

明 細 書

発明の名称：

接着被膜付き電磁鋼板、及び積層コア、並びにこれらの製造方法

技術分野

[0001] 本開示は、接着被膜付き電磁鋼板、及び積層コア、並びにこれらの製造方法に関する。

本開示は、2023年09月26日に、日本に出願された特願2023-163603号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 従来、回転電機等に使用されるコア（つまり鉄心）は、複数の電磁鋼板が互いに積層された「積層コア」が用いられている。複数の電磁鋼板は、溶接、カシメ、ボルト締め、接着等の方法により固定される。

しかしながら、溶接、カシメ、ボルト締めの方法による、複数の電磁鋼板の固定では、加工時に、機械的応力、熱的応力、層間短絡等が生じ易い。そのため、電磁鋼板の磁気特性が劣化し、積層コアの性能が十分に発揮され難い。

[0003] 一方、接着の方法による、複数の電磁鋼板の固定では、接着被膜付き電磁鋼板を使用し、加熱及び加圧により、接着被膜を硬化させて接着能を発現させて、複数の電磁鋼板を互いに接着させる。

接着被膜付き電磁鋼板を使用した複数の電磁鋼板の固定では、加工時に、機械的応力、熱的応力、層間短絡等が生じ難い。そのため、電磁鋼板の磁気特性が劣化し難く、積層コアの性能が十分に発揮され易い。

このような有利な点から、接着の方法による、複数の電磁鋼板の固定について、種々の技術が検討されている。

[0004] 例えば、特許文献1では、「表面に、加熱及び／又は加圧により接着能を発揮する絶縁被膜を有する電磁鋼板であって、上記被膜が、ガラス転移点（ T_g ）80℃～150℃のエポキシ樹脂又はエポキシ樹脂変性体と、エポキ

シ樹脂硬化剤と、粒径 $0.01\mu\text{m}\sim0.5\mu\text{m}$ の微粒子状重合体とが分散した混合物であることを特徴とする接着用表面被覆電磁鋼板」が開示されている。

[0005] また、特許文献2では、「複数の電磁鋼板、および前記複数の電磁鋼板の間に位置する融着層を含み、前記融着層は、下記化学式1で表される繰り返し単位および下記化学式2で表される繰り返し単位を含むポリエチレンアクリレートを含み、前記ポリエチレンアクリレートは、下記化学式1で表される繰り返し単位を65～90重量%、下記化学式2で表される繰り返し単位を10～35重量%含むことを特徴とする電磁鋼板積層体」が開示されている。

[0006] また、特許文献3では、「積層用電磁鋼板であって、電磁鋼板と、前記電磁鋼板の少なくとも片面に設けられ、マルテンズ硬さ(HM)が50以上、500未満である接着型絶縁被膜と、を備える積層用電磁鋼板」が開示されている。

[0007] また、特許文献4では、「エポキシ樹脂主成分と、少なくとも1つの硬化剤と、少なくとも1つの充填剤とを含む少なくとも1つの熱硬化性焼付けエナメル層がその平面の1つに設けられた電磁鋼帯または電磁鋼板であって、焼付けエナメル層の充填剤が、金属炭酸塩、金属硫酸塩、金属硫化物、金属ケイ酸塩、もしくは金属リン酸塩、またはこれらの複数からなる任意の混合物を含むことを特徴とする電磁鋼帯または電磁鋼板」が開示されている。

[0008] また、特許文献5では、「電磁鋼板の片面または両面に耐熱接着性絶縁被膜を有する絶縁被膜付き電磁鋼板であって、前記耐熱接着性絶縁被膜が、10質量%以上の、軟化点が $20\sim200^{\circ}\text{C}$ であるポリカーボネートウレタン樹脂と、前記ポリカーボネートウレタン樹脂100質量部に対して10～1000質量部のフェノール樹脂とを含有する、絶縁被膜付き電磁鋼板」が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0009] 特許文献1：国際公開第2004/070080号

特許文献2：日本国特表2023-508140号公報

特許文献3：国際公開第2016/017132号

特許文献4：日本国特表2018-518591号公報

特許文献5：日本国特開2017-179233号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0010] しかしながら、特許文献1～5を含め、従来の技術では、接着被膜の接着強度を上げると、電磁鋼板の磁気特性が低下する現象が生じる。すなわち、接着強度と磁気特性とは背反の関係にあり、両立させることは困難である。特に、常温から高温での、接着被膜付き電磁鋼板の接着強度の確保が要求される。

[0011] そのため、接着被膜付き電磁鋼板では、常温から高温での接着強度、及び磁気特性について、さらなる改善が望まれている。

[0012] 本開示の課題は、常温から高温での接着強度、及び磁気特性が共に優れた接着被膜付き電磁鋼板、及びそれを用いた積層コア、並びにこれらの製造方法を提供することである。

課題を解決するための手段

[0013] 課題を解決するための具体的手段には、以下の態様が含まれる。

<1>本開示の一態様に係る接着被膜付き電磁鋼板は、電磁鋼板と、前記電磁鋼板の片面又は両面の少なくとも一部に設けられた接着被膜であって、架橋性熱可塑性樹脂Aと、前記架橋性熱可塑性樹脂A以外の熱可塑性樹脂Bと、を含む接着被膜と、を有し、前記接着被膜における、剛体振り子試験により測定される対数減衰率曲線のピーク温度が130～150℃であり、200℃で1分間加熱を行った後の前記対数減衰率曲線の対数減衰率のピーク値P1と前記加熱前の前記対数減衰率曲線の対数減衰率のピーク値P2とのピーク比である $P1/P2$ が0.70～1.30である。

<2><1>に記載の接着被膜付き電磁鋼板では、前記P2が0.07～0

． 3 0 であってもよい。

< 3 > < 1 > 又は < 2 > に記載の接着被膜付き電磁鋼板では、前記接着被膜の前記加熱前の鉛筆硬度が 3 H ～ 4 H であってもよい。

< 4 > < 1 > ～ < 3 > のいずれか一項に記載の接着被膜付き電磁鋼板では、前記 P 1 が 0. 0 5 ～ 0. 2 5 であってもよい。

< 5 > < 1 > ～ < 4 > のいずれか一項に記載の接着被膜付き電磁鋼板では、前記接着被膜の前記加熱後の鉛筆硬度が 5 H ～ 6 H であってもよい。

< 6 > < 1 > ～ < 5 > のいずれか一項に記載の接着被膜付き電磁鋼板では、前記架橋性熱可塑性樹脂 A は、（メタ）アクリル系樹脂、及びポリエステル樹脂よりなる群から選択される 1 種以上の樹脂であってもよい。

