

(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
2015 年 10 月 22 日(22.10.2015)



(10) 国際公開番号

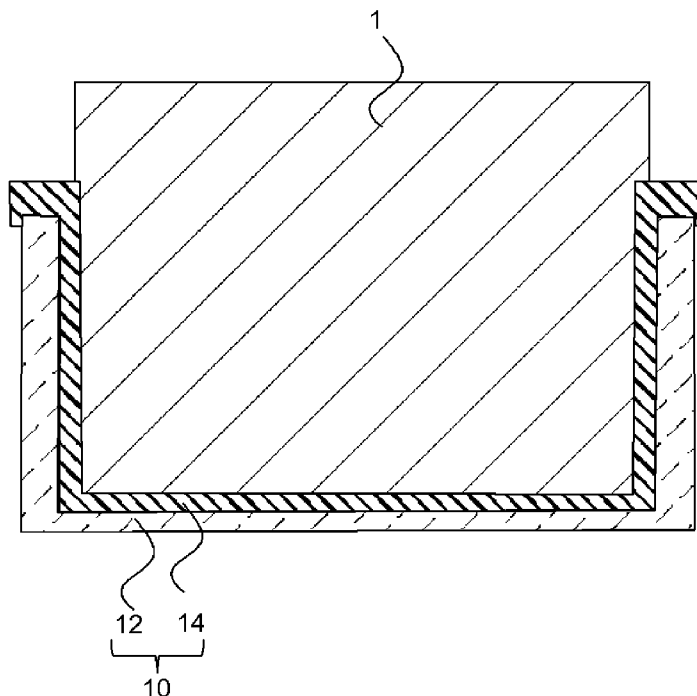
WO 2015/159644 A1

- (51) 国際特許分類:
H02M 1/00 (2007.01) H02M 7/04 (2006.01)
B32B 15/08 (2006.01) H05K 5/02 (2006.01)
C08L 61/10 (2006.01) H02M 7/48 (2007.01)
H02M 3/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/058275
- (22) 国際出願日: 2015 年 3 月 19 日(19.03.2015)
- (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 2014-084337 2014 年 4 月 16 日(16.04.2014) JP
- (71) 出願人: 住友ベークライト株式会社(SUMITOMO BAKELITE CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1400002 東京都品川区東品川 2 丁目 5 番 8 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 岡坂 周(OKASAKA Shu); 〒1400002 東京都品川区東品川 2 丁目 5 番 8 号 住友ベークライト株式会社内 Tokyo (JP). 瀧花 吉広(TAKIHANA Yoshihiro); 〒1400002 東京都品川区東品川 2 丁目 5 番 8 号 住友ベークライト株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 速水 進治(HAYAMI Shinji); 〒1410031 東京都品川区西五反田 7 丁目 9 番 2 号 五反田 T G ビル 9 階 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, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, 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, 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).

[続葉有]

(54) Title: CHASSIS OF POWER CONVERSION DEVICE, THERMOSETTING RESIN COMPOSITION AND POWER CONVERSION DEVICE

(54) 発明の名称: 電力変換装置の筐体、熱硬化性樹脂組成物および電力変換装置



(57) Abstract: The provided chassis of a power conversion device is light-weight and has excellent reliability. This chassis of a power conversion device is configured from a resin-metal composite body formed by adhering a metal component and a resin component formed from a thermosetting resin, wherein the inner wall surface is configured from the aforementioned resin member.

(57) 要約: 軽量であり、かつ、信頼性に優れた電力変換装置の筐体を提供する。電力変換装置の筐体は、熱硬化性樹脂により構成される樹脂部材と金属部材とを密着してなる樹脂金属複合体により構成され、かつ内壁面が前記樹脂部材により構成されている。

WO 2015/159644 A1

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：

電力変換装置の筐体、熱硬化性樹脂組成物および電力変換装置

技術分野

[0001] 本発明は、電力変換装置の筐体、熱硬化性樹脂組成物および電力変換装置に関する。

背景技術

[0002] インバータやコンバータ等の電力変換装置の筐体の多くは、金属部材で構成されたものであった。金属部材により構成された電力変換装置の筐体として、たとえば、以下のものがある。

[0003] 特許文献1には、パワーモジュールを収納する金属製の筐体であって、導電部材が筐体における特定の位置に接続されていることを特徴とする電力変換装置の筐体が記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2013-74752号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかし、特許文献1に記載されている金属製の筐体は、高電圧な電力変換装置を収容するものであるが故、縁面距離（空間）を設けて絶縁性を確保する必要があった。このため、金属製の電力変換装置の筐体である場合、大型な部材となってしまう、軽量化しにくい等の不都合があった。

[0006] そこで、本発明者らは、従来の筐体と比べて軽量であり、かつ小型な電力変換装置の筐体を実現すべく鋭意研究を重ねた結果、当該筐体の内壁面を樹脂部材で作製することが、こうした設計指針として有効であることを見出した。ただし、金属製の筐体の内壁面に、樹脂部材を重ね合わせて作製した電力変換装置の筐体とした場合、繰り返し使用することにより、機械的強度が

徐々に低下してしまうという問題が生じることも明らかとなった。つまり、内壁面を樹脂部材で作製する電力変換装置の筐体については、繰り返し使用を想定した際の信頼性という点で、改良する必要があった。

[0007] 本発明は上記事情に鑑みてなされたものであり、軽量であり、かつ、信頼性に優れた電力変換装置の筐体を提供するものである。

課題を解決するための手段

[0008] 本発明によれば、熱硬化性樹脂により構成される樹脂部材と金属部材とを密着してなる樹脂金属複合体により構成され、かつ内壁面が前記樹脂部材により構成されている電力変換装置の筐体を提供される。

[0009] さらに、本発明によれば、樹脂部材と金属部材を接合してなる樹脂金属複合体により構成され、かつ内壁面が前記樹脂部材により構成されている電力変換装置の筐体の、前記樹脂部材を形成するために用いられる樹脂組成物であって、
熱硬化性樹脂を含む熱硬化性樹脂組成物が提供される。

[0010] さらに、本発明によれば、上記電力変換装置の筐体を備える電力変換装置が提供される。

発明の効果

[0011] 本発明によれば、軽量であり、かつ、信頼性に優れた電力変換装置の筐体を提供できる。また同時に、本発明に係る電力変換装置の筐体は、一括成形が可能であるため工数削減等の効果が期待できる。

図面の簡単な説明

[0012] 上述した目的、およびその他の目的、特徴および利点は、以下に述べる好適な実施の形態、およびそれに付随する以下の図面によってさらに明らかになる。

[0013] [図1]本実施形態に係る電力変換装置の筐体について説明するための模式図である。

[図2]100万回曲げ疲労耐性の評価方法について説明するための模式図である。

[図3]本実施形態に係る樹脂金属複合体について説明するための図である。

[図4]本実施形態に係る金属部材表面の粗化層を構成する凹部の断面形状の例を説明するための模式図である。

発明を実施するための形態

[0014] 以下、本発明の実施の形態について、図面を用いて説明する。尚、すべての図面において、同様な構成要素には同様の符号を付し、適宜説明を省略する。

[0015] <<電力変換装置の筐体>>

図1は、本実施形態に係る電力変換装置の筐体について説明するための模式図である。

図1に示すように、本実施形態に係る電力変換装置の筐体10は、熱硬化性樹脂により構成される樹脂部材14と金属部材12とを密着してなる樹脂金属複合体により、かつ内壁面が樹脂部材14により構成されている。こうすることで、軽量であり、かつ、信頼性に優れた電力変換装置の筐体10を実現することができる。

[0016] 本実施形態に係る筐体10は、上述したように、熱硬化性樹脂により構成される樹脂部材14と金属部材12とが密着してなる樹脂金属複合体により構成されている。すなわち、本実施形態に係る筐体10は、樹脂部材14と金属部材12との接合界面が強固に結合された部材（樹脂金属複合体）により形成されていることを特徴としたものである。なお、別々に作製した金属部材に対して樹脂部材を組み付け等により単にはめ込んでなるものは、本実施形態にかかる樹脂金属複合体には含まれない。このように、別々に作製した金属部材に対して樹脂部材を単にはめ込んでなるものを電力変換装置の筐体とした場合、使用時に、金属部材と樹脂部材との間には、応力がかかることになる。そして、上記単にはめ込んでなる筐体を繰り返し使用した場合、この応力が蓄積され、当該筐体の機械的強度は徐々に低下してしまっているものと考えられる。

[0017] ここで、本実施形態に係る樹脂金属複合体は、樹脂部材14と金属部材1

２とが密着してなるものであれば、特に限定されないが、樹脂部材１４と金属部材１２とが接着剤を介在することなく接合されているものが好ましく、樹脂部材１４と金属部材１２とが一体的に成形されたものであればより好ましい。樹脂部材１４と金属部材１２とは、接着剤を介在しなくても優れた接合強度を有する。そのため、樹脂金属複合体の製造工程を簡略化することができる。すなわち、本実施形態に係る樹脂金属複合体は、樹脂部材１４と金属部材１２とがアンカー効果等により物理的に接合しているものであることが好ましい。

[0018] また、本実施形態の筐体１０は、その内壁面を樹脂部材１４で構成しているため、金属部材のみで形成した従来の筐体と異なり、縁面距離（空間）を確保しなくても絶縁性を確保することができる。これにより、本実施形態の筐体１０は、金属部材のみで形成した筐体に対して小型化したものとしてすることができる。くわえて、本実施形態によれば、筐体１０の内壁面を樹脂部材１４で構成しているため、金属部材のみで形成した筐体と比べて軽量化することもできる。すなわち、本実施形態の筐体１０は、金属部材のみで形成した筐体と比べて、絶縁性を保持した状態で小型化と軽量化を両立したものであるといえる。

[0019] さらに、本実施形態の筐体１０は、上述したように、熱硬化性樹脂により構成される樹脂部材１４と金属部材１２とが密着してなる樹脂金属複合体により構成されている。このため、樹脂部材１４の特長（軽量である、絶縁性に優れている、防錆性に優れている、加工自由度に優れている等）と、金属部材１２の特長（電磁波シールド性に優れている、気密性に優れている、熱放散性に優れている等）を両方兼ね備えた筐体１０とすることができる。特に、本実施形態の筐体１０は、樹脂部材１４だけでなく金属部材１２も用いて形成したものであるため、電磁波シールド性に優れたノイズの発生を抑制できる構成となっている。

[0020] ここで、本実施形態の筐体１０に収容する電力変換装置１は、特に限定されないが、直流電力から交流電力を電氣的に生成する（逆変換する）電源回

路、またはその回路を持つインバータ、または交流電力から直流電力を電氣的に生成する（変換する）電源回路、またはその回路を持つコンバータであることが好ましい。

[0021] また、本実施形態に係る樹脂金属複合体は、厚み d_1 の樹脂部材 14 と厚み d_2 の金属部材 12 とが積層しており、かつ樹脂材料と金属材料との厚みの比 d_1/d_2 が 3 となるように切り出した試験片に対して、25℃の温度条件で、2つの支持台上に前記樹脂部材の露出面を上にして配置して応力を加えない第1状態と、前記樹脂部材側の面の中央に140MPaの1点応力を厚さ方向に印加して前記第1状態から中央を沈み込ませた第2状態とを、周波数30Hzで交互に100万回繰り返したとき、剥離も破断もしない曲げ疲労耐性（以下、「100万回曲げ疲労耐性」と示す。）を有することが好ましい。こうすることで、より一層信頼性に優れた筐体10とすることができる。

