

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000 - 281446

(P 2 0 0 0 - 2 8 1 4 4 6 A)

(43)公開日 平成12年10月10日(2000.10.10)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マコード [*] (参考)
C04B 35/52		C04B 35/52	C 4G032
35/83		C22C 49/02	4K020
35/653		49/11	5H105
C22C 49/02		49/14	
49/11		B60L 5/08	A

審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全15頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平11 - 88329

(22)出願日 平成11年3月30日(1999.3.30)

(71)出願人 000173784
財団法人鉄道総合技術研究所
東京都国分寺市光町2丁目8番地38

(71)出願人 000232690
日本粉末合金株式会社
東京都千代田区有楽町1丁目4番1号 三信ビル内

(71)出願人 390021717
株式会社アクロス
埼玉県蕨市錦町2 - 16 - 27

(74)代理人 100105108
弁理士 大川 洋一

最終頁に続く

(54)【発明の名称】チタン銅炭素複合材料、及びチタン銅炭素複合材料の製造方法

(57)【要約】

【課題】 導電性が良く、トロリー線等との摩擦が小さく、摺動時の摩耗が少なく、十分な強度を有し、かつ製造工程が簡易な銅炭素複合材料、及びその製造方法を提供する。

【解決手段】 炭素からなる炭素基材と、炭素基材に対し1～70重量%の比率で含まれるチタンと、炭素基材に対し1～75重量%の比率で含まれる銅又は銅合金が融合される。

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 炭素からなる炭素基材に、複合材料の全重量に対し 1 ~ 7 0 重量%の比率となるチタンと、複合材料の全重量に対し 1 ~ 7 5 重量%の銅含有率となる銅又は銅合金が融合されることを特徴とするチタン銅炭素複合材料。

【請求項 2】 請求項 1 記載のチタン銅炭素複合材料において、炭素繊維からなり前記炭素基材中に配設されて前記炭素基材を強化する炭素繊維補強部材を備えることを特徴とするチタン銅炭素複合材料。

【請求項 3】 請求項 2 記載のチタン銅炭素複合材料において、前記炭素繊維補強部材の長さは、5 ミリメートル以上であることを特徴とするチタン銅炭素複合材料。

【請求項 4】 請求項 1 記載のチタン銅炭素複合材料において、前記チタンの含有率が前記チタン銅炭素複合材料の全重量に対し 3 ~ 5 3 重量%で、かつ、前記銅の含有率が前記チタン銅炭素複合材料の全重量に対し 4 ~ 6 8 重量%となることを特徴とするチタン銅炭素複合材料。

【請求項 5】 請求項 1 記載のチタン銅炭素複合材料において、前記銅合金は、第 2 族典型金属元素、第 4 族遷移金属元素、第 5 族遷移金属元素、第 6 族遷移金属元素、第 7 族遷移金属元素、第 8 族遷移金属元素、第 9 族遷移金属元素、第 1 0 族遷移金属元素、第 1 1 族遷移金属元素、第 1 2 族遷移金属元素、第 1 3 族元素、第 1 4 族元素、第 1 5 族元素のうちのいずれか又はこれらの適宜の組み合わせを、銅に対して 0 . 1 ~ 3 0 . 0 重量%の比率で含有させることにより構成されることを特徴とするチタン銅炭素複合材料。

【請求項 6】 炭素繊維を含む部材を所定の形状に形成して予形成部材を得る予形成工程を行い、次いで前記予形成部材を第 1 温度で加熱しつつ第 1 圧力で加圧する成型処理工程を行い、次いで第 2 温度で加熱する炭化処理工程を行い、次いで必要に応じて第 3 温度で加熱する黒鉛化処理工程を行い、前記工程のうちのいずれかにおいて処理される被処理部材にチタンを介在させつつ銅又は銅合金を含有させることを特徴とするチタン銅炭素複合材料の製造方法。

【請求項 7】 請求項 6 記載のチタン銅炭素複合材料の製造方法において、前記予形成工程では、前記炭素繊維に前記チタンを含有させて糸状部材を作製し、前記糸状部材を織製し又は絡み合わせてシート状部材を作製し、前記シート状部材を積層して積層体を形成することを特徴とするチタン銅炭素複合材料の製造方法。

【請求項 8】 請求項 7 記載のチタン銅炭素複合材料の製造方法において、前記予形成工程では、前記銅又は銅合金が、前記シート状部材の表面に配設されることを特徴とするチタン銅炭素複合材料の製造方法。

【請求項 9】 請求項 7 記載のチタン銅炭素複合材料の製造方法において、前記炭化処理工程又は前記黒鉛化処理工程では、前記銅又は銅合金が、前記被処理部材の上に乗せられ、溶融した銅又は銅合金が前記被処理部材中に含浸されることを特徴とするチタン銅炭素複合材料の製造方法。

【請求項 1 0】 請求項 6 記載のチタン銅炭素複合材料の製造方法において、前記予形成工程では、前記炭素繊維に前記チタンを含有させて糸状部材を作製し、前記糸状部材を長さが 5 ミリメートル以上に切断して型に充填することにより前記予形成部材を形成することを特徴とするチタン銅炭素複合材料の製造方法。

【請求項 1 1】 請求項 1 0 記載のチタン銅炭素複合材料の製造方法において、前記予形成工程では、前記銅又は銅合金からなる粉末が、前記糸状部材とともに前記型内に充填されることを特徴とするチタン銅炭素複合材料の製造方法。

【請求項 1 2】 請求項 1 0 記載のチタン銅炭素複合材料の製造方法において、前記炭化処理工程又は前記黒鉛化処理工程では、前記銅又は銅合金が、前記被処理部材の上に乗せられ、溶融した銅又は銅合金が前記被処理部材中に含浸されることを特徴とするチタン銅炭素複合材料の製造方法。

【請求項 1 3】 請求項 6 記載のチタン銅炭素複合材料の製造方法において、前記炭化処理工程又は前記黒鉛化処理工程では、前記被処理部材と、前記チタンの粉末と、前記銅又は銅合金からなる粉末とが、容器内に封入され、第 4 温度で加熱されつつ第 2 圧力で加圧されることを特徴とするチタン銅炭素複合材料の製造方法。

【請求項 1 4】 複合材料の全重量に対し 1 ~ 7 0 重量%の比率となるチタンと、複合材料の全重量に対し 1 ~ 7 5 重量%の銅含有率となる銅又は銅合金とを溶融させたチタン銅等溶融体を、炭素からなる炭素基材に常圧で含浸させることを特徴とするチタン銅炭素複合材料の製造方法。

【請求項 1 5】 請求項 1 4 記載のチタン銅炭素複合材料の製造方法において、前記チタン銅等溶融体は、複合材料の全重量に対し 1 ~ 7 0 重量%の比率となるチタン粉末と、複合材料の全重量に対し 1 ~ 7 5 重量%の銅含有率となる銅粉末又は銅合金粉末とによりチタン銅等粉末成形体を形成し、前記チタン銅等粉末成形体を溶融させることにより得られることを特徴とするチタン銅

炭素複合材料の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、炭素からなる炭素基材中に銅とチタンを含ませたチタン銅炭素複合材料、及びこのチタン銅炭素複合材料の製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】電車や電気機関車などの電気鉄道車両は、架線（以下、「トロリー線」という。）からパンタグラフを介して集電を行っている。このパンタグラフは、電気鉄道車両の屋根上に取り付けられる装置であり、図3に示すような構成を有している。

