

明 細 書

発明の名称：金属複合体の製造方法および電子機器筐体

技術分野

[0001] 本発明は、金属複合体の製造方法、および、この製造方法により製造された金属複合体を用いた電子機器筐体に関する。

背景技術

[0002] 金属材と繊維強化樹脂材とを積層し、互いに接着して得られる金属複合体は、金属が有する均質的な強度や弾性率、優れた耐衝撃性、熱伝導性等の特性と、繊維強化樹脂が有する優れた軽量性、比強度、比弾性率および繊維方向による補強の異方性等の特性とを両立することができ、航空機部材、自動車部材、船舶部材、機械機構部材、ゴルフクラブ、ノートパソコンやビデオカメラなどの電子機器の部材などの多様な用途に用いられている（特許文献1乃至5を参照）。

[0003] 従来、このような金属複合体を製造する場合に、金属材を所定の形状に成形した後、熱硬化性樹脂が含浸された強化繊維を金属材に対し配置して、その後、熱硬化性樹脂を硬化させて、金属材に対して繊維強化樹脂部材を形成することが一般的であった。例えば、特許文献4では、成形された後の金属パイプに、強化繊維および熱硬化樹脂を注入して、熱硬化性樹脂を硬化させることにより、金属と繊維強化樹脂からなる複合構造材を製造している。

[0004] また、二つ以上の金属材を、熱硬化性樹脂を介して接着した金属複合材を製造する場合にも、同様に金属材をそれぞれ所定形状に成形した後、金属材と金属材の間に熱硬化性樹脂を配置して、熱硬化性樹脂を硬化させることにより、双方の金属材を接着させることが一般的であった。

[0005] しかしながら、このような製造方法では、金属材の成形工程と、金属材に複合化される他の構造材の成形工程とが、別々に必要となり、複合体の製造効率が悪いという問題がある。また、金属材を複雑な形状に成形した後で熱硬化性樹脂を配置するため、製造工程の中で接着強度を保証することが困難

であり、例えば、一部でも熱硬化性樹脂が十分に配置されていないと、金属複合体が剥離するなどして使用時に問題が生じる恐れがある。

[0006] また、従来、このような電子機器筐体の金属複合体においては、金属材料と繊維強化樹脂の間に接着層となる樹脂を配し、一体化させることが一般的であった。例えば、特許文献1では、金属材料と繊維強化樹脂の接着強度を向上させるために、熱可塑性樹脂からなる粒子を含有した中間樹脂層を有した構成となっている。金属複合体の形状に関しても、複雑な形状を必要とする場合は、予め金属材料をプレス成形や打ち抜き成形などで目的の形状に加工したものに繊維強化樹脂を一体化させることが一般的であった（特許文献6および特許文献7）。

[0007] 更に、このような電子機器筐体では、接着を目的とした樹脂層を必要とするため、薄肉性や設計自由度に乏しく、電子機器の軽量化に欠けるという問題がある。また、金属材料の加工工程と繊維強化樹脂の加工工程とが、それぞれ別々に必要となり、必要とする設備の増加などのため、筐体の製造コストが高くなるという問題がある。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献1：JP2006-297929A

特許文献2：JP2010-131789A

特許文献3：JP2005-161852A

特許文献4：JP2006-123209A

特許文献5：JP2009-045129A

特許文献6：JP2001-298277A

特許文献7：JP2001-315162A

特許文献8：JP03-177418A

特許文献9：JP03-296525A

特許文献10：JP64-70523A

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] 本発明の課題は、金属材同士、または、金属材と他の構造材とを樹脂硬化層を介して複合化した金属複合体の製造方法、および、この製造方法により得られた金属複合体を用いた電子機器筐体であって、市場で要望されている薄肉性および軽量性に優れた高剛性を有する設計自由度の高い金属材の複雑形状への加工性と、短時間での複合化を容易に達成し、且つ、接着強度に優れた金属複合体を製造することが可能な、製造方法、および、電子機器筐体を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0010] 本発明の金属複合体の製造方法の第1の態様は、次の通りである。

[0011] 熱硬化性樹脂を含有するシート状基材と該シート状基材に接するように配置または積層された金属材とを備えるプリフォームを加熱および加圧により成形して、前記金属材と該金属材に沿って設けられた前記熱硬化性樹脂が硬化して形成された樹脂硬化層とを備える金属複合体を製造する方法であって、

前記プリフォームを成形金型内に配置し、前記前記金属材を、180℃を超える温度に加熱するとともに、前記シート状基材を加熱して前記熱硬化性樹脂を半硬化させる第1の工程と、

該第1の工程で加熱された前記プリフォームを、加圧により複合体に成形する第2の工程と、

を備え、前記熱硬化性樹脂は、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、ベンゾオキサジン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少なくとも一種である、金属複合体の製造方法。

[0012] 本発明の金属複合体の製造方法の第2の態様は、次の通りである。

[0013] エポキシ樹脂、フェノール樹脂、ベンゾオキサジン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少なくとも一種である熱硬化性樹脂を含有するシート状基材と、該シート状基材に接するように配置または積層された金属材とを備えるプリフォームを加熱および加圧により成形して、前

記金属材料と該金属材料に沿って設けられた前記熱硬化性樹脂が硬化して形成された樹脂硬化層とを備える金属複合体を製造する方法であって、

前記プリフォームを成形金型内に配置し、前記金属材料の表面温度が180℃を超えるまで加熱するとともに、前記熱硬化性樹脂を半硬化させる第1の工程と、

該第1の工程で加熱された前記プリフォームを、加圧により金属複合体に成形する第2の工程と、

該第2の工程で成形された金属複合体を、加圧下において、前記金属材料の表面温度が180℃以下となるまで冷却する第3の工程と、

を備える、金属複合体の製造方法。

[0014] 第2の態様において、前記第3の工程において金属複合体に加えられる加圧の圧力の大きさが、前記第2の工程において前記プリフォームに加えられる加圧の圧力の大きさのそれ以上であることが好ましい。

[0015] 第2の態様において、前記金属材料の表面温度が180℃を超える温度から180℃以下まで降下するまでの時間が3分以内であることが好ましい。

[0016] 第1あるいは2の態様において、前記第1の工程において、前記プリフォームを配置する際の前記成形金型が、200乃至300℃の表面温度を有することが好ましい。

[0017] 本発明の金属複合体の製造方法の第3の態様は、次の通りである。

[0018] 金属材料と該金属材料に沿って設けられた樹脂硬化層とを備える金属複合体を製造する方法であって、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、ベンゾオキサジン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少なくとも一種の熱硬化性樹脂を含有するシート状基材を加熱して、前記熱硬化性樹脂を半硬化させる第1-1の工程と、

前記金属材料を、その表面温度が180℃を超えて400℃以下となるように予熱する第1-2の工程と、

表面温度が180℃以下である成形金型内に、前記第1-1の工程を経た前記シート状基材と、前記第1-2の工程により予熱された前記金属材料とを

接するように配置または積層し、加圧により金属複合体に成形する第2の工程と、

を備える、金属複合体の製造方法。

[0019] 第3の態様において、前記第1-1の工程および前記第1-2の工程の加熱が異なる装置で行われることが好ましい。

[0020] 第3の態様において、前記第1-1の工程が、前記第1-2の工程と並行して行われることが好ましい。

[0021] 第3の態様において、前記第1-1の工程および前記第1-2の工程を実質的に同時に完了させることが好ましい。

[0022] 第3の態様において、前記第2の工程において、金属複合体を成形する前に、前記シート状基材と前記金属材が一体化したプリフォームを形成させることが好ましい。

[0023] 第1、2あるいは3の態様において、前記シート状基材は、130℃で10分間加熱したときに、そこに含まれる前記熱硬化性樹脂が硬化状態になることが好ましい。

[0024] 第1、2あるいは3の態様において、前記熱硬化性樹脂に硬化促進剤が添加されていることが好ましい。

[0025] 第1、2あるいは3の態様において、前記プリフォームが、前記シート状基材またはその積層体の両面に、それぞれ前記金属材が積層されて構成されるサンドイッチ構造を有することが好ましい。

[0026] 第1、2あるいは3の態様において、前記第2の工程あるいは第3の工程において、熱硬化性樹脂が硬化状態となることが好ましい。

[0027] 第1、2あるいは3の態様において、前記第2の工程あるいは第3の工程において、プリフォームのエッジがヘミング加工または圧接加工されていることが好ましい。

[0028] 第1、2あるいは3の態様において、前記シート状基材が、繊維基材に熱硬化性樹脂が含浸されてなるプリプレグであることが好ましい。

[0029] 第1、2あるいは3の態様において、前記金属材が、0.1乃至1mmの

厚みを有する板状体であることが好ましい。

[0030] 第1、2あるいは3の態様において、前記金属材料は、前記シート状基材と

接する面において、物理的、化学的または電氣的に表面粗化されていること

が好ましい。

[0031] 第1、2あるいは3の態様において、前記金属材料は、前記シート状基材と

接する面において、 0.01 乃至 $100\mu m$ の孔が複数形成されていること

が好ましい。

[0032] 第1、2あるいは3の態様において、前記金属材料を形成する金属が、アル

ミニウム合金、マグネシウム合金およびチタン合金からなる群より選択され

る少なくとも一種であることが好ましい。

[0033] 第1、2あるいは3の態様において、製造される金属複合体における前記

金属材料と前記樹脂硬化層との接着強度が、 $10MPa$ 以上であることが好ま

しい。

[0034] 本発明の電子機器筐体は、次の通りである。

[0035] 上記の本発明の金属複合体の製造方法のいずれかによって製造された金属

複合体Aと、熱可塑性樹脂bからなる部材Bとが一体化されてなる電子機器

筐体。

[0036] 電子機器筐体において、前記部材Bが、ボス、リブ、ヒンジ、フレーム、

キーボードベース、立ち壁、台座から選択される少なくとも一種の形状部材

であることが好ましい。

[0037] 電子機器筐体において、前記金属複合体Aの表面に、更に熱可塑性樹脂c

からなる樹脂層Cが形成されていることが好ましい。

[0038] 電子機器筐体において、前記熱可塑性樹脂cの融点またはガラス転移温度

が、前記熱可塑性樹脂bよりも低いことが好ましい。

[0039] 電子機器筐体において、前記金属材料の表面に形成されている孔に、前記熱

硬化性樹脂、前記熱可塑性樹脂b、前記熱可塑性樹脂cから選択される少な

くとも一種が充填されていることが好ましい。

[0040] 電子機器筐体において、前記金属複合体Aに、レーザー加工、溝加工、穴

加工、継ぎ手加工から選択される少なくとも一種の形状が施され、該形状に前記部材 B が嵌合することで接合されていることが好ましい。

[0041] 電子機器筐体において、前記金属複合体 A を成形金型にインサートし、前記部材 B を射出成形することで接合されていることが好ましい。

発明の効果

[0042] 本発明によれば、金属材同士、または金属材と他の構造材とを樹脂硬化層を介して複合化した金属複合体の製造方法であって、市場で要望されている薄肉性および軽量性に優れた高剛性を有する設計自由度の高い金属材の複雑形状への加工性と短時間での複合化とを容易に達成し、且つ、接着強度に優れた金属複合体を製造可能な、製造方法および電子機器筐体を提供される。また無線通信機能を搭載した電子機器に要求される、電磁波シールド性およびアンテナ特性を付与した電子機器筐体についても提供される。

図面の簡単な説明

[0043] [図1]図 1 (a)、(b) および (c) は、本発明に係る金属複合体の製造方法の一実施形態における製造の手順を説明する模式断面図である。

[図2]図 2 は、本発明に係る金属複合体の製造方法における温度、時間および圧力の関係の一例を示すグラフである。

[図3]図 3 は、本発明に係る金属複合体の製造方法における温度、時間および圧力の関係の他の一例を示すグラフである。

[図4]図 4 (a-1)、(a-2)、(b) および (c) は、本発明に係る金属複合体の製造方法の他の一実施形態における製造の手順を説明する模式断面図である。

[図5]図 5 は、本発明に係る金属複合体の製造方法における温度、時間および圧力の関係の他の一例を示すグラフである。

[図6]図 6 (a)、(b) および (c) は、本発明に係る金属複合体の製造方法の他の一実施形態における製造の手順を説明する模式断面図である。

[図7]図 7 は、本発明に係る電子機器筐体の一例の模式斜視図である。

[図8]図 8 (a)、(b)、(c) および (d) は、本発明に係る電子機器筐

体の作製方法の一実施形態における作製の手順を説明する模式断面図である。

[図9]図9は、本発明に係る、熱可塑性樹脂bからなる部材Bを2種類併用した電子機器筐体の一例の模式斜視図である。

[図10]図10(a)、(b)および(c)は、本発明の実施例1-(11)におけるヘミング加工の手順を説明する模式断面図である。

[図11]図11(a-1)、(a-2)、(b)および(c)は、本発明に係る金属複合体の製造方法の他の一実施形態における製造の手順を説明する模式断面図である。

[図12]図12は、本発明の実施例4-(5)における継ぎ手加工を施した金属複合体の一例の部分模式斜視図である。

[図13]図13(a)および(b)は、本発明の実施例4-(8)において使用される射出成形金型の一例の分解模式平面図である。

[図14]図14は、本発明における金属複合体の接着強度測定のためのサンプルを示す模式斜視図である。

[図15]図15は、本発明における電子機器筐体の剛性評価の一例を説明する模式斜視図である。

発明を実施するための形態

[0044] 本発明に係る金属複合体の製造方法および電子機器筐体の好適な実施形態について、以下に説明する。

[0045] 本実施形態においては、後述する第1の工程から第2の工程および／または第3の工程を備える製造方法により、熱硬化性樹脂を含有するシート状基材と該シート状基材に接するように配置または積層された金属材とを備えるプリフォームから、金属材と該金属材に沿って形成された樹脂硬化層とを備える金属複合体が製造される。

[0046] シート状基材：

シート状基材は、熱硬化性樹脂を含有し、後述する第1の工程および／または第1-1の工程で該熱硬化性樹脂は硬化反応が開始される。また、シー

ト状基材は、後述する第2の工程および／または第3の工程で金属材とともに成形され、金属複合体における樹脂硬化層を形成する。

[0047] シート状基材は、熱硬化性樹脂または該熱硬化性樹脂を含む樹脂組成物を、シート状で取り扱うために加工した材料であれば特に制限はなく、例えば、離型紙等の上にコーティングした樹脂フィルムであってよい。更に、繊維基材に熱硬化性樹脂または該熱硬化性樹脂を含む樹脂組成物を含浸させたプリプレグであってもよい。

[0048] このとき、含浸の度合いについては、特に制限はなく、ボイドがない完全含浸状態や、繊維基材の内部に全体的にボイドを有する半含浸状態、繊維基材に不均一に含浸部と未含浸部を有する部分含浸状態、更には、基材の表層部に樹脂組成物が付着し固定されている状態であってもよい。

[0049] 熱硬化性樹脂は、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、ベンゾオキサジン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少なくとも一種を用いることで、生産性と経済性に優れた金属複合体を得ることができる。なかでも、接着強度の高さと、最終製品が使用される環境に応じて設計の自由度の高さから、エポキシ樹脂が好ましい。

[0050] エポキシ樹脂としては、分子内にエポキシ基を2個以上有するエポキシ樹脂が挙げられる。また、エポキシ樹脂としては、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、ビスフェノールS型エポキシ樹脂、ノボラック型エポキシ樹脂、ナフタレン型エポキシ樹脂、フルオレン骨格を有するエポキシ樹脂、フェノール化合物とジシクロペンタジエンの共重合体を原料とするエポキシ樹脂、ジグリシジルレゾルシノール、テトラキス（グリシジルオキシフェニル）エタン、トリス（グリシジルオキシフェニル）メタンのようなグリシジルエーテル型エポキシ樹脂組成物、テトラグリシジリアミノジフェニルメタン、トリグリシジリアミノフェノール、トリグリシジリアミノクレゾール、テトラグリシジルクシレンジアミンのようなグリシジリアミン型エポキシ樹脂、ビフェニル型エポキシ樹脂、イソシアネート変性エポキシ樹脂およびこれらの混合物を用いることができる。

- [0051] エポキシ樹脂は、これらの樹脂単独でも混合でもよい。特に、耐熱性、機械特性のバランスがとれた複合材料を要する場合には、多官能エポキシ樹脂に、2官能エポキシ樹脂を組み合わせたもの、例えば、多官能エポキシ樹脂としてフェノールノボラック型エポキシ樹脂、2官能エポキシ樹脂としてビスフェノールA型エポキシ樹脂やビスフェノールF型エポキシ樹脂を組み合わせることが好ましい。
- [0052] シート状基材は、130℃×10分の条件で熱硬化性樹脂が硬化状態になるものであることが好ましい。このようなシート状基材を得るため、上記の熱硬化性樹脂を含む樹脂組成物に、更に、硬化剤を含有させてもよい。
- [0053] 硬化剤の種類は、熱硬化性樹脂に応じて適宜変更することができる。例えば、熱硬化性樹脂としてエポキシ樹脂を用いる場合、硬化剤としては、アミン化合物、酸無水物、フェノール類、メルカプタン、イソシアネートなどの重付加型の重合をする硬化剤、3級アミン、イミダゾール、ルイス酸などのアニオン重合またはカチオン重合の開始剤として機能する硬化剤が例示できる。とりわけアミン化合物は、用途に応じて設計の自由度が高く好ましい。
- [0054] アミン系硬化剤とは、硬化剤分子中に窒素原子を有する硬化剤をいう。かかる硬化剤としては、例えば、4,4'-ジアミノジフェニルメタン、4,4'-ジアミノジフェニルスルホン、3,3'-ジアミノジフェニルスルホン、m-フェニレンジアミン、m-キシリレンジアミン、ジエチルトルエンジアミンのような活性水素を有する芳香族ポリアミン化合物、ジエチレントリアミン、トリエチレンテトラミン、イソホロンジアミン、ビス(アミノメチル)ノルボルナン、ビス(4-アミノシクロヘキシル)メタン、ポリエチレンイミンのダイマー酸エステルのような活性水素を有する脂肪族アミン、これらの活性水素を有するアミンにエポキシ化合物、アクリロニトリル、フェノールとホルムアルデヒド、チオ尿素などの化合物を反応させて得られる変性アミン、ジメチルアニリン、ジメチルベンジルアミン、2,4,6-トリス(ジメチルアミノメチル)フェノールや1置換イミダゾールのような活性水素を持たない第三アミン、ジシアンジアミド、テトラメチルグアニジン

、アジピン酸ヒドラジドやナフタレンジカルボン酸ヒドラジドのようなポリカルボン酸ヒドラジド、三フッ化ホウ素エチルアミン錯体のようなルイス酸錯体などを用いることができる。

[0055] アミン系硬化剤としては、上記のうち、ジシアンジアミド、芳香族ポリアミン化合物が好ましく用いられる。ジシアンジアミドまたは芳香族ポリアミン化合物を用いると、熱硬化性樹脂から弾性率、耐熱性の高い硬化物が得られるようになる。中でも、ジシアンジアミド、3, 3'-ジアミノジフェニルスルホン、4, 4'-ジアミノジフェニルスルホンは、耐熱性、特に耐湿耐熱性に優れる樹脂組成物が得られること、エポキシ樹脂中に混合し一液化した場合に優れた貯蔵安定性を有すること、等の理由から特に好ましい。

[0056] 上記樹脂組成物においては、上記硬化剤に、硬化活性を高めるために適当な硬化促進剤を組み合わせることができる。例えば、ジシアンジアミドに、3-フェニル-1, 1-ジメチル尿素、3-(3, 4-ジクロロフェニル)-1, 1-ジメチル尿素(DCMU)、3-(3-クロロ-4-メチルフェニル)-1, 1-ジメチル尿素、2, 4-ビス(3, 3-ジメチルウレイド)トルエンのような尿素誘導体やイミダゾール誘導体を硬化促進剤として組み合わせ好適に用いることができる。特に、ジシアンジアミドと1分子中にウレア結合を2個以上有する化合物との組み合わせが好ましい。1分子中にウレア結合を2個以上有する化合物としては、1, 1'-4-(メチル-m-フェニレン)ビス(3, 3-ジメチルウレア)あるいは4, 4'-メチレンビス(フェニルジメチルウレア)が好ましく、これらの化合物を用いた場合、厚みの薄い板での難燃性が大幅に向上し、電気・電子材料用途等に応用した場合、特に好ましい。

[0057] このほかには、芳香族アミンに三フッ化ホウ素エチルアミン錯体を硬化促進剤として組合せる例などがあげられる。

[0058] また、硬化剤として、70乃至125℃の温度で活性化する潜在性硬化剤を用いることもできる。ここで、70乃至125℃の温度で活性化するとは、反応開始温度が70乃至125℃の範囲にあることをいう。かかる反応開

始温度（以下、活性化温度という）は、示差走査熱量分析（以下、DSCと省略する）により求めることができる。

[0059] 具体的には、エポキシ当量184乃至194程度のビスフェノールA型エポキシ樹脂100重量部に評価対象の硬化剤10重量部を加えたエポキシ樹脂組成物について、DSCにより得られる発熱曲線の変曲点の接線とベースラインの接線の交点から求められる。かかる活性化温度が70℃未満であると保存安定性が十分でない場合があり、125℃を超えると期待されるような硬化性が得られない場合がある。

[0060] 70乃至125℃の温度で活性化する潜在性硬化剤としては、かかる活性化温度を有するものであれば特に限定されないが、例えば、アミンアダクト型潜在性硬化剤、クロロカゾセル型潜在性硬化剤、アミンイミド、プロックイソシアネート、エポキシ基にカルバミン酸エステルを反応させオキサゾリジノン環とした化合物、ビニルエーテルプロックカルボン酸、イミダゾールとカルボン酸との塩、アミンのカルバミン塩、オニウム塩などが挙げられる。

[0061] ここで、アミンアダクト型潜在性硬化剤とは、一級、二級もしくは三級アミノ基をもつ化合物や、種々のイミダゾール化合物などの活性成分を、それらの化合物と反応しうる何らかの化合物と反応させることによって高分子量化し、保存温度にて不溶化したもののことをいう。アミンアダクト型潜在性硬化剤としては、“アミキュア”（登録商標）PN-23、MY-24（以上、味の素フアイナクノ（株）製）、“アデカハードナー”（登録商標）EH-3293S、EH-3615S、EH-4070S（以上、旭電化工業（株）製）、“フジキュア”（登録商標）FXE1000、FXR-1020（以上、富士化成工業（株）製）などを用いることができ、クロロカゾセル型潜在性硬化剤としては、“ノバキュア”（登録商標）HX-3721、HX-3722（旭化成工業（株）製）などを用いることができる。これらの中でも、特に“アミキュア”PN-23のようなアミンアダクト型潜在性硬化剤は、室温での優れた保存安定性を有しかつ速硬化性が顕著なた

め好ましく用いることができる。

[0062] マイクロカプセル型潜在性硬化剤とは、硬化剤を核とし、これをエポキシ樹脂、ポリウレタン樹脂、ポリスチレン系、ポリイミドなどの高分子物質や、サイクロデキストリン等をシェルとして被膜したりすることにより、エポキシ樹脂と硬化剤との接触を減少させたものである。