[0022] ここで、樹脂金属複合体が、100万回曲げ疲労耐性を有するか否かについては、樹脂金属複合体からなる試験片に曲げ応力の繰り返し印加を行って評価することができる。以下に具体的に説明する。

[0023] 図2は、100万回曲げ疲労耐性の評価方法について説明するための図である。まず、樹脂金属複合体16からなる直方体の試験片を準備する。試験片は、金属部材12と樹脂部材14との密着面103を1つ有し、樹脂部材14の厚み d_1 が金属部材12の厚み d_2 の3倍（ $d_1/d_2=3$ ）であるものとする。ここで、 d_1/d_2 が3であれば、試験片の厚さ h 、幅 b 、および奥行き l の大きさは問わないがJIS K 7171に準拠している方が好ましい。試験片において、金属部材12と樹脂部材14の密着面103は、厚さ方向に直交するようにする。試験片はたとえば筐体10から切り出して準備することができる。

[0024] 準備した試験片を2つの支持台703上に配置する（第1状態）。2つの支持台703間の距離は、準備した試験片が乗るように調節しておく。2つの支持台は試験片に対して左右対称に配置する。このとき、金属部材12側

の面が下に向き、支持台 703 に接するように配置する。そして、反対側の樹脂部材 14 の面に圧子 701 を接触させ、密着面 103 に垂直な方向に 140 MPa の片振りの曲げ応力を繰り返し印加する。圧子 701 と試験片との接触位置は、2 つの支持台 703 と試験片との接触位置（支点）から等距離の位置とする。繰り返し応力印加は 25℃ 雰囲気下にて行う。

[0025] 曲げ応力の大きさ σ [MPa] は、 $\sigma = 3FL / 2bh^2$ で表される。ここで、 F [N] は圧子 701 から印加する力（単位は N）、 L は支点間距離（単位は mm）、 b は試験片の幅（単位は mm）、 h は試験片の厚さ（単位は mm）である。試験片の幅、厚さ、および支点間の距離に応じて、曲げ応力の大きさが 140 MPa となるよう力 F を決定し、繰り返し応力を印加して評価することができる。

[0026] このように 140 MPa の応力を印加することにより、試験片は中央が沈み込んだ形にわずかに曲がる（第 2 状態）。そして応力印加をやめ、応力を加えない第 1 状態に戻す。この第 1 状態と第 2 状態を交互に 30 Hz の周波数で 100 万回繰り返す。このように 100 万回の繰り返し応力を印加した後の試験片を観察し、剥離または破断が生じていないことを確認する。剥離も破断も生じていない場合、100 万回曲げ疲労耐性があると評価する。

[0027] たとえば、本実施形態に係る金属樹脂複合体 16 は、支点間距離 L を 64 mm、試験片の幅を 80 mm、奥行きを 10 mm、厚さ h を 4.0 mm（金属部材 12 の厚さ 1.0 mm、樹脂部材 14 の厚さ 3.0 mm）、曲げ応力の大きさ σ を 140 MPa として、100 万回曲げ疲労耐性があることを確認することができるが、上述の通り、この条件には限定されない。

[0028] また、本実施形態に係る樹脂金属複合体は、厚み d_1 の樹脂部材 14 と厚み d_2 の金属部材 12 とが積層しており、かつ樹脂材料と金属材料との厚みの比 d_1 / d_2 が 3 となるように切り出した試験片に対し、180℃ で 8 時間焼成処理して得られた試験片に対して、1000 サイクルのヒート処理（−40℃ で 1 時間静置した後、150℃ で 1 時間静置するヒート処理を 1 サイクルとする。）を行った後、JIS K6911 に準じて測定した試験片の曲げ

強度が、200 MPa以上であることが好ましい。このような樹脂金属複合体により筐体10を形成した場合、温度条件の変化に対応できる熱耐久性に優れた信頼性の高い筐体10を実現することができる。また、上記条件により測定した試験片の曲げ強度は、250 MPa以上であるとさらに好ましく、300 MPa以上であるとより一層好ましい。

[0029] また、本実施形態に係る樹脂金属複合体は、厚み d_1 の樹脂部材14と厚み d_2 の金属部材12とが積層しており、かつ樹脂材料と金属材料との厚みの比 d_1/d_2 が3となるように切り出した試験片に対し、180℃で8時間焼成処理して得られた試験片に対して、1000サイクルのヒート処理（-40℃で1時間静置した後、150℃で1時間静置するヒート処理を1サイクルとする。）を行った後、JIS K6911に準じて測定した試験片の曲げ弾性率が、20 GPa以上であることが好ましい。このような樹脂金属複合体により筐体10を形成した場合、種々の特性にくわえ、温度条件の変化に対応できる熱耐久性に優れた信頼性の高い筐体10を実現することができる。また、上記条件により測定した試験片の曲げ弾性率は、22 GPa以上であるとさらに好ましく、24 MPa以上であるとより一層好ましい。

[0030] また、本実施形態に係る樹脂金属複合体は、当該樹脂金属複合体で作製した大きさ10 cm×10 cm、厚さ4 mmの試験片を、KEC法にて測定した周波数1 GHzの電磁波のシールド効果が90 dB以上であると好ましい。このような樹脂金属複合体により筐体10を形成した場合、種々の特性にくわえ、電磁波シールド性という観点においてより一層優れた信頼性の高い筐体10を実現することができる。

[0031] また、樹脂金属複合体において、樹脂部材14の25℃からガラス転移温度までの範囲における線膨張係数 α_R と、金属部材12の25℃から樹脂部材14の上記ガラス転移温度までの範囲における線膨張係数 α_M との差（ $\alpha_R - \alpha_M$ ）の絶対値は、25 ppm/℃以下であることが好ましく、10 ppm/℃以下であることがより好ましい。上記線膨張係数の差が上記上限値以下であれば、樹脂金属複合体が高温下に晒された際に発生する、線膨張の差によ

る熱応力を抑制することができる。そのため、上記線膨張係数の差が上記上限値以下であれば、高温下でも、樹脂部材 1 4 と金属部材 1 2 との接合強度を維持することができる。すなわち、上記線膨張係数の差が上記上限値以下であれば、樹脂金属複合体の高温での寸法安定性を向上させることができる。

なお、本実施形態において、線膨張係数に異方性がある場合は、それらの平均値を表す。例えば、樹脂部材 1 4 がシート状の場合、流動方向（MD）の線膨張係数と、それと垂直方向（TD）の線膨張係数とが異なる場合、それらの平均値が樹脂部材 1 4 の線膨張係数 α_R となる。

[0032] <金属部材 1 2>

図 3 は、本実施形態に係る樹脂金属複合体について説明するための図である。本図は、必ずしも筐体 1 0 の構造の全部もしくは一部を示すものではない。本図は、筐体 1 0 を構成する樹脂金属複合体の成型品の一例を模式的に示した斜視図である。

金属部材 1 2 を構成する金属材料は特に限定されないが、入手の容易さや価格の観点から、鉄、ステンレス、アルミニウム、アルミニウム合金、マグネシウム、マグネシウム合金、銅および銅合金などを挙げることができる。これらは単独で使用してもよいし、2 種以上組み合わせて使用してもよい。これらの中でも、軽量かつ高強度であり、かつ電磁波シールド性を付与できる、気密性を確保できるまたは剛性を担保できる等の金属材料自体の特長点を筐体 1 0 にもたらすことができる点から、アルミニウム、アルミニウム合金またはステンレス材を含むことが好ましい。金属部材 1 2 は、樹脂部材 1 4 と金属部材 1 2 との接合強度を向上させる観点から、金属部材 1 2 の樹脂部材 1 4 との密着面 1 0 3 に微細な凹凸からなる粗化層 1 0 4 を有していることが好ましい。

[0033] 図 4 は、本実施形態に係る金属部材 1 2 表面の粗化層 1 0 4 を構成する凹部 2 0 1 の断面形状の例を説明するための模式図である。ここで、粗化層 1 0 4 とは、金属部材 1 2 の表面に設けられた複数の凹部 2 0 1 を有する領域

をいう。

粗化層 104 の厚みは、好ましくは $3\ \mu\text{m}$ 以上 $40\ \mu\text{m}$ 以下であり、より好ましくは $4\ \mu\text{m}$ 以上 $32\ \mu\text{m}$ 以下であり、特に好ましくは $4\ \mu\text{m}$ 以上 $30\ \mu\text{m}$ 以下である。粗化層 104 の厚みが上記範囲内であると、樹脂部材 14 と金属部材 12 との接合強度および接合の耐久性をより一層向上させることができる。ここで、本実施形態において、粗化層 104 の厚みは、複数の凹部 201 の中で、最も深さが大きいものの深さ D3 を表し、走査型電子顕微鏡 (SEM) 写真から算出することができる。

[0034] 凹部 201 の断面は、凹部 201 の開口部 203 から底部 205 までの間の少なくとも一部に開口部 203 の断面幅 D1 よりも大きい断面幅 D2 を有する形状となっていることが好ましい。

図 4 に示すように、凹部 201 の断面形状は、D2 が D1 よりも大きければ特に限定されず、様々な形状を取り得る。凹部 201 の断面形状は、例えば、走査型電子顕微鏡 (SEM) により観察することができる。

[0035] 凹部 201 の断面形状が上記形状であると、接合強度により一層優れた樹脂金属複合体が得られる理由は必ずしも明らかではないが、密着面 103 の表面が、樹脂部材 14 と金属部材 12 との間のアンカー効果がより一層強く発現できる構造となっているからだと考えられる。

凹部 201 の断面形状が上記形状であると、樹脂部材 14 が凹部 201 の開口部 203 から底部 205 までの間で引っかかるため、アンカー効果が効果的に働く。そのため、樹脂部材 14 と金属部材 12 との接合強度および接合の耐久性が向上すると考えられる。

[0036] 凹部 201 の平均深さは、好ましくは $0.5\ \mu\text{m}$ 以上 $40\ \mu\text{m}$ 以下であり、より好ましくは $1\ \mu\text{m}$ 以上 $30\ \mu\text{m}$ 以下である。凹部 201 の平均深さが上記上限値以下であると、熱硬化性樹脂組成物 (P) が凹部 201 の奥まで十分に入り込むことができるため、樹脂部材 14 と金属部材 12 とが相互に侵入した領域の機械的強度および接合の耐久性をより一層向上させることができる。凹部 201 の平均深さが上記下限値以上であると、熱硬化性樹脂組

成物（P）が充填材（B）を含む場合に凹部201の内部に存在する充填材（B）の割合を増やすことができるため、樹脂部材14と金属部材12とが相互に侵入した領域の機械的強度および接合の耐久性を向上させることができる。したがって、凹部201の平均深さが上記範囲内であると、樹脂部材14と金属部材12との接合強度および接合の耐久性をより一層向上させることができる。

[0037] 凹部201の平均深さは、例えば、以下のように走査型電子顕微鏡（SEM）写真から測定することができる。まず、走査型電子顕微鏡により、粗化層104の断面を撮影する。その観察像から、凹部201を任意に50個選択し、それらの深さをそれぞれ測定する。凹部201の深さの全てを積算して個数で除したものを平均深さとする。