< 7 > 本開示に別の態様に係る積層コアでは、< 1 > ～ < 6 > のいずれか一項に記載の接着被膜付き電磁鋼板が複数積層され、前記接着被膜の硬化膜により前記電磁鋼板が互いに接着されている。

< 8 > < 7 > に記載の積層コアでは、占積率が 9 6 ～ 9 8 % であってもよい。

< 9 > 本開示の別の態様に係る接着被膜付き電磁鋼板の製造方法は、電磁鋼板の片面又は両面の少なくとも一部に接着被膜形成用塗工液を塗工して塗装鋼板を得る塗工工程と、前記塗装鋼板を、1 0 0 ～ 2 0 0 ℃の乾燥温度まで 6. 0 ℃／秒以下の昇温速度で加熱し、前記乾燥温度～前記乾燥温度－1 0 ℃の温度域で 1 0 ～ 9 0 秒保持することで、乾燥させて、電磁鋼板の表面に接着被膜を形成する被膜形成工程と、を有する。

< 1 0 > < 9 > に記載の接着被膜付き電磁鋼板の製造方法は、前記塗工工程では、前記接着被膜形成用塗工液が、架橋性熱可塑性樹脂 A と、前記架橋性熱可塑性樹脂 A 以外の熱可塑性樹脂 B を含み、前記熱可塑性樹脂 B に対する前記架橋性熱可塑性樹脂 A の質量比が 9 7 ／ 3 ～ 7 0 ／ 3 0 であってもよい。

< 1 1 > 本開示の別の態様に係る積層コアの製造方法は、電磁鋼板の片面又は両面の少なくとも一部に接着被膜形成用塗工液を塗工して塗装鋼板を得る

塗工工程と、前記塗装鋼板を、 $100\sim 200^{\circ}\text{C}$ の乾燥温度まで $6.0^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以下の昇温速度で加熱し、前記乾燥温度～前記乾燥温度 -10°C の温度域で $10\sim 90$ 秒保持することで、乾燥させて、電磁鋼板の表面に接着被膜を形成して、接着被膜付き電磁鋼板を得る被膜形成工程と、前記接着被膜付き電磁鋼板を打ち抜いて打ち抜き部材を得る打ち抜き工程と、前記打ち抜き部材を、複数枚積層して積層体を得る積層工程と、前記積層体を、 $200\sim 300^{\circ}\text{C}$ の温度域の加圧温度に加熱し、前記加圧温度～前記加圧温度 -10°C の範囲で、 $0.5\sim 10\text{MPa}$ の加圧力をかけたまま $1\sim 60$ 分間保持する接着工程と、を有する。

発明の効果

- [0014] 本開示の上記態様によれば、常温から高温での接着強度、及び磁気特性が共に優れた接着被膜付き電磁鋼板、及びそれを用いた積層コア、並びにこれらの製造方法が提供される。

図面の簡単な説明

- [0015] [図1]本開示の接着被膜付き電磁鋼板の一例を示す模式図である。
[図2]本開示の積層コアの一例を表す模式図である。

発明を実施するための形態

- [0016] 以下、本開示について説明する。

以下に記載する要件の説明は、本開示の代表的な実施態様に基づいてなされることがあるが、本開示はそのような実施態様に限定されるものではなく、本開示の目的の範囲内において、適宜、変更を加えて実施することができる。

- [0017] 本開示において「～」を用いて示された数値範囲は、「～」の前後に記載される数値をそれぞれ下限値及び上限値として含む範囲を意味する。

本開示に段階的に記載されている数値範囲において、ある数値範囲で記載された上限値又は下限値は、他の段階的な記載の数値範囲の上限値又は下限値に置き換えてもよい。また、本開示に記載されている数値範囲において、ある数値範囲で記載された上限値又は下限値は、実施例に示されている値に

置き換えてもよい。

[0018] 本開示において、2以上の好ましい態様の組み合わせは、より好ましい態様である。

[0019] 本開示において、接着被膜形成用塗工液中の各成分の量は、接着被膜形成用塗工液中に各成分に該当する物質が複数存在する場合には、特に断らない限り、接着被膜形成用塗工液中に存在する上記複数の物質の合計量を意味する。

[0020] 本開示において、「質量%」と「重量%」とは同義であり、「質量部」と「重量部」とは同義である。

[0021] [接着被膜付き電磁鋼板]

本開示の接着被膜付き電磁鋼板は、電磁鋼板と、電磁鋼板の片面又は両面の少なくとも一部に設けられた接着被膜と、を有する（図1参照）。

接着被膜は、接着被膜形成用塗工液に由来する、架橋性熱可塑性樹脂Aと、前記架橋性熱可塑性樹脂A以外の熱可塑性樹脂Bと、を含む。

そして、接着被膜における、剛体振り子試験により測定される対数減衰率曲線のピーク温度が130～150℃であり、200℃で1分間加熱を行った後の対数減衰率曲線の対数減衰率のピーク値P1と加熱前の対数減衰率曲線の対数減衰率のピーク値P2とのピーク比（P1/P2）が0.70～1.30である。

ここで、図1中、10は接着被膜付き電磁鋼板、10Aは電磁鋼板、10B及び10Cは接着被膜を示す。

[0022] 本開示の接着被膜付き電磁鋼板は、上記構成により、常温（25℃）から高温（150℃）での接着強度、及び磁気特性が共に優れる（積層コアとしての磁気特性にも優れる）。

その理由は、次の通り推測される。自己架橋性基を有する架橋性熱可塑性樹脂Aを適用することで分子鎖の剛性を向上させ、常温から高温での接着強度に優れる。また、熱可塑性樹脂Bを適用し、かつ上記の対数減衰率範囲とすることで圧縮応力を緩和させ、磁気特性に優れる。

[0023] 以下、本開示の接着被膜付き電磁鋼板の詳細について説明する。

[0024] (電磁鋼板)

電磁鋼板は、接着被膜が形成される対象の鋼板であり、特に制限はない。

電磁鋼板は、無方向性電磁鋼板であってもよいし、方向性電磁鋼板であってもよい。

具体的には、電磁鋼板としては、例えば、J I S C 2 5 5 2 : 2 0 1 4 の無方向性電磁鋼板、J I S C 2 5 5 3 : 2 0 1 9 の方向性電磁鋼板、J I S C 2 5 5 8 : 2 0 2 1 の無方向性薄電磁鋼板又は方向性薄電磁鋼板を採用できる。

[0025] (接着被膜)

接着被膜は、電磁鋼板の片面又は両面の少なくとも一部に設けられる(図1参照)。つまり、接着被膜は、例えば、電磁鋼板の片面又は両面の全面に設けられていてもよいし、電磁鋼板の片面又は両面に、千鳥配列等の模様状に設けられていてもよい。