[0063] また、硬化剤が70乃至125℃の温度で活性化する潜在性硬化剤に特定の硬化剤を組み合わせると、低温で速硬化が可能となる。例えば、“アミキュア”PN-23などの潜在性硬化剤にバジンジヒドラジドなどの有機酸ジヒドラジドを組み合わせた硬化剤系や、潜在性硬化剤にDCMUなどの硬化促進剤を組み合わせた硬化剤系は、110℃の温度において10分程度で硬化が可能となり好ましく用いられる。

[0064] また、上記特許文献8記載のアミン化合物とエポキシ樹脂と尿素を加熱反応させてなる硬化剤化合物、上記特許文献9記載のN、N-ジアルキルアミノアルキルアミンと活性水素を持つ窒素原子を有する環状アミンとイソシアネート、或いはさらにエポキシドとを加熱反応させて得られた硬化性化合物、上記特許文献10記載の特定のアミン化合物をコアとし、それとエポキシ樹脂の反応生成物をシェルとしてなるマスターバッチ型硬化剤等も用いることができる。また、これらを単独または複数組み合わせてもよい。

[0065] 上記樹脂組成物には、上記以外の化合物を配合してもよく、例えば、粘弾性制御や靱性付与のために熱可塑性樹脂を配合することができる。また、難燃性を向上させるためにハロゲン化合物、リン系化合物、窒素系化合物、金属酸化物、金属水酸化物等を配合することもできる。

[0066] シート状基材が、プリプレグである場合、繊維基材としては、例えば、一方向に引き揃えられた長繊維、単一のトウ、織物、ニット、不織布、マット、組み紐などの繊維構造物を用いることができる。

[0067] 一方向プリプレグは、繊維の方向が一方向に揃っており、繊維の曲がりが少なく、繊維方向の強度利用率が高いため、好ましく用いられる。また、複数の一方向プリプレグを、適切な層構成で積層したものを繊維基材として用

いと、各方向の弾性率、強度を自由に制御できるため好ましい。織物プリプレグも、強度、弾性率の異方性が少ない材料が得られることから好ましい。複数種のプリプレグ、例えば、一方向プリプレグと織物プリプレグの両方を用いて、繊維基材を形成することも可能である。

[0068] 繊維基材に用いられる繊維としては、特に制限はないが、いわゆる強化繊維が好ましく、材料の軽量化や高強度化の要求が高い用途において、比弾性率、比強度に優れた炭素繊維が特に好ましい。

[0069] 繊維強化として、炭素繊維以外にも、ガラス繊維、アラミド繊維、ボロン繊維、PBO繊維、高強力ポリエチレン繊維、アルミナ繊維、および炭化ケイ素繊維などの繊維を用いることができ、これらの繊維を2種以上混合して用いても構わない。

[0070] 熱硬化性樹脂または熱硬化性樹脂を含む樹脂組成物は、繊維基材の内部まで含浸されていても良いし、シート状プリプレグの場合などは、その表面付近に局在化されていても良い。

[0071] プリプレグは、熱硬化性樹脂または熱硬化性樹脂を含む樹脂組成物を、メチルエチルケトン、メタノール等の溶媒に溶解して低粘度化し含浸させるウェット法や、加熱により低粘度化し、含浸させるホットメルト法等によって製造できる。

[0072] ウェット法は、繊維基材を熱硬化性樹脂または熱硬化性樹脂を含む樹脂組成物の溶液に浸漬した後、引き上げ、オープン等を用いて溶媒を蒸発せしめ、プリプレグを得る方法である。

[0073] ホットメルト法は、加熱により低粘度化した熱硬化性樹脂（または熱硬化性樹脂を含む樹脂組成物）を直接繊維基材に含浸させる方法、または、熱硬化性樹脂（または、熱硬化性樹脂を含む樹脂組成物）を離型紙等の上にコーティングした樹脂フィルムを作製しておき、次に繊維基材の両側若しくは片側からその樹脂フィルムを重ね、加熱加圧することにより樹脂を含浸せしめ、プリプレグを得る方法である。このホットメルト法では、プリプレグ中に溶媒が実質的に残存しないため好ましい。

[0074] ホットメルト法にてプリプレグを得る場合には、樹脂フィルムをコーティングする工程における熱硬化性樹脂の温度は、30乃至80℃であることが好ましく、40乃至70℃であることがより好ましい。30℃未満の温度であると、粘度が高くなって、樹脂フィルムの目付が安定しない場合があり、また、80℃の温度を超えると、コーティング中に樹脂の硬化が進行して、粘度が大きく上昇してしまう場合がある。

[0075] 金属材：

金属材は、後述する第1の工程および／または第1-1の工程で、180℃を超える温度に加熱されるとともに、後述する第2の工程で成形され、金属複合体における金属材を形成する。

[0076] ここで、金属の熱間加工を行う場合、180℃以下の温度では、金属材の成形性が低く、複雑な形状への成形が困難であるところ、本実施形態に係る製造方法では、金属材を180℃を超える温度に加熱しているため、金属材を十分に軟化させることができ、複雑な形状を容易に成形することができる。

[0077] 金属材としては、好ましくは、アルミニウム合金、マグネシウム合金およびチタン合金からなる群より選択される少なくとも一種が挙げられる。

[0078] これらの金属は、目的の用途、物性に応じて選択することが可能であるが、例えば、アルミニウム合金としては、Al-Cu系のA2017、A2024、Al-Mn系のA3003、A3004、Al-Si系のA4032、Al-Mg系のA5005、A5052、A5083、Al-Mg-Si系のA6061、A6063、Al-Zn系のA7075等が挙げられる。また、アルミニウム合金の元となる工業用純アルミニウムを用いても良く、A1050やA1100、A1200等が挙げられる。

[0079] マグネシウム合金としては、例えば、Mg-Al-Zn系のAZ31やAZ61、AZ91等が挙げられる。純マグネシウムについては、板状のものは流通が乏しいが、本出願の金属材として用いても良い。

[0080] チタン合金としては、11～23種のパラジウムを添加した合金やコバル

トとパラジウムを添加した合金、50種 (α 合金)、60種 ($\alpha-\beta$ 合金)、80種 (β 合金) に該当するTi-6Al-4Vなどが挙げられる。また、チタン合金の元となる工業用純チタンを用いても良く、1~4種のTP270H等が挙げられる。

[0081] このような金属材は、本実施形態にかかる製造方法において、複雑な形状への成形を特に容易に行うことが可能であり、比剛性の高い材料であることから、薄肉性および軽量性、高剛性を達成するために好ましい。

[0082] 金属材の形状は、特に制限されず、成形材料として未成形のままでもよく、目的の形状に成形されていてもよく、また、目的の形状により近く予備賦形されていてもよい。

[0083] 経済性の観点からは、成形材料として未成形の状態が好ましく、例えば、厚みが0.1乃至1mmの板状体を使用することがより好ましく、更に好ましくは0.3乃至0.8mmである。このような金属材を用いることで、複雑な形状への成形を特に容易に行うことができる。

[0084] 金属材は、物理的、化学的または電氣的に表面粗化されていてもよく、前記シート状基材と接する面において表面粗化されていると、金属材と樹脂硬化層との接着性に優れる金属複合体が製造される観点から好ましい。

[0085] これらの表面粗化の方法は、公知の方法を使用することができる。物理的な表面粗化としては、例えば、サンドブラスト、サンドペーパーによる研磨処理等が挙げられる。また、化学的な表面粗化の方法としては、例えば、金属材を侵食しえる研磨液に、金属材の上記の面を浸漬する方法が挙げられる。また、電氣的な表面粗化の方法としては、例えば、電解液に金属材の上記の面を浸漬し、電気化学的に表面を粗化する方法が挙げられる。これらの表面粗化方法は、1種または2種以上を併用してもよい。

[0086] また、金属材は、前記シート状基材と接する面に、0.01乃至100 μ mの大きさの孔が複数形成されていることが好ましく、より好ましくは0.1乃至10 μ mである。このような金属材によれば、金属材と樹脂硬化層との接着性に一層優れる金属複合体が製造される。

[0087] プリフォーム：

プリフォームは、前記シート状基材と、該シート状基材に接するように配置または積層された金属材とを備える。プリフォームは、後述する第1の工程において加熱されるとともに、後述する第2の工程において加圧成形され、金属複合体を形成する。

[0088] プリフォームとしては、例えば、シート状基材に金属材を積層した二層構造を有するプリフォーム、シート状基材の両面にそれぞれ金属材を積層したサンドイッチ構造を有するプリフォーム、シート基材の側面に金属材を突き当てた構造を有するプリフォーム等、目的とする金属複合体に応じて様々な形態のものを使用することができる。

[0089] 更に、それらを応用して、シート状基材と金属材の交互積層した構造を有するプリフォームや、シート状基材の積層体に金属材を積層した構造を有するプリフォームや、これらの構造にサンドイッチ構造体で使用される公知公用の芯材を更に積層したサンドイッチ構造を有するプリフォーム等が例示できる。なお、これらの積層した構造では、積層構成を対称に積層することが、得られる金属複合体の反りや捻れを抑制できる観点で好ましい。

[0090] 前記プリフォームの中でも、シート状基材の両面にそれぞれ金属材を積層したサンドイッチ構造体を有するプリフォーム、シート状基材の積層体の両面にそれぞれ金属材を積層したサンドイッチ構造体を有するプリフォームが好ましい。このようなプリフォームによれば、樹脂硬化層の両面に金属材が積層されたサンドイッチ構造を有する金属複合体成形体が製造される。

[0091] すなわち、このようなプリフォームを用いて本実施形態に係る製造方法を実施すると、二つの金属材をそれぞれ個別に成形して熱硬化性樹脂で接着するような方法と比べて、金属複合体としての寸法精度に優れ、かつ金属複合体を短工程で容易に製造できる。

[0092] 前記プリフォームの厚みについては、特に制限はないものの、金属複合体の複雑な形状を成形する観点から、0.5乃至5mmが好ましく、より好ましくは1乃至3mmである。

[0093] 金属複合体の製造方法：

以下、本実施形態に係る金属複合体の製造方法の各工程について詳細に説明する。

[0094] 第１の態様：

第１の工程では、成形金型内に配置されたプリフォームにおける金属材を、 180°C を超える温度に加熱するとともに、シート状基材をも同時に加熱することになり熱硬化性樹脂を半硬化させる。

[0095] ここで、「半硬化」とは、未硬化状態と硬化状態との間にある状態を意味する。半硬化状態の熱硬化性樹脂は、ある程度の流動性を有する。具体的には、例えば、熱硬化性樹脂を加熱して、経時変化による粘度カーブを測定したとき、飽和した粘度から最低粘度の差分を百分率表示し、飽和した粘度に対して 10 乃至 90% の粘度である状態を、半硬化とすることができる。なお、硬化状態は、熱硬化性樹脂が脱型により流動ないし変形しない状態であり、前記の測定により、飽和した粘度に対して 90% を超える粘度である状態を、硬化状態とすることができる。

[0096] また、熱硬化性樹脂のガラス転移温度（以下、 T_g と省略する）からも硬化状態を確認する方法も例示できる。例えば、飽和した T_g から最低の T_g を予め測定し、飽和した T_g から最低の T_g の差分を百分率表示し、飽和した T_g に対して 10 乃至 90% の T_g である状態を、半硬化とすることができる。飽和した T_g に対して 90% を超える T_g である状態を、硬化状態とすることができる。次に、熱硬化性樹脂を加熱して、加熱温度と加熱時間と T_g の相関関係を得て、成形条件からおおよその T_g を内挿することができる。なお、 T_g はDSCで公知の方法で測定することができる。

[0097] 更には、熱硬化性樹脂のDSCで測定される発熱量からも硬化状態を確認する方法も例示できる。例えば、熱硬化性樹脂の発熱量を予め測定しておき、加熱後の熱硬化性樹脂の発熱量の割合から残存反応率がおおよそ求めることができる。この残存反応率が 10 乃至 90% である状態を、半硬化とすることができる。 10% 未満である状態を、硬化状態とすることができる。

[0098] 前記いずれか一項の測定方法において半硬化状態といえれば、本発明においては、熱硬化性樹脂は半硬化状態とみなせる。

[0099] 第1の工程および／または第1-1の工程を経た熱硬化性樹脂は、半硬化状態にあり、第2の工程において金属材に追従して成形されるも、過剰に流動せず、金属材に応じた形状で硬化状態となる。

[0100] 金属材への加熱には、特に制限はなく、例えば、上記温度に加熱した成形金型を金属材と接触させることにより行うことができる。また、加熱時間を短縮するに、ヒーター、オーブン、トーチなどで予め加熱してもよい。

[0101] 第2の工程では、第1の工程で加熱されたプリフォームを、加圧により目的形状に成形する。

[0102] 第2の態様：

第1の工程では、成形金型内に配置されたプリフォームにおける金属材を、その表面温度が180℃を超える温度に加熱するとともに、シート状基材も同時に加熱することにより熱硬化性樹脂の硬化を進行させ、熱硬化性樹脂を半硬化させ、加圧状態において金属材の表面温度が180℃以下となるまで冷却を行う第3の工程を備える。

[0103] 第3の工程では、第2の工程で成形された金属複合体を、加圧下（圧力P3）において、金属材の表面温度が180℃以下となるまで冷却する。第3の工程において180℃以下の温度で金属複合体が保持される時間は、好ましくは10分以内、より好ましくは5分以内、更に好ましくは3分以内である。

[0104] また、加圧状態における圧力P3は、冷却による反りや歪みを強制する観点から、第2工程におけるプリフォームの加圧状態における圧力P2以上であることが好ましく、圧力P2を超えることがより好ましい。具体的には、圧力P3は、圧力P2に対して、好ましくは0乃至10MPa、より好ましくは3乃至5MPa高い圧力とするのが良く、上限については、特に限定はされないが、成形金型への過負荷を考慮すると30MPa程度が良いと考えられる。

- [0105] 第1の工程では、金属材の表面温度は、200乃至300℃とすることが好ましい。このような製造方法によれば、金属材の軟化により、続く第2の工程において複雑な形状への成形が一層容易となる。金属材は、少なくとも一部が上記温度まで加熱されていればよい。
- [0106] 金属材を加熱する方法には、特に制限はなく、例えば、180℃を超える表面温度、好ましくは200乃至300℃の表面温度、より好ましくは200乃至250℃の表面温度を有する成形金型を金属材と接触させる方法により金属材を加熱することができる。ここでの成形金型の表面温度は、金属複合体を成形するキャビティの温度を意味する。成形金型の表面温度を上げる方法に、特に制限はなく、成形金型をホットプレス機に装着する方法、成形金型内にヒーターを埋設する方法、電磁誘導加熱やハロゲンヒーターなどで外部から直接加熱するなどの方法が例示でき、また、加熱時間を短縮するために、ヒーター、オーブン、トーチなどで予め加熱してもよい。
- [0107] 第1の工程では、プリフォームに、必要に応じて加圧を行うこともできる。例えば、プリフォームを上下から保持するための加圧や、プリフォームを目的の形状に成形するために、予備的な加圧を行うことなどが例示できる。このとき、プリフォームの加圧としては、0乃至3MPaが好ましく、0.2乃至2MPaがより好ましい。
- [0108] ここで、シート状基材も同様に加熱されることになるが、金属材とは温度差が生じることや、シート状基材全体を前記温度まで昇温するには、更に熱量が必要となるため、常に上記温度となることはなく、熱硬化性樹脂の硬化反応を調整することができる。すなわち、金属材よりも熱伝導率が低いことや、金属材を介して加熱されること、熱源から距離が遠いこと、比熱が大きいことなどが、本発明の効果が奏される一因と考えられる。
- [0109] 本発明において、第2の工程では、金属材は180℃を超える温度に加熱されており、好ましくは200乃至250℃に加熱されている。
- [0110] 第3の態様：
熱硬化性樹脂を含有するシート状基材を加熱して熱硬化性樹脂を半硬化さ

せる第1-1の工程と、金属材をその表面温度が180℃を超えて400℃以下となるように予熱する第1-2の工程と、表面温度が180℃以下である成形金型内に配置された、熱硬化性樹脂が半硬化しているシート状基材および予熱された金属材を、加圧により金属複合体に成形する第2の工程とを備える。

[0111] 第1-1の工程では、シート状基材を加熱して熱硬化性樹脂を半硬化させる。第1-1の工程においてシート状基材を加熱する温度は、好ましくは100乃至180℃とする。加熱の方法は、特に限定されないが、例えば、雰囲気温度を上記温度に設定したヒーターやオーブン、トーチなどで加熱してもよく、第2の工程で用いられる成形金型との接触によりシート状基材を加熱することもできる。

[0112] 本発明の製造方法において、第1-2の工程では、金属材が、その表面温度が180℃を超えて400℃以下に、好ましくは200乃至300℃、より好ましくは200乃至250℃となるように予熱される。

[0113] 第1-2の工程において金属材を予熱する方法には、特に制限はなく、第1-1の工程と同じ手法を用いて予熱する方法やホットプレス機に挟んで予熱する方法、電磁誘導加熱やハロゲンヒーターなどで外部から直接加熱するなどの方法が例示できる。

[0114] 第1-1の工程および第1-2の工程の加熱において、特に限定はされないが、異なる装置で行うことが各材料に適した加熱方法を選択できる観点から好ましく、同じ装置で行ってもよい。

[0115] 生産性の更なる向上等の観点から、第1-1の工程は、第1-2の工程と並行して行われることが好ましく、また、第1-1の工程および第1-2の工程を実質的に同時に完了させることが好ましい。これにより、タイムロス低減した製造を行うことができる。

[0116] 第2の工程では、シート状基材および金属材から構成される積層体を、180℃以下の表面温度を有する成形金型内で加圧により目的形状に成形する。第2の工程における成形金型の表面温度は、特に限定はされないが、好ま

しくは100℃以上であり、更に好ましくは130℃以上である。成形金型の表面温度が低すぎると、成形金型に接触したプリフォームおよび／または金属材の表面温度が低下し、目的の形状に成形することが困難になり、高温にするとエネルギー使用量が膨大となり、コストが高くなるという問題が生じる。

[0117] 第1-2の工程で加熱された金属材は、その表面温度が180℃を超える温度のまま第2の工程に供されることが好ましく、その表面温度が200乃至300℃の温度のまま第2の工程に供されることがより好ましい。金属複合体に成形する前に、シート状基材および金属材から構成され、これらが一体化したプリフォームをたとえば次のように形成してもよい。第2の工程は、第1-1の工程とは異なる成形金型内で行ってもよいが、同一の成形金型内で行うことが好ましい。

[0118] 第2の工程では、プリフォームの成形には、例えば、3乃至30MPaの加圧により行うことが好ましく、5乃至25MPaがより好ましい。このような加圧により成形することで、複雑形状であっても容易に成形することができる。また、前記圧力は、プリフォームが目的の形状に成形されるまで保持しておくことが好ましく、一方で目的の形状に成形された後では、圧力を減少させてもよい。

[0119] 第2の工程および／または第3の工程において、熱硬化性樹脂は、硬化状態まで硬化されていることが好ましい。例えば、プリフォームが目的の形状に成形された後、成形金型内にプリフォームを保持することによって、熱硬化性樹脂を硬化することができる。このときの保持時間については、特に制限はないが、生産性の観点からは短時間であればあるほど好ましく、例えば、10分以内であることが好ましく、3分以内であることがより好ましく、1分以内であることがとりわけ好ましい。

[0120] また、このときの保持温度については、硬化反応の観点から、シート状基材の温度が180℃以下であることが好ましく、160℃以下であることがより好ましい。第1の工程において、十分に硬化反応を進行させた状態で、

前記保持時間を短縮することで本効果を得ることができる。

[0121] また、本実施形態に係る製造方法は、脱型後に、アフターキュアを行う第4の工程を更に備えていてもよい。第4の工程を有する場合、例えば、前記のように成形金型内への保持が短縮できる。アフターキュアの方法は、熱硬化性樹脂を硬化し得る方法であればよく、例えば、脱型した金属複合体を所定の温度に加熱した乾燥機やオーブンなどに保持するなどの公知の方法により行うことができる。

[0122] 更に、第1、2あるいは第3の態様における第2の工程、および第2の態様における第3の工程では、プリフォームのエッジは、ヘミング加工または圧接加工されてもよい。このような加工によって、金属複合体の末端部の美観が良好となるとともに、金属材と樹脂硬化層との接合がより強固なものとなる。なお、このような加工は、第2の工程の後に、追加の工程として実施してもよい。

[0123] 図1は、第1の態様に係る金属複合体の製造方法の一実施形態を説明する模式断面図である。図1(a)に示すように、成形金型は上側成形金型11と下側成形金型12とを備える。また、プリフォーム10は、シート状基材2の両面に板状の金属材1および金属材3が積層された、サンドイッチ構造を有している。

[0124] 第1の工程において、プリフォーム10は、図1(b)に示すように、上側成形金型11と下側成形金型12との間に挟まれる。ここで上側成形金型11および下側成形金型12は、いずれも180℃を超える温度に加熱されており、金属材1および金属材3は、それぞれ接触する上側成形金型11および下側成形金型12を介して180℃を超える温度に加熱される。そして、加熱された金属材1および金属材3を介してシート状基材2が加熱され、該加熱によって、シート状基材2の熱硬化性樹脂の硬化反応が開始され、半硬化状態に至る。

[0125] 次いで、同一の上側成形金型11および下側成形金型12を用いて、第2の工程を行う。第2の工程では、図1(c)に示すように、上側成形金型1

1 および下側成形金型 12 によりプリフォーム 10 が加圧され、プリフォーム 10 は成形金型に追従するように変形し、成形される。

[0126] 図 2 は、第 1 の発明に係る金属複合体の製造方法における温度（左縦軸）、時間（横軸）および圧力（右縦軸）の関係の一例を示すグラフである。図 2 において、成形金型温度 T_2 は、上側成形金型 11 および下側成形金型 12 の表面温度を示す。第 1 の工程 S1 では、 180°C (T_1) を超える温度 T_2 に加熱された成形金型に接触した金属材 1、3 が加熱されて、 180°C を超える温度まで金属材 1、3 の表面温度 T_m が上昇する。これに伴い、シート状基材 2 の熱硬化性樹脂の硬化反応が開始され、半硬化状態 (I) に至る。

[0127] 次いで、第 2 の工程 S2 において、所定の圧力によりプリフォーム 10 を加圧して成形する。このとき、金属材 1、3 は、成形金型温度と同程度の温度に加熱されている。同時に、熱硬化性樹脂の硬化反応は進行し、好ましくは硬化状態 (II) まで硬化される。また、熱硬化性樹脂が半硬化状態であるため、加圧しても過剰に流動することなく、金属材 1、3 に沿って樹脂硬化層 2a が形成される。

[0128] 第 2 の工程 S2 が終了した時点で、上側成形金型 11 と下側成形金型 12 の閉止を開放して、金属複合体を脱型する。

[0129] 図 3 は、第 2 の態様に係る金属複合体の製造方法における温度（左縦軸）、時間（横軸）および圧力（右縦軸）の関係の一例を示すグラフである。図 3 において、成形金型温度 T_2 および T_3 は、上側成形金型 11 および下側成形金型 12 の表面温度である。第 1 の工程 S1 では、 180°C (T_1) を超える温度 T_2 まで加熱された成形金型に接触した金属材 1、3 の表面温度 T_m が、 T_2 と同程度まで上昇する。これに伴い、シート状基材 2 の熱硬化性樹脂の硬化反応が開始され、半硬化状態に至る。