[0038] 金属部材12の密着面103の表面粗さRaは、好ましくは0.5 μm 以上40.0 μm 以下であり、より好ましくは1.0 μm 以上20.0 μm 以下であり、特に好ましくは1.0 μm 以上10.0 μm 以下である。上記表面粗さRaが上記範囲内であると、樹脂部材14と金属部材12との接合強度をより一層向上させることができる。

また、金属部材12の密着面103の最大高さRzは、好ましくは1.0 μm 以上40.0 μm 以下であり、より好ましくは3.0 μm 以上30.0 μm 以下である。上記最大高さRzが上記範囲内であると、樹脂部材14と金属部材12との接合強度および接合の耐久性をより一層向上させることができる。なお、RaおよびRzは、JIS-B0601に準拠して測定することができる。

[0039] 金属部材12は、少なくとも樹脂部材14と接合する密着面103の見掛け表面積に対する窒素吸着BET法による実表面積の比（以下、単に比表面積とも呼ぶ。）が、好ましくは100以上であり、より好ましくは150以上である。上記比表面積が上記下限値以上であると、樹脂部材14と金属部材12との接合強度および接合の耐久性をより一層向上させることができる。また、上記比表面積が、好ましくは400以下であり、より好ましくは3

80以下であり、特に好ましくは300以下である。上記比表面積が上記上限値以下であると、樹脂部材14と金属部材12との接合強度および接合の耐久性をより一層向上させることができる。

[0040] ここで、本実施形態における見掛け表面積は、金属部材12の表面が凹凸のない平滑状であると仮定した場合の表面積を意味する。例えば、その表面形状が長方形の場合には、縦の長さ×横の長さで表される。一方、本実施形態における窒素吸着BET法による実表面積は、窒素ガスの吸着量により求めたBET表面積を意味する。例えば、真空乾燥した測定対象試料について、自動比表面積／細孔分布測定装置（BELSORPmini11、日本ベル社製）を用いて、液体窒素温度における窒素吸脱着量を測定し、その窒素吸脱着量に基づいて算出することができる。

[0041] 上記比表面積が上記範囲内であると、より一層接合強度および接合の耐久性に優れた樹脂金属複合体が得られる理由は必ずしも明らかではないが、樹脂部材14との密着面103の表面が、樹脂部材14と金属部材12との間のアンカー効果がより一層強く発現できる構造となっているからだと考えられる。

上記比表面積が上記下限値以上であると、樹脂部材14と金属部材12の接触面積が大きくなり、樹脂部材14と金属部材12とが相互に侵入する領域が増える。その結果、アンカー効果が働く領域が増え、樹脂部材14と金属部材12との接合強度および接合の耐久性がより一層向上すると考えられる。

[0042] 一方、上記比表面積が大きすぎると、樹脂部材14と金属部材12とが相互に侵入した領域の金属部材12の割合が減るため、この領域の機械的強度および接合の耐久性が低下してしまう。そのため、上記比表面積が上記上限値以下であると、樹脂部材14と金属部材12とが相互に侵入した領域の機械的強度および接合の耐久性がより一層向上し、その結果、樹脂部材14と金属部材12との接合強度および接合の耐久性をより一層向上させることができると考えられる。

以上から、上記比表面積が上記範囲内であると、樹脂部材 14 との密着面 103 の表面が、樹脂部材 14 と金属部材 12 との間のアンカー効果がより一層強く発現できる、バランスの良い構造になっていると推察される。

[0043] 金属部材 12 は、特に限定されないが、少なくとも樹脂部材 14 と接合する密着面 103 の光沢度が、好ましくは 0.1 以上であり、より好ましくは 0.5 以上であり、さらに好ましくは 1 以上である。上記光沢度が上記下限値以上であると、樹脂部材 14 と金属部材 12 との接合強度をより一層向上させることができる。また、上記光沢度が、好ましくは 30 以下であり、より好ましくは 20 以下である。上記光沢度が上記上限値以下であると、樹脂部材 14 と金属部材 12 との接合強度をより一層向上させることができる。ここで、本実施形態における光沢度は、ASTM-D523 に準拠して測定した測定角度 60°（入射角 60°、反射角 60°）の値を示す。光沢度は、例えば、デジタル光沢度計（20°、60°）（GM-26 型、村上色彩技術研究所社製）を用いて測定することができる。

上記光沢度が上記範囲内であると、接合強度により一層優れた樹脂金属複合体が得られる理由は必ずしも明らかではないが、樹脂部材 14 との密着面 103 の表面がより一層乱雑な構造となり、樹脂部材 14 と金属部材 12 との間のアンカー効果がより一層強く発現できる構造となっているからだと考えられる。

[0044] 金属部材 12 の形状は、樹脂部材 14 と接合する密着面 103 を有する形状であれば特に限定されず、例えば、シート状、平板状、曲板状、棒状、筒状、塊状などとすることができる。また、これらの組み合わせからなる構造体であってもよい。こうした形状の金属部材 12 は、前述した金属材料を公知の加工法により加工することにより得ることができる。

また、樹脂部材 14 と接合する密着面 103 の形状は、特に限定されないが、平面、曲面などが挙げられる。

[0045] 次に、金属部材 12 の表面を粗化处理して粗化層 104 を形成する方法について説明する。

粗化層 104 は、例えば、表面処理剤を用いて、金属部材 12 の表面を化学的処理することにより形成することができる。

ここで、表面処理剤を用いて金属部材 12 の表面を化学的処理すること自体は従来技術においても行われてきた。しかし、本実施形態では、(1) 金属部材と化学的処理剤の組み合わせ、(2) 化学的処理の温度および時間、(3) 化学的処理後の金属部材表面の後処理、などの因子を高度に制御している。100 万回曲げ疲労耐性を有する樹脂金属複合体を得るためには、これらの因子を高度に制御することが特に重要となる。

以下、金属部材 12 の表面上に粗化層 104 を形成する方法の一例を示す。ただし、本実施形態に係る粗化層 104 の形成方法は、以下の例に限定されない。

[0046] はじめに、(1) 金属部材と表面処理剤の組み合わせを選択する。

鉄やステンレスから構成される金属部材 12 を用いる場合は、表面処理剤として、無機酸、塩素イオン源、第二銅イオン源、チオール系化合物を必要に応じて組合せた水溶液を選択するのが好ましい。

アルミニウムやアルミニウム合金から構成される金属部材 12 を用いる場合は、表面処理剤として、アルカリ源、両性金属イオン源、硝酸イオン源、チオ化合物を必要に応じて組合せた水溶液を選択するのが好ましい。

マグネシウムやマグネシウム合金から構成される金属部材 12 を用いる場合は、表面処理剤として、アルカリ源が用いられ、特に水酸化ナトリウムの水溶液を選択するのが好ましい。

銅や銅合金から構成される金属部材 12 を用いる場合は、表面処理剤として、硝酸、硫酸などの無機酸、不飽和カルボン酸などの有機酸、過硫酸塩、過酸化水素、イミダゾールおよびその誘導体、テトラゾールおよびその誘導体、アミノテトラゾールおよびその誘導体、アミノトリアゾールおよびその誘導体などのアゾール類、ピリジン誘導体、トリアジン、トリアジン誘導体、アルカノールアミン、アルキルアミン誘導体、ポリアルキレングリコール、糖アルコール、第二銅イオン源、塩素イオン源、ホスホン酸系キレート剤

酸化剤、N，N－ビス（2－ヒドロキシエチル）－N－シクロヘキシルアミンから選ばれる少なくとも1種を用いた水溶液を選択するのが好ましい。

[0047] つぎに、（2）金属部材12を表面処理剤に浸漬させ、金属部材12表面に化学的処理をおこなう。このとき、処理温度は、例えば、30℃である。また、処理時間は選定する金属部材12の材質や表面状態、表面処理剤の種類や濃度、処理温度などにより適宜決定されるが、例えば、30～300秒である。このとき、金属部材12の深さ方向のエッチング量を、好ましくは3μm以上、より好ましくは5μm以上にすることが重要である。金属部材12の深さ方向のエッチング量は、溶解した金属部材12の重量、比重および表面積から算出して、評価することができる。この深さ方向のエッチング量は、表面処理剤の種類や濃度、処理温度、処理時間などにより調整することができる。

本実施形態では、深さ方向のエッチング量を調整することにより、前述した粗化層104の厚み、凹部201の平均深さ、Ra、Rz等を調整することができる。

[0048] 最後に、（3）化学的処理後の金属部材12表面に後処理をおこなう。まず、金属部材12表面を水洗、乾燥する。次いで、化学的処理をおこなった金属部材12表面を硝酸水溶液などで処理する。

以上の手順により、本実施形態に係る粗化層104を有する金属部材12を得ることができる。

[0049] ＜樹脂部材14＞

つぎに、本実施形態に係る樹脂部材14について説明する。

樹脂部材14は、熱硬化性樹脂組成物（P）を硬化してなる。

[0050] 熱硬化性樹脂組成物（P）は、熱硬化性樹脂（A）を含み、熱硬化性樹脂（A）としては、例えば、フェノール樹脂、エポキシ樹脂、不飽和ポリエステル樹脂、ジアリルフタレート樹脂、メラミン樹脂、オキセタン樹脂、マレイミド樹脂、ユリア（尿素）樹脂、ポリウレタン樹脂、シリコーン樹脂、ベンゾオキサジン環を有する樹脂、シアネートエステル樹脂などが用いられる。

。これらは単独で使用してもよいし、2種以上組み合わせて使用してもよい。

これらの中でも、耐熱性、加工性、機械的特性、接着性および防錆性等の樹脂材料自体の特長点を筐体にもたらすことができる点から、フェノール樹脂、エポキシ樹脂および不飽和ポリエステル樹脂からなる群より選択される1以上を含む熱硬化性樹脂組成物が好適に用いられる。

熱硬化性樹脂(A)の含有量は、樹脂部材14の全体を100質量部としたとき、好ましくは15質量部以上60質量部以下であり、より好ましくは25質量部以上50質量部以下である。

[0051] フェノール樹脂としては、例えば、フェノールノボラック樹脂、クレゾールノボラック樹脂、ビスフェノールA型ノボラック樹脂などのノボラック型フェノール樹脂；メチロール型レゾール樹脂、ジメチレンエーテル型レゾール樹脂、桐油、アマニ油、クルミ油などで溶融した油溶融レゾールフェノール樹脂などのレゾール型フェノール樹脂；アリーラルキレン型フェノール樹脂などが挙げられる。これらは単独で使用してもよいし、2種以上組み合わせて使用してもよい。

[0052] 入手容易性、安価およびロール混練による作業性が良好などの理由から、上記フェノール樹脂の中でも、ノボラック型フェノール樹脂、レゾール型フェノール樹脂を用いるのが好ましく、レゾール型フェノール樹脂を用いるのがより好ましい。ノボラック型フェノール樹脂を主成分として用いた場合、硬化剤として通常ヘキサメチレンテトラミンが使用され、ノボラック型フェノール樹脂の硬化時にアンモニアガス等の腐食性ガスが発生する。そのため、これに起因して、筐体10の内部に備える部品が腐食するおそれがあることから、ノボラック型フェノール樹脂に比較して、レゾール型フェノール樹脂が好ましく用いられる。

また、レゾール型フェノール樹脂とノボラック型フェノール樹脂とを併用するようにすることもできる。これにより、樹脂部材14の強度を高めることができるとともに、靱性をも高めることができる。