ただし、接着被膜は、電磁鋼板の片面の面積に対して(面積率で)、60%以上、80%以上又は100%で設けられていることがよい。

[0026] [対数減衰率曲線]

ー対数減衰率のピーク温度ー

接着被膜における、剛体振り子試験により測定される対数減衰率曲線のピーク温度は、130～150℃である。

対数減衰率曲線のピーク温度が130℃未満であると、接着強度が低下する。

対数減衰率曲線のピーク温度が150℃を超えであると、接着強度が過度に高く、接着被膜が硬くなり過ぎて、磁気特性が悪化する。

よって、対数減衰率のピーク温度は、上記範囲とする。対数減衰率のピーク温度は、130～145℃が好ましく、130～140℃がより好ましい。

ここで、対数減衰率曲線のピーク温度とは、温度と対数減衰率との関係を

示す対数減衰率曲線において、対数減衰率が最大値を示すときの温度を示す。

[0027] −ピーク比 ($P1/P2$) −

接着被膜における、 200°C で1分間、加熱した後の対数減衰率曲線の対数減衰率のピーク値 $P1$ と加熱前の対数減衰率曲線の対数減衰率のピーク値 $P2$ とのピーク比 ($P1/P2$) は、 $0.70 \sim 1.30$ である。

ピーク比 ($P1/P2$) が 0.70 未満であると、接着強度が過度に高く、接着被膜が硬くなり過ぎて、磁気特性が悪化する。

ピーク比 ($P1/P2$) が 1.30 超えであると、接着強度が低下する。

よって、ピーク比 ($P1/P2$) は、上記範囲とする。ピーク比 ($P1/P2$) は、 $0.80 \sim 1.20$ が好ましく、 $0.90 \sim 1.10$ がより好ましい。

ここで、対数減衰率曲線の対数減衰率のピーク値とは、温度と対数減衰率との関係を示す対数減衰率曲線における、対数減衰率の最大値を示す。

[0028] − $P1$ 、 $P2$ −

接着被膜は、加熱前の対数減衰率曲線の対数減衰率のピーク値 $P1$ が、 $0.07 \sim 0.30$ であることが好ましい。

$P1$ が 0.07 未満であると、熱圧着時に軟化できず接着強度が低下する。 0.30 超えであると、ブロッキング(コイル輸送時の自重での接着)が起りやすくなる。

また、接着被膜は、 200°C で1分間加熱した後の対数減衰率曲線の対数減衰率のピーク値 $P2$ が、 $0.05 \sim 0.25$ であることが好ましい。

$P2$ が 0.05 未満であると、接着被膜が硬くなり過ぎて、磁気特性が悪化する。 0.25 超えであると、接着強度が低下する。

[0029] 対数減衰率曲線のピーク温度、 $P1$ 、 $P2$ 及びピーク比 ($P1/P2$) は、架橋性熱可塑性樹脂 A 及び熱可塑性樹脂 B の、種類、及び量比により調整できる。

また、対数減衰率曲線のピーク温度及びピーク比 ($P1/P2$) は、後述

する架橋剤の種類、量、及び、被膜形成条件によっても調整できる。

[0030] 一対数減衰率の、ピーク温度及びピーク値の測定方法－

対数減衰率の、ピーク温度及びピーク値は、ISO 12013-2:2012に規定される剛体振り子試験に準じ、剛体振り子型物性試験器を用いて測定される。具体的には、次の通り測定される。

測定対象の接着被膜付き電磁鋼板から、大きさが20mm×60mmの試験片を採取する。

試験片を、剛体振り子型物性試験器の加熱冷却ブロック上に設置する。また、シリンダーエッジ（振り子）を試験片の接着被膜の面（測定面）上に乗せる。

そして、剛体振り子型物性試験器により、昇温温度：室温から300℃まで、昇温速度：10℃／分の条件で、加熱し、振り子の自由振動周期および振動振幅を測定する。ここで昇温速度が10℃／分の条件とは、温度を6.0秒に1回以上測定し、いずれの30秒間においても、昇温速度を求めたときに常に10℃／分であることを意味する。

次に、振り子の自由振動周期および振動振幅の解析により、測定温度毎の対数減衰率を求め、測定温度に対する対数減衰率をプロットし、対数減衰率曲線を求める。

その他、測定に用いる装置及び条件は以下の通りである。

試験機：エー・アンド・デイ製 剛体振り子型物性試験機RPT-3000W型

剛体振り子：FRB-100

エッジ：RBP-020

測定間隔：6.0秒

吸着時間：2.0秒

[0031] そして、対数減衰率曲線における、対数減衰率の最大値を求める。求めた対数減衰率の最大値を、加熱前の対数減衰率曲線のピーク値P2とする。

また、対数減衰率曲線における、対数減衰率の最大値を示す温度を対数減

衰率のピーク温度として求める。

測定は5回以上行い、ピーク値、ピーク温度はそれぞれの値の平均値とする。

[0032] 一方、加熱後の対数減衰率曲線の対数減衰率のピーク値P1の測定の場合は、以下の通りである。

測定対象の接着被膜付き電磁鋼板から、大きさ20mm×60mmの試験片を採取する。

試験片を、鋼板表面温度：200℃、加熱時間：1分の条件で加熱する。加熱後、試験片を室温（25℃）まで冷却する。

次に、P2の測定と同様にして、試験片に対して剛体振り子試験を実施し、対数減衰率曲線を求める。

そして、対数減衰率曲線における、対数減衰率の最大値を求める。求めた対数減衰率の最大値を、200℃で1分間、加熱した後の対数減衰率曲線の対数減衰率のピーク値P1とする。

[0033] [鉛筆硬度]

接着被膜は、鉛筆硬度が3H～4Hであることが好ましい。この範囲とすることで、熱圧着性と耐ブロッキング性を両立できる。

また、接着被膜は、200℃で1分間加熱を行った後の鉛筆硬度が5H～6Hであることが好ましい。この範囲とすることで、接着強度と磁気特性を両立できる。

[0034] 鉛筆硬度は、JISK 5600-5-4：1999に準拠する方法で測定する。

[0035] [接着被膜の平均厚み]

接着被膜の平均厚みは、1.0～6.0μmが好ましく、1.5～3.0μmがより好ましい。

接着被膜の平均厚みが上記範囲となるように薄膜化しても、本開示の接着被膜付き電磁鋼板は、接着強度及び磁気特性が共に優れる。

[0036] 接着被膜の平均厚みの測定方法は、次の通りである。

測定対象の接着被膜付き電磁鋼板を厚み方向に沿って切断し、切断面を観察面とする試験片を得る。

試験片の観察面を、走査型電子顕微鏡（SEM）により観察し、任意の3か所の接着被膜の厚みを測定する。そして、3か所の接着被膜の厚みを算術平均し、接着被膜の平均厚みを求める。

