

[0069] 以上より、本実施形態によれば、耐熱性に優れ、磁束密度が高く維持され鉄損の少ない優れた積層磁性材、トランス用コア、および積層磁性材の製造方法を提供することができる。

[0070] 以上、本発明について、上記実施形態を用いて説明してきたが、本発明の技術範囲は、上記実施形態に限定されない。

符号の説明

[0071] 1 : 軟磁性急冷合金薄帯

1 a、1 b : 軟磁性急冷合金薄帯の主面

2 : 樹脂層

1 1、1 2 : 積層磁性材

B : 剥離部

C : 接着部

E₁ : 剥離開始部

E₂ : 剥離終了部

請求の範囲

- [請求項1] F e 基の軟磁性急冷合金薄帯が、熱硬化性または常温硬化性である樹脂で層間接合された積層磁性材であって、
- 前記樹脂は示差走査熱量計で測定されるガラス転移温度が 110°C 以下であり、
- 室温での 180° 剥離試験法における積層磁性材のピール強度が 0.5 g f/mm 以上、長手方向での印加磁界が 80 A/m における磁束密度 $B80$ が 1.25 T 以上であることを特徴とする積層磁性材。
- [請求項2] 前記積層磁性材を、構成する前記軟磁性急冷合金薄帯部分で評価するとき、
- 長手方向での印加磁界が 80 A/m における磁束密度 $B80$ が 1.4 T 以上、
- 周波数 50 Hz 、最大磁束密度 1.4 T における鉄損 $P_{\text{CM}14/50}$ が 0.26 W/kg 以下、
- であることを特徴とする請求項1に記載の積層磁性材。
- [請求項3] 前記樹脂が、エポキシ樹脂、エポキシ変性シリコン樹脂、アクリル樹脂のうち少なくとも一種であることを特徴とする請求項1に記載の積層磁性材。
- [請求項4] 前記積層磁性材に占める前記樹脂の厚さを $h_1 [\mu\text{m}]$ 、前記積層磁性材に占める軟磁性急冷合金薄帯の厚さを $h_2 [\mu\text{m}]$ 、前記樹脂の室温硬化時における曲げ弾性率を $\gamma [\text{MPa}]$ 、前記樹脂の $40\sim 50^{\circ}\text{C}$ で評価した線熱膨張係数を $\alpha_1 [1/^{\circ}\text{C}]$ 、前記軟磁性急冷合金薄帯の線熱膨張率を $\alpha_2 [1/^{\circ}\text{C}]$ 、前記樹脂に適用する硬化温度を $T_a [^{\circ}\text{C}]$ 、室温を $R T [^{\circ}\text{C}]$ 、前記樹脂の硬化時の線熱収縮率を β 、とすると、以下の数式で示される接着応力 $\sigma [\text{MPa}]$ が 2.5 MPa 以下であることを特徴とする請求項1に記載の積層磁性材。
- $$\sigma = h_1 / h_2 \times \gamma \times \{ (\alpha_1 - \alpha_2) \times (T_a - R T) + \beta \}$$
- [請求項5] 前記接着応力 σ は 0.4 MPa 以下であることを特徴とする請求項

4 に記載の積層磁性材。

[請求項6] 請求項 1 ないし 5 のいずれか一項に記載の積層磁性材を具備することを特徴とするトランス用コア。

[請求項7] F e 基の軟磁性急冷合金薄帯が、熱硬化性または常温硬化性である樹脂で層間接合された積層磁性材の製造方法であって、

前記軟磁性急冷合金薄帯を、長手方向での印加磁界が 80 A/m における磁束密度 B_{80} を 1.4 T 以上に調整する第 1 の工程と、

示差走査熱量計で測定されるガラス転移温度が 110°C 以下である前記樹脂を、前記軟磁性急冷合金薄帯の片面または両面に、前記樹脂を塗布する第 2 の工程と、

前記第 2 の工程を経た軟磁性急冷合金薄帯を積層して、前記樹脂を硬化させる第 3 の工程と、

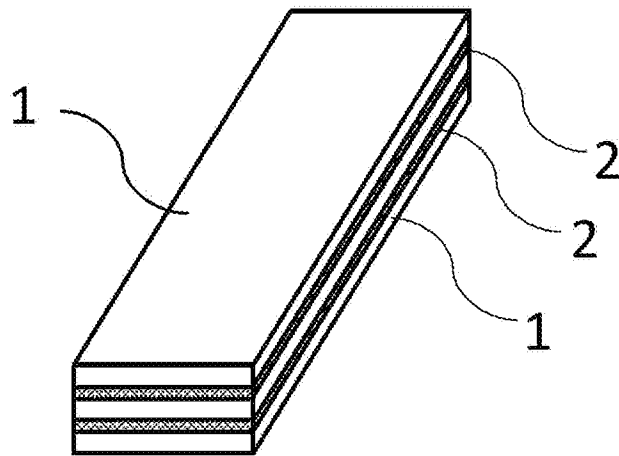
により、

積層磁性材の、室温での 180° 剥離試験法におけるピール強度を 0.5 gf/mm 以上、長手方向での印加磁界が 80 A/m における磁束密度 B_{80} を 1.25 T 以上とする、