【0003】図3に示すように、このパンタグラフ500においては、電気鉄道車両の屋根の上に、電気絶縁用の碍子507に乗った台枠506が置かれ、台枠506の上に主軸508が軸受で支持され、この主軸508から下枠501が斜め上方に立設され、他の軸受を介して上枠502が下枠501とは逆の斜め方向に向うように支えられている。

【0004】上枠502の頂点付近には、略舟状の集電舟503が配設されている。また、この集電舟503上には、トロリー線（図示せず）の下面を摺動する摺板がネジ等によって取り付けられている。トロリー線から摺板504が離れる「離線現象」が生じないようにパンタグラフ500をつねにトロリー線に追従させるため、主ばね505により主軸508が軸まわり回転方向に付勢され、下枠501、上枠502が集電舟503を上方へ押し上げるようになっている。

【0005】上記したパンタグラフ500の構成要素のうち、摺板504は、硬質銅材からなるトロリー線の下面と接触しつつ互いに摺動しながら大電流を集電する。このため、摺板504は、

- ① 導電性が良いこと
- ② 摩擦抵抗が小さく、トロリー線表面上を滑りやすいこと
- ③ 摺板自身の摩耗が少なく、かつ相手のトロリー線も摩耗させにくいこと
- ④ 使用により厚みが薄くなっても破損等を生じないような強度を有すること
- ⑤ アーク（火花）による損耗や溶損等が少ないこと等の条件を満足するような材料（以下、「摺動集電用材料」という。）である必要がある。

【0006】上記のような条件から、近年、摺板504に適した材料として、炭素（C）からなる焼結体の中に銅（Cu）を含浸させた材料（以下、「銅含浸炭素焼結体」という。）が注目されている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来の銅含浸炭素焼結体の製造方法では、炭素焼結体中に銅を

含浸させるため、大掛かりな加圧含浸炉が必要となる。また、炭素焼結体中への銅の含浸には非常に長い時間が必要であり、生産性が低く、製造コストが非常に高い、という欠点がある。

【0008】例えば、特開平7-126713号公報に記載された技術によれば、「圧力2torrに減圧した含浸炉内において、1150°C以上の温度に加熱した無酸素銅の溶湯に炭素焼結体を浸漬し、130気圧の圧力を付加することにより、炭素焼結体中に銅を含浸させる。」としている。

【0009】さらに、従来の製造方法による銅含浸炭素焼結体では、炭素焼結体に対する無酸素銅の「ぬれ性」が非常に悪いため、炭素焼結体中への銅の含浸状態に「むら」ができやすく、摺動集電用材料に要求される導電性を一定に確保することが困難である、という問題を抱えている。

【0010】しかも、従来の製造方法による銅含浸炭素焼結体では、本来「ぬれ性」が悪いため炭素焼結体中へ含浸し難い無酸素銅を強制的に炭素焼結体中へ含浸させるため、大きな加圧力により物理的に銅を炭素焼結体内へ押し込んでいるだけである。したがって、この場合には、炭素と銅は接触面で化学的に反応はしておらず、両者は強固に融合しているとはいえない。このことから、従来の銅含浸炭素焼結体は、所要の強度、特に、外力に対してもろくなく粘り強い性質である「靱性」が不足している。このため、従来の銅含浸炭素焼結体をパンタグラフの摺板等に使用すると、使用により厚みが薄くなった場合に破損等が生じやすい、という問題がある。

【0011】本発明は上記の問題を解決するためになされたものであり、本発明の解決しようとする課題は、導電性が良く、トロリー線等との摩擦が小さく、摺動時の摩耗が少なく、十分な強度を有し、かつ製造工程が簡易な銅炭素複合材料、及びその製造方法を提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、本発明に係るチタン銅炭素複合材料は、炭素からなる炭素基材に、複合材料の全重量に対し1～70重量%の比率となるチタンと、複合材料の全重量に対し1～75重量%の銅含有率となる銅又は銅合金が融合されることを特徴とする。

【0013】上記したチタン銅炭素複合材料において、好ましくは、炭素繊維からなり前記炭素基材中に配設されて前記炭素基材を強化する炭素繊維補強部材を備えることが望ましい。

【0014】また、上記したチタン銅炭素複合材料において、好ましくは、前記炭素繊維補強部材の長さは、5ミリメートル以上が望ましい。

【0015】また、上記したチタン銅炭素複合材料において、好ましくは、前記チタンの含有率が前記チタン銅

炭素複合材料の全重量に対し 3 ~ 5 3 重量%で、かつ、前記銅の含有率が前記チタン銅炭素複合材料の全重量に対し 4 ~ 6 8 重量%となることが望ましい。

【 0 0 1 6 】また、上記したチタン銅炭素複合材料において、好ましくは、前記銅合金は、第 2 族典型金属元素、第 4 族遷移金属元素、第 5 族遷移金属元素、第 6 族遷移金属元素、第 7 族遷移金属元素、第 8 族遷移金属元素、第 9 族遷移金属元素、第 1 0 族遷移金属元素、第 1 1 族遷移金属元素、第 1 2 族遷移金属元素、第 1 3 族元素、第 1 4 族元素、第 1 5 族元素のうちのいずれか又はこれらの適宜の組み合わせを、銅に対して 0 . 1 ~ 3 0 . 0 重量%の比率で含有させることにより構成されることが望ましい。

【 0 0 1 7 】また、本発明に係るチタン銅炭素複合材料の製造方法は、炭素繊維を含む部材を所定の形状に形成して予形成部材を得る予形成工程を行い、次いで前記予形成部材を第 1 温度で加熱しつつ第 1 圧力で加圧する成型処理工程を行い、次いで第 2 温度で加熱する炭化処理工程を行い、次いで必要に応じて第 3 温度で加熱する黒鉛化処理工程を行い、前記工程のうちのいずれかにおいて処理される被処理部材にチタンを介在させつつ銅又は銅合金を含有させることを特徴とする。

【 0 0 1 8 】上記したチタン銅炭素複合材料の製造方法において、好ましくは、前記予形成工程では、前記炭素繊維に前記チタンを含有させて糸状部材を作製し、前記糸状部材を織製し又は絡み合わせてシート状部材を作製し、前記シート状部材を積層して積層体を形成することが望ましい。

【 0 0 1 9 】また、上記したチタン銅炭素複合材料の製造方法において、好ましくは、前記予形成工程では、前記銅又は銅合金が、前記シート状部材の表面に配設されることが望ましい。

【 0 0 2 0 】また、上記したチタン銅炭素複合材料の製造方法において、好ましくは、前記炭化処理工程又は前記黒鉛化処理工程では、前記銅又は銅合金が、前記被処理部材の上に乗せられ、溶融した銅又は銅合金が前記被処理部材中に含浸されることが望ましい。

【 0 0 2 1 】また、上記したチタン銅炭素複合材料の製造方法において、好ましくは、前記予形成工程では、前記炭素繊維に前記チタンを含有させて糸状部材を作製し、前記糸状部材を長さが 5 ミリメートル以上に切断して型に充填することにより前記予形成部材を形成することが望ましい。