[0037] [接着被膜の成分]

接着被膜は、架橋性熱可塑性樹脂Aと、架橋性熱可塑性樹脂A以外の熱可塑性樹脂Bと、を含む。

つまり、接着被膜は、加熱及び加圧により、少なくとも架橋性熱可塑性樹脂Aの架橋が進行して、硬化し、接着能を発現する絶縁性の被膜である。

[0038] ー架橋性熱可塑性樹脂Aー

架橋性熱可塑性樹脂Aは、架橋性基を有する熱可塑性樹脂である。

架橋性熱可塑性樹脂Aは、耐熱性の確保という点で非水溶性樹脂であることがよい。ここで、非水溶性樹脂とは、水に溶解しないか、又は水への溶解性が低い樹脂である。具体的には、非水溶性樹脂とは、25℃の水の溶解度が、水100g当たり5g未満（例えば1g以下）の樹脂である。

接着被膜は、架橋性熱可塑性樹脂Aを1種のみ含んでいてもよく、2種以上含んでいてもよい。

[0039] 架橋性熱可塑性樹脂Aにおいて、架橋性基は、架橋剤の不存在下でも架橋し得る性質の架橋性基（つまり、互いの架橋性基が反応して架橋する自己架橋性基）であってもよいし、架橋剤と反応して架橋し得る性質の架橋性基であってもよい。架橋性基は、加熱により架橋性を発現し得る基がよい。

[0040] 架橋性基としては、具体的には、Nーメチロール基、Nーブチロール基、グリシジル基、アルコキシメチルアミド基、アルコキシシリル基、水酸基、フェノール性水酸基、カルボキシル基、チオール基、アミノ基等が挙げられる。

[0041] 架橋性熱可塑性樹脂Aは、ビニル系熱可塑性樹脂、及び非ビニル系熱可塑性樹脂のいずれであってもよい。

非ビニル系熱可塑性樹脂としては、ポリエステル樹脂、ポリウレタン樹脂、ポリアミド樹脂、フェノキシ樹脂等の非ビニル系樹脂が挙げられる。

ビニル系熱可塑性樹脂としては、スチレン系単量体（例えばスチレン、パラクロロスチレン、 α -メチルスチレン等）、（メタ）アクリル酸系単量体（例えば（メタ）アクリル酸、（メタ）アクリル酸アルキルエステル等）、オレフィン系単量体（例えばエチレン、プロピレン、ブタジエン等）等の単量体の単独重合体、又はこれら単量体を2種以上組み合わせた共重合体が挙げられる。

[0042] ここで、「スチレン系単量体」とは、スチレン骨格（ベンゼンが有する6つの水素原子のうち1つの水素原子がビニル基に置換した構造）を有する単量体を示す。

そして、「スチレン系樹脂」は、メスチレン系単量体に由来する構成単位の占める割合が全構成単位に対して50質量%以上である樹脂を示す。

また、「（メタ）アクリル酸系単量体」とは、（メタ）アクリロイル基を有する単量体を示す。

そして、「（メタ）アクリル酸系単量体」は、（メタ）アクリル酸系単量体に由来する構成単位の占める割合が全構成単位に対して50質量%以上である樹脂を示す。

「（メタ）アクリル」は「アクリル」及び「メタクリル」の両方を包含する用語である。

また、「オレフィン系単量体」とは、少なくとも3個の炭素原子からなり、炭素-炭素二重結合を有するオレフィン骨格を有する単量体を示す。

そして、「オレフィン系単量体」は、オレフィン系単量体に由来する構成単位の占める割合が全構成単位に対して50質量%以上である樹脂を示す。

[0043] これらの中でも、接着強度及び磁気特性の向上の観点から、架橋性熱可塑性樹脂Aとしては、（メタ）アクリル系樹脂、ポリエステル樹脂が好ましい。

[0044] ー架橋性熱可塑性樹脂Aの含有量ー

架橋性熱可塑性樹脂 A の含有量は、接着被膜に対して、70 質量%～97 質量%であることが好ましく、75 質量%～95 質量%であることがより好ましく、80 質量%～93 質量%であることが更に好ましい。

[0045] ー熱可塑性樹脂 B ー

熱可塑性樹脂 B は、架橋性熱可塑性樹脂 A 以外の熱可塑性樹脂である。

熱可塑性樹脂 B は、塗工性確保の点で水溶性樹脂であることがよい。ここで、水溶性樹脂とは、25℃の水への溶解度が水100g当たり5g以上の樹脂である。

接着被膜は、熱可塑性樹脂 B を1種のみ含んでいてもよく、2種以上含んでいてもよい。

[0046] 熱可塑性樹脂 B としては、ビニル系熱可塑性樹脂、及び非ビニル系熱可塑性樹脂のいずれであってもよい。

非ビニル系熱可塑性樹脂としては、架橋性熱可塑性樹脂 A で例示した非ビニル系樹脂等が挙げられる。

ビニル系熱可塑性樹脂としては、架橋性熱可塑性樹脂 A で例示したビニル系樹脂等が挙げられる。

これらの中でも、接着強度及び磁気特性の向上の観点から、熱可塑性樹脂 B としては、(メタ)アクリル系樹脂、ポリエステル樹脂が好ましい。

[0047] ここで、熱可塑性樹脂 B は、架橋性熱可塑性樹脂であってもよいし、非架橋熱可塑性樹脂であってもよいが、接着強度及び磁気特性の向上の観点から、非架橋熱可塑性樹脂がよい。

非架橋熱可塑性樹脂としては、架橋性熱可塑性樹脂 A で例示した架橋性基を持たないビニル系熱可塑性樹脂、及び非ビニル系熱可塑性樹脂が挙げられる。

[0048] ー熱可塑性樹脂 B の含有量ー

熱可塑性樹脂 B は、接着被膜に、架橋性熱可塑性樹脂 A に対して所定量含ませることが好ましい。具体的には、熱可塑性樹脂 B に対する架橋性熱可塑性樹脂 A の質量比 (架橋性熱可塑性樹脂 A の含有量/熱可塑性樹脂 B の含有

量] は、 $97/3 \sim 70/30$ ($A : B = 97 : 3 \sim 70 : 30$) が好ましく、 $95/5 \sim 85/15$ がより好ましく、 $95/5 \sim 90/10$ がさらに好ましい。