[0130] 次いで、第 2 の工程 S2 において、所定の圧力によりプリフォーム 10 を加圧して成形する。このとき、熱硬化性樹脂が半硬化状態 (I) であるため、加圧しても熱硬化性樹脂が過剰に流動することなく、金属材 1、3 に沿って

樹脂硬化層 2 a が形成される。

- [0131] 第 2 の工程 S 2 から引き続き、加圧状態を保持しながら、成形金型温度が 180℃以下の温度 T 3 まで下げられる。第 3 の工程 S 3 において、金属材 1、3 の表面温度が T 3 の状態で、ある程度の時間保持され、熱硬化性樹脂が硬化状態 (II) となる。第 2 の工程 S 2 において金属材 1、3 の表面温度が 180℃を超え、温度の降下を開始してから金属材 1、3 の表面温度が 180℃以下になるまでの時間が、3 分以内であることが好ましい。
- [0132] 第 3 の工程 S 3 が終了した時点で、上側成形金型 1 1 と下側成形金型 1 2 の閉止を開放して、金属複合体を脱型する。
- [0133] 図 4 は、金属複合体を製造する方法の他の一実施形態を説明する模式断面図である。第 1-1 の工程として、シート状基材 2 は、図 4 (a-1) に示すように、下側成形金型 1 2 との接触により加熱される。好ましくはこれと並行して、第 1-2 の工程として、図 4 (a-2) に示すように、板状の金属材 1 が、電気炉 E F 内で予熱される。
- [0134] 第 2 の工程では、図 4 (b) に示すように、予熱された金属材 1 をシート状基材 2 上に積層し、上側成形金型 1 1 および下側成形金型 1 2 によりこれらを挟んで、プリフォーム 1 0 を形成させる。次いで、図 4 (c) に示すように、上側成形金型 1 1 および下側成形金型 1 2 によりプリフォーム 1 0 が加圧され、プリフォーム 1 0 は、成形金型に追従するように変形して、シート状基材 2 から形成された樹脂硬化層 2 a を有する金属複合体に成形される。
- [0135] 図 5 は、金属複合体の製造方法における温度 (左縦軸)、時間 (横軸) および圧力 (右縦軸) の関係の一例を示すグラフである。図 5 において、成形金型温度 T 2 は、上側成形金型 1 1 および下側成形金型 1 2 の表面温度である。第 1-2 の工程 S 1 2 では、金属材 1 が、電気炉 E F において、その表面温度が 180℃を超えるまで予熱される。同時に、第 1-1 の工程 S 1 1 として、シート状基材 2 が、上側成形金型 1 1 と下側成形金型 1 2 の間において、別途加熱されて、熱硬化性樹脂が半硬化する。

[0136] 次いで、第2の工程において、180℃以下の表面温度に設定された成形金型内で、所定の圧力により、シート状基材2および金属材1を加圧して成形する。このとき、熱硬化性樹脂が半硬化状態であるため、加圧しても熱硬化性樹脂が過剰に流動することなく、金属材1に沿って樹脂硬化層2aが形成される。この過程で、金属材1の表面温度は180℃以下まで低下する。この状態である程度の時間保持され、熱硬化性樹脂が硬化状態となる。

[0137] 第2の工程が終了した時点で、上側成形金型11と下側成形金型12の閉止を開放して、金属複合体を脱型する。

[0138] このような製造方法によれば、予熱機構と成形機構が異なる装置で行われるため、金属複合体を成形するための成形金型を占有する時間が短縮され、生産ラインなどの連続成形時に高い生産性を有する製造方法となる。

[0139] 本実施形態に係る製造方法においては、第1の工程および／第1-1の工程で熱硬化性樹脂を半硬化させるため、第2の工程で金属を熱間加工しても、その圧力で成形金型の外へ樹脂が流出するなどの過剰な物質流動を起こすことなく、かつ、金属材1と樹脂硬化層2aとの強固な接着構造を形成することができる。

[0140] ここで、金属の熱間加工を行う場合、180℃以下の温度では、金属材の成形性が低く、複雑な形状への成形が困難であるところ、本実施形態に係る製造方法では、金属材を、180℃を超える温度に加熱しているため、金属材を十分に軟化させることができ、複雑形状を容易に成形することができる。

[0141] 図6は、本発明に係る金属複合体の製造方法の他の実施形態を説明する模式断面図である。図6に示すように、第2の工程における「成形」とは、必ずしも金属材を変形する必要はなく、板状の金属材1および板状の金属材3をシート状基材2を介して、それぞれが平坦な状態において、加圧して接着するものであってもよい。

[0142] 金属複合体：

本実施形態に係る製造方法により製造される金属複合体は、金属材と、該

金属材に沿って設けられた樹脂硬化層とを備える。ここで、樹脂硬化層は、シート状基材を加熱して、シート状基材に含まれる熱硬化性樹脂を硬化してなる層である。

[0143] 本実施形態に係る製造方法の一例によれば、金属材と樹脂硬化層との間には強固な接着構造が形成されるが、この理由としては、金属材の表面の粗大または微細な凹凸形状に沿って、熱硬化性樹脂が充填して硬化したことや、比較的高温での硬化反応により、金属材との化学的結合力が高められたことなどが一因として挙げられる。

[0144] ここで、金属材と樹脂硬化層との接着強度としては、10MPa以上が好ましく、20MPa以上がより好ましい。これらの指標としては、金属材同士、または、金属材と他の構造部材とを樹脂硬化層を介して複合化した金属複合体が、使用環境や用途に応じた十分な接着力を保持していることを意味する。

[0145] 接着強度が10MPa以上であれば、一般的な接着剤が使用される用途において十分な接着力があり、接着剤を使用した金属複合体よりも優れた耐久性を有する。接着強度が20MPa以上であれば、より厳しい環境で使用される用途において十分な接着力があり、構造用接着剤を使用した金属複合体よりも優れた耐久性を有する。

[0146] ここで、接着強度は、例えば、JIS K 6849の接着剤の引張り接着強さ試験方法などの公知の方法で、測定ができる。ただし、金属複合体が複雑な形状を有している場合は、規格に従った接着強度試験を実施することが難しい場合がある。そこで、接着強度が予め判っている接着剤を用いて、金属複合体から一部を切り出し、その両端を治具に接着し、治具を介して接着強度試験を行うことで、前記接着強度が接着剤の接着強度よりも優位であるか劣位であるかのおおよその目安を得ることができる。すなわち、接着剤の層内で破壊されれば、金属複合体の接着強度は、接着剤の接着強度よりもおおよそ高いと判断される。一方、金属複合体の剥離で破壊されれば、金属複合体の接着強度は、接着剤の接着強度よりもおおよそ低いと判断される。

[0147] また、金属複合体 A には、テーパ加工、溝加工、穴加工、継ぎ手加工から選択される少なくとも一種の形状が施され、該形状に前記部材 B が嵌合することで接合されてなることが好ましい。高い剛性を有する電子機器筐体を得るためには、金属複合体 A と熱可塑性樹脂からなる部材 B が強固に接合されてなることが非常に重要であり、かかる観点から、テーパ加工、溝加工、穴加工、継ぎ手加工が施された形状に部材 B が流入することにより、金属複合体 A と部材 B とが一体化されることが好ましい。

[0148] 金属複合体 A が有するテーパ加工、溝加工、穴加工、継ぎ手加工で施された形状に関しては、特に限定はされないが、金属複合体 A の剛性を維持する観点から、これらの形状に加工されている面積は、金属複合体 A の全体の面積の 50% 以下が好ましく、30% 以下がより好ましい。このような加工があまりに広い範囲で施されると、金属複合体 A の剛性が極端に低下する可能性がある。

[0149] 金属複合体の用途としては、例えば、航空機用部材、自動車用部材、二輪車用部材、船舶用部材、機械機構部材、土木用部材、建材用部材、電子機器用部材が挙げられる。中でも、生産性を高める効果から、自動車用部材や、電気機器用部材で好ましく使用され、とりわけ、軽量性、力学特性、放熱性などに優れる効果から、電子機器の筐体により好ましく使用される。

[0150] 電子機器筐体：

本発明の電子機器筐体は、本発明の製造方法で得られた金属複合体 A と熱可塑性樹脂 b からなる部材 B とが一体化された構造材で形成されている。熱可塑性樹脂 b からなる部材 B は、ボス、リブ、ヒンジ、フレーム、キーボードベース、立ち壁、台座から選択される少なくとも一種の複雑形状部材とすることができる。金属複合体に接合される部材 B は、複雑形状を賦形するに適した熱可塑性樹脂 b からなるため、部材 B は、金属複合体に形成される複雑形状と比較して、より複雑な形状とすることができる。

[0151] 図 7 は、本発明に係る電子機器筐体の一例の模式斜視図である。図 7 において、電子機器筐体 33 は、熱可塑性樹脂 b からなる部材 B と本発明にかか

る金属複合体 3 1 (金属複合体 A) が、成形一体化により形成されたもので

ある。

[0152] 熱可塑性樹脂 b からなる部材 B :

熱可塑性樹脂 b からなる部材 B における熱可塑性樹脂としては、例えば、

ポリエチレンテレフタレート (PET)、ポリブチレンテレフタレート (PBT)、ポリトリメチレンテレフタレート (PTT)、ポリエチレンナフタレート、液晶ポリエス特尔等のポリエス特尔系樹脂や、ポリエチレン (PE)、ポリプロピレン (PP)、ポリブチレン等のポリオレフィンや、アクリル系樹脂、ウレタン樹脂の他や、ポリオキシメチレン (POM)、ポリアミド (PA)、ポリカーボネート (PC)、ポリメチルメタクリレート (PMMA)、ポリ塩化ビニル (PVC)、ポリエニンスルファイド (PPS)、ポリエニンスエーテル (PPE)、変性 PPE、ポリイミド (PI)、ポリアミドイミド (PAI)、ポリエーテルイミド (PEI)、ポリスルホン (PSU)、変性 PSU、ポリエーテルスルホン (PES)、ポリアクリルブタジエンポリブチレン (PAB)、ポリエーテルブチレン (PEB)、ポリエーテルエーテルブチレン (PEEB)、ポリエーテルナフタレート (PEN)、ポリエーテルアクリレート (PEAR)、ポリエーテルニトリル (PEN)、フエノール系樹脂およびフエノキシ樹脂が挙げられる。また、熱可塑性樹脂は、上記の樹脂の共重合体や変性体および/または 2 種類以上ブレンドした樹脂な

どであっても良い。

[0153] これらの中でも、特定の目的に対して、上記の熱可塑性樹脂の 1 種または 2 種以上が、熱可塑性樹脂中に 60 重量%以上含まれることが好ましい。成形品の強度および耐衝撃性の観点から、ポリアミド (PA) とポリエス特尔が好ましく用いられる。また、耐熱性および耐薬品性の観点から、ポリアリレーンスルファイド、中でもポリエニンスルファイド (PPS) が好ましく用いられる。成形品 (例えば、電子機器筐体を形成する部材) の外觀および寸法安定性の観点から、ポリカーボネート (PC) やアクリル系樹脂が特に好ましく用いられる。成形性および軽量性の観点から、ポリオレフィン系

樹脂が好ましく、例えば、ポリプロピレン樹脂が好ましい。成形品の強度の観点からは、ポリアミド樹脂が特に好ましく用いられる。

[0154] 熱可塑性樹脂には、耐衝撃性向上のために、エラストマーあるいはゴム成分を添加してもよく、これにより、電子機器筐体の落下などによる衝撃から電子機器筐体の内部にある電子部品や液晶などを保護する効果を得ることが可能となる。

[0155] 成形品の強度や剛性の向上のために、強化繊維を添加しても良く、例えば、短繊維強化ペレットや長繊維強化ペレットなどの繊維強化熱可塑性樹脂ペレットや、熱可塑性のシートモールディングコンパウンド（熱可塑SMC）、熱可塑性樹脂を含むガラス繊維マット基材（GMT）や熱可塑性樹脂を含む炭素繊維マット基材などが挙げられる。

[0156] 強化繊維を熱可塑性樹脂に添加することにより、高い剛性を有する電気・電子機器筐体を得られるほか、低収縮で寸法精度の高い部材Bを得ることが可能となり、より精密な設計に対応することが可能となる。熱可塑性樹脂に添加する強化繊維は、上記シート状基材に用いられる繊維基材と同様の思想で選定することができる。

[0157] 強化繊維のみでなく、熱可塑性樹脂は、用途等に応じ、本発明の目的を損なわない範囲で、適宜、充填材や添加剤を含有しても良い。充填材や添加剤として、例えば、無機充填材、難燃剤、導電性付与剤、結晶核剤、紫外線吸収剤、酸化防止剤、制振剤、抗菌剤、防虫剤、防臭剤、着色防止剤、熱安定剤、離型剤、帯電防止剤、可塑剤、滑剤、着色剤、顔料、染料、発泡剤、制泡剤およびカップリング剤などが挙げられる。

[0158] 熱可塑性樹脂cからなる樹脂層C：

本発明において、金属複合体Aと部材Bを更に強固に接合するために、金属複合体Aの表面の少なくとも一部に、熱可塑性樹脂cからなる樹脂層Cが形成されていることが好ましい。これにより、上記の機械的な接合のみでなく、化学的な接着力を得ることが可能となる。この金属複合体Aの表面の少なくとも一部に含まれる熱可塑性樹脂cは、特に限定はされないが、熱可塑

性樹脂 b からなる部材 B との相溶性を有する熱可塑性樹脂を選択することがより好ましい。

[0159] 樹脂層 C が熱可塑性樹脂 c を含有するシート状基材を、対向する一对の成形金型間に、更に配置して、前記熱硬化性樹脂の硬化と合わせて、樹脂層 C を形成することが、生産性の観点から好ましい。樹脂層 C を形成する手法は、特に限定はされないが、例えば、金属材 a 1 およびシート状基材 a 2 と同様に、配置または積層して、プリフォームとして形成されていてもよく、樹脂層 C が被覆された金属材を用いてもよい。

[0160] 熱可塑性樹脂 c の融点またはガラス転移温度が、熱可塑性樹脂 b よりも低いことが好ましい。このとき、熱可塑性樹脂 b と熱可塑性樹脂 c の融点またはガラス転移温度の差は、特に限定されないが、10℃以上であることが好ましく、30℃以上であることがより好ましい。このような関係を持つ熱可塑性樹脂を選択することで、溶融した熱可塑性樹脂 b からなる部材 B の熱により、熱可塑性樹脂 c が軟化および／または溶融状態となり、成形金型内で冷却する際に、金属材に強固に接着される。

[0161] 電子機器筐体の形成手順の一例を図 8 に示す。図 8 (a) に示すように、金属複合体 A を、可動側成形金型 4 1 にインサートし、次いで、図 8 (b) に示すように、金属複合体 A がインサートされた可動側成形金型 4 1 を固定側金型 4 2 に向かい移動させ、両金型を閉じる。その後、固定側金型 4 2 に取り付けられている射出成形機 4 3 から、金型内に、部材 B を形成する熱可塑性樹脂 b を射出し、金属複合体 A の周囲に、熱可塑性樹脂 b からなる部材 B を一体形成する。次いで、成形が完了した後、図 8 (d) に示すように、可動側成形金型 4 1 を移動させ、金型を開の状態として、金型内に成形された成形品 E H を、金型から取り出す、すなわち、脱型する。

[0162] 金属複合体 A と部材 B の一体化の方法は、上記の射出成形法に限られない。例えば、金属複合体 A と部材 B を成形金型内に配置し、加熱および加圧してプレス成形により一体化する方法や、目的の形状を有した金属複合体 A と部材 B を接するように配置し、レーザーや超音波による熱溶着により一体化

する方法などの手法が挙げられる。しかし、その中でも射出成形による手法が、複雑形状を有するボス、リブ、ヒンジ、フレーム、キーボードベース、立ち壁、台座などの部材を容易に形成することが可能であり、また、金属複合体 A に、テーパ加工、溝加工、穴加工、継ぎ手加工で形成された凹凸部や金属材の表面に形成されている孔に、部材 B を形成する熱可塑性樹脂 b を、容易に流入させることが可能な点で好ましい。

[0163] 電子機器筐体において、金属材の表面に形成されている孔に、シート状基材 a 1 を構成する熱硬化性樹脂、熱可塑性樹脂 b、熱可塑性樹脂 c から選択される少なくとも一種の樹脂が充填されることが好ましい。例えば、金属複合体作製時における加圧や電子機器筐体作製時における樹脂充填により、金属材表面に形成されている孔に樹脂が流入して充填されることにより、金属材と各樹脂材料との接着強度が向上する。

[0164] 電子機器筐体を構成する熱可塑性樹脂 b からなる部材 B は、アンテナ特性を付与する観点から、その体積固有抵抗値が $10^4 \Omega \cdot \text{cm}$ 以上であることが好ましい。このような体積固有抵抗値を有する材料は、特に限定はされないが、上記熱可塑性樹脂 b と同様の思想で選択することができ、2 種類以上の上記熱可塑性樹脂 b を併用してもよい。

[0165] 例えば、図 9 に示すように、電子機器筐体 33 を形成している金属複合体 A の一部に配置されたアンテナ部品 53 の周辺に、体積固有抵抗値が $10^4 \Omega \cdot \text{cm}$ 以上の熱可塑性樹脂 b からなる部材 51 を配置し、他の部分には、別の熱可塑性樹脂 b からなる部材 52 を配置してもよい。このような配置方法については、特に限定はされないが、ダミー材を挿入して、複数回に分けて、異なる部材 B を、金属複合体 A に対して、成形する方法や異なる部材 B の色を変えた多色成形などの方法で、異なる部材 B を金属複合体 A に対し配置することが可能である。

[0166] 以上、本発明の好適な実施形態について説明したが、本発明は、上記実施形態に限定されるものではない。

実施例

[0167] 以下、実施例を用いて、本発明を具体的に説明する。ただし、本発明は、以下の実施例に限定されるものではない。

実施例 1 - (1) :

熱硬化性樹脂組成物の調製 :

エポキシ樹脂として、“エピコート” 828、“エピコート” 834、“エピコート” 1001 (以上、ビスフェノール A 型エポキシ樹脂、ジャパンエポキシレジン (株) 製)、“エピコート” 154 (フェノールノボラック型エポキシ樹脂、ジャパンエポキシレジン (株) 製)、硬化剤として Dicy 7 (ジシアンアミド、ジャパンエポキシレジン (株) 製)、硬化促進剤として“オミキュア” 24 (2, 4-トルエンビス (ジメチルウレア)、パイ・ティ・アイジャパン (株) 製)を用い、表 1 に示す質量比で、これらを混合して、樹脂組成物を調製した。

[0168] 調製した樹脂組成物のガラス転移温度 (T_g) を測定した。この測定は、J I S K 7121 記載の方法に基づき、Pyris 1 DSC (パーキンエルマー・インスツルメント社製示差走査熱量計)を用いて、昇温速度 10 分/分として、行った。得られた DSC 曲線が階段状変化を示す部分の中間点を、ガラス転移温度とした。この測定において、得られた樹脂組成物の初期のガラス転移温度 (T_g) は、6℃であり、飽和したガラス転移温度 (T_g) は、138℃であった。この樹脂組成物は、ガラス転移温度 (T_g) が 19 乃至 125℃の範囲内において、半硬化状態と判定した。

[0169] 次に、調製した樹脂組成物の加熱温度と加熱時間によるガラス転移温度 (T_g) の変化の関係を求めた。加熱温度が 130℃と、150℃の場合について、加熱時間によるガラス転移温度 (T_g) の変化を測定すると、130℃×10 分において、ガラス転移温度 (T_g) が 138℃となり、この樹脂組成物は、硬化状態となることが分かった。ここで、加熱温度とは、プレス装置で挟んで加熱する際の、加熱プレートの表面温度を意味する。

[0170] シート状基材の作製 :

調製した樹脂組成物を、リバースロールコータを用いて離型紙上に塗布し

て、樹脂フィルムを作製した。樹脂フィルムの単位面積当たりの樹脂量は、 25 g/m^2 とした。

[0171] 次に、単位面積当たりの繊維重量が 125 g/m^2 となるように、シート状に一方向に整列させた炭素繊維トレカ（登録商標）T700SC-12K-50C（東レ（株）製、引張強度 4900 MPa 、引張弾性率 230 GPa ）に、樹脂フィルムを炭素繊維の両面から重ね、加熱加圧して、樹脂組成物を含浸させ、一方向プリプレグ（連続繊維強化プリプレグ（CF-PPg））を作製した。

[0172] 作製したプリプレグから所定の大きさを有する長方形のプリプレグシートを4枚切り出した。長方形の切り出したプリプレグシートの長辺の方向を 0° として、連続した強化繊維が $[0^\circ / 90^\circ / 90^\circ / 0^\circ]$ の対称積層となるように、4枚のプリプレグシートを積層し、厚み 0.5 mm のシート状基材を作製した。積層の際、プリプレグ基材の 90° 層間に、熱電対（K熱電対）を内挿した。

[0173] ここで、プレス成形装置を用い、表面温度が 130°C のプレートに、シート状基材を配置して、10分間加熱し、圧力 1 MPa で加圧した。得られた成形品のガラス転移温度（ T_g ）を前記同様の方法で測定したところ、 137°C であり、樹脂は硬化状態であることが確認された。

[0174] プリフォームの作製：

次いで、金属材として、表面にサンドブラスト処理が施された厚み 0.5 mm のアルミニウム合金板（A5052）を準備した。なお、アルミニウム合金板の表面には、平均孔径 $30 \mu\text{m}$ の多数の孔が観測された。

[0175] 作製したシート状基材および金属材を、金属材／シート状基材／金属材の順で積層し、プリフォームを作製した。積層の際、一方の金属材の表面に熱電対（K熱電対）を、耐熱テープを用いて貼り付けた。

[0176] 金属複合体の製造：

図1（b）に示すように、上側成形金型11と下側成形金型12とでプリフォーム10を挟み、 0.5 MPa の圧力で保持した。上側成形金型11と

下側成形金型 12 の表面温度は、いずれも 220℃であった。

[0177] 第 1 の工程で、プリフォーム 10 を成形金型に配置して約 1 分後、第 2 の工程で、上側成形金型 11 と下側成形金型 12 とにより、プリフォーム 10 を 10 MPa で加圧した。このとき、金属材 1、3 の温度は、210℃であり、シート状基材 2 の温度は、150℃であった。上記加熱温度と加熱時間、ガラス転移温度 (T_g) の相関関係より、ガラス転移温度 (T_g) は、115℃であり、飽和したガラス転移温度 (T_g) に対して、82% のガラス転移温度 (T_g) を示すことから、樹脂は半硬化状態であることが分かった。なお、金属材 1、3 の温度変化と、加圧の様子を、図 2 のグラフに示す。