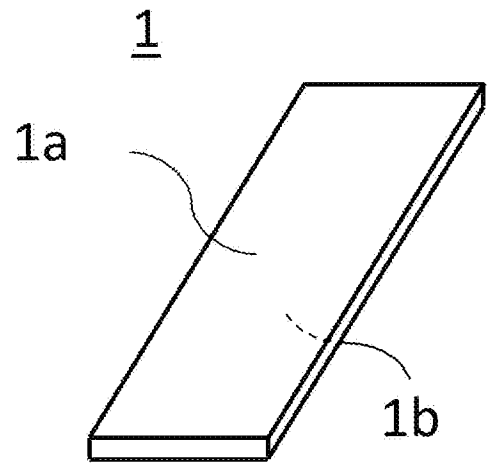
ことを特徴とする積層磁性材の製造方法。

[請求項8] 前記磁束密度 B_{80} を 1.4 T 以上に調整する工程は、テンションアニールによって行われることを特徴とする請求項 7 に記載の積層磁性材の製造方法。

[図1]

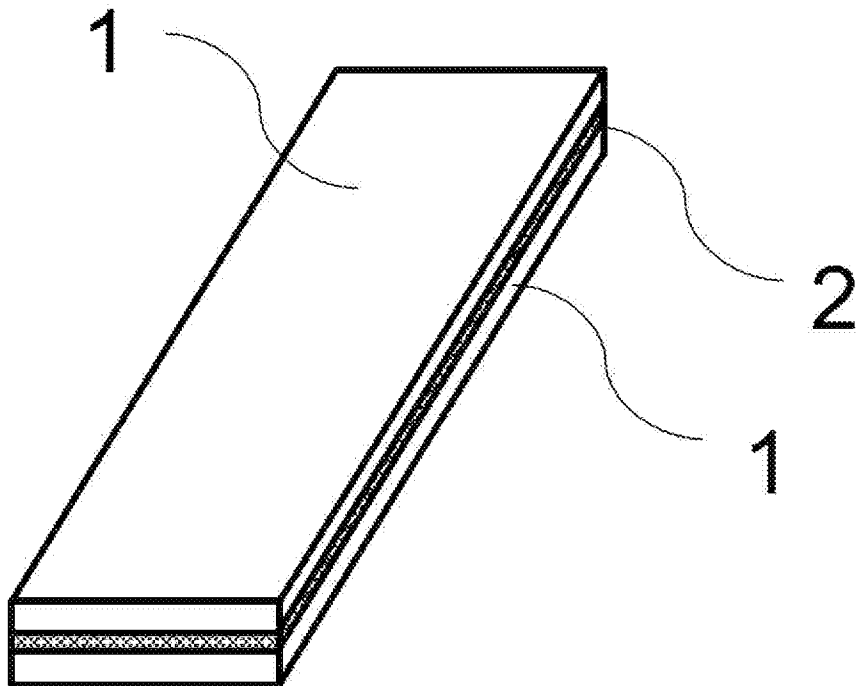
11

(a)

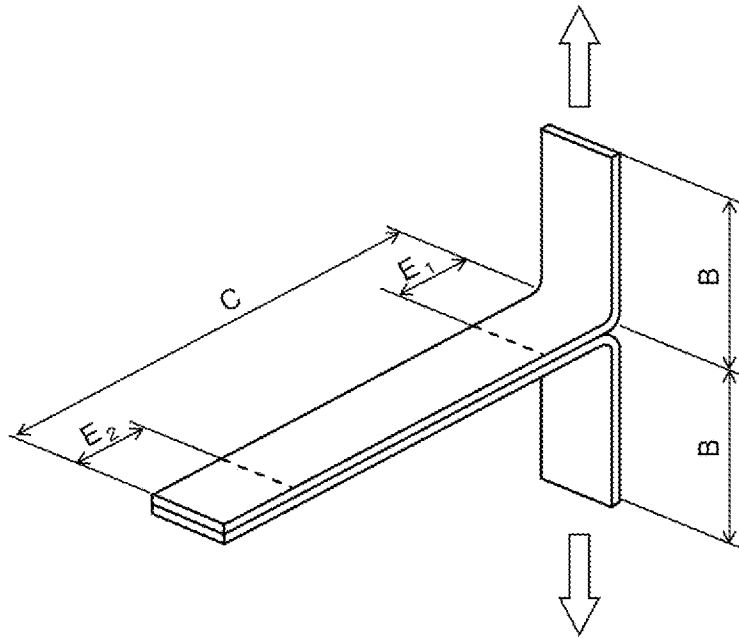


(b)