[0053] 熱硬化性樹脂組成物（P）は、樹脂部材14の機械的強度を向上させる観点から、充填材（B）を含む。ただし、本実施形態では、充填材（B）から後述するエラストマー（D）は除かれる。

充填材（B）の含有量は、樹脂部材14の全体を100質量部としたとき、好ましくは30質量部以上80質量部以下であり、より好ましくは40質量部以上70質量部以下である。充填材（B）の含有量を上記範囲内とすることにより、熱硬化性樹脂組成物（P）の作業性を向上させつつ、得られる樹脂部材14の機械的強度をより一層向上させることができる。これにより、樹脂部材14と金属部材12との接合強度により一層優れた樹脂金属複合体を得ることができる。また、充填材（B）の種類や含有量を調整することにより、得られる樹脂部材14の線膨張係数 α_R の値を調整することができる。

[0054] 充填材（B）としては、例えば、繊維状充填材、粒状充填材、板状充填材などが挙げられる。ここで、繊維状充填材はその形状が繊維状である充填材である。板状充填材はその形状が板状である充填材である。粒状充填材は、不定形状を含む繊維状・板状以外の形状の充填材である。

[0055] 上記繊維状充填材としては、例えば、ガラス繊維、炭素繊維、アスベスト繊維、金属繊維、ワラストナイト、アタパルジャイト、セピオライト、ロックウール、ホウ酸アルミニウムウイスキー、チタン酸カリウム繊維、炭酸カルシウムウイスキー、酸化チタンウイスキー、セラミック繊維などの繊維状無機充填材；アラミド繊維、ポリイミド繊維、ポリ（パラフェニレンベンゾビスオキサゾール）繊維などの繊維状有機充填材；が挙げられる。これらは単独で使用してもよいし、2種以上組み合わせて使用してもよい。

[0056] また、上記板状充填材、粒状充填材としては、例えば、タルク、カオリンクレイ、炭酸カルシウム、酸化亜鉛、ケイ酸カルシウム水和物、マイカ、ガラスフレーク、ガラス粉、炭酸マグネシウム、シリカ、酸化チタン、アルミナ、水酸化アルミニウム、水酸化マグネシウム、硫酸バリウム、硫酸カルシウム、亜硫酸カルシウム、ホウ酸亜鉛、メタホウ酸バリウム、ホウ酸アルミ

ニウム、ホウ酸カルシウム、ホウ酸ナトリウム、窒化アルミニウム、窒化ホウ素、窒化ケイ素、上記繊維状充填材の粉碎物などが挙げられる。これらは単独で使用してもよいし、2種以上組み合わせて使用してもよい。

[0057] 充填材（B）は、充填材（B）の全体を100質量部としたとき、レーザー回折散乱式粒度分布測定法による重量基準粒度分布における平均粒子径が $5\mu\text{m}$ を超える充填材（B1）を70質量部以上99質量部以下含むことが好ましく、85質量部以上98質量部以下含むことがより好ましい。これにより、熱硬化性樹脂組成物（P）の作業性を向上させつつ、得られる樹脂部材14の機械的強度をより一層向上させることができる。充填材（B1）の平均粒子径の上限は特に限定されないが、例えば、 $100\mu\text{m}$ 以下である。

充填材（B1）としては、平均長径が $5\mu\text{m}$ 以上 50mm 以下で、平均アスペクト比が1以上1000以下である繊維状充填材または板状充填材を含むことがより好ましい。

充填材（B1）の平均長径および平均アスペクト比は、例えば、以下のようによりSEM写真から測定することができる。まず、走査型電子顕微鏡により、複数の繊維状充填材または板状充填材を撮影する。その観察像から、繊維状充填材または板状充填材を任意に50個選択し、それらの長径（繊維状充填材の場合は繊維長、板状充填材の場合は平面方向の長径寸法）および短径（繊維状充填材の場合は繊維径、板状充填材の場合は厚み方向の寸法）をそれぞれ測定する。長径の全てを積算して個数で除したものを平均長径とする。同様に、短径の全てを積算して個数で除したものを平均短径とする。そして、平均短径に対する平均長径を平均アスペクト比とする。

[0058] 充填材（B1）としてはガラス繊維、炭素繊維、ガラスビーズ、炭酸カルシウムなどから選択される1種または2種以上が好ましい。このような充填材（B1）を用いると、樹脂部材14の機械的強度を特に向上させることができる。

[0059] また、充填材（B）は、充填材（B）の全体を100質量部としたとき、レーザー回折散乱式粒度分布測定法による重量基準粒度分布における平均粒

子径が $0.1\ \mu\text{m}$ 以上 $5\ \mu\text{m}$ 以下である充填材（B2）を1質量部以上30質量部以下含むことが好ましく、2質量部以上15質量部以下含むことがより好ましい。これにより、凹部201の内部に充填材（B）を十分に存在させることができる。その結果、樹脂部材14と金属部材12とが相互に侵入した領域の機械的強度をより一層向上させることができる。

充填材（B2）としては、平均長径が好ましくは $0.1\ \mu\text{m}$ 以上 $100\ \mu\text{m}$ 以下、より好ましくは $0.2\ \mu\text{m}$ 以上 $50\ \mu\text{m}$ 以下であり、平均アスペクト比が好ましくは1以上50以下、より好ましくは1以上40以下である繊維状充填材または板状充填材を含むことがより好ましい。

充填材（B2）の平均長径および平均アスペクト比は、例えば、以下のようによりSEM写真から測定することができる。まず、走査型電子顕微鏡により、複数の繊維状充填材または板状充填材を撮影する。その観察像から、繊維状充填材または板状充填材を任意に50個選択し、それらの長径（繊維状充填材の場合は繊維長、板状充填材の場合は平面方向の長径寸法）および短径（繊維状充填材の場合は繊維径、板状充填材の場合は厚み方向の寸法）をそれぞれ測定する。長径の全てを積算して個数で除したものを平均長径とする。同様に、短径の全てを積算して個数で除したものを平均短径とする。そして、平均短径に対する平均長径を平均アスペクト比とする。

[0060] このような充填材（B2）としては、ワラストナイト、カオリンクレー、タルク、炭酸カルシウム、酸化亜鉛、ケイ酸カルシウム水和物、ホウ酸アルミニウムウイスキー、およびチタン酸カリウム繊維から選択される1種または2種以上が好ましい。

[0061] また、熱硬化性樹脂組成物（P）は充填材（B）として固体潤滑剤を含むことが好ましい。固体潤滑剤としてはたとえば、黒鉛、炭素繊維、フッ素樹脂から選択される1種または2種以上が好ましい。固体潤滑剤を含むことにより、樹脂部材14の摩擦係数が低くなる。

[0062] また、充填材（B）は、後述するシランカップリング剤（C）などのカップリング剤による表面処理が行われていてもよい。

- [0063] 熱硬化性樹脂組成物（P）は、シランカップリング剤（C）をさらに含んでもよい。シランカップリング剤（C）を含むことにより、樹脂部材14と金属部材12との密着性を向上させることができる。また、シランカップリング剤（C）を含むことにより、熱硬化性樹脂（A）と充填材（B）との親和性が向上し、その結果、樹脂部材14の機械的強度をより一層向上させることができる。
- [0064] シランカップリング剤（C）の含有量は、充填材（B）の比表面積に依存するので特に限定されないが、充填材（B）100質量部に対して、好ましくは0.01質量部以上4.0質量部以下であり、より好ましくは0.1質量部以上1.0質量部以下である。シランカップリング剤（C）の含有量が上記範囲内であると、充填材（B）を十分に被覆しつつ、樹脂部材14の機械的強度をより一層向上させることができる。
- [0065] シランカップリング剤（C）としては、例えば、 γ -グリシドキシプロピルトリメトキシシラン、 γ -グリシドキシプロピルトリエトキシシラン、 β -（3，4-エポキシシクロヘキシル）エチルトリメトキシシランなどのエポキシ基含有アルコキシシラン化合物； γ -メルカプトプロピルトリメトキシシラン、 γ -メルカプトプロピルトリエトキシシランなどのメルカプト基含有アルコキシシラン化合物； γ -ウレイドプロピルトリエトキシシラン、 γ -ウレイドプロピルトリメトキシシラン、 γ -（2-ウレイドエチル）アミノプロピルトリメトキシシランなどのウレイド基含有アルコキシシラン化合物； γ -イソシアナトプロピルトリエトキシシラン、 γ -イソシアナトプロピルトリメトキシシラン、 γ -イソシアナトプロピルメチルジメトキシシラン、 γ -イソシアナトプロピルメチルジエトキシシラン、 γ -イソシアナトプロピルエチルジメトキシシラン、 γ -イソシアナトプロピルエチルジエトキシシラン、 γ -イソシアナトプロピルトリクロロシランなどのイソシアナト基含有アルコキシシラン化合物； γ -アミノプロピルトリエトキシシラン、 γ -（2-アミノエチル）アミノプロピルメチルジメトキシシラン、 γ -（2-アミノエチル）アミノプロピルトリメトキシシラン、 γ -アミノプロ

ロピルトリメトキシシランなどのアミノ基含有アルコキシシラン化合物； γ -ヒドロキシプロピルトリメトキシシラン、 γ -ヒドロキシプロピルトリエトキシシランなどの水酸基含有アルコキシシラン化合物などが挙げられる。

これらは単独で使用してもよいし、2種以上組み合わせて使用してもよい。

[0066] 本実施形態に係る熱硬化性樹脂組成物（P）は、樹脂部材14の靱性を向上させる観点から、エラストマー（D）をさらに含んでもよい。ただし、本実施形態では、エラストマー（D）から前述した充填材（B）は除かれる。

エラストマー（D）の含有量は、樹脂部材14の全体を100質量部としたとき、好ましくは1質量部以上10質量部以下であり、より好ましくは1.5質量部以上7質量部以下である。エラストマー（D）の含有量を上記範囲内とすることにより、樹脂部材14の機械的強度を維持しつつ、樹脂部材14の靱性をより一層向上させることができる。これにより、樹脂部材14と金属部材12との接合強度により一層優れた樹脂金属複合体を得ることができる。

[0067] エラストマー（D）としては、例えば、未変性のポリ酢酸ビニル、カルボン酸変性のポリ酢酸ビニル、ポリビニルブチラール、天然ゴム、イソプレンゴム、スチレン・ブタジエンゴム、ブタジエンゴム、クロロプレンゴム、ブチルゴム、エチレン・プロピレンゴム、アクリルゴム、スチレン・イソプレンゴム、アクリロニトリル・ブタジエンゴム、ウレタンゴム、シリコンゴム、フッ素ゴムなどが挙げられる。これらは単独で使用してもよいし、2種以上組み合わせて使用してもよい。これらの中でも未変性のポリ酢酸ビニル、カルボン酸変性のポリ酢酸ビニル、アクリルゴム、アクリロニトリル・ブタジエンゴム、ポリビニルブチラールが好ましい。これらのエラストマー（D）を用いると、樹脂部材14の靱性を特に向上させることができる。

[0068] 熱硬化性樹脂組成物（P）の製造方法は特に限定されず、一般的に公知の方法により製造することができる。例えば、以下の方法が挙げられる。まず、熱硬化性樹脂（A）に、必要に応じて充填材（B）、シランカップリング