[0178] 約 2 分間加圧を行った後、成形金型を開放し、金属複合体 A を成形金型から取り出した。得られた金属複合体 A は、金属材 1、3 同士が、硬化樹脂層 2a により、強固に接着されており、マニュアルでの両者の剥離は困難であった。更に、二つの金属材 1、3 の間に、ズレはなく、厚み 1.5 mm のヒケや捻れのない金属複合体 A が得られた。金属複合体 A について、後述する接着強度測定を行った結果、接着強度は、16 MPa であった。接着試験終了後に、金属材 1、3 に形成されている樹脂硬化層 2a を削り出し、そのガラス転移温度 (T_g) の測定を行った結果、ガラス転移温度 (T_g) は、137℃であり、樹脂は、硬化状態であることが確認された。実施例 1 - (1) における製造条件、および、評価結果は、表 1 および表 2 に示す。

実施例 1 - (2) :

プリフォームの作製 :

金属材として、表面にサンドブラスト処理が施された厚み 0.5 mm のマグネシウム合金板 (AZ31) を準備した。なお、マグネシウム合金板の表面には、平均孔径 50 μ m の多数の孔が観察された。実施例 1 - (1) で用いたシート状基材を用いて、実施例 1 - (1) と同様にプリフォームを作製した。

[0179] 複合体の製造 :

図 1 (b) に示すように、上側成形金型 11 と下側成形金型 12 とでプリ

フォーム 10 を挟み、0.5 MPa の圧力で保持した。上側成形金型 11 と下側成形金型 12 の表面温度は、いずれも 210℃ であった。

[0180] 第 1 の工程で、プリフォーム 10 を成形金型に配置して約 1 分後、第 2 の工程で、上側成形金型 11 と下側成形金型 12 とにより、プリフォーム 10 を 15 MPa で加圧した。このとき、金属材 1、3 の温度は、200℃ であり、シート状基材 2 の温度は、140℃ であった。熱硬化性樹脂のガラス転移温度 (T_g) は、108℃ であり、飽和したガラス転移温度 (T_g) に対して、77% のガラス転移温度 (T_g) を示すことから、樹脂は、半硬化状態であることが分かった。

[0181] 約 2 分間加圧を行った後、成形金型を開放し、金属複合体 A を成形金型から取り出した。得られた金属複合体 A には、二つの金属材 1、3 の間に、ズレはなく、また、皺、割れ、破れといった表面欠陥もなく、厚みが約 1.5 mm で、金属材の表面に凹凸形状を有する金属複合体 A が得られた。得られた金属複合体 A は、金属材 1、3 同士が強固に接着されており、マニュアルでの両者の剥離は困難であった。実施例 1- (1) と同様に、接着強度測定を行った結果、接着強度は、18 MPa であった。接着試験終了後に、金属板 1、3 に形成される樹脂硬化層 2a を削り出し、そのガラス転移温度 (T_g) の測定を行った結果、ガラス転移温度 (T_g) は、137℃ であり、樹脂は、硬化状態であることが確認された。実施例 1- (2) における製造条件、および、評価結果は、表 1 および表 2 に示す。

実施例 1- (3) :

金属材として、金属表面にアルマイト処理が施された厚み 0.5 mm のアルミニウム合金板 (A5052) を用いた以外は、実施例 1- (1) と同様の方法で、金属複合体を製造し、評価を行った。金属板の表面には、平均孔径 0.05 μ m の多数の孔が観察された。実施例 1- (3) における製造条件、および、評価結果は、表 1 および表 2 に示す。

実施例 1- (4) :

シート状基材の作製 :

実施例 1 - (1) で調整した熱硬化性樹脂組成物を用いて、樹脂フィルムを作製した。樹脂フィルムの単位面積当りの樹脂量は、 50 g/m^2 とした。シート状基材として、得られた樹脂フィルムを用いた以外は、実施例 1 - (1) と同様の方法で、金属複合体を製造し、評価を行った。実施例 1 - (4) における製造条件、および、評価結果は、表 3 および表 4 に示す。

実施例 1 - (5) :

プリフォームの作製 :

実施例 1 - (1) で作製したシート状基材と金属材を用い、金属材／シート状基材の二層を積層し、プリフォームとしたことと、下側成形金型の表面温度を 150°C としたこと以外は、実施例 1 と同様の方法で、金属複合体を製造し、評価を行った。実施例 1 - (5) における製造条件、および、評価結果は、表 3 および表 4 に示す。

実施例 1 - (6) :

第 1 の工程でプリフォームを成形金型に配置して約 0.5 分後、第 1 - 2 の工程での加圧時間を約 1 分間とした以外は、実施例 1 - (1) と同様の方法で、金属複合体を製造した。約 1 分間加圧を行った後、成形金型を開放し、金属複合体を成形金型から取り出した。次に、金属複合体を、雰囲気温度が 150°C に調整された熱風オーブンに入れ、10 分間アフターキュアを行った。得られた金属複合体について、実施例 1 - (1) と同様に評価を行った。実施例 1 - (6) における製造条件、および、評価結果は、表 3 および表 4 に示す。

実施例 1 - (7) :

ベンゾオキサジン樹脂として、F-a 型ベンゾオキサジン樹脂（四国化成工業（株）製）、酸触媒として、DY9577（ハンツマン・アドバンスド・マテリアルズ（株）製、三塩化ホウ素オクチルアミン錯体）を用い、表 17 に示す質量比で混合した。この樹脂組成物を、シート状基材を形成する熱硬化性樹脂として用いた以外は、実施例 1 - (1) と同様とした。粘度計を用いて、樹脂の粘度を測定した結果から、樹脂の硬化度を算出したところ、

第1の工程において、樹脂は、半硬化の状態であることが分かった。実施例1-(7)における製造条件、および、評価結果は、表5および表6に示す。

実施例1-(8)：

フェノール樹脂として、フェノライト（登録商標）5010（DIC（株）製、レゾール型フェノール樹脂）を準備し、シート状基材を形成する熱硬化性樹脂として用いたこと以外は、実施例1-(1)と同様とした。実施例1-(8)における製造条件、および、評価結果は、表5および表6に示す。

実施例1-(9)：

金属材として、金属表面にサンドブラスト処理が施された厚み0.2mmのチタン合金板（Ti-6Al-4V）を用いたことと、成形金型の表面温度を240℃としたこと、成形圧力を15MPaとしたこと以外は、実施例1-(1)と同様の方法で、金属複合体を製造し、評価を行った。金属材の表面には、平均孔径15μmの多数の孔が観察された。実施例1-(9)における製造条件、および、評価結果は、表5および表6に示す。

実施例1-(10)：

上下の成形金型温度を190℃としたこと以外は、実施例1-(1)と同様の方法で、金属複合体を製造し、評価を行った。なお、第1の工程における金属材の表面温度は、185℃であった。実施例1-(10)における製造条件、および、評価結果は、表7および表8に示す。

実施例1-(11)：

金属材の対向する2辺の端辺を図10(a)に示すように、約90°のL曲げ加工したアルミニウム合金を準備した。実施例1-(5)と同じシート状基材を図10(b)に示すように配置し、L曲げ部分を曲げ込んで、プリフォームとした。これら以外は、実施例1-(5)と同様にして成形を行った。成形金型の加圧によって、曲げ込んだL曲げ部が平潰しにされ、端部がヘミング加工された金属複合体を得た。実施例1-(11)における製造条

件、および、評価結果は、表 7 および表 8 に示す。

実施例 1 - (12) :

金属材として、工業用純アルミニウム板 (A 1 1 0 0) を用いたこと以外は、実施例 1 - (1) と同様とした。実施例 1 - (12) における製造条件、および、評価結果は、表 9 および表 10 に示す。

実施例 1 - (13) :

金属材として、工業用純チタン (K S 4 0) を用いたこと以外は、実施例 1 - (9) と同様とした。実施例 1 - (13) における製造条件、および、評価結果は、表 9 および表 10 に示す。

比較例 1 - (1) :

プリフォームの作製 :

熱硬化性樹脂を、表 11 に示す組成質量比で、混合する以外は、実施例 1 - (1) と同様の方法で、金属複合体を製造した。

[0182] ここで、プレス成形装置を用い、表面温度が 130℃ のプレートに、シート状基材を配置して、10 分間加熱し、1 MPa で加圧した。得られた金属複合体における樹脂のガラス転移温度 (T_g) を測定したところ、ガラス転移温度 (T_g) は、75℃ であり、飽和したガラス転移温度 (T_g) に対して、52% のガラス転移温度 (T_g) を示したことから、樹脂は、半硬化状態であることが確認された。

[0183] 金属複合体の製造 :

図 1 (b) に示すように、上側成形金型 11 と下側成形金型 12 とでプリフォーム 10 を挟み、0.5 MPa の圧力で保持した。

[0184] 第 1 の工程で、プリフォーム 10 を成形金型に配置して約 1 分後、第 1 - 2 の工程で、上側成形金型 11 と下側成形金型 12 とにより、プリフォーム 10 を 10 MPa で加圧した。このとき、成形金型の間から、樹脂組成物がフローした。

[0185] 約 2 分間加圧を行った後、成形金型を開放したところ、金属材と金属材がズレており、かつ、金属材の間から、シート状基材の一部が飛び出しており

、目的の金属複合体が得られなかった。更には、金属複合体を成形金型から取り出そうとしたところ、金属材が成形金型に固着してしまい、複合体としての脱型が困難であった。従って、接着強度の測定は、不可能であった。比較例 1 - (1) における製造条件、および、評価結果は、表 1 1 および表 1 2 に示す。

比較例 1 - (2) :

実施例 1 - (2) のプリフォームを用いて、金属複合体の製造を行った。

[0186] 金属複合体の製造 :

図 1 (b) に示すように、上側成形金型 1 1 と下側成形金型 1 2 とでプリフォーム 1 0 を挟み、0. 5 MP a の圧力で保持した。上側成形金型 1 1 と下側成形金型 1 2 の表面温度を、いずれも 1 3 0 °C とした以外は、実施例 1 - (2) と同様の方法で、金属複合体を製造し、評価を行った。

[0187] 得られた金属複合体は、二つの金属材にズレが生じ、金属材の間から熱硬化性樹脂が少し漏れていた。また、凹凸の絞り部には、皺が見られ、深く絞られた箇所では、表面割れが生じていた。更に、金属複合体は、マニュアルにて双方の金属材が剥離可能であった。比較例 1 - (2) における製造条件、および、評価結果は、表 1 1 および表 1 2 に示す。

比較例 1 - (3) :

金属表面にアルマイト処理を施した厚み 1. 5 mm のアルミニウム合金板 (A 5 0 5 2) を金属材としたプリフォームを用いたことと、成形圧力を 0. 5 MP a としたことを除いて、実施例 1 - (3) と同じ要領で、加熱および加圧を行った。

プリフォームを成形金型に配置してから約 3 分間後、成形金型を開放したところ、プリフォームが目的の形状に賦形されていないことが確認された。比較例 1 - (3) における製造条件、および、評価結果は、表 1 1 および表 1 2 に示す。

実施例 2 - (1) :

実施例 1 - (1) と同様のシート状基材および金属材を準備し、プリフォ

ームを作製した。

[0188] 金属複合体の製造：

第1の工程：

図1(b)に示すように、上側成形金型11と下側成形金型12とでプリフォーム10を挟み、0.5 MPaの圧力で保持した。上側成形金型11と下側成形金型12の表面温度は、いずれも220℃であった。この状態で約1分間保持して、樹脂組成物を半硬化させた。このとき、金属材の表面温度は、215℃で、シート状基材の温度は、150℃であった。

[0189] 上述のように予め取得した加熱温度および加熱時間とガラス転移温度(T_g)との相関関係に基づいて、金属複合体中の樹脂組成物のガラス転移温度(T_g)は、115℃と見積もられた。このガラス転移温度(T_g)は、飽和したガラス転移温度(T_g)に対して、82%であることから、第1の工程の終了時点の樹脂組成物は、半硬化状態であることが分かった。

[0190] 第2の工程：

続いて、上側成形金型11および下側成形金型12により、プリフォーム10を10 MPaで加圧して、金属複合体を製造した。

[0191] 第3の工程：

第2の工程の加圧を開始してから約1分後、成形金型に冷却水を流すことにより、上側成形金型11および下側成形金型12の表面温度が180℃以下となるまで冷却しながら、上側成形金型11および下側成形金型12の設定温度を150℃に変更した。プリフォーム10を配置しない状態で、冷却水量と成形金型の表面温度との相関関係を予め確認しておき、この相関関係に基づいて、冷却水量を調整した。金属材の表面温度が冷却を開始してから約2分後に、180℃以下の状態となり、その後、約1分間加圧を行った。

[0192] 脱型：

成形金型を開放し、金属複合体を成形金型から取り出した。得られた金属複合体を構成する金属材同士が強固に接着されており、人力による両者の剥離は困難であった。二つの金属材の間にズレはなく、金属複合体の厚みは1

、5 mmであり、ヒケや捻れは認められず、金属複合体全体に反りや歪みも生じていなかった。金属複合体について、接着強度を測定したところ、接着強度は、16 MPaであった。接着試験終了後に、金属材に付着した樹脂組成物を削り出し、そのガラス転移温度（ T_g ）を測定したところ、ガラス転移温度（ T_g ）は、137℃であり、第3の工程の終了時点での樹脂組成物が、硬化状態にあることが確認された。

[0193] 実施例2－（1）における製造条件、および、評価結果は、表13および表14に示す。

実施例2－（2）：

プリフォームの作製：

金属材として、表面にサンドブラスト処理が施された厚み0.5 mmのマグネシウム合金板（AZ31）を準備した。マグネシウム合金板の表面には、平均孔径50 μ mの多数の孔が観察された。金属材を、このマグネシウム合金板に変更したこと以外は、実施例2－（1）と同様にして、プリフォームを作製した。

[0194] 金属複合体の作製：

第1の工程：

図1（b）に示すように、上側成形金型11と下側成形金型12とでプリフォーム10を挟み、0.5 MPaの圧力で保持した。上側成形金型11と下側成形金型12の表面温度は、いずれも210℃であった。この状態で約1分間保持して、樹脂組成物を半硬化させた。このとき、金属材の温度は、210℃で、シート状基材の温度は、150℃であった。加熱温度および加熱時間とガラス転移温度（ T_g ）との相関関係に基づいて、金属複合体中の樹脂組成物のガラス転移温度（ T_g ）は、108℃と見積もられた。このガラス転移温度（ T_g ）は、飽和したガラス転移温度（ T_g ）に対して、77%であることから、第1の工程の終了時点の樹脂組成物は、半硬化状態であることが分かった。

[0195] 第2の工程：

続いて、上側成形金型 1 1 および下側成形金型 1 2 により、プリフォーム 1 0 を 1 5 M P a で加圧して、金属複合体を製造した。

[0196] 第 3 の工程：

第 2 の工程の加圧を開始してから約 1 分後、成形金型に冷却水を流すことにより、上側成形金型 1 1 および下側成形金型 1 2 を、1 8 0 °C 以下となるまで冷却しながら、上側成形金型 1 1 および下側成形金型 1 2 の設定温度を、1 5 0 °C に変更した。金属材の表面温度が冷却を開始してから約 2 分後に、1 8 0 °C 以下の状態となり、その後、約 1 分間加圧を行った。

[0197] 脱型：

成形金型を開放し、金属複合体を成形金型から取り出した。二つの金属材の間にズレはなく、金属複合体の厚みは、1. 5 m m であり、金属複合体は、凹凸形状を有していた。金属複合体に、皺、割れ、破れといった表面欠陥は認められず、金属複合体全体に、反りや歪みも生じていなかった。得られた金属複合体の金属材同士は、強固に接着されており、人力による両者の剥離は困難であった。金属複合体について、後述する方法により接着強度を測定したところ、接着強度は、1 8 M P a であった。接着試験終了後に、金属材に付着した樹脂組成物を削り出し、そのガラス転移温度 (T g) を測定したところ、ガラス転移温度 (T g) は、1 3 7 °C であり、第 3 の工程の終了時点での樹脂組成物が、硬化状態にあることが確認された。

[0198] 実施例 2 - (2) における製造条件、および、評価結果は、表 1 3 および表 1 4 に示す。

実施例 2 - (3)：

金属材として、金属表面にアルマイト処理が施された厚み 0. 5 m m のアルミニウム合金板 (A 5 0 5 2) を準備した。このアルミニウム合金板の表面には、平均孔径 0. 0 5 μ m の多数の孔が観察された。金属材を、このアルミニウム合金板に変更したこと以外は、実施例 2 - (1) と同様の方法で、金属複合体を製造し、その評価を行った。実施例 2 - (3) における製造条件、および、評価結果は、表 1 3 および表 1 4 に示す。

実施例 2 - (4) :

実施例 2 - (1) で調製した樹脂組成物を用いて樹脂フィルムを作製した。樹脂フィルムの単位面積当りの樹脂量は、 50 g/m^2 とした。シート状基材を、この樹脂フィルムに変更したこと以外は、実施例 2 - (1) と同様の方法で金属複合体を製造し、その評価を行った。実施例 2 - (4) における製造条件、および、評価結果は、表 15 および表 16 に示す。

実施例 2 - (5) :

実施例 2 - (1) で製造したシート状基材と金属材を用い、金属材／シート状基材の二層構成のプリフォームを作製した。また、第 1 の工程において、下側成形金型の表面温度が 150°C となるように設定した。このプリフォームを用いたことおよび下側成形金型の表面温度を変更した以外は、実施例 2 - (1) と同様の方法で、金属複合体を製造し、その評価を行った。実施例 2 - (5) における製造条件、および、評価結果は、表 15 および表 16 に示す。

実施例 2 - (6) :

実施例 2 - (1) と同様のプリフォームを用い、第 1 の工程の加熱を開始してから約 30 秒後、第 2 の工程の加圧を開始し、その約 30 秒後、第 3 の工程として、成形金型に冷却水を流して、上側成形金型と下側成形金型を 180°C 以下に冷却し、上側および下側成形金型の設定温度を、 170°C に変更した。金属材の表面温度が、冷却を開始してから約 1 分後に 180°C 以下の状態となり、その後、約 1 分間加圧を行った。その後、成形金型を開放し、金属複合体を成形金型から取り出した。取り出した金属複合体を、雰囲気温度 150°C に調整された熱風オーブンに入れ、10 分間アフターキュアを行った。得られた金属複合体を、実施例 2 - (1) と同様に評価した。実施例 2 - (6) における製造条件、および、評価結果は、表 15 および表 16 に示す。

比較例 2 - (1) :

プリフォームの作製 :

熱硬化性樹脂の組成を、表 17 に示す質量比に変更したこと以外は、実施例 2 - (1) と同様の方法で、金属複合体を製造した。プレス成形装置を用い、表面温度が 130℃ の加熱プレート上に、シート状基材を配置して、加熱しながら 10 分間、1 MPa で加圧した。得られた金属複合体の熱硬化性樹脂のガラス転移温度 (T_g) を測定したところ、ガラス転移温度 (T_g) は、75℃ であった。このガラス転移温度 (T_g) は、飽和したガラス転移温度 (T_g) に対して、52% であることから、樹脂組成物は、半硬化状態であることが分かった。

[0199] 金属複合体の製造：

第 1 の工程：

図 1 (b) に示すように、上側成形金型 11 と下側成形金型 12 とでプリフォーム 10 を挟み、0.5 MPa の圧力で保持した。このとき、上側成形金型 11 と下側成形金型 12 の表面温度は、いずれも 220℃ で、シート状基材の温度は、150℃ であった。この状態で約 1 分間保持して、樹脂組成物を反応させた。上述のように予め取得した加熱温度および加熱時間とガラス転移温度 (T_g) との相関関係に基づいて、金属複合体中の樹脂組成物のガラス転移温度 (T_g) は、14℃ と見積もられた。このガラス転移温度 (T_g) は、飽和したガラス転移温度 (T_g) に対して、6% であることから、第 1 の工程の終了時点の樹脂組成物は、半硬化状態に至っていなかったことが判明した。

[0200] 第 2 の工程：

続いて、上側成形金型 11 および下側成形金型 12 によりプリフォームを 10 MPa で加圧した。このとき、成形金型の間から、多量の樹脂組成物がフローした。

[0201] 脱型：

第 3 の工程の冷却を行わず、そのまま約 3 分間加圧を行った後、成形金型を開放したところ、金属材と金属材がズレ、金属複合体全体に反りが生じており、かつ、金属材の間から、シート状基材の一部が飛び出しており、目的

の金属複合体が得られなかった。更に、金属複合体を取り出そうとしたところ、金属材が成形金型に固着してしまい、複合体としての脱型が困難であった。従って、接着強度の測定は、不可能であった。

[0202] 比較例 2 - (1) における製造条件、および、評価結果は、表 17 および表 18 に示す。

比較例 2 - (2) :

図 1 (b) に示すように、上側成形金型 11 と下側成形金型 12 とで、実施例 2 - (2) と同様に、プリフォームを挟み、0.5 MPa の圧力で保持した。上側成形金型 11 と下側成形金型 12 の表面温度は、いずれも 130 °C とした。これ以外は、実施例 2 - (2) と同様の方法で、金属複合体を製造し、評価を行った。比較例 2 - (2) における製造条件、および、評価結果は、表 17 および表 18 に示す。

[0203] 得られた金属複合体において、二つの金属材にズレが生じ、金属材の間から熱硬化性樹脂が少し漏れていた。凹凸の絞り部には、皺が見られ、深く絞られた箇所では、表面割れが生じていた。人力にて双方の金属材が、剥離可能であった。比較例 2 - (2) における製造条件、および、評価結果は、表 17 および表 18 に示す。

実施例 3 - (1) :

実施例 1 - (1) と同様のシート状基材と金属材を準備した。

[0204] 金属複合体の製造 :

第 1 - 1 の工程 :

図 4 (a - 1) に示すように、下側成形金型 12 上に、シート状基材 2 を配置して、シート状基材 2 の加熱を開始した。下側成形金型 12 の表面温度は、150 °C であった。後述する第 1 - 2 の工程に移る直前のシート状基材 2 の表面温度は、130 °C であった。上述のように予め取得した加熱温度および加熱時間とガラス転移温度 (T_g) との相関関係に基づいて、金属複合体中の樹脂組成物のガラス転移温度 (T_g) は、80 °C と見積もられた。このガラス転移温度 (T_g) は、飽和したガラス転移温度 (T_g) に対して、

５７％であることから、第１－１の工程の終了時点の樹脂組成物は、半硬化状態であることが分かった。

[0205] 第１－２の工程：

第１－１の工程と並行して、図４（ａ－２）に示すように、電気炉ＥＦ内に、金属材１を入れ、金属材１の予熱を開始した。電気炉ＥＦ内の雰囲気温度は、２５０℃とした。後述する第２の工程に移る直前の金属材１の表面温度は、２４５℃であった。

[0206] 第２の工程：

シート状基材２の加熱および金属材１の予熱を開始してから約１分後、電気炉ＥＦから取り出した金属材１を、図４（ｂ）に示すように、シート状基材１の上に、積層して、プリフォーム１０を形成させた。次いで、図４（ｃ）に示すように、プリフォーム１０を、上側成形金型１１および下側成形金型１２により、１０ＭＰａで約２分間加圧して、金属複合体Ａに成形し、シート状基材２に含まれる樹脂組成物を硬化させた。