【 0 0 2 2 】また、上記したチタン銅炭素複合材料の製造方法において、好ましくは、前記予形成工程では、前記銅又は銅合金からなる粉末が、前記糸状部材とともに前記型内に充填されることが望ましい。

【 0 0 2 3 】また、上記したチタン銅炭素複合材料の製造方法において、好ましくは、前記炭化処理工程又は前記黒鉛化処理工程では、前記銅又は銅合金が、前記被

理部材の上に乗せられ、溶融した銅又は銅合金が前記被処理部材中に含浸されることが望ましい。

【 0 0 2 4 】また、上記したチタン銅炭素複合材料の製造方法において、好ましくは、前記炭化処理工程又は前記黒鉛化処理工程では、前記被処理部材と、前記チタンの粉末と、前記銅又は銅合金からなる粉末とが、容器内に封入され、第 4 温度で加熱されつつ第 2 圧力で加圧されることが望ましい。

【 0 0 2 5 】また、本発明に係る他のチタン銅炭素複合材料の製造方法は、複合材料の全重量に対し 1 ~ 7 0 重量%の比率となるチタンと、複合材料の全重量に対し 1 ~ 7 5 重量%の銅含有率となる銅又は銅合金とを溶融させたチタン銅等溶融体を、炭素からなる炭素基材に常圧で含浸させることを特徴とする。

【 0 0 2 6 】また、上記した他のチタン銅炭素複合材料の製造方法において、好ましくは、前記チタン銅等溶融体は、複合材料の全重量に対し 1 ~ 7 0 重量%の比率となるチタン粉末と、複合材料の全重量に対し 1 ~ 7 5 重量%の銅含有率となる銅粉末又は銅合金粉末とによりチタン銅等粉末成形体を形成し、前記チタン銅等粉末成形体を溶融させることにより得られることが望ましい。

【 0 0 2 7 】

【実施例】以下に、本発明の実施例について、図、表等を適宜参照しつつ詳細に説明する。まず、上記した本発明の一例であるチタン銅炭素複合材料を実際に製造した例について、以下に詳細に説明を行う。以下のチタン銅炭素複合材料の製造にあたっては、まず炭素 - T i プリフォームドヤーンを製造し、次にこの炭素 - T i プリフォームドヤーンから炭素 - T i プリフォームドシートを製造する。このため、まず、炭素 - T i プリフォームドヤーン、及び炭素 - T i プリフォームドシートの製造例について説明を行う。

【 0 0 2 8 】(1) 炭素 - T i プリフォームドヤーンの製造例

炭素 - T i プリフォームドヤーンは、アクリロニトリル共重合体から製造された炭素繊維束に炭素系微粉末とチタン (T i) 微粉末を含有させ、これを熱可塑性樹脂で被覆することにより得られる。

【 0 0 2 9 】上記した炭素繊維束は、 1 2 , 0 0 0 本の炭素繊維フィラメントからなる。炭素繊維束の密度は $1 . 7 6 \text{ g / cm}^3$ であり、引張強度は $3 6 0 \text{ k g f / mm}^2$ であり、引張弾性率は $2 3 . 5 \times 1 0 3 \text{ k g f / mm}^2$ であり、伸度は 1 . 5 % であった。ここに、k g f は、キログラム重を示している。

【 0 0 3 0 】炭素繊維としては、

(i) P A N (ポリアクリルニトリル) , 石炭 (コールタール) ピッチ , 石油ピッチ等を前駆体とし、空気酸化による架橋構造化を施す「安定化工程」と、「炭素化工程」と、「黒鉛化工程」を行うことにより生成されるもの

(i i) 熱硬化性樹脂を紡糸、硬化、カーボン化させて生成されるガラス状炭素繊維

(i i i) 気相の炭素から成長させる気相成長炭素繊維 (V G C F) 等が使用可能である。

【 0 0 3 1 】また、炭素系微粉末 (カーボンブラック) としては、石炭系バルクメソフェーズピッチ及びピッチコークスを用いた。このバルクメソフェーズピッチは軟化点 280°C 、含有揮発分 (18.0 重量 %)、平均粒径 $15\ \mu\text{m}$ であった。ピッチコークスは軟化点を有さず、含有揮発分 (8.0 重量 %)、平均粒径 $10\ \mu\text{m}$ であった。

【 0 0 3 2 】また、チタン微粉末としては、純度 $99.1 \sim 99.6\%$ のものを適宜に選択する。その形状としては、粉末状のものを使用し、粒径は、 $500\ \mu\text{m}$ 以下のものを適宜に選択する。チタン微粉末の添加量としては、複合材料の全重量に対して $1 \sim 70$ 重量 % の比率である。

【 0 0 3 3 】また、炭素繊維束を被覆するための熱可塑性樹脂としては、ポリプロピレン (以下、「 P P 」という。) を用いた。この P P の密度は $0.9\ \text{g}/\text{cm}^3$ であり、曲げ強度は $9.5\ \text{kgf}/\text{mm}^2$ であり、曲げ弾性率は $100\ \text{kgf}/\text{mm}^2$ であった。

【 0 0 3 4 】上記のような材料を用い、炭素繊維束に流動層を用いて炭素系微粉末とチタン微粉末を包含させた後、炭素繊維束を P P 樹脂で被覆させ、炭素 - T i プリフォームドヤーンを製造した。得られた炭素 - T i プリフォームドヤーンの直径は約 $1.8\ \text{mm}$ であった。この炭素 - T i プリフォームドヤーンは、糸状部材に相当している。

【 0 0 3 5 】 (2) 炭素 - T i プリフォームドシートの製造例

図 1 は、本発明に係るチタン銅炭素複合材料の製造方法の実施例において製造された炭素 - T i プリフォームドシートの構成を示す斜視図である。

【 0 0 3 6 】図 1 に示すように、この炭素 - T i プリフォームドシート 1 0 1 は、上記のようにして製造された炭素 - T i プリフォームドヤーン 1 0 2 と、熱可塑性樹脂繊維系 1 0 3 を備えて構成されている。また、これらの炭素 - T i プリフォームドヤーン 1 0 2 と熱可塑性樹脂繊維系 1 0 3 は、熱可塑性樹脂繊維系 1 0 3 が縦系 (経系) となり、炭素 - T i プリフォームドヤーン 1 0 2 が横系 (緯系) となるようにして平織りされている。

【 0 0 3 7 】また、熱可塑性樹脂繊維系 1 0 3 としては、 P P 繊維系を用いた。この P P 繊維系 1 0 3 は、フィラメント数が 1 本で、デニール数は $180\ \text{de}$ (直径 : 約 $140\ \mu\text{m}$) であった。

【 0 0 3 8 】次に、上記した P P 繊維系 1 0 3 を経系として、レピア織機にセットし、上記した炭素 - T i プリフォームドヤーン 1 0 2 を緯系として製織することにより、炭素 - T i プリフォームドヤーン 1 0 2 の延在方向

への強度が卓越した炭素 - T i プリフォームドシート (以下、「一方向炭素 - T i プリフォームドシート」という。) 1 0 1 を作製した。この一方向炭素 - T i プリフォームドシートは、シート状部材に相当している。