熱可塑性樹脂 B に対する架橋性熱可塑性樹脂 A の質量比が $97/3 \sim 70/30$ であると、接着強度及び磁気特性が共により優れる。

[0049] —その他の成分—

接着被膜は、その効果を損なわない範囲において、必要に応じて、既述した成分以外の成分（所謂、その他の成分）を含んでいてもよい。

[0050] 特に、接着被膜は、架橋剤を含んでもよい。架橋剤は、接着強度及び磁気特性の両方に影響があるため、特に好ましい成分である。

架橋剤としては、熱硬化性樹脂が挙げられ、具体的には、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、アミノ樹脂（メラミン樹脂、グアナミン樹脂等）等の高分子架橋剤が挙げられる。

架橋剤としては、イソシアネート化合物、ポリオール化合物、エポキシ化合物、フェノール化合物、アミノ化合物（メラミン化合物、グアナミン化合物等）等のモノマー又はオリゴマーからなる低分子架橋剤も挙げられる。

架橋剤の含有量は、接着被膜に対して $1 \sim 20$ 質量% が好ましく、 $1 \sim 10$ 質量% がより好ましい。

接着被膜は、架橋剤を 1 種のみ含んでいてもよく、2 種以上含んでいてもよい。

[0051] —成分分析—

接着被膜付き電磁鋼板や接着被膜付き電磁鋼板を積層して得られた積層コアにおける接着被膜は、赤外分光法や核磁気共鳴、ガスクロマトグラフィーにて含有成分を定性分析した上で、TOFMS によるフラグメントの重量分布を行うことで、成分比率を推定できる。

接着被膜付き電磁鋼板の分析用サンプルは、被膜部分を精密カッターで切り出すことで採取可能である。また、積層コアとなっている場合には、積層コアから電磁鋼板を数枚剥離させてから、上記手法にて採取する。

[0052] (接着被膜付き電磁鋼板の製造方法)

本開示の接着被膜付き電磁鋼板は、製造方法に関わらず、上記の特徴を有していれば、その効果が発揮されるが、例えば、以下の工程を含む製造方法によって得られる。

(I) 電磁鋼板の片面又は両面の少なくとも一部に接着被膜形成用塗工液を塗工して塗装鋼板を得る塗工工程と、

(II) 前記塗装鋼板を、 $100 \sim 200^{\circ}\text{C}$ の乾燥温度まで $6.0^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以下の昇温速度で加熱し、前記乾燥温度～前記乾燥温度 -10°C の温度域で $10 \sim 90$ 秒保持することで、乾燥させて、電磁鋼板の表面に接着被膜を形成する被膜形成工程。

それぞれの工程について説明する。

[0053] 一塗工工程一

塗工工程では、電磁鋼板の片面又は両面の少なくとも一部に接着被膜形成用塗工液（以下「本開示の塗工液」とも称する）を塗工して塗装鋼板を得る。

[0054] 本開示の塗工液は、例えば、架橋性熱可塑性樹脂Aの粒子（以下「架橋性熱可塑性樹脂粒子A」とも称する）と、熱可塑性樹脂Bと、水を含む媒体とを含む。

本開示の塗工液において、架橋性熱可塑性樹脂粒子Aは、水を含む媒体中に分散した状態で存在している。また、熱可塑性樹脂Bは、水を含む媒体中に溶解した状態で存在している。

この塗工液を塗工した後に乾燥させることで、架橋性熱可塑性樹脂Aと熱可塑性樹脂Bとを含む接着被膜が得られる。

本開示の塗工液では、熱可塑性樹脂Bに対する架橋性熱可塑性樹脂Aの質量比が $97/3 \sim 70/30$ であることが好ましい。このように配合することで、形成される接着被膜においても、熱可塑性樹脂Bに対する架橋性熱可塑性樹脂Aの質量比が $97/3 \sim 70/30$ となる。

[0055] ここで、水の種類は、特に限定されない。

水としては、例えば、不純物が少ないという観点から、蒸留水、脱イオン水（「イオン交換水」ともいう。）、及び純水が好ましい。

水の含有量は、塗工液の全質量に対して、35質量%～50質量%であることが好ましく、40質量%～45質量%であることがより好ましい。

[0056] 本開示の塗工液は、その効果を損なわない範囲において、必要に応じて、既述した成分以外の成分（所謂、その他の成分）を含んでいてもよい。

[0057] その他の成分としては、例えば、水以外の水性媒体が挙げられる。

水以外の水性媒体としては、例えば、水混和性の有機溶剤が挙げられる。

水混和性の有機溶剤としては、例えば、メタノール、エタノール等の一価アルコール化合物；グリセリン、エチレングリコール、プロピレングリコール等の多価アルコール化合物；エチレングリコールモノエチルエーテル、プロピレングリコールモノブチルエーテル等のグリコール誘導体；などの有機溶剤が挙げられる。

また、その他の成分としては、例えば、連鎖防腐剤、濡れ剤、消泡剤等の各種添加剤が挙げられる。

[0058] 本開示の塗工液は、例えば、架橋性熱可塑性樹脂粒子Aの分散液と熱可塑性樹脂Bの水溶液とを混合することにより得られる。

混合方法としては、例えば、攪拌により混合する方法が挙げられる。

攪拌には、一般的な攪拌器具又は攪拌装置を使用できる。

攪拌温度は、特に限定されないが、例えば、20℃～30℃であることが好ましい。

[0059] 本開示の塗工液による接着被膜の形成は、ロールコーター方式、スプレー方式等の周知の塗工方法により、塗工液を電磁鋼板の表面に塗工した後、塗工膜を乾燥する方法が挙げられる。

塗工液の固形分濃度は5～40質量%が好ましく、10～25質量%がより好ましい。

[0060] 一被膜形成工程一

被膜形成工程では、塗工液が塗工された電磁鋼板（塗装鋼板）を、100

～200℃の乾燥温度(材料の最高到達温度)まで6.0℃/秒以下の昇温速度で加熱し、乾燥温度～(乾燥温度－10℃)の温度域で10～90秒保持することで、乾燥させて、電磁鋼板の表面に接着被膜を形成する。

乾燥時間(材料温度が乾燥温度－10℃～乾燥温度までの温度に保持される時間)は30～90秒とするのが好ましい。昇温速度は50℃から乾燥温度になるまでの時間から計算する平均昇温速度である。

乾燥温度が200℃を超えると、樹脂が酸化することが懸念される。乾燥温度が100℃未満、または乾燥時間が10秒未満であると、十分に乾燥しない。

乾燥時間が90秒超であると、生産性の面で劣位となる。

また、昇温速度が6.0℃/秒超であると、好適に製膜せず接着強度不足となる。一般には、昇温速度を遅くすると、炉長を長くしたり、ラインスピードを下げたりする必要性が生じ、設備制約や生産性の点で好ましくないと考えられている。しかしながら、本実施形態に係る接着被膜付き電磁鋼板の製造方法においては、昇温速度を遅くすることで上記の効果が得られるとの新たな知見に基づいて、あえて昇温速度を遅くしている。