[0207] 脱型：

成形金型を開放し、金属複合体Ａを成形金型から取り出した。得られた金属複合体を構成する金属材とシート状基材が強固に接着されており、人力による双方の剥離は困難であった。金属複合体の厚みは、１ｍｍであり、ヒケや捻れは認められなかった。金属複合体について、接着強度を後述する方法により測定したところ、接着強度は、１４ＭＰａであった。接着試験終了後に、金属材に付着した樹脂組成物を削り出し、そのガラス転移温度（Ｔｇ）を測定したところ、ガラス転移温度（Ｔｇ）は、１３７℃であり、このガラス転移温度（Ｔｇ）は、飽和したガラス転移温度（Ｔｇ）に対して、１００％であることから、第１－２の工程の終了時点での樹脂組成物が、硬化状態にあることが確認された。

[0208] 実施例３－（１）における製造条件、および、評価結果は、表１９および表２０に示す。

実施例３－（２）：

金属材：

金属材として、表面にサンドブラスト処理が施された厚み0.5 mmのマグネシウム合金板（AZ31）を準備した。マグネシウム合金板の表面には、平均孔径50 μ mの多数の孔が観察された。

[0209] 金属複合体の製造：

第1-1の工程：

図4（a-1）に示すように、下側成形金型12上に、シート状基材2を配置して、シート状基材2の加熱を開始した。下側成形金型12の表面温度は、150℃であった。後述する第2の工程に移る直前のシート状基材2の表面温度は、130℃であった。上述のように予め取得した加熱温度および加熱時間とガラス転移温度（ T_g ）との相関関係に基づいて、金属複合体中の樹脂組成物のガラス転移温度（ T_g ）は、80℃と見積もられた。このガラス転移温度（ T_g ）は、飽和したガラス転移温度（ T_g ）に対して、57%であることから、第1-1の工程の終了時点の樹脂組成物は、半硬化状態であることが分かった。

[0210] 第1-2の工程：

第1-1の工程と並行して、図4（a-2）に示すように、電気炉EF内に、金属材1を入れ、金属材1の予熱を開始した。電気炉EF内の雰囲気温度は、250℃とした。後述する第2の工程に移る直前の金属材1の表面温度は、240℃であった。

[0211] 第2の工程：

シート状基材2の加熱および金属材1の予熱を開始してから約1分後、電気炉EFから取り出した金属材1を、図4（b）に示すように、シート状基材2の上に積層して、プリフォーム10を形成させた。次いで、図4（c）に示すように、プリフォーム10を、上側成形金型11および下側成形金型12により、10 MPaで約2分間加圧して、金属複合体Aに成形し、シート状基材2に含まれる樹脂組成物を硬化させた。

[0212] 脱型：

成形金型を開放し、金属複合体 A を成形金型から取り出した。二つの金属材料の間にズレはなく、金属複合体の厚みは 1 mm であり、金属複合体は、凹凸形状を有していた。金属複合体に皺、割れ、破れといった表面欠陥は認められなかった。得られた金属複合体の金属材料とシート状基材は、強固に接着されており、人力による双方の剥離は困難であった。金属複合体について、後述する方法により接着強度を測定したところ、接着強度は、16 MPa であった。接着試験終了後に、金属材料に付着した樹脂組成物を削り出し、そのガラス転移温度 (T_g) を測定したところ、ガラス転移温度 (T_g) は、137℃であり、このガラス転移温度 (T_g) は、飽和したガラス転移温度 (T_g) に対して、100%であることから、第2の工程の終了時点での樹脂組成物が、硬化状態にあることが確認された。

[0213] 実施例3-(2)における製造条件、および、評価結果は、表19および表20に示す。

実施例3-(3)：

金属材料として、金属表面にアルマイト処理が施された厚み0.5 mmのアルミニウム合金板 (A5052) を準備した。このアルミニウム合金板の表面には、平均孔径0.05 μm の多数の孔が観察された。金属材料を、このアルミニウム合金板に変更したこと以外は、実施例3-(1)と同様の方法で、金属複合体を製造し、その評価を行った。実施例3-(3)における製造条件、および、評価結果は、表19および表20に示す。

実施例3-(4)：

実施例3-(1)で調製した熱硬化性樹脂を用いて、樹脂フィルムを作製した。樹脂フィルムの単位面積当りの樹脂量は、50 g/ m^2 とした。シート状基材を、この樹脂フィルムに変更したこと以外は、実施例3-(1)と同様の方法で、金属複合体を製造し、その評価を行った。実施例3-(4)における製造条件、および、評価結果は、表21および表22に示す。

実施例3-(5)：

第1-1の工程のシート状基材の加熱および第1-2の工程の金属材料の予

熱を開始してから約0.5分後、プリフォームを形成し、第2の工程での加圧時間を約1分間としたこと以外は、実施例3-(1)と同様の方法で金属複合体を製造した。成形金型を開放し、金属複合体を成形金型から取り出し、続いて、金属複合体を、雰囲気温度が150℃に調整された熱風オーブンに入れ、10分間アフターキュアを行った。得られた金属複合体について、実施例3-(1)と同様に、評価を行った。実施例3-(5)における製造条件、および、評価結果は、表2-1および表2-2に示す。

実施例3-(6)：

実施例3-(1)と同様のシート状基材1つと金属材2枚を準備した。

[0214]

第1-1の工程：

雰囲気温度を150℃とした熱風オーブンにシート状基材を投入し、シート状基材の加熱を開始した。後述する第1-2の工程に移る直前のシート状基材の表面温度は、130℃であった。上述のように予め取得した加熱温度および加熱時間とガラス転移温度(T_g)との相関関係に基づいて、金属複合体中の樹脂組成物のガラス転移温度(T_g)は、80℃と見積もられた。このガラス転移温度(T_g)は、飽和したガラス転移温度(T_g)に対して、57%であることから、第1-1の工程の終了時点の樹脂組成物は、半硬化状態であることが分かった。

[0215]

第1-2の工程：

第1-1の工程と並行して、雰囲気温度を250℃とした電気炉に、金属材2枚を投入して、予熱を開始した。後述する第2の工程に移る直前の金属材の表面温度は、245℃であった。

[0216]

第2の工程：

第1-1の工程を開始してから約1分後、電気炉から取り出した金属材と熱風オーブンから取り出したシート状基材を、金属材/シート状基材/金属材となるように、表面温度が150℃の成形金型内に配置して、プリフォームとした。その後、成形金型を閉じ、10MPaの圧力で約2分間加圧を行うことにより、プリフォームを成形し、シート状基材の樹脂組成物を硬化さ

せた。

[0217] 脱型：

第2の工程の加圧を開始してから約2分後、成形金型を開放し、金属複合体を成形金型から取り出した。二つの金属材の間にズレはなく、金属複合体の厚みは1.5 mmであり、金属複合体は、凹凸形状を有していた。金属複合体に、皺、割れ、破れといった表面欠陥は認められなかった。得られた金属複合体の金属材同士は、強固に接着されており、人力による双方の剥離は困難であった。金属複合体について、後述する方法により接着強度を測定したところ、接着強度は、16 MPaであった。接着試験終了後に、金属材に付着した樹脂組成物を削り出し、そのガラス転移温度（ T_g ）を測定したところ、ガラス転移温度（ T_g ）は、137℃であり、このガラス転移温度（ T_g ）は、飽和したガラス転移温度（ T_g ）に対して、100%であることから、第2の工程の終了時点での樹脂組成物が、硬化状態にあることが確認された。

[0218] 実施例3－（6）における製造条件、および、評価結果は、表21および表22に示す。

実施例3－（7）：

熱硬化性樹脂の調製：

組成を、表23に示す質量比に変更したこと以外は、実施例3－（1）と同様にして、熱硬化性樹脂を樹脂組成物として調整した。

[0219] 調製した樹脂組成物について、実施例3－（1）と同様の測定方法において、ガラス転移温度（ T_g ）を測定したところ、樹脂組成物のガラス転移温度（ T_g ）は、6℃であり、硬化により飽和したガラス転移温度（ T_g ）は、136℃であった。すなわち、ガラス転移温度（ T_g ）が13乃至117℃の範囲内にあるとき、樹脂組成物が、半硬化状態であるといえる。

[0220] 実施例3－（1）と同様にして、調製した樹脂組成物の加熱温度および加熱時間とガラス転移温度（ T_g ）との関係を求めた。加熱温度が130℃または150℃の場合について、加熱時間によるガラス転移温度（ T_g ）の変

化を測定したところ、加熱温度 130℃、加熱時間 10 分のときに、ガラス転移温度 (T_g) が、14℃となり、樹脂組成物が、半硬化状態となることが分かった。

[0221] シート状基材の作製：

樹脂組成物を上記のものに変更したこと以外は、実施例 3 - (1) と同様の方法でシート状基材を得た。

[0222] プレス成形装置を用い、表面温度が 130℃の加熱プレート上に、シート状基材を配置して、加熱しながら 10 分間、1 MPa で加圧した。得られた成形品のガラス転移温度 (T_g) を、前記と同様の方法で測定したところ、ガラス転移温度 (T_g) は、75℃であった。このガラス転移温度 (T_g) は、飽和したガラス転移温度 (T_g) に対して、52%であることから、樹脂組成物は、半硬化状態であることが分かった。また、上記シート状基材を用いること以外は、実施例 3 - (6) と同様とした。

[0223] 第 1 - 1 の工程：

図 11 (a - 1) に示すような雰囲気温度を 150℃とした熱風オーブン HF に、シート状基材 2 を投入し、シート状基材 2 の加熱を開始した。後述する第 2 の工程に移る直前のシート状基材 2 の表面温度は、150℃であった。上述のように予め取得した加熱温度および加熱時間とガラス転移温度 (T_g) との相関関係に基づいて、金属複合体中の樹脂組成物のガラス転移温度 (T_g) は、120℃と見積もられた。このガラス転移温度 (T_g) は、飽和したガラス転移温度 (T_g) に対して、86%であることから、第 1 - 1 の工程の終了時点の樹脂組成物は、半硬化状態であることが分かった。

[0224] 第 1 - 2 の工程：

第 1 - 1 の工程と並行して、図 11 (a - 2) に示すような雰囲気温度を 250℃とした電気炉 EF に、2 枚の金属材 1 を投入して、予熱を開始した。後述する第 1 - 2 の工程に移る直前の金属材 1 の表面温度は、250℃であった。

[0225] 第 2 の工程：

第 1 - 1 の工程を開始してから約 20 分後、電気炉 EF から取り出した 2 枚の金属材 1 と熱風オーブン HF から取り出したシート状基材 2 を、図 11 (b) に示すように、金属材／シート状基材／金属材となる順で、表面温度が 150℃の成形金型内に配置して、プリフォーム 10 とした。その後、図 11 (c) に示すように、成形金型を閉じ、10 MPa の圧力で約 2 分間加圧を行うことにより、プリフォームを成形し、シート状基材の樹脂組成物を硬化させた。

[0226] 脱型：

第 2 の工程の加圧を開始してから約 2 分後、成形金型を開放し、金属複合体 A を、成形金型から取り出した。二つの金属材の間にズレはなく、金属複合体 A の厚みは、1.5 mm であり、金属複合体は凹凸形状を有していた。金属複合体に、皺、割れ、破れといった表面欠陥は認められなかった。得られた金属複合体の金属材同士は、強固に接着されており、人力による双方の剥離は困難であった。金属複合体について、後述する方法により接着強度を測定したところ、接着強度は、16 MPa であった。接着試験終了後に、金属材に付着した樹脂組成物を削り出し、そのガラス転移温度 (T_g) を測定したところ、ガラス転移温度 (T_g) は、137℃であり、このガラス転移温度 (T_g) は、飽和したガラス転移温度 (T_g) に対して、100%であることから、第 1 - 2 の工程の終了時点での樹脂組成物が、硬化状態にあることが確認された。

[0227] 実施例 3 - (7) における製造条件、および、評価結果は、表 23 および表 24 に示す。

比較例 3 - (1)：

プリフォームの作製：

実施例 3 - (7) と同様のシート状基材を準備した。

[0228] 金属複合体の製造：

第 1 - 1 の工程：

図 4 (a - 1) に示すように、下側成形金型 12 上に、シート状基材 2 を

配置して、シート状基材 2 の加熱を開始した。下側成形金型 1 2 の表面温度は、150℃であった。後述する第 1 - 2 の工程に移る直前のシート状基材 2 の表面温度は、130℃であった。上述のように予め取得した加熱温度および加熱時間とガラス転移温度 (T_g) との相関関係に基づいて、金属複合体中の樹脂組成物のガラス転移温度 (T_g) は、14℃と見積もられた。このガラス転移温度 (T_g) は、飽和したガラス転移温度 (T_g) に対して、6%であることから、第 1 - 1 の工程の終了時点の樹脂組成物は、半硬化状態に至っていなかったことが分かった。

[0229] 第 1 - 2 の工程：

第 1 - 1 の工程と並行して、図 4 (a - 2) に示すように、電気炉 E F 内に、金属材 1 を入れ、金属材 1 の予熱を開始した。電気炉 E F 内の雰囲気温度は、250℃とした。

[0230] 第 2 の工程：

シート状基材の加熱および金属材の予熱を開始してから約 1 分後、電気炉から取り出した金属材 1 を、シート状基材 2 の上に積層して、図 4 (b) に示すように、プリフォーム 10 を形成させた。次いで、図 4 (c) に示すように、プリフォーム 10 を、上側成形金型 1 1 および下側成形金型 1 2 により 10 MPa で加圧して、金属複合体 A に成形した。このとき、成形金型の間から、多量の樹脂組成物がフローした。

[0231] 約 2 分間の加圧の後、成形金型を開放したところ、シート状基材の一部が飛び出しており、目的の金属複合体が得られなかった。更に、金属複合体を取り出そうとしたところ、金属材が成形金型に固着してしまい、複合体としての脱型が困難であった。従って、後述する接着強度の測定は、不可能であった。

[0232] 比較例 3 - (1) における製造条件、および、評価結果は、表 2 3 および表 2 4 に示す。

比較例 3 - (2)：

第 1 - 2 の工程における電気炉の雰囲気温度を、130℃に変更したこと

以外は、実施例 3 - (2) と同様にして、金属複合体を製造し、その評価を行った。

[0233] 得られた金属複合体において、金属材の凹凸の絞り部には、皺が見られ、成形金型の凹凸の深さまで絞られずに、目的の形状を得られなかった。

[0234] 比較例 3 - (2) における製造条件、および、評価結果は、表 2 3 および表 2 4 に示す。

実施例 4 - (1) :

電子機器用体の作製 :

実施例 1 - (3) で得られた金属複合材 A を、図 8 (a) に示すように、射出成形金型内に配置した。この射出成形金型は、固定側成形金型 4 2 と可動側成形金型 4 1 からなり、固定側成形金型 4 2 には、射出成形機 4 3 が接続されている。部材 B を形成する樹脂として、ポリアミド樹脂ペレット (東レ (株) 製 CM1001 を用意し、このペレットを用いて、図 8 (d) に示すような形状を有する電子機器筐体 EH を作製した。射出成形は、日本製鋼所 (株) 製 J350E111 射出成形機 4 3 を用いて行い、部材 B を形成する樹脂 b を射出するシリンダー温度は、260℃とした。

[0235] 実施例 4 - (1) における製造条件、および、評価結果は、表 2 5 および表 2 6 に示す。

実施例 4 - (2) :

電子機器用体の作製 :

実施例 1 - (3) で得られた金属複合材を、実施例 4 - (1) と同じ要領で、インサート射出成形を行い、電子機器筐体を作製した。実施例 4 - (2) における製造条件、および、評価結果は、表 2 5 および表 2 6 に示す。

実施例 4 - (3) :

樹脂シートの作製 :

2 種のナイロン樹脂ペレット (東レ (株) 製 CM4000 および CM1001) を熔融混練したものをを用いて樹脂フィルムを作製した。樹脂フィルムの厚みは、50 μ m とした。熔融混練は、日本製鋼所 (株) 製 TEX-30

α を用いて行い、シリンダー温度は、260℃とした。

[0236] プリフォームの作製：

実施例4-(1)と同じシート状基材および金属材に加え、上記樹脂フィルムを用い、金属材／シート状基材／樹脂フィルムの積層構成とし、プリフォームを作製した。

[0237] 金属複合体の製造：

下側成形金型の表面温度が、150℃であることを除いて、実施例4-(1)と同じ要領で、プリフォームを成形金型内に配置して、加熱および加圧を行い、金属複合体Aを製造した。

[0238] 電子機器筐体の作製：

部材Bとして、炭素繊維強化樹脂ペレット（東レ（株）製TLP1040）を用いたことを除いて、実施例4-(1)と同じ要領で、インサート射出成形を行い、電子機器筐体を作製した。実施例4-(3)における製造条件、および、評価結果は、表25および表26に示す。

実施例4-(4)：

プリフォームの作製：

実施例4-(1)で作製したプリフォームと実施例4-(3)と同じ樹脂フィルムを用い、金属材／シート状基材／金属材／樹脂フィルムの積層構成となるように積層し、プリフォームを作製した。

[0239] 金属複合体の製造：

上記プリフォームを用いることを除いて、実施例4-(1)と同じ要領で、プリフォームを成形金型間に配置して、加熱および加圧を行い、金属複合体を作製した。

[0240] 電子機器筐体の作製：

部材Bとして、ガラス繊維強化樹脂ペレット（東レ（株）製CM1001G-20）を用いたことを除いて、実施例4-(1)と同じ要領で、インサート射出成形を行い、電子機器筐体を作製した。実施例4-(4)における製造条件、および、評価結果は、表27および表28に示す。

実施例 4 - (5) :

金属複合体の作製 :

実施例 4 - (1) と同様の条件で作製した金属複合材を準備した。作製した金属複合体 A の端辺に、図 12 に示すような凹凸形状を有する継ぎ手部を形成した。

[0241] 電子機器筐体の作製 :

金属複合体として、端辺に凹凸形状の継ぎ手加工を施した金属複合体 A を用いることを除いて、実施例 4 - (1) と同じ要領で、インサート射出成形を行い、電子機器筐体を作製した。実施例 4 - (5) における製造条件、および、評価結果は、表 27 および表 28 に示す。

実施例 4 - (6) :

電子機器筐体の作製 :

実施例 4 - (1) と同じ要領で作製した金属複合体とナイロン樹脂をプレス成形金型内に配置し、プレス成形を行い、電子機器筐体を作製した。成形金型の表面温度は、上下側ともに 260℃とした。実施例 4 - (6) における製造条件、および、評価結果は、表 27 および表 28 に示す。

実施例 4 - (7) :

熱硬化性樹脂組成物の調整 :

硬化促進剤であるオミキュアTM 24 (2, 4-トルエンビス (ジメチルウレア)、パイ・ティ・アイジャパン (株) 製) を混合しないことを除いて、実施例 4 - (1) と同じ要領で、樹脂組成物を調整した。

[0242] シート状基材の作製 :

上記の硬化促進剤を含まない熱硬化性樹脂組成物を用いることを除いて、実施例 4 - (1) と同じ要領で、シート状基材を作製した。

[0243] ここで、プレス成形装置を用い、表面温度が 130℃のプレートに、シート状基材を配置して、10分間加熱し 1 MPa で加圧した。得られた成形品のガラス転移温度 (T_g) を、前記同様の方法で測定したところ、ガラス転移温度 (T_g) は、75℃であり、飽和したガラス転移温度 (T_g) に対し

て、52%のガラス転移温度（ T_g ）を示すことから、樹脂は、半硬化状態であることが分かった。

[0244] プリフォームの作製：

上記シート状基材を用いることを除いて、実施例4-(1)と同じ要領で、積層を行い、プリフォームを作製した。

[0245] 金属複合体の製造：

作製したプリフォームを、150℃の熱風オーブンに入れ、10分間の予熱を行った後、実施例4-(1)と同じ条件の成形金型に、予熱したプリフォームを配置した。プリフォームを配置して約1分後、上側成形金型と下側成形金型とにより、プリフォームを10MPaで加圧した。

[0246] 約5分間加圧を行った後、成形金型を開放し、金属複合体を成形金型から取り出した。

[0247] 電子機器用体の作製：

実施例4-(1)と同じ要領で、インサート射出成形を行い、電子機器筐体を作製した。実施例4-(7)における製造条件、および、評価結果は、表29および表30に示す。

実施例4-(8)：

実施例4-(1)と同じ要領で作製した金属複合体を準備した。図13(a)に示すように、射出成形金型61内の入れ子を交換し、熔融樹脂の流路を閉ざした射出成形金型内61に、前記金属複合体を配置し、実施例4-(3)で用いた炭素繊維強化樹脂ペレットを、成形金型内の流路62に充填し、略三辺を形成した。その後、射出成形金型内を、図13(b)に示すような、略三辺の流路62が樹脂ペレットで充填された状態にするとともに、厚さ1.5mmのステンレス板を、直方体インサート成形金型内63に、前記略三辺を射出成形材料でインサートした金属複合体を配置し、実施例4-(4)で用いたガラス繊維強化樹脂ペレットを流路64に充填し、残りの一辺をインサート射出成形し、図9に示すような電子機器筐体33を作製した。実施例4-(8)における製造条件、および、評価結果は、表29および表

30に示す。

実施例4－(9)：

実施例1－(12)で得られた金属複合体Aを、実施例4－(1)と同じ要領で、インサート射出成形を行い、電子機器筐体を作製した。実施例4－(9)における製造条件、および、評価結果は、表31および表32に示す。

実施例4－(10)：

実施例1－(13)で得られた金属複合体Aを、実施例4－(1)と同じ要領で、インサート射出成形を行い、電子機器筐体を作製した。実施例4－(10)における製造条件、および、評価結果は、表31および表32に示す。

比較例4－(1)：

金属複合体の製造：

成形金型の表面温度が130℃であることを除いて、実施例4－(1)と同じ要領で作製したプリフォームを、成形金型に配置し、成形を行った。

[0248] 得られた金属複合体は、二つの金属材にズレが生じ、金属材の間から熱硬化性樹脂が少し漏れている。また、凹凸の絞り部には皺が見られ、深く絞られた箇所では、表面割れが生じていた。更に、金属複合体は、マニュアルにて金属材が剥離可能であった。比較例4－(1)における製造条件、および、評価結果は、表33および表34に示す。

比較例4－(2)：

成形圧力が常時0.5MPaであることを除いて、実施例4－(1)と同じ要領で作製したプリフォームを、成形金型に配置し、成形を行った。このとき、成形金型が完全に閉じた状態にならなかった。

[0249] プリフォームを配置してから約3分間後、成形金型を開放したところ、目的の金属複合体が得られなかったため、電子機器筐体を作製することが不可能であった。比較例4－(2)における製造条件、および、評価結果は、表33および表34に示す。

比較例 4 - (3) :

プリフォームの作製 :

金属表面にアルマイト処理を施した厚み 1.5 mm のアルミニウム合金板 (A5052) を準備し、この金属材をプリフォームとした。前記アルミニウム合金板の表面を前記評価方法 1 で観察したところ、平均孔径が、 $0.05\ \mu\text{m}$ であった。

[0250] 金属複合体の製造 :

プリフォームとして上記金属材を用いることと成形圧力を $0.5\ \text{MPa}$ とすることを除いて、実施例 4 - (1) と同じ要領で、加熱および加圧を行った。

[0251] プリフォームを配置してから約 3 分間後、成形金型を開放したところ、プリフォームが目的の形状に賦形されていないことを確認した。得られた金属複合体では、射出成形金型内に配置しても成形金型を締めることができず、電子機器筐体を作製することが不可能であった。