【 0 0 3 9 】上記の製織において、 P P 繊維系 1 0 3 に作用していた張力は $12\ \text{gf}$ であり、炭素 - T i プリフォームドヤーン 1 0 2 に作用していた張力は $450\ \text{gf}$ であった。ここに、 gf は、グラム重を示している。

【 0 0 4 0 】なお、得られた一方向炭素 - T i プリフォームドシート 1 0 1 のうちの炭素繊維、 P P 樹脂 (炭素 - T i プリフォームドヤーンを被覆しているものと、熱可塑性樹脂繊維系として用いられているものとの合計)、及び炭素系粉末の体積比は、

$45 : 5 : 50$

であった。

【 0 0 4 1 】 (3) 実施例 1

上記のようにして製作された一方向炭素 - T i プリフォームドシート 1 0 1 の表面に、銅合金粉末とフェノール樹脂を混合した混合物 (以下、「銅合金 - フェノール樹脂混合物」という。) を塗布し、一方向炭素 - T i - 銅合金プリフォームドシートを得る。

【 0 0 4 2 】上記の銅合金の組成は、銅 (C u) が 96.0 重量 %、アルミニウム (A l) が 3.0 重量 %、燐 (P) が 1.0 重量 % である。

【 0 0 4 3 】フェノール樹脂としては、 ~ 大日本インキ化学工業株式会社製の「フェノライト」 - 3 2 5 を使用した。

【 0 0 4 4 】次に、図 2 に示すように、上記のようにして製造した一方向炭素 - T i - 銅合金プリフォームドシートを、 2 0 1 A、2 0 1 B、2 0 1 C のように、重ね合わせて積層することによって、炭素 - T i - 銅合金プリフォームドシート積層体 3 0 1 を作製する。この工程は、予形成工程に相当している。

【 0 0 4 5 】図 2 において、一方向炭素 - T i - 銅合金プリフォームドシート 2 0 1 A ~ 2 0 1 C に図示した平行線は、線の延在方向がシートのプリフォームドヤーン 1 0 2 の方向 (炭素繊維強化方向) であることを示している。すなわち、炭素 - T i - 銅合金プリフォームドシート積層体 3 0 1 においては、一方向炭素 - T i - 銅合金プリフォームドシートの炭素繊維強化方向がシートごとに直交している。以下、このような炭素 - T i - 銅合金プリフォームドシート積層体を「二方向性積層体」という。

【 0 0 4 6 】次に、上記のようにして形成した積層構造の炭素 - T i - 銅合金プリフォームドシート積層体 3 0 1 を、ホットプレス (加熱加圧装置) により加熱・加圧しつつ成型した。この工程は、成型処理工程に相当している。この場合の成型温度 (第 1 温度に相当している。) は 600°C であり、成型圧力 (第 1 圧力に相当している。) は $100\ \text{kgf}/\text{cm}^2$ であり、成型保持時間は 2 0 分間であった。これにより、二方向性のチタ

ン銅炭素複合材料(図示せず)が得られた。以下、積層構造の炭素 - Ti - 銅合金プリフォームシート積層体 301 をホットプレス法によって加熱しつつ加圧して成型したものを、「炭素 - Ti - 銅合金シート成型体」という。

【0047】二方向性材料とは、基材中の強化繊維の延在方向が2つの異なる方向となっているものである。上記した炭素 - Ti - 銅合金プリフォームシート積層体 301 の場合には2つの炭素繊維方向の交差角度は直角(90度)である。しかし、2つの炭素繊維方向としては任意の方向が可能である。二方向性材料では、それぞれの強化方向に配置される強化繊維の量(例えば、本数、各繊維の断面積)や各強化繊維の1本当りの強度により、それぞれの方向の強度が決定され、一般には、いずれか一方の方向への強度が卓越するが、強化繊維量を適当に調整すれば、両方向の強度を等しくさせることができる。また、これを応用すれば、多数の一方炭素 - Ti - 銅合金プリフォームシートを重ねて積層し、各シートの炭素繊維強化方向を一樣に異なる方向とすることにより、強化方向が一樣な「等方性材料」を得ることができる。

【0048】次に、上記の炭素 - Ti - 銅合金シート成型体を、窒素ガス(N₂)雰囲気中で1300°Cまで昇温し、1300°Cにおいて60分間保持して焼成した。この工程は、炭化処理工程に相当している。また、1300°Cの温度は、第2温度に相当している。この焼成の結果得られたもの(図示せず)は、炭素(C)からなる炭素基材中に炭素(C)からなる繊維部材が配設された炭素繊維強化炭素複合材料(以下、「C/Cコンポジット」という。)の内部に銅合金及びチタン(Ti)が含有され、C/Cコンポジット、銅合金、Tiの各々が強固に焼結された複合材料となっている。以下、これを、「C/C - Ti - 銅合金第1焼結体」という。

【0049】上記のC/C - Ti - 銅合金第1焼結体中における炭素繊維含有率は、45.0体積%であり、寸法は、100mm(幅)×300mm(長さ)×30mm(厚さ)であった。

【0050】(4)実施例2

上記のようにして製作された一方炭素 - Ti プリフォームシートを、実施例1とは異なり、表面に銅合金 - フェノール樹脂混合物を塗布せずに、そのまま積層し、各一方炭素 - Ti プリフォームシートの炭素繊維強化方向を互い違いに直交させることによって二方向性積層体(図示せず)を作製する。この工程は、予形成工程に相当している。以下、この積層体を、「炭素 - Ti プリフォームシート積層体」という。

【0051】次に、上記のようにして形成した積層構造の炭素 - Ti プリフォームシート積層体を、ホットプレス法により加熱・加圧しつつ成型した。この工程は、成型処理工程に相当している。この場合の成型温度は6

00°C(第1温度に相当している。)であり、成型圧力(第1圧力に相当している。)は100kgf/cm²であり、成型保持時間は20分間であった。これにより、二方向性の炭素系複合材料(図示せず)が得られた。以下、炭素 - Ti プリフォームシート積層体をホットプレス法によって加熱しつつ加圧して成型したものを、「炭素 - Ti シート成型体」という。

【0052】次に、上記のようにして得られた炭素 - Ti シート成型体を、窒素ガス(N₂)雰囲気中で1200°Cまで昇温し、1200°Cにおいて60分間保持して焼成した。この工程は、炭化処理工程に相当している。また、1200°Cの温度は、第2温度に相当している。この焼成の結果得られたものは、炭素(C)からなる炭素基材中に炭素(C)からなる繊維部材が配設された炭素繊維強化炭素複合材料(C/Cコンポジット)の内部にチタン(Ti)が含有され、C/CコンポジットとTiの各々が焼結された複合材料(図示せず)となっている。以下、これを、「C/C - Ti 第1焼結体」という。

【0053】次に、上記のようにして得られたC/C - Ti 第1焼結体の上に塊状又は板状若しくは粒状あるいは粉末状等の銅合金を乗せる。この銅合金の組成は、銅(Cu)が94.5重量%、錫(Sn)が3.0重量%、亜鉛(Zn)が1.0重量%、リン(P)が0.5重量%、コバルト(Co)が1.0重量%である。