剤（C）、エラストマー（D）、硬化剤、硬化助剤、離型剤、顔料、難燃剤、耐候剤、酸化防止剤、可塑剤、潤滑剤、摺動剤、発泡剤などを配合して均一に混合する。次いで、得られた混合物をロール、コニーダ、二軸押出し機などの混練装置単独で、またはロールと他の混練装置との組合せで加熱溶融混練する。最後に、得られた混合物を造粒または粉砕することにより、熱硬化性樹脂組成物（P）が得られる。

[0069] 樹脂部材14の25℃からガラス転移温度までの範囲における線膨張係数 α_R は、好ましくは10ppm/℃以上50ppm/℃以下であり、より好ましくは15ppm/℃以上45ppm/℃以下である。線膨張係数 α_R が上記範囲内であると、樹脂金属複合体の温度サイクルの信頼性をより一層向上させることができる。

[0070] 樹脂部材14の密度は軽量化の観点から、2.5g/cm³以下であることが好ましく、2.0g/cm³以下であることがより好ましい。

[0071] また、樹脂部材14は、40℃、90%RHで1000時間耐湿処理をした後に測定した耐湿絶縁破壊強さが、5MV/m以上であることが好ましく、7MV/m以上であるとさらにこの好ましい。こうすることで、樹脂金属複合体の温度サイクルの信頼性をより一層向上させることができる。

[0072] 樹脂部材14の熱伝導率は90W/(m·K)以下であることが好ましく、1W/(m·K)以下であることがより好ましい。上記上限以下であれば、電力変換装置1の断熱性が向上する。熱伝導率はレーザーフラッシュ法で測定することができる。なお、熱伝導率に異方性がある場合は、金属部材12と樹脂部材14の密着面103に垂直な方向の熱伝導率についてである。

[0073] 充填材（B）を含む熱硬化性樹脂組成物（P）を用いる場合、凹部201の内部には充填材（B）が存在し、凹部201に存在する充填材（B）の走査型電子顕微鏡写真の画像解析による平均長径が、好ましくは0.1μm以上5.0μm以下であり、より好ましくは0.2μm以上4μm以下である。これにより、樹脂部材14と金属部材12とが相互に侵入した領域の機械的強度をより一層向上させることができる。

[0074] また、凹部201の内部に存在する充填材(B)の平均アスペクト比が、好ましくは1以上50以下であり、より好ましくは1以上40以下である。

[0075] 凹部201の内部に存在する充填材(B)の平均長径および平均アスペクト比は、以下のようにSEM写真から測定することができる。まず、走査型電子顕微鏡により、粗化層104の断面を撮影する。その観察像から、凹部201の内部に存在する充填材(B)を任意に50個選択し、それらの長径(繊維状充填材の場合は繊維長、板状充填材の場合は平面方向の長径寸法)および短径(繊維状充填材の場合は繊維径、板状充填材の場合は厚み方向の寸法)をそれぞれ測定する。長径の全てを積算して個数で除したものを平均長径とする。同様に、短径の全てを積算して個数で除したものを平均短径とする。そして、平均短径に対する平均長径を平均アスペクト比とする。

[0076] また、凹部201の内部に存在する充填材(B)はワラストナイト、カオリンクレー、タルク、炭酸カルシウム、酸化亜鉛、ケイ酸カルシウム水和物、ホウ酸アルミニウムウイスキー、およびチタン酸カリウム繊維からなる群から選ばれる一種または二種以上であることが好ましい。

[0077] また、樹脂部材14がエラストマー(D)を含む場合、樹脂部材14は好ましくは海島構造であり、エラストマー(D)が島相に存在することが好ましい。

こうした構造であると、樹脂部材14の靱性を向上させるとともに樹脂金属複合体の耐衝撃性を向上できる。そのため、樹脂金属複合体に外部から衝撃が加わっても、樹脂部材14と金属部材12との接合強度を維持することができる。

海島構造は、走査型電子顕微鏡写真により観察することができる。

[0078] 上記島相の走査型電子顕微鏡写真の画像解析による平均径は、好ましくは $0.1\mu\text{m}$ 以上 $100\mu\text{m}$ 以下であり、より好ましくは $0.2\mu\text{m}$ 以上 $30\mu\text{m}$ 以下である。島相の平均径が上記範囲内であると、樹脂部材14の靱性をより一層向上できるとともに樹脂金属複合体の耐衝撃性をより一層向上できる。

島相の平均径は、以下のように走査型電子顕微鏡（SEM）写真から測定することができる。まず、走査型電子顕微鏡により、樹脂部材 14 の断面を撮影する。その観察像から、樹脂部材 14 に存在する島相を任意に 50 個選択し、それらの直径をそれぞれ測定する。島相の直径の全てを積算して個数で除したものを平均径とする。

[0079] <電力変換装置の筐体の製造方法>

本実施形態に係る筐体 10 の製造方法は、樹脂部材 14 と金属部材 12 とが密着するように樹脂金属複合体を成形できる方法であれば特に限定されない。こうした樹脂金属複合体を成形できる方法としては、たとえば、例えば、射出成形法、移送成形法、圧縮成形法、射出圧縮成形法などが挙げられる。ただし、100 万回曲げ疲労耐性を有する樹脂金属複合体により構成されている筐体 10 を製造する場合には、上述した一般的な成形方法により得ることは困難である。

[0080] 具体的に、100 万回曲げ疲労耐性を有する樹脂金属複合体により構成されている筐体 10 は、たとえば、以下の 2 つの条件に係る各種因子を高度に制御することが重要である。

（1）樹脂材料の選択（熱硬化性樹脂、その硬化剤および添加剤の組み合わせ等）

（2）金属材料の選択（金属の種類、表面処理に係る各種条件の設定等）

[0081] また、本実施形態の電力変換装置の筐体 10 の製造方法の一例については、実施例にて具体的に後述する。

[0082] なお、本実施形態に係る電力変換装置 1 は、筐体 10 と、他の部品とを組み合わせ製造される。他の部品は一般的に公知の方法で製造することができる。

[0083] <<熱硬化性樹脂組成物>>

本実施形態に係る熱硬化性樹脂組成物は、樹脂部材 14 と金属部材 12 を接合してなる樹脂金属複合体により構成され、かつ内壁面が樹脂部材 14 により構成されている電力変換装置 1 の筐体 10 の、上記樹脂部材 14 を形成

するために用いられる樹脂組成物であって、熱硬化性樹脂を含むものである。

[0084] <<電力変換装置>>

本実施形態に係る電力変換装置は、前述した電力変換装置の筐体を備えるものである。

[0085] 以上、図面を参照して本発明の実施形態について述べたが、これらは本発明の例示であり、上記以外の様々な構成を採用することもできる。

実施例

[0086] 以下、本実施形態を、実施例・比較例を参照して詳細に説明する。なお、本実施形態は、これらの実施例の記載に何ら限定されるものではない。

[0087] (実施例 1)

<熱硬化性樹脂組成物 (P 1) の調製>

ノボラック型フェノール樹脂 (PR-51305、住友ベークライト社製) を 34.3 質量部、硬化剤としてヘキサメチレンテトラミンを 6.0 質量部、充填剤としてガラス繊維 (日東紡社製) を 57.1 質量部、シランカップリング剤としてγ-アミノプロピルトリエトキシシラン (信越化学社製) を 0.2 質量部、硬化助剤として酸化マグネシウム (神島化学工業社製) を 0.5 質量部、潤滑剤等のその他の成分を 1.9 質量部、それぞれ乾式混合し、これを 90℃ の加熱ロールで熔融混練して、シート状にして冷却した物を粉砕して顆粒状の熱硬化性樹脂組成物 (P 1) を得た。

[0088] <金属部材の調製>

表面処理がされていない金属シートとして、その表面が #4000 の研磨紙で十分研磨された、アルミニウム合金 A5052 の金属シート A (80 mm × 10 mm、厚さ 1.0 mm、密度 2.68 g/cm³、熱伝導率 138 W/(m · K)) を用意した。水酸化カリウム (16 質量部)、塩化亜鉛 (5 質量部)、硝酸ナトリウム (5 質量部)、チオ硫酸ナトリウム (13 質量部) の水溶液を調製した。得られた水溶液 (30℃) 中に、金属シート A を浸漬して揺動させ、深さ方向に 15 μm (アルミニウムの減少した重量から算

出)溶解させた。次いで、水洗を行い、35質量部の硝酸水溶液(30℃)中に浸漬して、20秒間揺動させた。その後、水洗、乾燥し、金属シート1を得た。

[0089] <樹脂金属複合体の作製>

得られた熱硬化性樹脂組成物(P1)および金属シート1を用いて、樹脂金属複合体1を作製した。具体的には、以下の手順により作製した。はじめに、金型内に厚み1mmの金属シート1を固定せずに配置した。次いで、硬化後の厚みが3mmとなるように、熱硬化性樹脂組成物(P1)を加熱し、上記金型内に所定量注入した。このとき、熱硬化性樹脂組成物(P)の流体圧力により、金属シート1を金型の内壁に押しつけるようにした。最後に、圧縮成形により熱硬化性樹脂組成物(P1)を硬化することにより、厚み3mmの樹脂部材シート(樹脂部材)と厚み1mmの金属シート1(金属部材)の2層シートである樹脂金属複合体1(複合部材)を得た。この樹脂金属複合体1を試験片1とした。なお、圧縮成形条件は、実効圧力20MPa、金型温度175℃、硬化時間3分間とした。

[0090] <筐体の作製>

試験片1を作製するのと同様の条件で、樹脂金属複合体からなる電力変換装置の筐体を作製した。次いで、作製した筐体に対して、電力変換装置を収容した。なお、筐体に収容する電力変換装置(インバータ)に関する部品は、一般的な公知の方法で作製されたものを準備した。

[0091] 上述した方法にて得られた熱硬化性樹脂組成物、金属部材、樹脂金属複合体または筐体を用いて、後述する測定及び評価を行った。

[0092] (実施例2)

熱硬化性樹脂組成物(P1)の代わりに、以下の熱硬化性樹脂組成物(P2)を使用した点以外は、実施例1と同様の方法により樹脂金属複合体2を作製した。この樹脂金属複合体2を試験片2とし、後述する測定及び評価を行った。

[0093] <熱硬化性樹脂組成物(P2)の調整>

還流コンデンサー攪拌機、加熱装置、真空脱水装置を備えた反応釜内に、フェノール（p）とホルムアルデヒド（f）とをモル比（ f/p ）＝1．7で仕込み、これに酢酸亜鉛をフェノール100質量部に対して0．5質量部添加し、この反応系のpHを5．5に調整して還流反応を3時間行った。その後、真空度100Torr、温度100℃で2時間水蒸気蒸留を行って未反応フェノールを除去し、さらに、真空度100Torr、温度115℃で1時間反応させることにより得られた、数平均分子量800のジメチレンエーテル型の固形物をレゾール型フェノール樹脂として得た。

[0094] 得られたレゾール型フェノール樹脂を25．3質量部、ノボラック型フェノール樹脂（PR-51305、住友ベークライト社製）を10．7質量部、充填剤としてガラス繊維（日東紡社製）を53．5質量部、充填剤としてクレー（エンゲル・ハート社製）を4．9質量部、シランカップリング剤としてγ-アミノプロピルトリエトキシシラン（信越化学社製）を0．5質量部、硬化助剤として消石灰（秩父石灰工業社製）を1．8質量部、潤滑剤等のその他の成分を3．3質量部、それぞれ乾式混合し、これを90℃の加熱ロールで熔融混練して、シート状にして冷却した物を粉砕して顆粒状の熱硬化性樹脂組成物（P2）を得た。