[0252] 実施例および比較例で用いた、金属材表面の平均孔径の測定法、金属複合体の接着強度の測定法、ならびに、電子機器筐体の重量および剛性の測定法を、次に示す。

[0253] 観察用サンプルの作成方法 :

使用する材料や得られた成形体を、カッターやダイヤモンドカッターなどの切削具を用いて目的とする寸法に切り出し、観察用サンプルとした。必要に応じて断面を湿式研磨し、断面を観察しやすいように加工した。

[0254] 評価方法 1 - 金属材表面の平均孔径測定 :

金属材として用いる金属の表面を超深度カラー 3D 形状測定顕微鏡 VK-9500 (コントローラー部) / VK-9510 (測定部) ((株) キーエンス製) を使用して、拡大倍率 100 倍で撮影した。撮影した画像より解析アプリケーション VK-H1A9 を使用して金属表面に形成される任意の孔径 $D_{(n)}$ ($n = 1$ 乃至 100) を測定し、平均孔径を求めた。

[0255] 評価方法 2 - 金属複合体の接着強度の測定 :

製造された金属複合体 A の平滑部より、40 mm 角の試験片 70 を切り出し、サンドブラストを用いて両表面を粗化し、アセトンで油分を拭き取った。その後、得られた試験片 70 に、構造用エポキシ樹脂（接着剤）72（東レファインケミカル（株）製ケミット TE-2220）を用いて、直径 10 mm の貫通孔を備えた 40 mm 立方のアルミニウム合金製ブロック 71 を接着した。試験片 70 のもう一方の面に対しても、同様にアルミニウム合金製ブロック 71 を接着し、図 14 に示す接着強度測定用サンプルを作製した。

[0256] 引張試験装置“インストロン”（登録商標）5565 型万能材料試験機（インストロン・ジャパン（株）製）の上下に取り付けた固定具とアルミニウム合金製ブロック 71 の貫通孔にピンを通して接続し、引張速度 1.6 mm / 分で、評価サンプル数を 5 として、評価を行った。得られた値と次式（1）より、金属複合体の接着強度 S を算出した。計算によって得られた接着強度が 10 MPa 以上であれば、およそマニュアルでの剥離は困難である。

[0257] $S = P / A$ (1)

S : 接着強度 [MPa]

P : 最大荷重 [N]

A : サンプルの断面積 [mm²]

評価方法 3 - 電気・電子機器筐体の重量 m の測定 :

実施例および比較例で得られた電気・電子機器筐体の重量 m を、電子天秤で計量した。実施例および比較例で使用した成形金型のキャビティ内全てに、連続した強化繊維と熱硬化性樹脂を含む成形体が充填されたと仮定した場合に算出される値を基準重量 M とした。これらの値と式（2）より、軽量化度を算出した。

[0258] 評価は、20%以上を優良、10%以上20%未満を良、5%以上10%未満をやや不良、5%未満を不良とした。

[0259] $[(M - m) / M] \times 100 [\%]$ (2)

評価方法 4 - 電気・電子機器筐体の剛性の測定 :

図 15 に示すように、“インストロン（登録商標）” 5565 型万能材料

試験機（インストロン・ジャパン株式会社製）の上部に、R20の円筒で片

側の先端がR100に加えられた圧子81を取り付け、圧子81の中心が、

固定治具82の上面に載置した電気・電子機器筐体33の天面の中心に接触
 するような位置に配置し、下降速度1.6mm/minで、電気・電子機器

筐体33に荷重を負荷した。測定される荷重値が50[N]となるまで、圧子

81を下降させ、無荷重の地点からの移動距離を測定した。荷重値が0[N]

から20[N]となるまで、圧子81が移動した距離を、剛性評価のた

わみ量[mm]とした。

[0260] 評価は、0.3[mm]未満を優良、0.3以上0.5[mm]未満を良、0

.5[mm]以上0.7[mm]未満をやや不良、0.7[mm]以上を不良とし

た。

[0261]

[表1]

表 1

	単位	実施例 1 - (1)	実施例 1 - (2)	実施例 1 - (3)
積層構成（上側／下側）		a 2 / a 1 / a 2	a 2 / a 1 / a 2	a 2 / a 1 / a 2
金属複合体 A				
・シート状基材 a 1				
・熱硬化性樹脂の組成				
“エピコート” 8 2 8	質量部	2 0	2 0	2 0
“エピコート” 8 3 4	質量部	2 0	2 0	2 0
“エピコート” 1 0 0 1	質量部	2 5	2 5	2 5
“エピコート” 1 5 4	質量部	3 5	3 5	3 5
F - a 型 ベンゾオキサジン樹脂	質量部			
レゾール型フェノール樹脂／ フェノライト 5 0 1 0	質量部			
D i c y 7（硬化剤）	質量部	4	4	4
D Y 9 5 7 7	質量部			
“オミキュア” 2 4 （硬化促進剤）	質量部	5	5	5
・強化繊維束	—	炭素繊維	炭素繊維	炭素繊維
・130℃ x 10分の硬化状態	—	硬化状態	硬化状態	硬化状態
・金属材 a 2				
材質	—	アルミニウム 合金	マグネシウム 合金	アルミニウム 合金
厚み	mm	0. 5	0. 5	0. 5
表面処理	—	サンド ブラスト	サンド ブラスト	アルマイト 処理
孔径	μ m	3 0	5 0	0. 0 5
・樹脂層 C				
熱可塑性樹脂 c	—	—	—	—
融点またはガラス転移温度	℃	—	—	—
部材 B				
熱可塑性樹脂 b	—	—	—	—
強化繊維	—	—	—	—
融点またはガラス転移温度	℃	—	—	—
体積固有抵抗	Ω ・ cm	—	—	—

[0262]

[表2]

表 2

		実施例 1－(1)	実施例 1－(2)	実施例 1－(3)
成形				
・第1の工程				
圧力	M P a	0. 5	0. 5	0. 5
時間	m i n	1	1	1
成形型の温度：上型	°C	2 2 0	2 1 0	2 2 0
成形型の温度：下型	°C	2 2 0	2 1 0	2 2 0
予熱温度：第1－1の工程	°C	－	－	－
予熱温度：第1－2の工程	°C	－	－	－
金属材表面温度	°C	2 1 5	2 0 0	2 1 5
熱硬化性樹脂の硬化度合い	%	8 2	7 7	8 2
・第2の工程				
圧力	M P a	1 0	1 5	1 0
時間	m i n	2	2	2
熱硬化性樹脂の硬化度合い	%	1 0 0	1 0 0	1 0 0
脱型	－	問題なし	問題なし	問題なし
・第3の工程				
圧力	M P a	－	－	－
時間	m i n	－	－	－
成形型の温度：上型	°C	－	－	－
成形型の温度：下型	°C	－	－	－
金属部材の表面温度	°C	－	－	－
1 8 0 °C以下になるまでの時間	m i n	－	－	－
熱硬化性樹脂の硬化度合い	%	－	－	－
脱型	－	－	－	－
・成形型占有時間	m i n	3	3	3
成形後				
金属複合体Aの加工		－	－	－
アフターキュア		なし	なし	なし
AとBの一体化手法	－	－	－	－
部材Bの複雑形状	－	－	－	－
評価				
金属複合体の接着強度	M P a	1 6	1 8	2 0
金属複合体Aの重量	－	－	－	－
剛性評価	－	－	－	－

[0263]

[表3]

表 3

	単位	実施例 1－(4)	実施例 1－(5)	実施例 1－(6)
積層構成（上側／下側）		a 2／a 1／ a 2	a 2／a 1	a 2／a 1／ a 2
金属複合体 A				
・シート状基材 a 1				
・熱硬化性樹脂の組成				
“エピコート” 8 2 8	質量部	2 0	2 0	2 0
“エピコート” 8 3 4	質量部	2 0	2 0	2 0
“エピコート” 1 0 0 1	質量部	2 5	2 5	2 5
“エピコート” 1 5 4	質量部	3 5	3 5	3 5
F－a 型 ベンゾオキサジン樹脂	質量部			
レゾール型フェノール樹脂／ フェノライト 5 0 1 0	質量部			
D i c y 7（硬化剤）	質量部	4	4	4
D Y 9 5 7 7	質量部			
“オミキュア” 2 4 （硬化促進剤）	質量部	5	5	5
・強化繊維束	—	なし	炭素繊維	炭素繊維
・130℃×10分の硬化状態	—	硬化状態	硬化状態	硬化状態
・金属材 a 2				
材質	—	アルミニウム 合金	アルミニウム 合金	アルミニウム 合金
厚み	mm	0. 5	0. 5	0. 5
表面処理	—	サンド ブラスト	サンド ブラスト	サンド ブラスト
孔径	μ m	3 0	3 0	3 0
・樹脂層 C				
熱可塑性樹脂 c	—	—	—	—
融点またはガラス転移温度	℃	—	—	—
部材 B				
熱可塑性樹脂 b	—	—	—	—
強化繊維	—	—	—	—
融点またはガラス転移温度	℃	—	—	—
体積固有抵抗	Ω・cm	—	—	—

[0264]

[表4]

表 4

		実施例 1－(4)	実施例 1－(5)	実施例 1－(6)
成形				
・第1の工程				
圧力	M P a	0. 5	0. 5	0. 5
時間	m i n	1	1	0. 5
成形型の温度：上型	°C	2 2 0	2 2 0	2 2 0
成形型の温度：下型	°C	2 2 0	1 5 0	2 2 0
予熱温度：第1－1の工程	°C	－	－	－
予熱温度：第1－2の工程	°C	－	－	－
金属材表面温度	°C	2 1 5	2 1 5	2 1 5
熱硬化性樹脂の硬化度合い	%	8 2	8 5	5 3
・第2の工程				
圧力	M P a	1 0	5	1 0
時間	m i n	2	2	1
熱硬化性樹脂の硬化度合い	%	1 0 0	1 0 0	1 0 0
脱型	－	問題なし	問題なし	問題なし
・第3の工程				
圧力	M P a	－	－	－
時間	m i n	－	－	－
成形型の温度：上型	°C	－	－	－
成形型の温度：下型	°C	－	－	－
金属部材の表面温度	°C	－	－	－
1 8 0 °C以下になるまでの時間	m i n	－	－	－
熱硬化性樹脂の硬化度合い	%	－	－	－
脱型	－	－	－	－
・成形型占有時間	m i n	3	3	1. 5
成形後				
金属複合体Aの加工		－	－	－
アフターキュア		なし	なし	あり
AとBの一体化手法	－	－	－	－
部材Bの複雑形状	－	－	－	－
評価				
金属複合体の接着強度	M P a	1 5	1 3	1 7
金属複合体Aの重量	－	－	－	－
剛性評価	－	－	－	－

[0265]

[表5]

表 5

	単位	実施例 1 - (7)	実施例 1 - (8)	実施例 1 - (9)
積層構成 (上側/下側)		a 2 / a 1 / a 2	a 2 / a 1 / a 2	a 2 / a 1 / a 2
金属複合体 A				
・シート状基材 a 1				
・熱硬化性樹脂の組成				
“エポコート” 8 2 8	質量部			2 0
“エポコート” 8 3 4	質量部			2 0
“エポコート” 1 0 0 1	質量部			2 5
“エポコート” 1 5 4	質量部			3 5
F - a 型 ベンゾオキサジン樹脂	質量部	1 0 0		
レゾール型フェノール樹脂/ フェノライト 5 0 1 0	質量部		1 0 0	
D i c y 7 (硬化剤)	質量部			4
D Y 9 5 7 7	質量部	5		
“オミキュア” 2 4 (硬化促進剤)	質量部			5
・強化繊維束	—	炭素繊維	炭素繊維	炭素繊維
・130℃ x 10分の硬化状態	—	半硬化状態	硬化状態	硬化状態
・金属材料 a 2				
材質	—	アルミニウム 合金	アルミニウム 合金	チタン 合金
厚み	mm	0. 5	0. 5	0. 2
表面処理	—	サンド ブラスト	サンド ブラスト	サンド ブラスト
孔径	μ m	3 0	3 0	1 5
・樹脂層 C				
熱可塑性樹脂 c	—	—	—	—
融点またはガラス転移温度	℃	—	—	—
部材 B				
熱可塑性樹脂 b	—	—	—	—
強化繊維	—	—	—	—
融点またはガラス転移温度	℃	—	—	—
体積固有抵抗	Ω · cm	—	—	—

[0266]

[表6]

表 6

		実施例 1－(7)	実施例 1－(8)	実施例 1－(9)
成形				
・第1の工程				
圧力	MPa	0.5	0.5	0.5
時間	min	1	1	1
成形型の温度：上型	℃	220	220	240
成形型の温度：下型	℃	220	220	240
予熱温度：第1－1の工程	℃	－	－	－
予熱温度：第1－2の工程	℃	－	－	－
金属材表面温度	℃	215	215	238
熱硬化性樹脂の硬化度合い	%	30	72	88
・第2の工程				
圧力	MPa	10	10	15
時間	min	2	2	2
熱硬化性樹脂の硬化度合い	%	100	100	100
脱型	－	問題なし	問題なし	問題なし
・第3の工程				
圧力	MPa	－	－	－
時間	min	－	－	－
成形型の温度：上型	℃	－	－	－
成形型の温度：下型	℃	－	－	－
金属部材の表面温度	℃	－	－	－
180℃以下になるまでの時間	min	－	－	－
熱硬化性樹脂の硬化度合い	%	－	－	－
脱型	－	－	－	－
・成型型占有時間	min	3	3	3
成形後				
金属複合体Aの加工		－	－	－
アフターキュア		なし	なし	なし
AとBの一体化手法	－	－	－	－
部材Bの複雑形状	－	－	－	－
評価				
金属複合体の接着強度	MPa	15	14	13
金属複合体Aの重量	－	－	－	－
剛性評価	－	－	－	－

[0267]

[表7]

表 7

	単位	実施例 1 - (1 0)	実施例 1 - (1 1)
積層構成 (上側／下側)		a 2 / a 1 / a 2	a 2 / a 1
金属複合体 A			
・シート状基材 a 1			
・熱硬化性樹脂の組成			
“エピコート” 8 2 8	質量部	2 0	2 0
“エピコート” 8 3 4	質量部	2 0	2 0
“エピコート” 1 0 0 1	質量部	2 5	2 5
“エピコート” 1 5 4	質量部	3 5	3 5
F - a 型 ベンゾオキサジン樹脂	質量部		
レゾール型フェノール樹脂／ フェノライト 5 0 1 0	質量部		
D i c y 7 (硬化剤)	質量部	4	4
D Y 9 5 7 7	質量部		
“オミキュア” 2 4 (硬化促進剤)	質量部	5	5
・強化繊維束	—	炭素繊維	炭素繊維
・130℃ x 10分の硬化状態	—	硬化状態	硬化状態
・金属材 a 2			
材質	—	アルミニウム 合金	アルミニウム 合金
厚み	mm	0. 5	0. 5
表面処理	—	サンド ブラスト	サンド ブラスト
孔径	μ m	3 0	3 0
・樹脂層 C			
熱可塑性樹脂 c	—	—	—
融点またはガラス転移温度	℃	—	—
部材 B			
熱可塑性樹脂 b	—	—	—
強化繊維	—	—	—
融点またはガラス転移温度	℃	—	—
体積固有抵抗	Ω ・ c m	—	—

[表8]

表 8

		実施例 1－(10)	実施例 1－(11)
成形			
・第1の工程			
圧力	MPa	0.5	0.5
時間	min	1	1
成形型の温度：上型	℃	190	220
成形型の温度：下型	℃	190	150
予熱温度：第1－1の工程	℃	－	－
予熱温度：第1－2の工程	℃	－	－
金属材表面温度	℃	185	215
熱硬化性樹脂の硬化度合い	%	59	85
・第2の工程			
圧力	MPa	12	5
時間	min	2	2
熱硬化性樹脂の硬化度合い	%	100	100
脱型	－	問題なし	問題なし
・第3の工程			
圧力	MPa	－	－
時間	min	－	－
成形型の温度：上型	℃	－	－
成形型の温度：下型	℃	－	－
金属部材の表面温度	℃	－	－
180℃以下になるまでの時間	min	－	－
熱硬化性樹脂の硬化度合い	%	－	－
脱型	－	－	－
・成型型占有時間	min	3	3
成形後			
金属複合体Aの加工		－	－
アフターキュア		なし	なし
AとBの一体化手法	－	－	－
部材Bの複雑形状	－	－	－
評価			
金属複合体の接着強度	MPa	15	13
金属複合体Aの重量	－	－	－
剛性評価	－	－	－

[表9]

表 9

	単位	実施例 1 - (1 2)	実施例 1 - (1 3)
積層構成 (上側／下側)		a 2 / a 1 / a 2	a 2 / a 1 / a 2
金属複合体 A			
・シート状基材 a 1			
・熱硬化性樹脂の組成			
“エピコート” 8 2 8	質量部	2 0	2 0
“エピコート” 8 3 4	質量部	2 0	2 0
“エピコート” 1 0 0 1	質量部	2 5	2 5
“エピコート” 1 5 4	質量部	3 5	3 5
F - a 型 ベンゾオキサジン樹脂	質量部		
レゾール型フェノール樹脂／ フェノライト 5 0 1 0	質量部		
D i c y 7 (硬化剤)	質量部	4	4
D Y 9 5 7 7	質量部		
“オミキュア” 2 4 (硬化促進剤)	質量部	5	5
・強化繊維束	—	炭素繊維	炭素繊維
・130℃×10分の硬化状態	—	硬化状態	硬化状態
・金属材料 a 2			
材質	—	アルミニウム	チタン
厚み	mm	0. 5	0. 2
表面処理	—	サンド ブラスト	サンド ブラスト
孔径	μ m	3 0	1 5
・樹脂層 C			
熱可塑性樹脂 c	—	—	—
融点またはガラス転移温度	℃	—	—
部材 B			
熱可塑性樹脂 b	—	—	—
強化繊維	—	—	—
融点またはガラス転移温度	℃	—	—
体積固有抵抗	Ω ・ cm	—	—

[0270]

[表10]

表 10

		実施例 1 - (1 2)	実施例 1 - (1 3)
成形			
・ 第 1 の工程			
圧力	M P a	0 . 5	0 . 5
時間	m i n	1	1
成形型の温度：上型	°C	2 2 0	2 4 0
成形型の温度：下型	°C	2 2 0	2 4 0
予熱温度：第 1 - 1 の工程	°C	—	—
予熱温度：第 1 - 2 の工程	°C	—	—
金属材表面温度	°C	2 1 5	2 3 8
熱硬化性樹脂の硬化度合い	%	8 2	8 8
・ 第 2 の工程			
圧力	M P a	1 0	1 5
時間	m i n	2	2
熱硬化性樹脂の硬化度合い	%	1 0 0	1 0 0
脱型	—	問題なし	問題なし
・ 第 3 の工程			
圧力	M P a	—	—
時間	m i n	—	—
成形型の温度：上型	°C	—	—
成形型の温度：下型	°C	—	—
金属部材の表面温度	°C	—	—
1 8 0 °C 以下になるまでの時間	m i n	—	—
熱硬化性樹脂の硬化度合い	%	—	—
脱型	—	—	—
・ 成形型占有時間	m i n	3	3
成形後			
金属複合体 A の加工		—	—
アフターキュア		なし	なし
A と B の一体化手法	—	—	—
部材 B の複雑形状	—	—	—
評価			
金属複合体の接着強度	M P a	1 6	1 3
金属複合体 A の重量	—	—	—
剛性評価	—	—	—

[表11]

表 1 1

	単位	比較例 1－(1)	比較例 1－(2)	比較例 1－(3)
積層構成（上側／下側）		a 2／a 1／ a 2	a 2／a 1／ a 2	a 2
金属複合体 A				
・シート状基材 a 1				
・熱硬化性樹脂の組成				
“エポコート” 8 2 8	質量部	2 0	2 0	
“エポコート” 8 3 4	質量部	2 0	2 0	
“エポコート” 1 0 0 1	質量部	2 5	2 5	
“エポコート” 1 5 4	質量部	3 5	3 5	
F－a 型 ベンゾオキサジン樹脂	質量部			
レゾール型フェノール樹脂／ フェノライト 5 0 1 0	質量部			
D i c y 7（硬化剤）	質量部	4	4	
D Y 9 5 7 7	質量部			
“オミキュア” 2 4 （硬化促進剤）	質量部		5	
・強化繊維束	—	炭素繊維	炭素繊維	なし
・1 3 0℃ x 1 0 分の硬化状態	—	半硬化状態	硬化状態	—
・金属材 a 2				
材質	—	アルミニウム 合金	マグネシウム 合金	アルミニウム 合金
厚み	mm	0. 5	0. 5	1. 5
表面処理	—	サンド ブラスト	サンド ブラスト	アルマイト 処理
孔径	μ m	3 0	5 0	0. 0 5
・樹脂層 C				
熱可塑性樹脂 c	—	—	—	—
融点またはガラス転移温度	℃	—	—	—
部材 B				
熱可塑性樹脂 b	—	—	—	—
強化繊維	—	—	—	—
融点またはガラス転移温度	℃	—	—	—
体積固有抵抗	Ω・cm	—	—	—

[0272]

[表12]

表 1 2

		比較例 1 - (1)	比較例 1 - (2)	比較例 1 - (3)
成形				
・ 第 1 の工程				
圧力	MP a	0. 5	0. 5	0. 5
時間	m i n	1	1	1
成形型の温度：上型	°C	2 2 0	1 3 0	2 2 0
成形型の温度：下型	°C	2 2 0	1 3 0	2 2 0
予熱温度：第 1 - 1 の工程	°C	—	—	—
予熱温度：第 1 - 2 の工程	°C	—	—	—
金属材表面温度	°C	2 1 5	1 2 0	2 1 5
熱硬化性樹脂の硬化度合い	%	6	1 2	—
・ 第 2 の工程				
圧力	MP a	1 0	1 5	0. 5
時間	m i n	2	2	2
熱硬化性樹脂の硬化度合い	%	5 2	2 2	—
脱型	—	問題あり	問題あり	問題なし
・ 第 3 の工程				
圧力	MP a	—	—	—
時間	m i n	—	—	—
成形型の温度：上型	°C	—	—	—
成形型の温度：下型	°C	—	—	—
金属部材の表面温度	°C	—	—	—
1 8 0 °C 以下になるまでの時間	m i n	—	—	—
熱硬化性樹脂の硬化度合い	%	—	—	—
脱型	—	—	—	—
・ 成形型占有時間	m i n	3	3	3
成形後				
金属複合体 A の加工		—	—	—
アフターキュア		なし	なし	なし
A と B の一体化手法	—	—	—	—
部材 B の複雑形状	—	—	—	—
評価				
金属複合体の接着強度	MP a	測定不可	5	測定不可
金属複合体 A の重量	—	—	—	—
剛性評価	—	—	—	—

[0273]

[表13]