乾燥方式は、複写方式の加熱炉を利用した方式が好ましいが、熱風炉方式、その他の方式であってもよい。

[0061] (積層コア)

本開示の積層コアは、本開示の接着被膜付き電磁鋼板が複数積層され、接着被膜の硬化膜により電磁鋼板が互いに接着されている。

ここで、接着被膜の硬化膜とは、接着被膜中の架橋性熱可塑性樹脂Aの架橋が進行して、硬化し、接着能を発現した膜である。

[0062] 具体的には、本開示の積層コアとしては、例えば、本開示の接着被膜付き電磁鋼板を打ち抜いて、打ち抜き部材を作製し、打ち抜き部材を積層して加熱、加圧によって一体化して得られた積層コアが挙げられる。

本開示の積層コアは、占積率が96～98%であることが好ましい。

本開示の接着被膜付き電磁鋼板を用いて製造した場合、接着層を薄くして

も高い接着強度が得られるので、上記範囲の占積率とすることができる。

[0063] 図2は、本開示の積層コアの一例を表す模式図である。図2に示すように、積層コア100は、8枚の接着被膜付き電磁鋼板の打ち抜き部材11を円環状に連結し、円環状に連結した打ち抜き部材11を8層に積層して一体化した積層体13として形成されている。

接着被膜付き電磁鋼板の打ち抜き部材11は、接着被膜付き電磁鋼板に打ち抜き加工が施され、円弧上のヨーク部17と、ヨーク部17の内周面から径方向内側に向かって突出しているティース部15とを備えている。

積層コア100は、図2に示す積層コア100を形成する打ち抜き部材11の形状、個数、積層数などに限らず、目的に応じて設計すればよい。

[0064] 本開示の積層コアは、例えば、以下の工程を含む製造方法によって製造する。

(I I I) 本開示の接着被膜付き電磁鋼板を打ち抜いて打ち抜き部材を得る打ち抜き工程と、

(I V) 前記打ち抜き部材を、複数枚積層して積層体を得る積層工程と、

(V) 前記積層体を、200～300℃の温度域の加圧温度に加熱し、前記加圧温度～前記加圧温度－10℃の範囲で、0.5～10MPaの加圧力をかけたまま1～60分間保持する接着工程。

それぞれの工程について説明する。

[0065] 一打ち抜き工程一

打ち抜き工程では、接着被膜付き電磁鋼板を打ち抜いて所定の形状を有する部材（打ち抜き部材）を得る。打ち抜き方法については限定されない。

[0066] 一積層工程一

積層工程では、打ち抜き部材を、互いの電磁鋼板の間に接着被膜を介在させて積層する。これにより積層体を得る。

[0067] 一接着工程一

接着工程では、積層体を、200～300℃の温度域の加圧温度（材料の最高到達温度）に加熱し、前記加圧温度～前記加圧温度－10℃の範囲で、0.

5～10 MPaの加圧力をかけたまま1～60分間保持する。これにより、接着被膜中の架橋性熱可塑性樹脂Aの架橋を進行させ、接着被膜を硬化する。その結果、接着被膜の硬化膜が接着能を発現し、接着被膜の硬化膜により電磁鋼板が互いに接着され、積層コアが得られる。

接着被膜付き電磁鋼板は、互いの電磁鋼板の接着被膜の硬化膜が対面して電磁鋼板が互いに接着されていてもよいし、一方の電磁鋼板の接着被膜の硬化膜と他方の電磁鋼板の接着被膜非形成面とが対面して電磁鋼板が互いに接着されていてもよい。

加圧温度が、200℃未満では硬化が不十分となり、300℃超では樹脂が酸化する。

加圧力が、0.5 MPa未満では未接着部ができやすく、10 MPa超では鋼板に歪みがかかる。

保持時間(材料温度が加圧温度-10℃～加圧温度に保持される時間)が1分未満では硬化不十分となり、60分超では生産性劣位となる。積層された枚数が多い場合などは、均一に加熱されるよう、保持時間は、好ましくは5分以上、より好ましくは30分以上である。

[0068] (積層コアの用途)

本開示の積層コアは、回転電機等に使用されるコア(つまり鉄心)に利用できる。

実施例

[0069] 以下、本開示の塗工液を実施例により更に具体的に説明する。本開示はその主旨を越えない限り、以下の実施例に限定されるものではない。

[0070] [実施例1～8、比較例1～9]

1. 塗工液の製造

表1に示す種類及び量(部数(質量部数))の、架橋性熱可塑性樹脂Aの粒子の水分散液、熱可塑性樹脂Bの水溶液、及び架橋剤を、混合し、固形分濃度が40質量%の塗工液を調製した。

ただし、塗工液における、架橋性熱可塑性樹脂A、熱可塑性樹脂B、及び

架橋剤の量（部数）は、表 1 の通りとした。

また、「固形分濃度」とは、塗工液に占める、架橋性熱可塑性樹脂 A、熱可塑性樹脂 B の水溶液、及び架橋剤の合計の質量割合を示す。

[0071] 実施例 5 ～ 7、比較例 2、10 では、架橋性熱可塑性樹脂 A、熱可塑性樹脂 B、及び架橋剤を含む塗工液を得た。

実施例 1 ～ 4、8、比較例 3 ～ 4、9 は、架橋剤を含まない塗工液を得た。

比較例 1 では、熱可塑性樹脂 B を含まない塗工液を得た。

比較例 5 では、架橋性熱可塑性樹脂 A、及び架橋剤を含まない塗工液を得た。

比較例 6 では、熱可塑性樹脂 B、及び架橋剤を含まない塗工液を得た。

比較例 7、8 では、架橋性熱可塑性樹脂 A を含まない塗工液を得た。

[0072] 表 1 に記載の使用材料の詳細は、以下に示す通りである。

＜架橋性熱可塑性樹脂 A＞

架橋性アクリル樹脂（1）：架橋性基＝N－メチロール基 重量平均分子量：18万

架橋性アクリル樹脂（2）：架橋性基＝グリシジル基 重量平均分子量：15万

架橋性アクリル樹脂（3）：架橋性基＝カルボキシル基 重量平均分子量：30万

架橋性アクリル樹脂（4）：架橋性基＝アミノ基 重量平均分子量：8万

架橋性ポリエステル（5）：架橋性基＝水酸基 重量平均分子量：3万

架橋性ポリエステル（6）：架橋性基＝カルボキシル基 重量平均分子量：12万

[0073] ＜熱可塑性樹脂 B＞

アクリル樹脂 重量平均分子量：5万

ポリエステル樹脂	重量平均分子量：16万
ポリウレタン樹脂	重量平均分子量：2万
フェノキシ樹脂	重量平均分子量：10万

[0074] <架橋剤>

エポキシ樹脂：ビスフェノールA型、重量平均分子量：1000～4000

フェノール樹脂：ノボラック型、重量平均分子量：3000～5000

アミノ樹脂：メチル化ベンゾグアナミン、重量平均分子量：5000～8000

[0075] 表1中、架橋性熱可塑性樹脂A、熱可塑性樹脂B及び架橋剤の欄に記載の数値の単位は質量部を示し、架橋性熱可塑性樹脂A、熱可塑性樹脂B及び架橋剤の欄に記載の空欄部は、その欄に該当する材料を使用していないことを示す。