[0095] （実施例3）

以下の表1に記載の配合となるように熱硬化性樹脂組成物（P3）を調製した点以外は、実施例1と同様の方法により樹脂金属複合体3を作製した。この樹脂金属複合体3を試験片3とし、後述する測定及び評価を行った。

[0096] （実施例4）

以下の表2に記載の配合となるように熱硬化性樹脂組成物（P4）を調製した点以外は、実施例1と同様の方法により樹脂金属複合体4を作製した。この樹脂金属複合体4を試験片4とし、後述する測定及び評価を行った。

[0097] （実施例5）

以下の表2に記載の配合となるように熱硬化性樹脂組成物（P5）を調製した点以外は、実施例1と同様の方法により樹脂金属複合体5を作製した。

この樹脂金属複合体 5 を試験片 5 とし、後述する測定及び評価を行った。

[0098] (実施例 6)

以下の表 2 に記載の配合となるように熱硬化性樹脂組成物 (P 6) を調製した点以外は、実施例 1 と同様の方法により樹脂金属複合体 6 を作製した。この樹脂金属複合体 6 を試験片 6 とし、後述する測定及び評価を行った。

[0099] (実施例 7)

以下の表 2 に記載の配合となるように熱硬化性樹脂組成物 (P 7) を調製した点以外は、実施例 1 と同様の方法により樹脂金属複合体 7 を作製した。この樹脂金属複合体 7 を試験片 7 とし、後述する測定及び評価を行った。

[0100] (比較例 1)

樹脂部材を含まない試験片を用意した。具体的には、表面処理がされていない金属シートとして、その表面が # 4 0 0 0 の研磨紙で十分研磨された、アルミニウム合金 A 5 0 5 2 の金属シート D (8 0 mm × 1 0 mm、厚さ 4 . 0 mm、密度 2 . 6 8 g / c m³、熱伝導率 1 3 8 W / (m · K)) を用意し、試験片 8 とした。

試験片 8 について、後述する測定及び評価をおこなった。

本比較例の金属部材のみからなる筐体は、アルミニウム合金 A 5 0 5 2 を公知の加工法により加工することにより作製した。

[0101] (比較例 2)

金属部材を含まない試験片を作製した。具体的には、熱硬化性樹脂組成物 (P 1) を加熱し、金型内に所定量注入した後、圧縮成形により熱硬化性樹脂組成物 (P 1) を硬化することにより、8 0 mm × 1 0 mm、厚さ 4 . 0 mm の樹脂部材のみからなる試験片 9 を得た。なお、圧縮成形条件は、実効圧力 2 0 M P a、金型温度 1 7 5 °C、硬化時間 3 分間とした。

試験片 9 について、後述する測定及び評価をおこなった。

[0102] (比較例 3)

金属シート 1 の代わりに、実施例 1 で使用した表面処理がされていない金属シート A を使用し、金属シート A により作製した筐体に対して、熱硬化性

樹脂組成物（P 1）により作製した筐体をはめ込んで電力変換装置の筐体を作製した点以外は実施例 1 と同様の方法により樹脂金属複合体 8 を作製した。この樹脂金属複合体 8 を試験片 1 0 とし、後述する測定及び評価をおこなった。

[0103] 得られた熱硬化性樹脂組成物、金属部材、樹脂金属複合体または筐体について、下記に示す測定及び評価を行った。

[0104] 樹脂部材の密度：樹脂部材シートから厚さ 2 mm の樹脂試料を切り出し、水中置換法により樹脂部材の密度を測定した。単位は、 g / cm^3 とした。

[0105] 金属部材の比表面積：測定対象試料を 120℃で、6 時間真空乾燥した後、自動比表面積／細孔分布測定装置（BELSORPmini II、日本ベル社製）を用いて、液体窒素温度における窒素吸脱着量を測定した。窒素吸着 BET 法による実表面積は BET プロットから算出した。測定した窒素吸着 BET 法による実表面積を、見掛け表面積で割ることにより比表面積を算出した。

[0106] 金属部材の表面の光沢度：金属部材の表面の光沢度を、デジタル光沢度計（20°、60°）（GM-26 型、村上色彩技術研究所社製）を用いて、ASTM-D523 に準拠して測定角度 60°（入射角 60°、反射角 60°）で測定した。

[0107] 100 万回曲げ疲労耐性：実施形態において説明した方法で、試験片の 100 万回曲げ疲労耐性を評価した。試験片の金属部材側の面に 2 つの支点をあて、樹脂部材側の面の中央に圧子をあてた。25℃雰囲気にて、繰り返し応力の周波数を 30 Hz、支点間の距離 L を 64 mm とし、140 MPa の曲げ応力を試験片に連続して 100 万回加えた。100 万回繰り返し応力を印加しても破断も剥離もしなかった場合を○とし、100 万回繰り返し応力を印加する間に破断または剥離が生じた場合を×として評価した。

[0108] 1000 サイクル後の曲げ強度：まず、試験片を 180℃にて 8 時間焼成処理をおこなった。こうして得られた焼成後の試験片に対して、-40℃で 1 時間静置した後、150℃で 1 時間静置するヒート処理を 1000 サイク

ル行った。次に、得られた試験片について、その曲げ強度を、J I S K 6 9 1 1 に準じて測定した。単位は、M P a とした。なお、以下の表においては、1 0 0 0 サイクルのヒート処理をしている間に破断または剥離が生じた場合を×と記載してある。

[0109] 1 0 0 0 サイクル後の曲げ弾性率：まず、試験片を 1 8 0 °C にて 8 時間焼成処理をおこなった。こうして得られた焼成後の試験片に対して、− 4 0 °C で 1 時間静置した後、1 5 0 °C で 1 時間静置するヒート処理を 1 0 0 0 サイクル行った。次に、得られた試験片について、その曲げ弾性率を、J I S K 6 9 1 1 に準じて測定した。単位は、G P a とした。なお、以下の表においては、1 0 0 0 サイクルのヒート処理をしている間に破断または剥離が生じた場合を×と記載してある。

[0110] 電磁波シールド効果：作製した樹脂金属複合体から大きさ 1 0 c m × 1 0 c m 、厚さ 4 m m の試験片を切り出した。切り出した試験片を用いて、K E C 法に準じて樹脂金属複合体の電磁波シールド率を測定した。単位は、d B とした。

[0111] 耐湿絶縁破壊強さ：作製した樹脂金属複合体から大きさ 1 0 0 m m × 1 0 0 m m 、厚さ 2 m m の試験片を切り出した。次に、切り出した試験片について、4 0 °C 、9 0 % R H で 1 0 0 0 時間耐湿処理をした。こうして得られた耐湿処理後の試験片を、絶縁油をいれた浴槽中に静置した。次に、試験片の中央部を上下電極間にはさみ、両電極の中心線が上下一致するように固定した上で、電極にリード線をつなぎ、試験回路を形成した。形成した回路に対して電圧を印加して、試験片が破壊したときの破壊電圧を測定した。なお、電圧の印加は、0 から平均 1 0 ~ 2 0 秒でその試料の絶縁破壊が起こるような一定の速度で上昇させた。そして、測定した破壊電圧の値を、試験片の実測平均厚さで除すことにより、耐湿絶縁破壊強さを算出した。単位は、M V / m とした。

[0112] 筐体の信頼性評価：まず、図 1 に示す電力変換装置の筐体を作製した。次いで、得られた電力変換装置の筐体を実際に使用してみて、その信頼性を評

価した。

評価基準は以下の通りである。

○：複数回使用した後でも、わずかな破損もなく、実使用上問題ない

△：複数回使用した後、わずかに破損していたが、実使用上問題ない

×：複数回使用したことにより破損が生じ、実使用上問題あり

[0113] 上記評価項目に関する評価結果を、以下の表1および表2に各成分の配合比率と共に示す。

[0114] [表1]

	実施例1	実施例2	実施例3	比較例1	比較例2	比較例3
熱硬化性樹脂組成物 [質量部]	ノボラック型フェノール樹脂	34.3	10.7	35.1	—	34.3
	レゾール型フェノール樹脂	—	25.3	—	—	—
	エポキシ樹脂	—	—	—	—	—
	不飽和ポリエステル樹脂	—	—	—	—	—
	ヘキサメチレンテトラミン	6.0	—	4.9	—	6.0
	酸化マグネシウム	0.6	—	0.4	—	0.6
	消石灰	—	1.8	0.7	—	—
	ガラス繊維	57.1	53.5	—	57.1	57.1
	クレー	—	4.9	—	—	—
	黒鉛	—	—	57.9	—	—
	γ-アミノプロピルトリエトキシシラン	0.2	0.5	—	—	0.2
	その他(潤滑剤など)	1.9	3.3	1.1	—	1.9
筐体	樹脂金属複合体	樹脂金属複合体	樹脂金属複合体	金属単体	樹脂単体	樹脂金属複合体
粗化処理の有無	有	有	有	無	—	無
粗化層の厚み[μm]	15	15	15	0	—	0
一体成形	○	○	○	×	×	×
樹脂密度[g/cm ³]	1.78	1.79	1.66	2.7	1.78	1.78
密着面の表面積比(BET実表面積/見かけ表面積)	240	240	240	—	—	—
光沢度	3	3	3	—	—	250
100万回曲げ疲労耐性	○	○	○	—	×	×
1000サイクル後の曲げ強度[MPa]	380	385	385	—	176	×
1000サイクル後の曲げ弾性率[GPa]	27	27	27	—	17	×
電磁波シールド効果[dB]	93.8	93.8	93.8	99.6	1.0	93.8
耐湿絶縁破壊強度[MV/m]	10.8	10	—	—	10.8	10.8
筐体の信頼性	○	○	○	×	×	×

[0115] [表2]

	実施例4	実施例5	実施例6	実施例7
熱硬化性樹脂組成物 [質量部]	ノボラック型フェノール樹脂	8	—	23
	レゾール型フェノール樹脂	—	—	26
	エポキシ樹脂	12	—	—
	不飽和ポリエステル樹脂	—	25	—
	ヘキサメチレンテトラミン	—	—	—
	酸化マグネシウム	—	—	—
	消石灰	—	—	—
	水酸化アルミニウム	—	49	—
	シリカ	40	—	—
	ガラス繊維	38	20	52
	クレー	—	—	5
	黒鉛	—	—	—
	γ-アミノプロピルトリエトキシシラン	—	—	—
	その他(潤滑剤など)	2	6	6
筐体	樹脂金属複合体	樹脂金属複合体	樹脂金属複合体	樹脂金属複合体
粗化処理の有無	有	有	有	有
粗化層の厚み[μm]	15	15	15	15
一体成形	○	○	○	○
樹脂密度[g/cm ³]	1.9	1.89	1.81	1.78
密着面の表面積比(BET実表面積/見かけ表面積)	240	240	240	240
光沢度	3	3	3	3
100万回曲げ疲労耐性	○	○	○	○
1000サイクル後の曲げ強度[MPa]	200	235	385	385
1000サイクル後の曲げ弾性率[GPa]	16	22	27	27
電磁波シールド効果[dB]	93.8	93.8	93.8	93.8
耐湿絶縁破壊強度[MV/m]	11	13	10	11
筐体の信頼性	○	○	○	○