表 1 3

	単位	実施例 2- (1)	実施例 2- (2)	実施例 2- (3)
積層構成 (上側/下側)		a 2 / a 1 / a 2	a 2 / a 1 / a 2	a 2 / a 1 / a 2
金属複合体 A				
・シート状基材 a 1				
・熱硬化性樹脂の組成				
“エポコート” 8 2 8	質量部	2 0	2 0	2 0
“エポコート” 8 3 4	質量部	2 0	2 0	2 0
“エポコート” 1 0 0 1	質量部	2 5	2 5	2 5
“エポコート” 1 5 4	質量部	3 5	3 5	3 5
F-a 型 ベンゾオキサジン樹脂	質量部			
レゾール型フェノール樹脂/ フェノライト 5 0 1 0	質量部			
D i c y 7 (硬化剤)	質量部	4	4	4
D Y 9 5 7 7	質量部			
“オミキュア” 2 4 (硬化促進剤)	質量部	5	5	5
・強化繊維束	—	炭素繊維	炭素繊維	炭素繊維
・130℃ x 10分の硬化状態	—	硬化状態	硬化状態	硬化状態
・金属材料 a 2				
材質	—	アルミニウム 合金	マグネシウム 合金	アルミニウム 合金
厚み	mm	0. 5	0. 5	0. 5
表面処理	—	サンド ブラスト	サンド ブラスト	アルマイト 処理
孔径	μ m	3 0	5 0	0. 0 5
・樹脂層 C				
熱可塑性樹脂 c	—	—	—	—
融点またはガラス転移温度	℃	—	—	—
部材 B				
熱可塑性樹脂 b	—	—	—	—
強化繊維	—	—	—	—
融点またはガラス転移温度	℃	—	—	—
体積固有抵抗	Ω・cm	—	—	—

[0274]

[表14]

表 1 4

		実施例 2－(1)	実施例 2－(2)	実施例 2－(3)
成形				
・第1の工程				
圧力	M P a	0. 5	0. 5	0. 5
時間	m i n	1	1	1
成形型の温度：上型	℃	2 2 0	2 1 0	2 2 0
成形型の温度：下型	℃	2 2 0	2 1 0	2 2 0
予熱温度：第1－1の工程	℃	－	－	－
予熱温度：第1－2の工程	℃	－	－	－
金属材表面温度	℃	2 1 5	2 0 0	2 1 5
熱硬化性樹脂の硬化度合い	%	8 2	7 7	8 2
・第2の工程				
圧力	M P a	1 0	1 5	1 0
時間	m i n	1	1	1
熱硬化性樹脂の硬化度合い	%	－	－	－
脱型	－	－	－	－
・第3の工程				
圧力	M P a	1 5	2 0	1 5
時間	m i n	1	1	1
成形型の温度：上型	℃	1 5 0	1 5 0	1 5 0
成形型の温度：下型	℃	1 5 0	1 5 0	1 5 0
金属部材の表面温度	℃	1 6 0	1 6 5	1 6 0
1 8 0℃以下になるまでの時間	m i n	2	2	2
熱硬化性樹脂の硬化度合い	%	1 0 0	1 0 0	1 0 0
脱型	－	問題なし	問題なし	問題なし
・成形型占有時間	m i n	5	5	5
成形後				
金属複合体Aの加工		－	－	－
アフターキュア		なし	なし	なし
AとBの一体化手法	－	－	－	－
部材Bの複雑形状	－	－	－	－
評価				
金属複合体の接着強度	M P a	1 6	1 8	2 0
金属複合体Aの重量	－	－	－	－
剛性評価	－	－	－	－

[0275]

[表15]

表 1 5

	単位	実施例 2- (4)	実施例 2- (5)	実施例 2- (6)
積層構成 (上側/下側)		a 2 / a 1 / a 2	a 2 / a 1	a 2 / a 1 / a 2
金属複合体 A				
・シート状基材 a 1				
・熱硬化性樹脂の組成				
“エピコート” 8 2 8	質量部	2 0	2 0	2 0
“エピコート” 8 3 4	質量部	2 0	2 0	2 0
“エピコート” 1 0 0 1	質量部	2 5	2 5	2 5
“エピコート” 1 5 4	質量部	3 5	3 5	3 5
F-a 型 ベンゾオキサジン樹脂	質量部			
レゾール型フェノール樹脂/ フェノライト 5 0 1 0	質量部			
D i c y 7 (硬化剤)	質量部	4	4	4
D Y 9 5 7 7	質量部			
“オミキュア” 2 4 (硬化促進剤)	質量部	5	5	5
・強化繊維束	—	なし	炭素繊維	炭素繊維
・130℃ x 10分の硬化状態	—	硬化状態	硬化状態	硬化状態
・金属材 a 2				
材質	—	アルミニウム 合金	アルミニウム 合金	アルミニウム 合金
厚み	mm	0. 5	0. 5	0. 5
表面処理	—	サンド ブラスト	サンド ブラスト	サンド ブラスト
孔径	μ m	3 0	3 0	3 0
・樹脂層 C				
熱可塑性樹脂 c	—	—	—	—
融点またはガラス転移温度	℃	—	—	—
部材 B				
熱可塑性樹脂 b	—	—	—	—
強化繊維	—	—	—	—
融点またはガラス転移温度	℃	—	—	—
体積固有抵抗	Ω・cm	—	—	—

[0276]

[表16]

表 1 6

		実施例 2－(4)	実施例 2－(5)	実施例 2－(6)
成形				
・第1の工程				
圧力	M P a	0. 5	0. 5	0. 5
時間	m i n	1	1	1
成形型の温度：上型	℃	2 2 0	2 2 0	2 2 0
成形型の温度：下型	℃	2 2 0	1 5 0	2 2 0
予熱温度：第1－1の工程	℃	－	－	－
予熱温度：第1－2の工程	℃	－	－	－
金属材表面温度	℃	2 1 5	2 1 5	2 1 5
熱硬化性樹脂の硬化度合い	%	8 2	8 5	5 3
・第2の工程				
圧力	M P a	1 0	5	1 0
時間	m i n	1	1	0. 5
熱硬化性樹脂の硬化度合い	%	－	－	－
脱型	－	－	－	－
・第3の工程				
圧力	M P a	1 5	1 0	1 5
時間	m i n	1	1	1
成形型の温度：上型	℃	1 5 0	1 5 0	1 7 0
成形型の温度：下型	℃	1 5 0	1 5 0	1 7 0
金属部材の表面温度	℃	1 6 0	1 6 0	1 7 5
1 8 0℃以下になるまでの時間	m i n	2	2	1
熱硬化性樹脂の硬化度合い	%	1 0 0	1 0 0	9 5
脱型	－	問題なし	問題なし	問題なし
・成形型占有時間	m i n	5	5	3
成形後				
金属複合体Aの加工		－	－	－
アフターキュア		なし	なし	1 5 0℃ x 1 0 m i n
AとBの一体化手法	－	－	－	－
部材Bの複雑形状	－	－	－	－
評価				
金属複合体の接着強度	M P a	1 5	1 3	1 7
金属複合体Aの重量	－	－	－	－
剛性評価	－	－	－	－

[0277]

[表17]

表 1 7

	単位	比較例 2 - (1)	比較例 2 - (2)
積層構成 (上側/下側)		a 2 / a 1 / a 2	a 2 / a 1
金属複合体 A			
・シート状基材 a 1			
・熱硬化性樹脂の組成			
“エピコート” 8 2 8	質量部	2 0	2 0
“エピコート” 8 3 4	質量部	2 0	2 0
“エピコート” 1 0 0 1	質量部	2 5	2 5
“エピコート” 1 5 4	質量部	3 5	3 5
F - a 型 ベンゾオキサジン樹脂	質量部		
レゾール型フェノール樹脂/ フェノライト 5 0 1 0	質量部		
D i c y 7 (硬化剤)	質量部	4	4
D Y 9 5 7 7	質量部		
“オミキュア” 2 4 (硬化促進剤)	質量部		
・強化繊維束	—	炭素繊維	炭素繊維
・130℃×10分の硬化状態	—	半硬化状態	硬化状態
・金属材 a 2			
材質	—	アルミニウム 合金	マグネシウム 合金
厚み	mm	0. 5	0. 5
表面処理	—	サンド ブラスト	サンド ブラスト
孔径	μ m	3 0	5 0
・樹脂層 C			
熱可塑性樹脂 c	—	—	—
融点またはガラス転移温度	℃	—	—
部材 B			
熱可塑性樹脂 b	—	—	—
強化繊維	—	—	—
融点またはガラス転移温度	℃	—	—
体積固有抵抗	Ω ・ c m	—	—

[表18]

表 1 8

		比較例 2 - (1)	比較例 2 - (2)
成形			
・ 第 1 の工程			
圧力	M P a	0 . 5	0 . 5
時間	m i n	1	1
成形型の温度：上型	°C	2 2 0	1 3 0
成形型の温度：下型	°C	2 2 0	1 3 0
予熱温度：第 1 - 1 の工程	°C	—	—
予熱温度：第 1 - 2 の工程	°C	—	—
金属材表面温度	°C	2 1 5	1 2 5
熱硬化性樹脂の硬化度合い	%	6	1 2
・ 第 2 の工程			
圧力	M P a	1 0	1 5
時間	m i n	3	3
熱硬化性樹脂の硬化度合い	%	5 6	2 2
脱型	—	問題あり	問題あり
・ 第 3 の工程			
圧力	M P a	—	—
時間	m i n	—	—
成形型の温度：上型	°C	—	—
成形型の温度：下型	°C	—	—
金属部材の表面温度	°C	—	—
1 8 0 °C 以下になるまでの時間	m i n	—	—
熱硬化性樹脂の硬化度合い	%	—	—
脱型	—	—	—
・ 成形型占有時間	m i n	4	4
成形後			
金属複合体 A の加工		—	—
アフターキュア		なし	なし
A と B の一体化手法	—	—	—
部材 B の複雑形状	—	—	—
評価			
金属複合体の接着強度	M P a	測定不可	測定不可
金属複合体 A の重量	—	—	—
剛性評価	—	—	—

[表19]

表 1 9

	単位	実施例 3－(1)	実施例 3－(2)	実施例 3－(3)
積層構成（上側／下側）		a 2／a 1	a 2／a 1	a 2／a 1
金属複合体 A				
・シート状基材 a 1				
・熱硬化性樹脂の組成				
“エピコート” 8 2 8	質量部	2 0	2 0	2 0
“エピコート” 8 3 4	質量部	2 0	2 0	2 0
“エピコート” 1 0 0 1	質量部	2 5	2 5	2 5
“エピコート” 1 5 4	質量部	3 5	3 5	3 5
F－a 型 ベンゾオキサジン樹脂	質量部			
レゾール型フェノール樹脂／ フェノライト 5 0 1 0	質量部			
D i c y 7（硬化剤）	質量部	4	4	4
D Y 9 5 7 7	質量部			
“オミキュア” 2 4 （硬化促進剤）	質量部	5	5	5
・強化繊維束	—	炭素繊維	炭素繊維	炭素繊維
・1 3 0℃ x 1 0 分の硬化状態	—	硬化状態	硬化状態	硬化状態
・金属材料 a 2				
材質	—	アルミニウム 合金	マグネシウム 合金	アルミニウム 合金
厚み	mm	0. 5	0. 5	0. 5
表面処理	—	サンド ブラスト	サンド ブラスト	アルマイト 処理
孔径	μ m	3 0	5 0	0. 0 5
・樹脂層 C				
熱可塑性樹脂 c	—	—	—	—
融点またはガラス転移温度	℃	—	—	—
部材 B				
熱可塑性樹脂 b	—	—	—	—
強化繊維	—	—	—	—
融点またはガラス転移温度	℃	—	—	—
体積固有抵抗	Ω・cm	—	—	—

[0280]

[表20]

表 2 0

		実施例 3－(1)	実施例 3－(2)	実施例 3－(3)
成形				
・第1の工程				
圧力	M P a	0. 5	0. 5	0. 5
時間	m i n	1	1	1
成形型の温度：上型	℃	1 5 0	1 5 0	1 5 0
成形型の温度：下型	℃	1 5 0	1 5 0	1 5 0
予熱温度：第1－1の工程	℃	1 5 0	1 5 0	1 5 0
予熱温度：第1－2の工程	℃	2 5 0	2 5 0	2 5 0
金属材料表面温度	℃	2 4 5	2 4 0	2 4 5
熱硬化性樹脂の硬化度合い	%	5 7	5 7	5 7
・第2の工程				
圧力	M P a	1 0	2 0	1 0
時間	m i n	2	2	2
熱硬化性樹脂の硬化度合い	%	1 0 0	1 0 0	1 0 0
脱型	—	問題なし	問題なし	問題なし
・第3の工程				
圧力	M P a	—	—	—
時間	m i n	—	—	—
成形型の温度：上型	℃	—	—	—
成形型の温度：下型	℃	—	—	—
金属部材の表面温度	℃	—	—	—
1 8 0℃以下になるまでの時間	m i n	—	—	—
熱硬化性樹脂の硬化度合い	%	—	—	—
脱型	—	—	—	—
・成形型占有時間	m i n	3	3	3
成形後				
金属複合体Aの加工		—	—	—
アフターキュア		なし	なし	なし
AとBの一体化手法	—	—	—	—
部材Bの複雑形状	—	—	—	—
評価				
金属複合体の接着強度	M P a	1 4	1 6	1 8
金属複合体Aの重量	—	—	—	—
剛性評価	—	—	—	—

[0281]

[表21]

表 2 1

	単位	実施例 3－(4)	実施例 3－(5)	実施例 3－(6)
積層構成（上側／下側）		a 2／a 1	a 2／a 1	a 2／a 1／ a 2
金属複合体 A				
・シート状基材 a 1				
・熱硬化性樹脂の組成				
“エピコート” 8 2 8	質量部	2 0	2 0	2 0
“エピコート” 8 3 4	質量部	2 0	2 0	2 0
“エピコート” 1 0 0 1	質量部	2 5	2 5	2 5
“エピコート” 1 5 4	質量部	3 5	3 5	3 5
F－a 型 ベンゾオキサジン樹脂	質量部			
レゾール型フェノール樹脂／ フェノライト 5 0 1 0	質量部			
D i c y 7（硬化剤）	質量部	4	4	4
D Y 9 5 7 7	質量部			
“オミキュア” 2 4 （硬化促進剤）	質量部	5	5	5
・強化繊維束	－	なし	炭素繊維	炭素繊維
・1 3 0℃ x 1 0 分の硬化状態	－	硬化状態	硬化状態	硬化状態
・金属材 a 2				
材質	－	アルミニウム 合金	マグネシウム 合金	アルミニウム 合金
厚み	mm	0. 5	0. 5	0. 5
表面処理	－	サンド ブラスト	サンド ブラスト	アルマイト 処理
孔径	μ m	3 0	3 0	3 0
・樹脂層 C				
熱可塑性樹脂 c	－	－	－	－
融点またはガラス転移温度	℃	－	－	－
部材 B				
熱可塑性樹脂 b	－	－	－	－
強化繊維	－	－	－	－
融点またはガラス転移温度	℃	－	－	－
体積固有抵抗	Ω・cm	－	－	－

[0282]

[表22]

表 2 2

		実施例 3－(4)	実施例 3－(5)	実施例 3－(6)
成形				
・第1の工程				
圧力	M P a	0. 5	0. 5	0. 5
時間	m i n	1	0. 5	1
成形型の温度：上型	°C	1 5 0	1 5 0	1 5 0
成形型の温度：下型	°C	1 5 0	1 5 0	1 5 0
予熱温度：第1－1の工程	°C	1 5 0	1 5 0	1 5 0
予熱温度：第1－2の工程	°C	2 5 0	2 5 0	2 5 0
金属材表面温度	°C	2 4 5	2 4 5	2 4 5
熱硬化性樹脂の硬化度合い	%	5 7	5 3	5 7
・第2の工程				
圧力	M P a	1 0	1 0	1 0
時間	m i n	2	1	2
熱硬化性樹脂の硬化度合い	%	1 0 0	9 5	1 0 0
脱型	—	問題なし	問題なし	問題なし
・第3の工程				
圧力	M P a	—	—	—
時間	m i n	—	—	—
成形型の温度：上型	°C	—	—	—
成形型の温度：下型	°C	—	—	—
金属部材の表面温度	°C	—	—	—
1 8 0 °C以下になるまでの時間	m i n	—	—	—
熱硬化性樹脂の硬化度合い	%	—	—	—
脱型	—	—	—	—
・成形型占有時間	m i n	3	1. 5	2
成形後				
金属複合体Aの加工		—	—	—
アフターキュア		なし	1 5 0 °C x 1 0 m i n	なし
AとBの一体化手法	—	—	—	—
部材Bの複雑形状	—	—	—	—
評価				
金属複合体の接着強度	M P a	1 4	1 7	1 6
金属複合体Aの重量	—	—	—	—
剛性評価	—	—	—	—

[0283]

[表23]

表 2 3

	単位	実施例 3 - (7)	比較例 3 - (1)	比較例 3 - (2)
積層構成 (上側/下側)		a 2 / a 1 / a 2	a 2 / a 1	a 2 / a 1
金属複合体 A				
・シート状基材 a 1				
・熱硬化性樹脂の組成				
“エピコート” 8 2 8	質量部	2 0	2 0	2 0
“エピコート” 8 3 4	質量部	2 0	2 0	2 0
“エピコート” 1 0 0 1	質量部	2 5	2 5	2 5
“エピコート” 1 5 4	質量部	3 5	3 5	3 5
F - a 型 ベンゾオキサジン樹脂	質量部			
レゾール型フェノール樹脂/ フェノライト 5 0 1 0	質量部			
D i c y 7 (硬化剤)	質量部	4	4	4
D Y 9 5 7 7	質量部			
“オミキュア” 2 4 (硬化促進剤)	質量部			5
・強化繊維束	—	炭素繊維	炭素繊維	炭素繊維
・130℃×10分の硬化状態	—	半硬化状態	半硬化状態	硬化状態
・金属材 a 2				
材質	—	アルミニウム 合金	アルミニウム 合金	マグネシウム 合金
厚み	mm	0. 5	0. 5	0. 5
表面処理	—	サンド ブラスト	サンド ブラスト	サンド ブラスト
孔径	μ m	3 0	3 0	5 0
・樹脂層 C				
熱可塑性樹脂 c	—	—	—	—
融点またはガラス転移温度	℃	—	—	—
部材 B				
熱可塑性樹脂 b	—	—	—	—
強化繊維	—	—	—	—
融点またはガラス転移温度	℃	—	—	—
体積固有抵抗	Ω ・ c m	—	—	—

[0284]

[表24]

表 2 4

		実施例 3－(7)	比較例 3－(1)	比較例 3－(2)
成形				
・第1の工程				
圧力	M P a	0. 5	0. 5	0. 5
時間	m i n	2 0	1	1
成形型の温度：上型	°C	1 5 0	1 5 0	1 3 0
成形型の温度：下型	°C	1 5 0	1 5 0	1 3 0
予熱温度：第1－1の工程	°C	1 5 0	1 5 0	1 3 0
予熱温度：第1－2の工程	°C	2 5 0	2 5 0	2 5 0
金属材表面温度	°C	2 5 0	2 4 5	1 2 0
熱硬化性樹脂の硬化度合い	%	8 6	6	1 2
・第2の工程				
圧力	M P a	1 0	1 0	1 0
時間	m i n	2	2	2
熱硬化性樹脂の硬化度合い	%	1 0 0	4 8	2 2
脱型	—	問題なし	問題あり	問題あり
・第3の工程				
圧力	M P a	—	—	—
時間	m i n	—	—	—
成形型の温度：上型	°C	—	—	—
成形型の温度：下型	°C	—	—	—
金属部材の表面温度	°C	—	—	—
1 8 0 °C以下になるまでの時間	m i n	—	—	—
熱硬化性樹脂の硬化度合い	%	—	—	—
脱型	—	—	—	—
・成形型占有時間	m i n	2 2	3	3
成形後				
金属複合体Aの加工		—	—	—
アフターキュア		なし	なし	なし
AとBの一体化手法	—	—	—	—
部材Bの複雑形状	—	—	—	—
評価				
金属複合体の接着強度	M P a	1 6	測定不可	4
金属複合体Aの重量	—	—	—	—
剛性評価	—	—	—	—

[0285]

[表25]

表 2 5

	単位	実施例 4 - (1)	実施例 4 - (2)	実施例 4 - (3)
積層構成 (上側／下側)		a 2 / a 1 / a 2	a 2 / a 1 / a 2	a 2 / a 1 / c
金属複合体 A				
・シート状基材 a 1				
・熱硬化性樹脂の組成				
“エピコート” 8 2 8	質量部	2 0	2 0	2 0
“エピコート” 8 3 4	質量部	2 0	2 0	2 0
“エピコート” 1 0 0 1	質量部	2 5	2 5	2 5
“エピコート” 1 5 4	質量部	3 5	3 5	3 5
F - a 型 ベンゾオキサジン樹脂	質量部			
レゾール型フェノール樹脂／ フェノライト 5 0 1 0	質量部			
D i c y 7 (硬化剤)	質量部	4	4	4
D Y 9 5 7 7	質量部			
“オミキュア” 2 4 (硬化促進剤)	質量部	5	5	5
・強化繊維束	—	炭素繊維	炭素繊維	炭素繊維
・130℃×10分の硬化状態	—	硬化状態	硬化状態	硬化状態
・金属材 a 2				
材質	—	アルミニウム 合金	マグネシウム 合金	アルミニウム 合金
厚み	mm	0. 5	0. 5	0. 5
表面処理	—	アルマイト 処理	サンド ブラスト	アルマイト 処理
孔径	μ m	0. 0 5	5 0	0. 0 5
・樹脂層 C				
熱可塑性樹脂 c	—	なし	なし	ポリアミド
融点またはガラス転移温度	℃	なし	なし	1 5 5
部材 B				
熱可塑性樹脂 b	—	ポリアミド	ポリアミド	ポリアミド
強化繊維	—	なし	なし	炭素繊維
融点またはガラス転移温度	℃	2 2 5	2 2 5	2 2 5
体積固有抵抗	Ω ・ cm	オーバー ロード	オーバー ロード	1 0 1

[0286]

[表26]

表 2 6

		実施例 4－(1)	実施例 4－(2)	実施例 4－(3)
成形				
・第1の工程				
圧力	M P a	0. 5	0. 5	0. 5
時間	m i n	1	1	1
成形型の温度：上型	℃	2 2 0	2 1 0	2 2 0
成形型の温度：下型	℃	2 2 0	2 1 0	1 5 0
予熱温度：第1－1の工程	℃	－	－	－
予熱温度：第1－2の工程	℃	－	－	－
金属材料表面温度	℃	2 1 5	2 0 0	2 1 5
熱硬化性樹脂の硬化度合い	%	8 2	7 7	8 5
・第2の工程				
圧力	M P a	1 0	1 0	5
時間	m i n	2	2	2
熱硬化性樹脂の硬化度合い	%	1 0 0	1 0 0	1 0 0
脱型	－	問題なし	問題なし	問題なし
・第3の工程				
圧力	M P a	－	－	－
時間	m i n	－	－	－
成形型の温度：上型	℃	－	－	－
成形型の温度：下型	℃	－	－	－
金属部材の表面温度	℃	－	－	－
1 8 0℃以下になるまでの時間	m i n	－	－	－
熱硬化性樹脂の硬化度合い	%	－	－	－
脱型	－	－	－	－
・成形型占有時間	m i n	3	3	3
成形後				
金属複合体Aの加工		なし	なし	なし
アフターキュア		－	－	－
AとBの一体化手法	－	射出成形	射出成形	射出成形
部材Bの複雑形状	－	フレーム、 リブ	フレーム、 リブ	フレーム、 リブ
評価				
金属複合体の接着強度	M P a	1 6	1 8	1 6
金属複合体Aの重量	－	良	優良	良
剛性評価	－	優良	優良	良