【0054】次に、この状態で還元ガス雰囲気中で1000°Cまで昇温し、1000°Cにおいて60分間保持した。これにより、C/C - Ti 第1焼結体の上に乗せた銅合金が溶融し、C/C - Ti 第1焼結体の表面及び内部に形成されている多数の微小孔(図示せず)に、溶融した銅合金がしみ込み、C/C - Ti 第1焼結体の内部に溶融銅合金が含浸され、C/C - Ti 第1焼結体中でC/Cコンポジット、銅合金、Tiの各々が強固に焼結された複合材料となる。以下、これを、「C/C - Ti - 銅合金第2焼結体」という。

【0055】上記のC/C - Ti - 銅合金第2焼結体中における炭素繊維含有率は、45.0体積%であり、寸法は、100mm(幅)×300mm(長さ)×28mm(厚さ)であった。

【0056】(5)実施例3

実施例1と同様の方法により製造した炭素 - Ti プリフォームダヤーンを長さ15mmに切断したものと、銅合金粉末とを混合し、ホットプレスの型内に均一に充填した。この工程は、予形成工程に相当している。

【0057】次に、これをホットプレス法により加熱・加圧しつつ成型した。この工程は、成型処理工程に相当している。この場合の成型温度は600°C(第1温度に相当している。)であり、成型圧力は100kgf/cm²(第1圧力に相当している。)であり、成型保持時間は20分間であった。これにより、等方性のチタン

銅炭素複合材料（図示せず）が得られた。以下、上記の成型体を、「炭素 - Ti - 銅合金等方成型体」という。

【0058】上記の銅合金の組成は、銅（Cu）が93.0重量%、アンチモン（Sb）が7.0重量%、ベリリウム（Be）が2.0重量%、バナジウム（V）が1.0重量%、モリブデン（Mo）が4.0重量%である。また、フェノール樹脂は、実施例1と同様のものを使用した。

【0059】次に、上記のようにして製造した炭素 - Ti - 銅合金等方成型体を、窒素ガス（N₂）雰囲気中で1300°Cまで昇温し、1300°Cにおいて60分間保持して焼成した。この工程は、炭化処理工程に相当している。また、1300°Cの温度は、第2温度に相当している。この焼成の結果得られたもの（図示せず）は、炭素（C）からなる炭素基材中に炭素（C）からなる繊維部材が配設された炭素繊維強化炭素複合材料（C/Cコンポジット）の内部に銅合金及びチタン（Ti）が含有され、C/Cコンポジット、銅合金、Tiの各々が強固に焼結された複合材料となっている。以下、これを、「C/C - Ti - 銅合金第3焼結体」という。

【0060】上記のC/C - Ti - 銅合金第3焼結体中における炭素繊維含有率は、40.0体積%であり、寸法は、100mm（幅）×300mm（長さ）×28mm（厚さ）であった。

【0061】（6）実施例4

実施例1と同様の方法により製造した炭素 - Ti プリフォームドヤーンを長さ15mmに切断したものを、ホットプレスの型内に均一に充填した。この工程は、予形成工程に相当している。

【0062】次に、これをホットプレス法により加熱・加圧しつつ成型した。この工程は、成型処理工程に相当している。この場合の成型温度は600°C（第1温度に相当している。）であり、成型圧力は100kgf/cm²（第1圧力に相当している。）であり、成型保持時間は20分間であった。これにより、等方性の炭素複合材料（図示せず。以下、「炭素 - Ti 等方成型体」という。）が得られた。

【0063】次に、上記のようにして得られた炭素 - Ti 等方成型体を、窒素ガス（N₂）雰囲気中で1200°Cまで昇温し、1200°Cにおいて60分間保持して焼成した。この工程は、炭化処理工程に相当している。また、1200°Cの温度は、第2温度に相当している。この焼成の結果得られたものは、炭素（C）からなる炭素基材中に炭素（C）からなる繊維部材が配設された炭素繊維強化炭素複合材料（C/Cコンポジット）の内部にチタン（Ti）が含有され、C/CコンポジットとTiの各々が焼結された複合材料（図示せず）となっている。以下、これを、「C/C - Ti 第2焼結体」という。

【0064】次に、上記のようにして得られたC/C -

Ti 第2焼結体の上に塊状又は板状若しくは粒状あるいは粉末状等の銅合金を乗せる。この銅合金の組成は、銅（Cu）が93.0重量%、亜鉛（Zn）が2.0重量%、ビスマス（Bi）が5.0重量%である。

【0065】次に、この状態で水素ガス（H₂）雰囲気中で1000°Cまで昇温し、1000°Cにおいて60分間保持した。これにより、C/C - Ti 第2焼結体の上に乗せた銅合金が溶融し、C/C - Ti 第2焼結体の表面及び内部に形成されている多数の微小孔（図示せず）に、溶融した銅合金がしみ込み、C/C - Ti 第2焼結体の内部に溶融銅合金が含浸され、C/C - Ti 第2焼結体中でC/Cコンポジット、銅合金、Tiの各々が強固に焼結された複合材料となる。以下、これを、「C/C - Ti - 銅合金第4焼結体」という。

【0066】上記のC/C - Ti - 銅合金第4焼結体中における炭素繊維含有率は、40.0体積%であり、寸法は、100mm（幅）×300mm（長さ）×28mm（厚さ）であった。

【0067】（7）実施例5

フェノール樹脂を含浸させた炭素繊維（図示せず）を織製した織布を積層する。この工程は、予形成工程に相当している。以下、この積層体を、「炭素繊維積層体」という（図示せず）。フェノール樹脂は、実施例1と同様のものを使用した。

【0068】次に、上記のようにして形成した炭素繊維積層体を、ホットプレス法により加熱・加圧しつつ成型した。この工程は、成型処理工程に相当している。この場合の成型温度は180°C（第1温度に相当している。）であり、成型圧力は20kgf/cm²（第1圧力に相当している。）であり、成型保持時間は90分間であった。これにより、二方向性の炭素系複合材料（図示せず。以下、「炭素繊維成型体」という。）が得られた。

【0069】次に、上記のようにして得られた炭素繊維成型体を、窒素ガス（N₂）雰囲気中で1300°Cまで昇温し、1300°Cにおいて60分間保持して焼成した。この工程は、炭化処理工程に相当している。また、1300°Cの温度は、第2温度に相当している。この焼成の結果得られたものに、ピッチを含浸させ、1300°Cまで昇温し、1300°Cにおいて焼成することを数回繰り返した。これにより得られたものは、炭素（C）からなる炭素基材中に炭素（C）からなる繊維部材が配設された炭素繊維強化炭素複合材料（C/Cコンポジット）である（図示せず）。

【0070】次に、上記のようにして得られたC/Cコンポジットを、チタン（Ti）粉末と銅合金粉末の入った金属容器内に封入して、還元雰囲気中で1200°Cに昇温し、常圧にてC/Cコンポジットに含浸させる。この焼成の結果得られたもの（図示せず）は、炭素（C）からなる炭素基材中に炭素（C）からなる繊維部

材が配設された炭素繊維強化炭素複合材料（C/Cコンポジット）の内部に銅合金及びチタン（Ti）が含有され、C/Cコンポジット、銅合金、Tiの各々が強固に焼結された複合材料となっている。以下、これを、「C/C-Ti-銅合金第5焼結体」という。