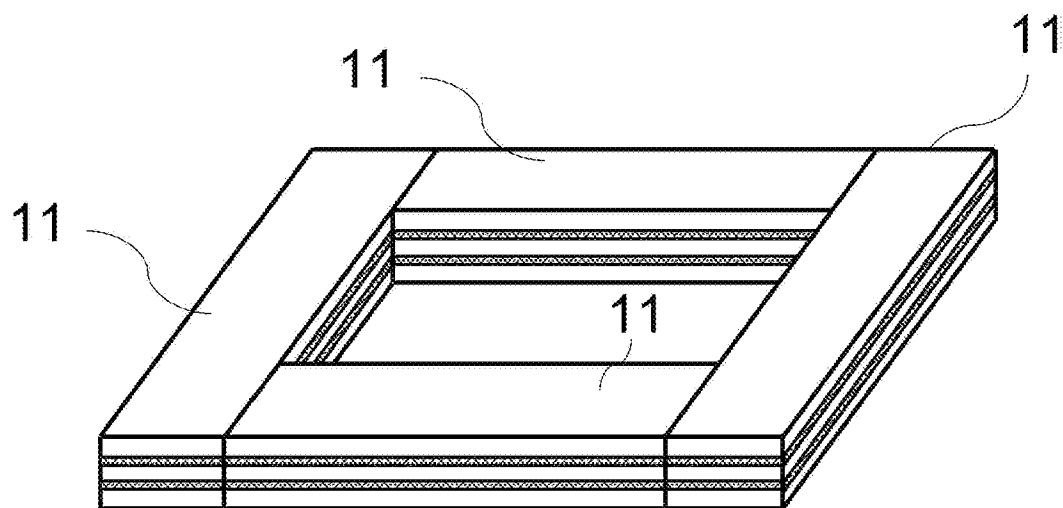
[図2]

12

[図3]



[図4]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/021895

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER H01F 41/02 (2006.01)i; H01F 1/153 (2006.01)i; H01F 27/25 (2006.01)i FI: H01F41/02 B; H01F27/25; H01F1/153 108 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) H01F41/02; H01F1/153; H01F27/25 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 1971-2024 Registered utility model specifications of Japan 1996-2024 Published registered utility model applications of Japan 1994-2024 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.
Y	WO 2019/087932 A1 (HITACHI METALS LTD.) 09 May 2019 (2019-05-09) paragraphs [0063], [0091]-[0098], [0168]	1-8
Y	JP 2021-154732 A (HITACHI METALS, LTD.) 07 October 2021 (2021-10-07) paragraphs [0036]-[0044]	1-8
Y	WO 2004/070080 A1 (NIPPON STEEL CORPORATION) 19 August 2004 (2004-08-19) description, pp. 15-16	3
☐ 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 “D” document cited by the applicant in the international application “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 06 August 2024		Date of mailing of the international search report 20 August 2024
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2024/021895

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO	2019/087932	A1	09 May 2019	US 2021/0178728 A1 paragraphs [0089], [0117]- [0123], [0190] EP 3706147 A1 CN 111295725 A	
JP	2021-154732	A	07 October 2021	(Family: none)	
WO	2004/070080	A1	19 August 2004	KR 10-2005-0097967 A pp. 7-8 CN 1748045 A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

H01F 41/02(2006.01)i; H01F 1/153(2006.01)i; H01F 27/25(2006.01)i
FI: H01F41/02 B; H01F27/25; H01F1/153 108

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））
H01F41/02; H01F1/153; H01F27/25

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

1971-2024年

日本国実用新案登録公報

1996-2024年

日本国登録実用新案公報

1994-2024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
Y	WO 2019/087932 A1（日立金属株式会社）09.05.2019（2019-05-09） 0063, 0091-0098, 0168段落	1-8
Y	JP 2021-154732 A（日立金属株式会社）07.10.2021（2021-10-07） 0036-0044段落	1-8
Y	WO 2004/070080 A1（新日本製鐵株式会社）19.08.2004（2004-08-19） 明細書第15頁-第16頁	3

☐ 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、一般的技术水準を示すもの

“D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献

“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抵触するものではなく、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

06.08.2024

国際調査報告の発送日

20.08.2024

名称及びあて先

日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

権限のある職員（特許庁審査官）

後藤 嘉宏 5D 3660

電話番号 03-3581-1101 内線 3549

様式 PCT/ISA/210（第2ページ）（2022年7月）

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2024/021895

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO	2019/087932	A1	09.05.2019	US 2021/0178728 A1 0089,0117-0123,0190段落 EP 3706147 A1 CN 111295725 A	
JP	2021-154732	A	07.10.2021	(ファミリーなし)	
WO	2004/070080	A1	19.08.2004	KR 10-2005-0097967 A 第7頁-第8頁 CN 1748045 A	