[0116] 実施例1～7の筐体は、いずれも、樹脂部材と金属部材とを一体成形して

なるものである。そのため、実施例 1～7 の筐体は、軽量であり、かつ、実使用時の信頼性に優れたものであった。これに対し、比較例 1 の筐体は、金属部材のみで構成されたものであり、軽量化および小型化という観点においても実使用上問題があった。比較例 2 の筐体は、樹脂部材のみで構成されたものであり、軽量化および小型化という観点においては優れているものの、実使用上の耐久性という観点では信頼性に欠けるものであった。比較例 3 の筐体は、樹脂部材と金属部材とが強固に接合されていない構成を採用したものである。このため、軽量化および小型化という観点においては優れているものの、実使用上の耐久性という観点において信頼性に欠けるものであった。

[0117] この出願は、2014 年 4 月 16 日に提出された日本出願特願 2014-084337 号を基礎とする優先権を主張し、その開示の全てをここに取り込む。

請求の範囲

- [請求項1] 熱硬化性樹脂により構成される樹脂部材と金属部材とを密着してなる樹脂金属複合体により構成され、かつ内壁面が前記樹脂部材により構成されている電力変換装置の筐体。
- [請求項2] 前記樹脂金属複合体は、厚み d_1 の前記樹脂材料と厚み d_2 の前記金属材料とが積層しており、かつ前記樹脂材料と前記金属材料との厚みの比 d_1/d_2 が3となるように切り出した試験片に対して、25℃の温度条件で、2つの支持台上に前記樹脂部材の露出面を上にして配置して応力を加えない第1状態と、前記樹脂部材側の面の中央に140MPaの1点応力を厚さ方向に印加して前記第1状態から中央を沈み込ませた第2状態とを、周波数30Hzで交互に100万回繰り返したとき、剥離も破断もしない曲げ疲労耐性を有する請求項1に記載の電力変換装置の筐体。
- [請求項3] 前記樹脂金属複合体は、厚み d_1 の前記樹脂材料と厚み d_2 の前記金属材料とが積層しており、かつ前記樹脂材料と前記金属材料との厚みの比 d_1/d_2 が3となるように切り出し、180℃で8時間焼成処理して得られた試験片に対して、-40℃で1時間静置した後、150℃で1時間静置するヒート処理を1サイクルとしたとき、前記ヒート処理を1000サイクル行った後、JIS K6911に準じて測定した前記試験片の曲げ強度が、200MPa以上である請求項1または2に記載の電力変換装置の筐体。
- [請求項4] 前記樹脂金属複合体は、厚み d_1 の前記樹脂材料と厚み d_2 の前記金属材料とが積層しており、かつ前記樹脂材料と前記金属材料との厚みの比 d_1/d_2 が3となるように切り出し、180℃で8時間焼成処理して得られた試験片に対して、-40℃で1時間静置した後、150℃で1時間静置するヒート処理を1サイクルとしたとき、前記ヒート処理を1000サイクル行った後、JIS K6911に準じて測定した前記試験片の曲げ弾性率が、20GPa以上である請求項1

乃至3のいずれか一項に記載の電力変換装置の筐体。

[請求項5] 前記樹脂部材の密度が 2.5 g/cm^3 以下である請求項1乃至4のいずれか一項に記載の電力変換装置の筐体。

[請求項6] 前記樹脂金属複合体で作製した大きさ $10 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$ 、厚さ 4 mm の試験片を、KEC法にて測定した周波数 1 GHz の電磁波のシールド効果が 90 dB 以上である請求項1乃至5のいずれか一項に記載の電力変換装置の筐体。

[請求項7] 前記樹脂部材が、フェノール樹脂、エポキシ樹脂および不飽和ポリエステル樹脂からなる群より選択される1以上を含む請求項1乃至6のいずれか一項に記載の電力変換装置の筐体。

[請求項8] 前記樹脂部材は、 40°C 、 $90\% \text{ RH}$ で 1000 時間耐湿処理をした後に測定した耐湿絶縁破壊強さが、 5 MV/m 以上である請求項1乃至7のいずれか一項に記載の電力変換装置の筐体。

[請求項9] 前記金属部材が、アルミニウムまたはステンレス材を含む請求項1乃至8のいずれか一項に記載の電力変換装置の筐体。

[請求項10] 前記樹脂金属複合体は、少なくとも前記樹脂部材と密着する密着面のASTM-D523に準拠して測定した測定角度 60° の光沢度が 0.1 以上 30 以下である前記金属部材と、前記樹脂部材とを密着してなる請求項1乃至9のいずれか一項に記載の電力変換装置の筐体。

[請求項11] 前記樹脂金属複合体において、前記金属部材における前記樹脂部材との密着面は複数の凹部を有し、

前記凹部の断面形状は、前記凹部の開口部から底部までの間の少なくとも一部に前記開口部の断面幅よりも大きい断面幅を有する形状となっている、請求項1乃至10のいずれか一項に記載の電力変換装置の筐体。

[請求項12] 前記樹脂金属複合体において、前記金属部材における前記樹脂部材との密着面には、複数の凹部が設けられた粗化層が形成されており、前記粗化層の厚みが、 $3 \mu\text{m}$ 以上 $40 \mu\text{m}$ 以下である、請求項1乃至

11のいずれか一項に記載の電力変換装置の筐体。

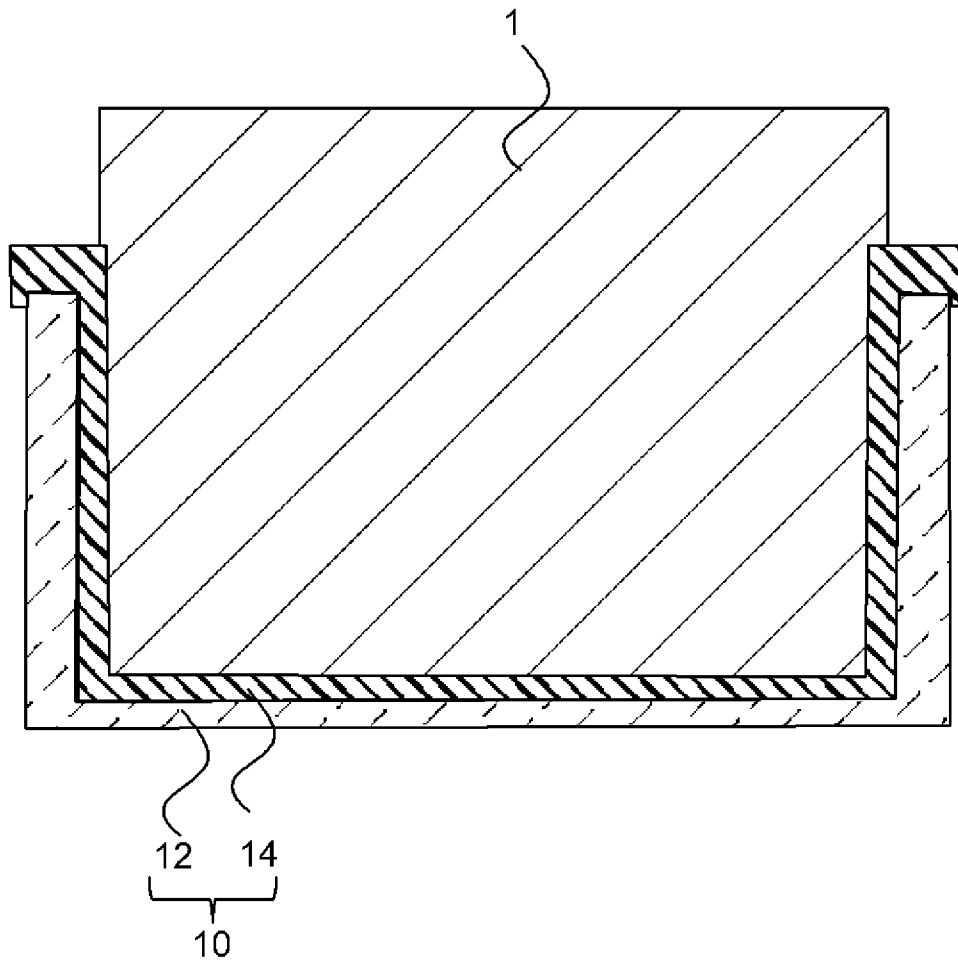
[請求項13] 前記樹脂金属複合体において、少なくとも前記樹脂部材と密着する密着面の見掛け表面積に対する窒素吸着BET法による実表面積の比が100以上400以下である前記金属部材と、前記樹脂部材とを密着してなる請求項1乃至12のいずれか一項に記載の電力変換装置の筐体。

[請求項14] 前記電力変換装置が、インバータまたはコンバータである請求項1乃至13のいずれか一項に記載の電力変換装置の筐体。

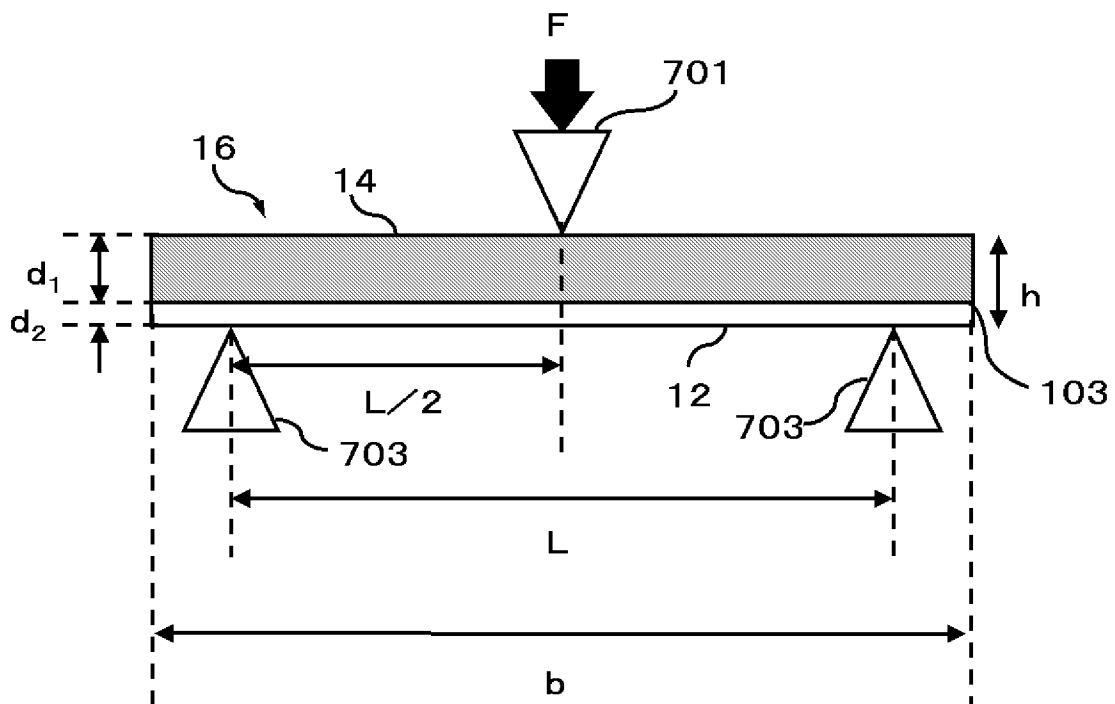
[請求項15] 樹脂部材と金属部材を接合してなる樹脂金属複合体により構成され、かつ内壁面が前記樹脂部材により構成されている電力変換装置の筐体の、前記樹脂部材を形成するために用いられる樹脂組成物であって、
熱硬化性樹脂を含む熱硬化性樹脂組成物。