【0071】上記の銅合金の組成は、銅（Cu）が94.1重量%、アルミニウム（Al）が4.0重量%、ニッケル（Ni）が2.0重量%である。また、チタン（Ti）は、実施例1と同様のものを使用した。

【0072】上記のC/C-Ti-銅合金第5焼結体中における炭素繊維含有率は、45.0体積%であり、寸法は、100mm（幅）×300mm（長さ）×28mm（厚さ）であった。

【0073】上記した実施例1～5を製造した結果得られた最終焼結体の組成等の緒元を表1に示す。

【0074】

【表1】

単位：重量%，（）内は全体中の体積%

	C/C部	Ti部	Cu部
実施例1	52.4	5.6(19.4)	42.0(80.6)
実施例2	60.8	6.8(28.6)	32.4(71.4)
実施例3	54.3	10.8(35.3)	34.9(64.7)
実施例4	54.5	21.2(63.4)	24.3(36.6)
実施例5	49.0	31.4(70.2)	19.6(29.8)

【0075】次に、上記した実施例1～5と比較する対象物として、5つの比較例の製造を行った。以下、これらについて説明する。

【0076】（8）比較例1

圧力2torrに減圧した含浸炉内において、炭素粉末焼結体を、1150℃に加熱して溶融させた純銅の溶湯に浸漬させ、130気圧の圧力を付加した。これにより、炭素粉末焼結体に銅を浸漬させ、「銅含浸炭素粉末焼結体」を得た。

【0077】上記の銅含浸炭素粉末焼結体の寸法は、100mm（幅）×300mm（長さ）×30mm（厚さ）であった。

【0078】（9）比較例2

アクリロニトリル共重合体から製造された炭素繊維束に炭素系微粉末を含有させ、これを熱可塑性樹脂で被覆することにより「炭素プリフォームドヤーン」（図示せず）を製造した。これは、Tiが含浸されていない点を除き、他の点は、上記した炭素-Tiプリフォームドヤーンとまったく同様の構成を有し、まったく同様の製造方法である。

【0079】次に、上記の炭素プリフォームドヤーンを、PP繊維糸を経糸としてレピア織機を用いて製織

し、「一方向炭素プリフォームドシート」（図示せず）を製作した。これは、Tiが含浸されていない点を除き、他の点は、上記した一方向炭素-Tiプリフォームドシートとまったく同様の構成を有し、まったく同様の製造方法である。

【0080】次に、上記のようにして製作された一方向炭素プリフォームドシートの表面に、銅合金粉末とフェノール樹脂を混合した「銅合金-フェノール樹脂混合物」を塗布し、一方向炭素-銅合金プリフォームドシートを得る。この場合の銅合金、及びフェノール樹脂は、実施例1で用いたものと同様である。

【0081】次に、上記のようにして製造した一方向炭素-銅合金プリフォームドシートの炭素繊維強化方向を互い違いに直交させることによって二方向性積層体（図示せず）を作製する。以下、この積層体を、「炭素-銅合金プリフォームドシート積層体」という。

【0082】次に、上記のようにして形成した炭素-銅合金プリフォームドシート積層体を、ホットプレス（加熱加圧装置）により加熱・加圧しつつ成型した。この場合の成型温度は600℃であり、成型圧力は100kgf/cm²であり、成型保持時間は20分間であった。これにより、二方向性の銅炭素複合材料（図示せず）が得られた。以下、これを、「炭素-銅合金シート成型体」という。

【0083】次に、上記の炭素-銅合金シート成型体を、窒素ガス（N₂）雰囲気中で1300℃まで昇温し、1300℃において60分間保持して焼成した。この焼成の結果得られたもの（図示せず）は、炭素（C）からなる炭素基材中に炭素（C）からなる繊維部材が配設された炭素繊維強化炭素複合材料（C/Cコンポジット）の内部に銅合金が含有された複合材料となっている。以下、これを、「C/C-銅合金第1焼結体」という。

【0084】上記のC/C-銅合金第1焼結体の寸法は、100mm（幅）×300mm（長さ）×30mm（厚さ）であった。

【0085】（10）比較例3

比較例2で製作された一方向炭素プリフォームドシートを、比較例2とは異なり、その表面に銅合金-フェノール樹脂混合物を塗布せず、シートの炭素繊維強化方向を互い違いに直交させることによって二方向性積層体（図示せず）を作製する。以下、この積層体を、「炭素プリフォームドシート積層体」という。

【0086】次に、上記のようにして形成した炭素プリフォームドシート積層体を、ホットプレス（加熱加圧装置）により加熱・加圧しつつ成型した。この場合の成型温度は600℃であり、成型圧力は100kgf/cm²であり、成型保持時間は20分間であった。これにより、二方向性の炭素複合材料（図示せず）が得られた。以下、これを、「炭素シート成型体」という。

【0087】次に、上記の炭素シート成型体を、窒素ガス(N₂)雰囲気中で1200°Cまで昇温し、1200°Cにおいて60分間保持して焼成した。この焼成の結果得られたもの(図示せず)は、炭素(C)からなる炭素基材中に炭素(C)からなる繊維部材が配設された炭素繊維強化炭素複合材料(C/Cコンポジット)となっている。

【0088】次に、上記のようにして得られたC/Cコンポジットの上に銅合金を乗せる。この銅合金の組成は、実施例2の場合と同様である。

【0089】次に、この状態で還元ガス雰囲気中で1000°Cまで昇温し、1000°Cにおいて60分間保持した。これにより、C/Cコンポジットの上に乗せた銅合金を溶解させ、C/Cコンポジットの表面及び内部に形成されている多数の微小孔(図示せず)から、溶解した銅合金を含浸させようとしたが、溶解銅合金は、C/Cコンポジットに形成されている微小孔内へしみ込まず、C/C-銅合金焼結体を得ることはできなかった。

【0090】(11)比較例4

比較例2と同様の方法により製造した炭素プリフォームドヤーンを長さ15mmに切断したものと、銅合金粉末とを混合し、ホットプレスの型内に均一に充填した。銅合金の組成は、実施例3の場合と同様であった。次に、これをホットプレス法により加熱・加圧しつつ成型した。この場合の成型温度は600°Cであり、成型圧力は100kgf/cm²であり、成型保持時間は20分間であった。これにより、等方性の銅炭素複合材料(図示せず)が得られた。以下、上記の成型体を、「炭素-銅合金等方成型体」という。

【0091】次に、上記のようにして製造した炭素-銅合金等方成型体を、窒素ガス(N₂)雰囲気中で1300°Cまで昇温し、1300°Cにおいて60分間保持して焼成した。この焼成の結果得られたもの(図示せず)は、炭素(C)からなる炭素基材中に炭素(C)からなる繊維部材が配設された炭素繊維強化炭素複合材料(C/Cコンポジット)の内部に銅合金が含有され、C/Cコンポジットと銅合金が焼結された複合材料となっている。以下、これを、「C/C-銅合金第2焼結体」という。

【0092】上記のC/C-銅合金第2焼結体中における炭素繊維含有率は、40.0体積%であり、寸法は、100mm(幅)×300mm(長さ)×28mm(厚さ)であった。