[0287]

[表27]

表 2 7

	単位	実施例 4 - (4)	実施例 4 - (5)	実施例 4 - (6)
積層構成 (上側/下側)		a 2 / a 1 / a 2 / c	a 2 / a 1 / a 2	a 2 / a 1 / a 2
金属複合体 A				
・シート状基材 a 1				
・熱硬化性樹脂の組成				
“エピコート” 8 2 8	質量部	2 0	2 0	2 0
“エピコート” 8 3 4	質量部	2 0	2 0	2 0
“エピコート” 1 0 0 1	質量部	2 5	2 5	2 5
“エピコート” 1 5 4	質量部	3 5	3 5	3 5
F - a 型 ベンゾオキサジン樹脂	質量部			
レゾール型フェノール樹脂/ フェノライト 5 0 1 0	質量部			
D i c y 7 (硬化剤)	質量部	4	4	4
D Y 9 5 7 7	質量部			
“オミキュア” 2 4 (硬化促進剤)	質量部	5	5	5
・強化繊維束	—	炭素繊維	炭素繊維	炭素繊維
・130℃ x 10分の硬化状態	—	硬化状態	硬化状態	硬化状態
・金属材 a 2				
材質	—	アルミニウム 合金	アルミニウム 合金	アルミニウム 合金
厚み	mm	0. 5	0. 5	0. 5
表面処理	—	アルマイト 処理	アルマイト 処理	アルマイト 処理
孔径	μ m	0. 0 5	0. 0 5	0. 0 5
・樹脂層 C				
熱可塑性樹脂 c	—	ポリアミド	なし	なし
融点またはガラス転移温度	℃	1 9 8	なし	なし
部材 B				
熱可塑性樹脂 b	—	ポリアミド	ポリアミド	ポリアミド
強化繊維	—	ガラス繊維	なし	なし
融点またはガラス転移温度	℃	2 2 5	2 2 5	2 2 5
体積固有抵抗	Ω ・ cm	オーバー ロード	オーバー ロード	オーバー ロード

[0288]

[表28]

表 2 8

		実施例 4 - (4)	実施例 4 - (5)	実施例 4 - (6)
成形				
・ 第 1 の工程				
圧力	M P a	0 . 5	0 . 5	0 . 5
時間	m i n	1	1	1
成形型の温度：上型	°C	2 2 0	2 2 0	2 2 0
成形型の温度：下型	°C	2 2 0	2 2 0	2 2 0
予熱温度：第 1 - 1 の工程	°C	—	—	—
予熱温度：第 1 - 2 の工程	°C	—	—	—
金属材表面温度	°C	2 1 5	2 1 5	2 1 5
熱硬化性樹脂の硬化度合い	%	8 2	8 2	8 2
・ 第 2 の工程				
圧力	M P a	1 0	1 0	1 0
時間	m i n	2	2	2
熱硬化性樹脂の硬化度合い	%	1 0 0	1 0 0	1 0 0
脱型	—	問題なし	問題なし	問題なし
・ 第 3 の工程				
圧力	M P a	—	—	—
時間	m i n	—	—	—
成形型の温度：上型	°C	—	—	—
成形型の温度：下型	°C	—	—	—
金属部材の表面温度	°C	—	—	—
1 8 0 °C以下になるまでの時間	m i n	—	—	—
熱硬化性樹脂の硬化度合い	%	—	—	—
脱型	—	—	—	—
・ 成形型占有時間	m i n	3	3	3
成形後				
金属複合体 A の加工		なし	継ぎ手加工	なし
アフターキュア		—	—	—
A と B の一体化手法	—	射出成形	射出成形	プレス成形
部材 B の複雑形状	—	フレーム、 リブ	フレーム、 リブ	フレーム、 リブ
評価				
金属複合体の接着強度	M P a	1 6	1 6	1 7
金属複合体 A の重量	—	良	良	良
剛性評価	—	優良	優良	優良

[0289]

[表29]

表 2 9

	単位	実施例 4 - (7)	実施例 4 - (8)
積層構成 (上側 / 下側)		a 2 / a 1 / a 2	a 2 / a 1 / a 2
金属複合体 A			
・シート状基材 a 1			
・熱硬化性樹脂の組成			
“エピコート” 8 2 8	質量部	2 0	2 0
“エピコート” 8 3 4	質量部	2 0	2 0
“エピコート” 1 0 0 1	質量部	2 5	2 5
“エピコート” 1 5 4	質量部	3 5	3 5
F - a 型 ベンゾオキサジン樹脂	質量部		
レゾール型フェノール樹脂 / フェノライト 5 0 1 0	質量部		
D i c y 7 (硬化剤)	質量部	4	4
D Y 9 5 7 7	質量部		
“オミキュア” 2 4 (硬化促進剤)	質量部		5
・強化繊維束	—	炭素繊維	炭素繊維
・1 3 0 ° C x 1 0 分の硬化状態	—	半硬化状態	硬化状態
・金属材 a 2			
材質	—	アルミニウム合金	アルミニウム合金
厚み	mm	0 . 5	0 . 5
表面処理	—	アルマイト 処理	アルマイト 処理
孔径	μ m	0 . 0 5	0 . 0 5
・樹脂層 C			
熱可塑性樹脂 c	—	なし	なし
融点またはガラス転移温度	° C	なし	なし
部材 B			
熱可塑性樹脂 b	—	ポリアミド	ポリアミド
強化繊維	—	なし	炭素繊維 / ガラス繊維
融点またはガラス転移温度	° C	2 2 5	2 2 5
体積固有抵抗	Ω ・ c m	オーバー ロード	オーバー ロード

[0290]

[表30]

表 3 0

		実施例 4 - (7)	実施例 4 - (8)
成形			
・ 第 1 の工程			
圧力	M P a	0 . 5	0 . 5
時間	m i n	1	1
成形型の温度：上型	°C	2 2 0	2 2 0
成形型の温度：下型	°C	2 2 0	2 2 0
予熱温度：第 1 - 1 の工程	°C	1 5 0 °C x 1 0 m i n (熱風オープン)	—
予熱温度：第 1 - 2 の工程	°C	1 5 0 °C x 1 0 m i n (熱風オープン)	—
金属材表面温度	°C	2 1 5	2 1 5
熱硬化性樹脂の硬化度合い	%	8 5	8 2
・ 第 2 の工程			
圧力	M P a	1 0	1 0
時間	m i n	2	2
熱硬化性樹脂の硬化度合い	%	1 0 0	1 0 0
脱型	—	問題なし	問題なし
・ 第 3 の工程			
圧力	M P a	—	—
時間	m i n	—	—
成形型の温度：上型	°C	—	—
成形型の温度：下型	°C	—	—
金属部材の表面温度	°C	—	—
1 8 0 °C 以下になるまでの時間	m i n	—	—
熱硬化性樹脂の硬化度合い	%	—	—
脱型	—	—	—
・ 成形型占有時間	m i n	3	3
成形後			
金属複合体 A の加工		なし	なし
アフターキュア		—	—
A と B の一体化手法	—	射出成形	射出成形
部材 B の複雑形状	—	フレーム、リブ	フレーム、リブ
評価			
金属複合体の接着強度	M P a	1 6	1 6
金属複合体 A の重量	—	良	良
剛性評価	—	優良	優良

[0291]

[表31]

表 3 1

	単位	実施例 4 - (9)	実施例 4 - (1 0)
積層構成 (上側 / 下側)		a 2 / a 1 / a 2	a 2 / a 1 / a 2
金属複合体 A			
・シート状基材 a 1			
・熱硬化性樹脂の組成			
“エピコート” 8 2 8	質量部	2 0	2 0
“エピコート” 8 3 4	質量部	2 0	2 0
“エピコート” 1 0 0 1	質量部	2 5	2 5
“エピコート” 1 5 4	質量部	3 5	3 5
F - a 型 ベンゾオキサジン樹脂	質量部		
レゾール型フェノール樹脂 / フェノライト 5 0 1 0	質量部		
D i c y 7 (硬化剤)	質量部	4	4
D Y 9 5 7 7	質量部		
“オミキュア” 2 4 (硬化促進剤)	質量部	5	5
・強化繊維束	—	炭素繊維	炭素繊維
・130℃ x 10分の硬化状態	—	硬化状態	硬化状態
・金属材 a 2			
材質	—	アルミニウム	チタン
厚み	mm	0. 5	0. 2
表面処理	—	サンド ブラスト	サンド ブラスト
孔径	μ m	3 0	1 5
・樹脂層 C			
熱可塑性樹脂 c	—	なし	なし
融点またはガラス転移温度	℃	なし	なし
部材 B			
熱可塑性樹脂 b	—	ポリアミド	ポリアミド
強化繊維	—	なし	なし
融点またはガラス転移温度	℃	2 2 5	2 2 5
体積固有抵抗	Ω ・ cm	オーバー ロード	オーバー ロード

[0292]

[表32]

表 3 2

		実施例 4 - (9)	実施例 4 - (1 0)
成形			
・ 第 1 の工程			
圧力	M P a	0 . 5	0 . 5
時間	m i n	1	1
成形型の温度：上型	℃	2 2 0	2 4 0
成形型の温度：下型	℃	2 2 0	2 4 0
予熱温度：第 1 - 1 の工程	℃	—	—
予熱温度：第 1 - 2 の工程	℃	—	—
金属材表面温度	℃	2 1 5	2 3 8
熱硬化性樹脂の硬化度合い	%	8 2	8 8
・ 第 2 の工程			
圧力	M P a	1 0	1 5
時間	m i n	2	2
熱硬化性樹脂の硬化度合い	%	1 0 0	1 0 0
脱型	—	問題なし	問題なし
・ 第 3 の工程			
圧力	M P a	—	—
時間	m i n	—	—
成形型の温度：上型	℃	—	—
成形型の温度：下型	℃	—	—
金属部材の表面温度	℃	—	—
1 8 0℃以下になるまでの時間	m i n	—	—
熱硬化性樹脂の硬化度合い	%	—	—
脱型	—	—	—
・ 成形型占有時間	m i n	3	3
成形後			
金属複合体 A の加工		なし	なし
アフターキュア		—	—
A と B の一体化手法	—	射出成形	射出成形
部材 B の複雑形状	—	フレーム、 リブ	フレーム、 リブ
評価			
金属複合体の接着強度	M P a	1 6	1 3
金属複合体 A の重量	—	良	優良
剛性評価	—	優良	優良

[0293] [表33]

表 3 3

	単位	比較例 4－(1)	比較例 4－(2)	比較例 4－(3)
積層構成（上側／下側）		a 2 / a 1 / a 2	a 2 / a 1 / a 2	a 2
金属複合体 A				
・シート状基材 a 1				
・熱硬化性樹脂の組成				
“エポコート” 8 2 8	質量部	2 0	2 0	
“エポコート” 8 3 4	質量部	2 0	2 0	
“エポコート” 1 0 0 1	質量部	2 5	2 5	
“エポコート” 1 5 4	質量部	3 5	3 5	
F－a 型 ベンゾオキサジン樹脂	質量部			
レゾール型フェノール樹脂／ フェノライト 5 0 1 0	質量部			
D i c y 7（硬化剤）	質量部	4	4	
D Y 9 5 7 7	質量部			
“オミキュア” 2 4 （硬化促進剤）	質量部	5	5	
・強化繊維束	—	炭素繊維	炭素繊維	なし
・130℃ x 10分の硬化状態	—	硬化状態	硬化状態	—
・金属材 a 2				
材質	—	アルミニウム 合金	アルミニウム 合金	アルミニウム 合金
厚み	mm	0. 5	0. 5	1. 5
表面処理	—	アルマイト 処理	アルマイト 処理	アルマイト 処理
孔径	μ m	0. 0 5	0. 0 5	0. 0 5
・樹脂層 C				
熱可塑性樹脂 c	—	なし	なし	なし
融点またはガラス転移温度	℃	なし	なし	なし
部材 B				
熱可塑性樹脂 b	—	ポリアミド	ポリアミド	ポリアミド
強化繊維	—	なし	なし	なし
融点またはガラス転移温度	℃	2 2 5	2 2 5	2 2 5
体積固有抵抗	Ω・cm	オーバー ロード	オーバー ロード	オーバー ロード

[0294]

[表34]

表 3 4

		比較例 4－(1)	比較例 4－(2)	比較例 4－(3)
成形				
・第1の工程				
圧力	MPa	0.5	0.5	0.5
時間	min	1	1	1
成型型の温度：上型	℃	130	220	220
成型型の温度：下型	℃	130	220	220
予熱温度：第1－1の工程	℃	－	－	－
予熱温度：第1－2の工程	℃	－	－	－
金属材表面温度	℃	125	215	215
熱硬化性樹脂の硬化度合い	%	12	82	－
・第2の工程				
圧力	MPa	10	0.5	0.5
時間	min	2	2	2
熱硬化性樹脂の硬化度合い	%	22	100	－
脱型	－	問題なし	問題なし	問題なし
・第3の工程				
圧力	MPa	－	－	－
時間	min	－	－	－
成型型の温度：上型	℃	－	－	－
成型型の温度：下型	℃	－	－	－
金属部材の表面温度	℃	－	－	－
180℃以下になるまでの時間	min	－	－	－
熱硬化性樹脂の硬化度合い	%	－	－	－
脱型	－	－	－	－
・成型型占有時間	min	3	3	3
成形後				
金属複合体Aの加工		なし	なし	なし
アフターキュア		－	－	－
AとBの一体化手法	－	成形不可	成形不可	成形不可
部材Bの複雑形状	－	－	－	－
評価				
金属複合体の接着強度	MPa	測定不可	測定不可	測定不可
金属複合体Aの重量	－	良	良	不良
剛性評価	－	不良	やや不良	優良

産業上の利用可能性

[0295] 本発明は、金属材同士、または、金属材と他の構造材とを樹脂硬化層を介して複合化した金属複合体の製造方法であって、この製造方法により、市場

で要望されている薄肉性および軽量性に優れた高剛性を有する設計自由度の高い金属材の複雑形状への加工性と短時間での複合化とが容易に達成される。この製造方法により、接着強度に優れる金属複合体の製造が可能となる。この製造方法により製造された金属複合体は、電子機器筐体の部品として、好ましく用いられ、また、無線通信機能を搭載した電子機器に要求される電磁波シールド性およびアンテナ特性を有する電子機器筐体の部品として、このましく用いられる。

符号の説明

- [0296] 1 金属材
- 2 シート状基材
- 2 a 樹脂硬化層
- 3 金属材
- 8 L曲げされた金属材
- 10 プリフォーム
- 11 上側成形金型
- 12 下側成形金型
- 21 上側成形金型
- 22 下側成形金型
- 31 金属複合体 (A)
- 32 熱可塑性樹脂 (b) からなる部材 (B)
- 33 電子機器筐体
- 41 可動側成形金型
- 42 固定側成形金型
- 43 射出成形機
- 51 熱可塑性樹脂 (b) からなる部材 (B) (体積固有抵抗値 $10^4 \Omega \cdot \text{cm}$ 以上)
- 52 熱可塑性樹脂 (b) からなる部材 (B) (体積固有抵抗値 $10^4 \Omega \cdot \text{cm}$ 以下)

- 5 3 アンテナ部品
- 6 1 射出成形金型（片側）
- 6 2 流路
- 6 3 射出成形金型（片側）
- 6 4 流路
- 7 0 試験片
- 7 1 アルミニウム合金製ブロック
- 7 2 接着剤
- 8 1 圧子
- 8 2 固定治具
- E F 電気炉
- E H 電子機器筐体
- H F 熱風オーブン
- P 圧力
- P m 成形時の圧力
- S 1 第 1 の工程
- S 2 第 2 の工程
- S 3 第 3 の工程
- T 温度
- T 1 180℃
- T 2 成形金型温度 1
- T 3 成形金型温度 2
- T m 金属材の表面温度
- (I) 半硬化状態
- (II) 硬化状態

請求の範囲

[請求項1]

熱硬化性樹脂を含有するシート状基材と該シート状基材に接するように配置または積層された金属材とを備えるプリフォームを加熱および加圧により成形して、前記金属材と該金属材に沿って設けられた前記熱硬化性樹脂が硬化して形成された樹脂硬化層とを備える金属複合体を製造する方法であって、

前記プリフォームを成形金型内に配置し、前記前記金属材を、180℃を超える温度に加熱するとともに、前記シート状基材を加熱して前記熱硬化性樹脂を半硬化させる第1の工程と、

該第1の工程で加熱された前記プリフォームを、加圧により複合体に成形する第2の工程と、

を備え、前記熱硬化性樹脂は、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、ベンゾオキサジン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少なくとも一種である、金属複合体の製造方法。

[請求項2]

エポキシ樹脂、フェノール樹脂、ベンゾオキサジン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少なくとも一種である熱硬化性樹脂を含有するシート状基材と、該シート状基材に接するように配置または積層された金属材とを備えるプリフォームを加熱および加圧により成形して、前記金属材と該金属材に沿って設けられた前記熱硬化性樹脂が硬化して形成された樹脂硬化層とを備える金属複合体を製造する方法であって、

前記プリフォームを成形金型内に配置し、前記金属材の表面温度が180℃を超えるまで加熱するとともに、前記熱硬化性樹脂を半硬化させる第1の工程と、

該第1の工程で加熱された前記プリフォームを、加圧により金属複合体に成形する第2の工程と、

該第2の工程で成形された金属複合体を、加圧下において、前記金属材の表面温度が180℃以下となるまで冷却する第3の工程と、

を備える、金属複合体の製造方法。

[請求項3] 前記第3の工程において金属複合体に加えられる加圧の圧力の大きさが、前記第2の工程において前記プリフォームに加えられる加圧の圧力の大きさのそれ以上である請求項2に記載の金属複合体の製造方法。

[請求項4] 前記金属材の表面温度が180℃を超える温度から180℃以下まで降下するまでの時間が3分以内である請求項2に記載の金属複合体の製造方法。

[請求項5] 前記第1の工程において、前記プリフォームを配置する際の前記成形金型が、200乃至300℃の表面温度を有する請求項1あるいは2に記載の金属複合体の製造方法。

[請求項6] 金属材と該金属材に沿って設けられた樹脂硬化層とを備える金属複合体を製造する方法であって、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、ベンゾオキサジン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少なくとも一種の熱硬化性樹脂を含有するシート状基材を加熱して、前記熱硬化性樹脂を半硬化させる第1-1の工程と、

前記金属材を、その表面温度が180℃を超えて400℃以下となるように予熱する第1-2の工程と、

表面温度が180℃以下である成形金型内に、前記第1-1の工程を経た前記シート状基材と、前記第1-2の工程により予熱された前記金属材とを接するように配置または積層し、加圧により金属複合体に成形する第2の工程と、

を備える、金属複合体の製造方法。

[請求項7] 前記第1-1の工程および前記第1-2の工程の加熱が異なる装置で行われる請求項6に記載の金属複合体の製造方法。

[請求項8] 前記第1-1の工程が、前記第1-2の工程と並行して行われる請求項6に記載の金属複合体の製造方法。

[請求項9] 前記第1-1の工程および前記第1-2の工程を実質的に同時に完

了させる請求項 6 に記載の金属複合体の製造方法。

[請求項10] 前記第 2 の工程において、金属複合体を成形する前に、前記シート状基材と前記金属材が一体化したプリフォームを形成させる請求項 6 に記載の金属複合体の製造方法。

[請求項11] 前記シート状基材は、130℃で10分間加熱したときに、そこに含まれる前記熱硬化性樹脂が硬化状態になる請求項 1、2 あるいは 6 に記載の金属複合体の製造方法。

[請求項12] 前記熱硬化性樹脂に硬化促進剤が添加されている請求項 1、2 あるいは 6 に記載の金属複合体の製造方法。

[請求項13] 前記プリフォームが、前記シート状基材またはその積層体の両面に、それぞれ前記金属材が積層されて構成されるサンドイッチ構造を有する請求項 1、2 あるいは 6 に記載の金属複合体の製造方法。

[請求項14] 前記第 2 の工程あるいは第 3 の工程において、熱硬化性樹脂が硬化状態となる請求項 2 に記載の金属複合体の製造方法。

[請求項15] 前記第 2 の工程において、熱硬化性樹脂が硬化状態となる請求項 1 あるいは 6 に記載の金属複合体の製造方法。

[請求項16] 前記第 2 の工程あるいは第 3 の工程において、プリフォームのエッジがヘミング加工または圧接加工される請求項 2 に記載の金属複合体の製造方法。

[請求項17] 前記第 2 の工程において、プリフォームのエッジがヘミング加工または圧接加工される請求項 1 あるいは 6 に記載の金属複合体の製造方法。

[請求項18] 前記シート状基材が、繊維基材に熱硬化性樹脂が含浸されてなるプリプレグである請求項 1、2 あるいは 6 に記載の金属複合体の製造方法。

[請求項19] 前記金属材が、0.1 乃至 1 mm の厚みを有する板状体である請求項 1、2 あるいは 6 に記載の金属複合体の製造方法。

[請求項20] 前記金属材は、前記シート状基材と接する面において、物理的、化

学的または電氣的に表面粗化されている請求項 1、2 あるいは 6 に記載の金属複合体の製造方法。

[請求項21] 前記金属材は、前記シート状基材と接する面において、0.01 乃至 100 μm の孔が複数形成されている請求項 1、2 あるいは 6 に記載の金属複合体の製造方法。

[請求項22] 前記金属材を形成する金属が、アルミニウム合金、マグネシウム合金およびチタン合金からなる群より選択される少なくとも一種である請求項 1、2 あるいは 6 に記載の金属複合体の製造方法。

[請求項23] 製造される金属複合体における前記金属材と前記樹脂硬化層との接着強度が、10 MPa 以上である請求項 1、2 あるいは 6 に記載の金属複合体の製造方法。

[請求項24] 請求項 1 乃至 23 のいずれかに記載の方法によって製造された金属複合体 A と、熱可塑性樹脂 b からなる部材 B とが一体化されてなる電子機器筐体。

[請求項25] 前記部材 B が、ボス、リブ、ヒンジ、フレーム、キーボードベース、立ち壁、台座から選択される少なくとも一種の形状部材である請求項 24 に記載の電子機器筐体。

[請求項26] 前記金属複合体 A の表面に、更に熱可塑性樹脂 c からなる樹脂層 C が形成されている請求項 24 に記載の電子機器筐体。

[請求項27] 前記熱可塑性樹脂 c の融点またはガラス転移温度が、前記熱可塑性樹脂 b よりも低い請求項 26 に記載の電子機器筐体。

[請求項28] 前記金属材の表面に形成されている孔に、前記熱硬化性樹脂、前記熱可塑性樹脂 b、前記熱可塑性樹脂 c から選択される少なくとも一種が充填されている請求項 26 に記載の電子機器筐体。

[請求項29] 前記金属複合体 A に、テーパ加工、溝加工、穴加工、継ぎ手加工から選択される少なくとも一種の形状が施され、該形状に前記部材 B が嵌合することで接合されている請求項 24 に記載の電子機器筐体。

[請求項30] 前記金属複合体 A を成形金型にインサートし、前記部材 B を射出成

形することで接合されている請求項 24 に記載の電子機器筐体。