[請求項16] 請求項1乃至14のいずれか一項に記載の電力変換装置の筐体を備える電力変換装置。

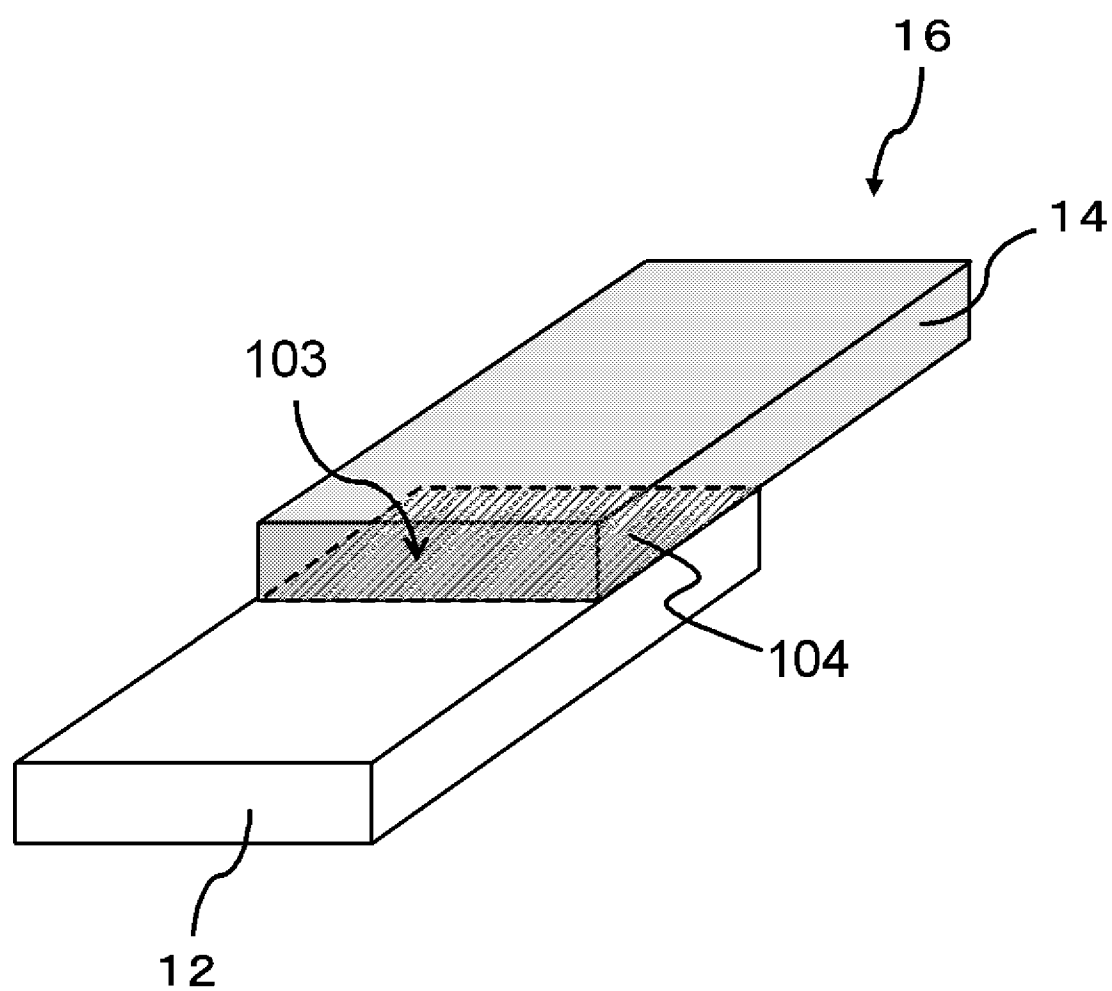
[図1]



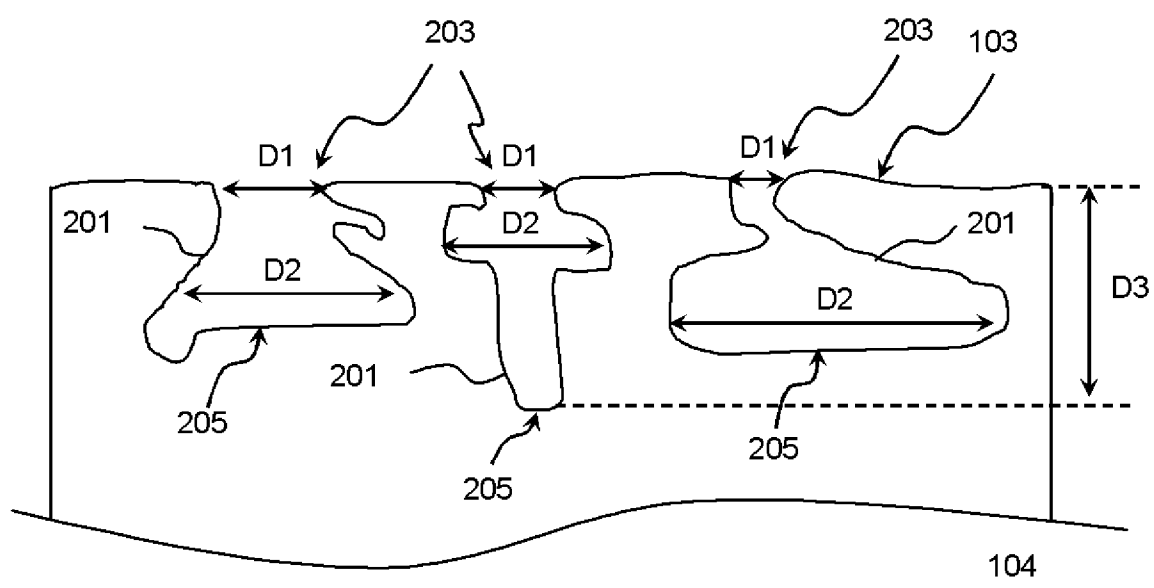
[図2]



[図3]



[図4]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/058275

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02M1/00(2007.01)i, B32B15/08(2006.01)i, C08L61/10(2006.01)i, H02M3/00(2006.01)i, H02M7/04(2006.01)i, H05K5/02(2006.01)i, H02M7/48(2007.01)n

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)

H02M1/00, B32B15/08, C08L61/10, H02M3/00, H02M7/04, H05K5/02, H02M7/48

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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.
X Y	JP 2000-358360 A (Densei-Lambda Kabushiki Kaisha), 26 December 2000 (26.12.2000), paragraphs [0019] to [0039]; fig. 1 to 2 (Family: none)	1, 15 2-14, 16
Y	JP 11-89248 A (Denso Corp.), 30 March 1999 (30.03.1999), paragraphs [0017] to [0054]; fig. 1, 3 (Family: none)	2-14, 16
Y	JP 2012-99821 A (ABB Technology AG.), 24 May 2012 (24.05.2012), paragraphs [0031] to [0046]; fig. 1 & US 2012/0106087 A1 & EP 2447990 A1 & CN 102456640 A & KR 10-2012-0046701 A	3-14, 16

☒ 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

"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
14 April 2015 (14.04.15)

Date of mailing of the international search report
21 April 2015 (21.04.15)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/058275

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2013-1818 A (Sumitomo Chemical Co., Ltd.), 07 January 2013 (07.01.2013), paragraphs [0009] to [0044] & US 2012/0322935 A1 & DE 102012011898 A1 & CN 102838804 A	4-14,16
Y	JP 2000-63621 A (Sumitomo Bakelite Co., Ltd.), 29 February 2000 (29.02.2000), paragraphs [0007] to [0012] (Family: none)	8-14,16
Y	JP 2013-25902 A (Samsung Yokohama Research Institute), 04 February 2013 (04.02.2013), paragraphs [0015] to [0028]; fig. 1 & US 2013/0017440 A1 & CN 102881914 A	11-14,16
A	JP 2013-52671 A (MEC Co., Ltd.), 21 March 2013 (21.03.2013), paragraphs [0045] to [0069]; fig. 1, 4 to 16 & JP 2014-111392 A & WO 2013/011769 A1 & TW 201304930 A & CN 103635298 A & KR 10-2014-0035926 A	11-14,16
A	EP 1559542 A1 (TAISEI PLAS Co., Ltd.), 03 August 2005 (03.08.2005), paragraphs [0039] to [0056]; fig. 2 & JP 4292514 B2 & US 2006/0257624 A1 & WO 2004/041533 A1 & CN 1717323 A & AU 2003277618 A & HK 1086227 A & KR 10-2005-0086437 A	11-14,16

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H02M1/00(2007.01)i, B32B15/08(2006.01)i, C08L61/10(2006.01)i, H02M3/00(2006.01)i,
H02M7/04(2006.01)i, H05K5/02(2006.01)i, H02M7/48(2007.01)n

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（I P C））

Int.Cl. H02M1/00, B32B15/08, C08L61/10, H02M3/00, H02M7/04, H05K5/02, H02M7/48

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 5 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 5 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 5 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
X Y	JP 2000-358360 A（デンセイ・ラムダ株式会社）2000.12.26, 段落 0019-0039, 第1-2図（ファミリーなし）	1, 15 2-14, 16
Y	JP 11-89248 A（株式会社デンソー）1999.03.30, 段落 0017-0054, 第1図, 第3図（ファミリーなし）	2-14, 16
Y	JP 2012-99821 A（アーベーバー・テヒノロジー・アーゲー） 2012.05.24, 段落 0031-0046, 第1図 & US 2012/0106087 A1 & EP 2447990 A1 & CN 102456640 A & KR 10-2012-0046701 A	3-14, 16

☒ 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、一般的技術水準を示すもの
「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矛盾するものではなく、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

1 4 . 0 4 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

2 1 . 0 4 . 2 0 1 5

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）
郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

田村 耕作

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 5 7

3 V

5 7 8 1

C (続き) . 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	JP 2013-1818 A (住友化学株式会社) 2013. 01. 07, 段落 0009-0044 & US 2012/0322935 A1 & DE 102012011898 A1 & CN 102838804 A	4-14, 16
Y	JP 2000-63621 A (住友ベークライト株式会社) 2000. 02. 29, 段落 0007-0012 (ファミリーなし)	8-14, 16
Y	JP 2013-25902 A (株式会社サムスン横浜研究所) 2013. 02. 04, 段落 0015-0028, 第 1 図 & US 2013/0017440 A1 & CN 102881914 A	11-14, 16
A	JP 2013-52671 A (メック株式会社) 2013. 03. 21, 段落 0045-0069, 第 1 図, 第 4-16 図 & JP 2014-111392 A & WO 2013/011769 A1 & TW 201304930 A & CN 103635298 A & KR 10-2014-0035926 A	11-14, 16
A	EP 1559542 A1 (TAISEI PLAS Co., Ltd.) 2005. 08. 03, 段落 0039-0056, 第 2 図 & JP 4292514 B2 & US 2006/0257624 A1 & WO 2004/041533 A1 & CN 1717323 A & AU 2003277618 A & HK 1086227 A & KR 10-2005-0086437 A	11-14, 16