【0093】(12)比較例5

比較例2と同様の方法により製造した炭素プリフォームドヤーンを長さ15mmに切断したものを、ホットプレスの型内に均一に充填した。次に、これをホットプレス法により加熱・加圧しつつ成型した。この場合の成型温度は600°Cであり、成型圧力は100kgf/cm²であり、成型保持時間は20分間であった。これによ

り、等方性の炭素複合材料(図示せず。以下、「炭素等方成型体」という。)が得られた。

【0094】次に、上記のようにして得られた炭素等方成型体を、窒素ガス(N₂)雰囲気中で1200°Cまで昇温し、1200°Cにおいて60分間保持して焼成した。この焼成の結果得られたものは、炭素(C)からなる炭素基材中に炭素(C)からなる繊維部材が配設された炭素繊維強化炭素複合材料(C/Cコンポジット)となっている。

10 【0095】次に、上記のようにして得られたC/Cコンポジットの上に銅合金を乗せる。この銅合金の組成は、実施例4の場合と同様である。

【0096】次に、この状態で還元ガス雰囲気中で1000°Cまで昇温し、1000°Cにおいて60分間保持した。これにより、C/Cコンポジットの上に乗せた銅合金を溶解させ、C/Cコンポジットの表面及び内部に形成されている多数の微小孔(図示せず)から、溶解した銅合金を含浸させようとしたが、溶解銅合金は、C/Cコンポジットに形成されている微小孔内へしみ込まず、C/C-銅合金焼結体を得ることはできなかった。

20 【0097】上記のC/C-銅合金第3焼結体中における炭素繊維含有率は、45.0体積%であり、寸法は、100mm(幅)×300mm(長さ)×28mm(厚さ)であった。

【0098】(15)実施例及び比較例に関する試験結果

上記のようにして製造した実施例1~5、及び比較例1~5について、各種の試験を行った。以下、表を参照しつつ、各種試験の結果について説明する。

30 【0099】a. 物理的強度試験

上記のようにして製造した実施例1~5、及び比較例1,2,4について、材料の物理的強度、特に靱性を評価するため、各例の材料から、10mm×10mm×55mmの寸法の試験片を各10本ずつ切り出し、5本について曲げ強さ試験を、残りの5本についてシャルピー衝撃試験を行った。この結果を表2に示す。

【0100】

【表2】

40

50

	曲げ強さ kgf/cm ²	シャルピー 衝撃値 kgf・cm/cm ²
実施例 1	2150	10.80
実施例 2	2690	10.78
実施例 3	1550	8.65
実施例 4	1600	8.35
実施例 5	2050	10.50
比較例 1	1100	5.30
比較例 2	1150	8.05
比較例 3	成形品が得られなかった。	
比較例 4	850	7.50
比較例 5	成形品が得られなかった。	

【0101】この表 2 に示された数値は、測定結果の平均値である。また、曲げ強さ試験の結果の数値の単位は、kgf/cm² であり、シャルピー衝撃試験の結果の数値の単位は、kgf・cm/cm² である。

【0102】表 2 の結果より、曲げ強さについては、実施例 1 ~ 5 はいずれも比較例よりも強度が高かった。特に実施例 2 は、2690 kgf/cm² という高い値を示し、比較例のうち最も強度の低い比較例 4 と比較すると 3.1 倍であり、また、実施例のうち最も強度の低い実施例 3 の場合でも、比較例 4 と比較すると 1.8 倍である。また、パンタグラフ用摺板として要求される曲げ強度値は、約 1000 kgf/cm² 程度であるから、実施例 1 ~ 5 のチタン銅炭素複合材料の曲げ強度値は、その約 1.6 ~ 2.6 倍程度と高い値であり、本実施例のチタン銅炭素複合材料の強度（靱性）が良好であることがわかる。

【0103】一方、シャルピー衝撃値については、実施例 1 ~ 5 はいずれも比較例とほぼ同等、あるいはそれ以上の値を示した。特に実施例 1 は、10.8 kgf・cm/cm² という大きな値を示し、比較例のうち値の小さい比較例 1 と比較すると 2.0 倍であり、また、実施例のうち最も値の小さい実施例 4 の場合でも、比較例 1 と比較すると 1.6 倍である。また、パンタグラフ用摺板として要求されるシャルピー衝撃値は、約 3.5 kgf・cm/cm² 程度であるから、実施例 1 ~ 5 のチタン銅炭素複合材料のシャルピー衝撃値は、その約 2.4 ~ 3.1 倍程度と高い値であり、この点においても本実施例のチタン銅炭素複合材料の強度（靱性）が良好であることがわかる。

【0104】また、曲げ強さ、シャルピー衝撃値のい

れについても、実施例 2 と実施例 1 が高い、あるいは大きな値を示しており、「炭素 - Ti プリフォームシート」を積層し焼成するタイプの物理的強度（靱性）が良好であることがわかった。

【0105】b. 導電性試験

上記のようにして製造した実施例 1 ~ 5、及び比較例 1, 2, 4 について、材料の導電性を評価するため、各例の材料から、10 mm x 10 mm x 5.5 mm の寸法の試験片を各 10 本ずつ切り出し、これらについて比抵抗を測定した。この結果を表 3 に示す。

【0106】

【表 3】

	比抵抗 μ・Ω・cm
実施例 1	80
実施例 2	95
実施例 3	100
実施例 4	145
実施例 5	180
比較例 1	270
比較例 2	450
比較例 3	成形品が得られなかった。
比較例 4	580
比較例 5	成形品が得られなかった。

【0107】この表 3 に示された数値は、測定結果の平均値である。また、比抵抗の測定結果の数値の単位は、μ・cm (= 10⁻⁶ x) である。

【0108】表 3 の結果より、比抵抗値については、実施例 1 ~ 5 は、最小が実施例 1 の 80 μ・cm であり、最大でも実施例 5 の 180 μ・cm であった。パンタグラフ用摺板として要求される比抵抗値は、約 300 μ・cm 程度であるから、実施例 1 ~ 5 のチタン銅炭素複合材料の比抵抗値は、その約 26 ~ 60 % 程度と低い値であり、本実施例のチタン銅炭素複合材料の導電性が良好であることがわかる。この比抵抗については、比較例 2, 4 は、実施例より大幅に高く、また、比較例 1 は 270 μ・cm と、パンタグラフ用摺板として要求される比抵抗値（約 300 μ・cm）の限界に近い値であり、実際には不適と考えられる。

【0109】また、比抵抗値については、実施例 1 と実施例 2 が最も低い値を示しており、「炭素 - Ti プリフォームシート」を積層し焼成するタイプの導電性が良好であることがわかった。

【 0 1 1 0 】 c . 通電摩耗試験

上記のようにして製造した実施例 1 ~ 5、及び比較例 1, 2, 4 について、パンタグラフ用摺板として用いた場合の摩耗あるいは損傷の程度を評価するため、各例の材料から、10 mm (厚さ) × 25 mm (幅) × 25 mm (長さ) の寸法の試験片を 5 本切り出し、これらについて通電摩耗試験を行った。この結果を表 4 に示す。

【 0 1 1 1 】

【表 4】

	比摩耗量 $10^{-7} \text{mm}^3 / \text{kgf} \cdot \text{mm}$	割れ・欠け の有無
実施例 1	4.3	無し
実施例 2	4.5	無し
実施例 3	4.8	無し
実施例 4	4.0	無し
実施例 5	3.9	無し
比較例 1	6.0	有り
比較例 2	6.5	無し
比較例 3	成形品が得られなかった。	
比較例 4	6.5	無し
比較例 5	成形品が得られなかった。	