[0076]

[表1]

	実施例										比較例									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
架橋性熱可塑性樹脂A	架橋性アクリル樹脂(1)	80					70									100				
	架橋性アクリル樹脂(2)		90					97	50	40									10	
	架橋性アクリル樹脂(3)			70						5	10									
	架橋性アクリル樹脂(4)				70								45							
	架橋性ポリエステル樹脂(5)					70														90
	架橋性ポリエステル樹脂(6)						70													
架橋性熱可塑性樹脂B	アクリル樹脂	20		30				3		25	90						20	30	90	10
	ポリエステル				20	20								100						
	ポリウレタン				30								5							
	フェノキシ樹脂		10				25						55							
架橋剤	エポキシ樹脂				10	10			40								75	70		30
	フェノール樹脂								10								5			
	アミノ樹脂						5			55										
A:Bの質量比		80:20	90:10	70:30	70:30	70:20	70:25	97:3	-	45:25	10:90	45:55	-	-	-	-	-	-	10:90	90:10
乾燥温度	℃	170	150	170	170	140	150	170	150	150	170	170	150	170	150	170	150	160	150	230
乾燥時間	秒	90	60	90	90	60	60	90	60	60	90	90	90	90	60	90	75	90	60	60
昇温速度	℃/秒	3.0	5.0	4.5	3.5	5.0	5.0	3.0	5.0	5.0	3.0	4.0	5.0	4.0	5.0	3.5	4.5	5.0	5.5	10.0
接着被膜の膜厚	[μm]	2.0	1.5	2.2	1.8	2.5	3.1	1.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	8.0	8.0	2.0	2.0

[0077] 2. 接着被膜付き電磁鋼板の作製

質量%で、Si : 3.0%、Mn : 0.2%、Al : 0.5%、残部がF

e 及び不純物からなる厚さ：0.25 mm、幅：100 mmの無方向性電磁鋼板を準備した。

次に、1. で得られた塗工液を、電磁鋼板の片面全面に塗工した後、表1に示す乾燥温度及び乾燥時間、昇温速度で加熱して乾燥させ、表1に示す厚みの接着被膜を形成した。

このようにして、接着被膜付き電磁鋼板を得た。

[0078] [評価]

(対数減衰率曲線)

各例の接着被膜付き電磁鋼板における、接着被膜の、剛体振り子試験により測定される対数減衰率曲線のピーク温度、200℃で1分間、加熱した後の対数減衰率曲線の対数減衰率のピーク値P1と加熱前の前記対数減衰率曲線のピーク値P2と、P1とP2とのピーク比(P1/P2)を、各々、既述の方法に従って測定した。

[0079] (鉛筆硬度)

各例の接着被膜付き電磁鋼板における、接着被膜の、200℃で1分間、加熱した後の鉛筆硬度、加熱前の鉛筆硬度、JIS K 5600-5-4:1999に準拠する方法で測定した。

[0080] (接着強度)

各例の接着被膜付き電磁鋼板から、30 mm×60 mmサイズの単板試験片を2枚切出した。2枚の単板試験片における30 mm×10 mm分の端部を、互いの接着被膜を対面させて重ね合わせて積層体とした。積層体を、加圧温度：250℃、圧力：2 MPa、保持（加熱加圧）時間：1分の条件で、加熱加圧し、接着強度測定用積層体サンプルを得た。

[0081] 鋼板温度が常温（25℃）の状態、次の通り、剪断接着強度を測定した。接着強度測定用サンプルを、引張試験機に取り付け、引張速度：50 mm/分で、剪断接着強度を測定した。

そして、得られた剪断接着強度の値を、2枚の単板試験片の接着面積で除した値を常温接着強度として求めた。

接着強度が、6.0 MPa 以上であれば、十分な接着強度を有すると判断した。

[0082] また、別途、各例の接着被膜付き電磁鋼板から、30 mm×60 mmサイズの単板試験片を2枚切出し、30 mm×10 mm分の端部を、互いの接着被膜を対面させて重ね合わせて得られた積層体サンプルを、150℃の雰囲気中に設置し、鋼板温度が150℃の状態、常温の場合と同じ条件で、剪断接着強度を測定した。

そして、得られた剪断接着強度の値を、2枚の単板試験片の接着面積で除した値を150℃接着強度として求めた。

接着強度が、2.0 MPa 以上であれば、十分な接着強度を有すると判断した。

[0083] (磁気特性)

各例の接着被膜付き電磁鋼板から、55 mm×55 mmサイズの単板試験片を切り出した。そして、2枚の単板試験片を、互いの接着被膜を対面させて重ね合わせた。重ね合わせ体を、加圧温度：250℃、圧力：2 MPa、保持（加熱加圧）時間：1分の条件で、加熱加圧し、積層体サンプルを得た。

得られた積層体サンプルにおける圧延方向と圧延直角方向の鉄損を、JIS 2556：2015で定めた単板磁気測定法で測定し、圧延方向と圧延直角方向の鉄損W10/400の平均値を求めた。

鉄損が10.9 W/Kg 以下であれば、磁気特性に優れると判断した。

[0084] (外観)

各例の接着被膜付き電磁鋼板から、5 mm角の試験片を3つ切出し、試験片を得た。

各試験片の接着被膜表面を、走査型電子顕微鏡で倍率100倍にて3か所観察した。観察は、合計9視野である。

そして、下記評価基準で評価し、A及びBを合格とした。

A : 亀裂やヒビワレ、剥離等の被膜欠陥が全く見られなかった

- B : 被膜欠陥のある面積率が 10 % 以下
- C : 被膜欠陥の面積率が 10 % 超え 30 % 未満
- D : 被膜欠陥の面積率が 30 % 以上

[0085]

[表2]

No.	接着被膜					接着被膜付き 電磁鋼板	積層体				
	対数減衰率曲線			鉛筆硬度			外観	接着強度 [MPa]		磁気特性 鉄損[W/kg]	
	P1	P2	P1/P2	ピーク温度[℃]	加熱前			常温	150℃		
					加熱後						
実施例1	0.20	0.20	1.00	142	4H	5H	B	10.0	3.5	10.5	
実施例2	0.18	0.20	0.90	132	3H	5H	A	9.7	3.0	10.2	
実施例3	0.20	0.17	1.18	135	4H	5H	B	12.1	4.4	10.9	
実施例4	0.15	0.14	1.07	133	4H	5H	B	11.8	4.3	10.7	
実施例5	0.10	0.12	0.83	145	4H	6H	B	12.3	4.5	10.8	
実施例6	0.12	0.10	1.20	131	3H	5H	B	10.3	3.5	9.9	
実施例7	0.07	0.10	0.70	147	4H	6H	B	12.4	3.1	10.6	
実施例8	0.23	0.18	1.28	133	3H	5H	B	9.8	2.0	10.9	
比較例1	0.02	0.03	0.60	112	5H	5H	B	4.5	1.4	10.2	
比較例2	0.02	0.04	0.50	169	5H	7H	B	15.3	5.8	12.6	
比較例3	0.73	0.50	1.46	124	2H	4H	C	5.4	1.4	10.4	
比較例4	0.19	0.12	1.58	162	4H	6H	C	13.5	4.2	13.1	
比較例5	0.62	0.48	1.29	110	3H	3H	C	4.2	0.3	10.3	
比較例6	0.12	0.21	0.57	138	3H	5H	D	10.3	3.3	12.9	
比較例7	0.05	0.11	0.45	172	5H	7H	B	14.5	4.6	13.3	
比較例8	0.04	0.05	0.80	175	5H	7H	C	13.1	5.6	11.2	
比較例9	0.31	0.21	1.48	131	3H	4H	B	6.5	1.3	10.3	
比較例10	0.03	0.03	1.00	160	5H	5H	B	3.1	0.8	10.1	

[0086] 上記結果から、本実施例では、比較例に比べ、外観、常温から高温での接着強度、及び磁気特性が共に優れることがわかる。

産業上の利用可能性

[0087] 本開示によれば、常温から高温での接着強度、及び磁気特性が共に優れた接着被膜付き電磁鋼板、及びそれを用いた積層コア、並びにこれらの製造方法が提供される。そのため産業上の利用可能性が高い。

符号の説明

- [0088] 1 0 接着被膜付き電磁鋼板
- 1 0 A 電磁鋼板
- 1 0 B 接着被膜
- 1 0 C 接着被膜
- 1 1 接着被膜付き電磁鋼板の打ち抜き部材
- 1 0 0 積層コア

請求の範囲

- [請求項1] 電磁鋼板と、
前記電磁鋼板の片面又は両面の少なくとも一部に設けられた接着被膜であって、架橋性熱可塑性樹脂 A と、前記架橋性熱可塑性樹脂 A 以外の熱可塑性樹脂 B と、を含む接着被膜と、
を有し、
前記接着被膜における、剛体振り子試験により測定される対数減衰率曲線のピーク温度が $130 \sim 150^{\circ}\text{C}$ であり、 200°C で 1 分間加熱を行った後の前記対数減衰率曲線の対数減衰率のピーク値 P 1 と前記加熱前の前記対数減衰率曲線の対数減衰率のピーク値 P 2 とのピーク比である $P1/P2$ が $0.70 \sim 1.30$ である、接着被膜付き電磁鋼板。
- [請求項2] 前記 P 2 が $0.07 \sim 0.30$ である、
請求項 1 に記載の接着被膜付き電磁鋼板。
- [請求項3] 前記接着被膜の前記加熱前の鉛筆硬度が $3\text{H} \sim 4\text{H}$ である、
請求項 1 に記載の接着被膜付き電磁鋼板。
- [請求項4] 前記 P 1 が $0.05 \sim 0.25$ である、請求項 1 に記載の接着被膜付き電磁鋼板。
- [請求項5] 前記接着被膜の前記加熱後の鉛筆硬度が $5\text{H} \sim 6\text{H}$ である、
請求項 1 に記載の接着被膜付き電磁鋼板。
- [請求項6] 前記架橋性熱可塑性樹脂 A は、(メタ)アクリル系樹脂、及びポリエステル樹脂よりなる群から選択される 1 種以上の樹脂である、
請求項 1 に記載の接着被膜付き電磁鋼板。
- [請求項7] 請求項 1 ～請求項 6 のいずれか一項に記載された接着被膜付き電磁鋼板が複数積層され、前記接着被膜の硬化膜により前記電磁鋼板が互いに接着されている積層コア。
- [請求項8] 占積率が $96 \sim 98\%$ である、
請求項 7 に記載の積層コア。

- [請求項9] 電磁鋼板の片面又は両面の少なくとも一部に接着被膜形成用塗工液を塗工して塗装鋼板を得る塗工工程と、
前記塗装鋼板を、 $100\sim 200^{\circ}\text{C}$ の乾燥温度まで $6.0^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以下の昇温速度で加熱し、前記乾燥温度～前記乾燥温度－ 10°C の温度域で $10\sim 90$ 秒保持することで、乾燥させて、電磁鋼板の表面に接着被膜を形成する被膜形成工程と、
を有する、
接着被膜付き電磁鋼板の製造方法。
- [請求項10] 前記塗工工程では、前記接着被膜形成用塗工液が、架橋性熱可塑性樹脂Aと、前記架橋性熱可塑性樹脂A以外の熱可塑性樹脂Bを含み、前記熱可塑性樹脂Bに対する前記架橋性熱可塑性樹脂Aの質量比が $97/3\sim 70/30$ である、
請求項9に記載の接着被膜付き電磁鋼板の製造方法。
- [請求項11] 電磁鋼板の片面又は両面の少なくとも一部に接着被膜形成用塗工液を塗工して塗装鋼板を得る塗工工程と、
前記塗装鋼板を、 $100\sim 200^{\circ}\text{C}$ の乾燥温度まで $6.0^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以下の昇温速度で加熱し、前記乾燥温度～前記乾燥温度－ 10°C の温度域で $10\sim 90$ 秒保持することで、乾燥させて、電磁鋼板の表面に接着被膜を形成して、接着被膜付き電磁鋼板を得る被膜形成工程と、
前記接着被膜付き電磁鋼板を打ち抜いて打ち抜き部材を得る打ち抜き工程と、
前記打ち抜き部材を、複数枚積層して積層体を得る積層工程と、
前記積層体を、 $200\sim 300^{\circ}\text{C}$ の温度域の加圧温度に加熱し、前記加圧温度～前記加圧温度－ 10°C の範囲で、 $0.5\sim 10\text{MPa}$ の加圧力をかけたまま $1\sim 60$ 分間保持する接着工程と、
を有する、
積層コアの製造方法。