【 0 1 1 2 】通電摩耗試験は、電動モータの水平回転軸に固定され、電動モータにより駆動されて回転するように構成された円盤の外周に模擬トロリー線が取り付けられた通電摩耗試験装置 (図示せず) により行われた。模擬トロリー線は、硬銅 (JIS-C1100・BB-H) からなり、外径が 83 cm、幅が 6 mm、厚さ 5 mm の硬銅リングとして円盤に取り付けられている。

【 0 1 1 3 】通電摩耗試験は、上記の硬銅リングを、円盤の回転速度 (接線速度) 100 km / 時の速度で回転させつつ、押し付け力 5 kgf で 1 分間だけ面接触するように押し付け、200 アンペアの電流を硬銅リングに通電することを 4 回繰り返す。その後、各試験片の比摩耗量を測定した。表 2 に示された比摩耗量の数値は、測定結果の平均値である。また、比摩耗量の数値の単位は、 $10^{-7} \text{mm}^3 / \text{kgf} \cdot \text{mm}$ である。また、各試験片の「割れ」あるいは「欠け」の有無を観察した。

【 0 1 1 4 】表 4 の結果より、比摩耗量については、実施例 1 ~ 5 はいずれも比較例よりも比摩耗量が小さかった。特に実施例 5 は、 $3.9 \times 10^{-7} \text{mm}^3 / \text{kgf} \cdot \text{mm}$ という小さい値を示し、比較例のうち最も比摩耗量の大きい比較例 2, 4 と比較すると 60% であり、比較例のうち最も比摩耗量の小さい比較例 1 と比較しても 6

5% と小さい摩耗特性を示した。また、実施例のうち最も比摩耗量の大きい実施例 3 の場合でも、比較例 2, 4 と比較すると 74% であり、比較例 1 と比較しても 80% の摩耗特性を示した。

【 0 1 1 5 】一方、割れ、欠けの有無については、実施例 1 ~ 5 はいずれも割れ、欠けとも無かったのに対し、比較例 1 では割れ、欠けが認められた。

【 0 1 1 6 】また、通電摩耗試験については、実施例 5 と実施例 4 が小さな値を示しているが、他の実施例 1 ~ 3 との差は少なかった。

【 0 1 1 7 】上記のことから、上記各実施例 1 ~ 5 のチタン銅炭素複合材料は、以下に述べるような利点を有していることが判明した。

【 0 1 1 8 】I) 比抵抗 (電気抵抗) が低く導電性が非常に良い。

【 0 1 1 9 】II) 炭素材料は、摺動時の摩擦抵抗が小さく、トロリー線等の表面上を滑りやすい。また、トロリー線の摺動面を滑らかにする効果もあり、トロリー線を摩耗させにくい。

【 0 1 2 0 】III) 銅は摩耗しやすいが炭素材料は摩耗しにくいいため、材料全体としては、銅や銅合金の摺板よりも摩耗が少ない。

【 0 1 2 1 】IV) 炭素基材が炭素繊維補強部材によって補強され、さらに含浸された銅合金等も補強材料として機能するため、十分な強度、特に十分な靱性を有し、パンタグラフ摺板として長期間使用され厚みが薄くなっても破損等を生じることがない。

【 0 1 2 2 】V) 離線時のアークによる損耗が少なく、耐アーク性が高い。

【 0 1 2 3 】VI) 従来のパンタグラフ摺板に用いられていた焼結合金等に比べて軽量であり、高速車両のパンタグラフ摺板材料として適している。

【 0 1 2 4 】VII) 従来の銅含浸炭素焼結体等の製造方法に比べて、常圧で製造することができ、製造方法が非常に簡易であり、製造装置が簡素なものでよく、製造コストが大幅に低減できるため製品価格も低廉なものとする事ができる。

【 0 1 2 5 】実施例 1 ~ 5 が、上記のような利点を有する理由については、以下の理由が考えられる。

【 0 1 2 6 】(A) Ti による炭素と銅の「ぬれ性」の改善

従来の銅含浸炭素焼結体は、炭素 (C) と銅 (Cu)、あるいは炭素と銅合金からなる。しかし、炭素と銅は、非常に「ぬれ性」が悪い、という欠点がある。「ぬれ性」とは、固体と液体との境界面において、固体と液体の間の接触角度が 0 ~ 90 度の場合に「液体が固体をぬらす」といい、固体と液体の間の接触角度が 90 ~ 180 度の場合に「ぬらさない」という性質である。「ぬれ性」が良い場合には、固体の表面に液体が付着して広がることになる。

【0127】銅炭素複合材料においては、炭素が固体であり、加熱されて溶融した銅（又は溶融した銅合金。以下、銅を例として説明する。）が液体となる。上記したように、炭素と銅は、非常に「ぬれ性」が悪い。したがって、炭素は溶融銅にはぬれず、溶融銅をはじくことになる。炭素材料中の空隙や空洞内に溶融銅が導かれた場合には、溶融銅は炭素の壁面に接触することをせず、球状や滴状となると考えられる。この状態で冷却硬化すると、銅は、炭素材料の空隙内において単体の銅として炭素材料とは遊離した状態で存在することになる。これでは、複合材料とはいえず、強度も高くはならない。このことから、従来の方は、100気圧以上の高圧を利用して銅を炭素材料へ含浸させている（以下、「高圧銅含浸法」という。）である。

【0128】一方、上記実施例1～5の場合は、特に高圧付加を行っていないのに、優れた銅炭素複合材料を得ることができた。この理由は、チタン（Ti）の添加にある、と考えられる。すなわち、炭素と銅は、Tiが介在する場合には「ぬれ性」が大幅に改善される、と考えられるからである。したがって、Tiが存在する場合には、高圧を付加しなくても銅は容易に炭素とぬれるようになるため、銅は炭素材料中に自律的に含浸し、炭素と反応して融合し、強固な複合材料になる、と考えられる。また、本発明のチタン銅炭素複合材料中におけるチタン含有率は、炭素複合材料の各種データ等を勘案すると、約1～70重量%程度の範囲、好ましくは約3～53重量%程度の範囲とするのがよい、と考えられる。

【0129】（B）所定長さ以上の炭素繊維の使用
炭素粉末を焼結した炭素材料、あるいは炭素粉末と短い炭素繊維（長さ2.0mm以下）を焼結した炭素材料の場合は、比較例1のように割れや欠けが発生しやすい。これは、炭素だけでは強度が足りず、炭素繊維を補強部材とする場合でも、炭素繊維にはある程度以上の長さが必要であることを示している。上記実施例3,4では、炭素繊維部材（プリフォームドヤーン）を長さ15mmに切断したものをを用いているが、上記したように靱性、割れ等においても、他の実施例と遜色は無かった。このため、長さ15mmの炭素繊維の場合は十分な強度がある、と考えられる。したがって、炭素繊維の長さは、2mmと15mmの間のいずれかの値が実用上の強度の下限である、と考えられる。炭素複合材料の各種データ等を勘案すると、この下限値（炭素繊維の長さの最小値）は、5mm程度であろう、と考えられる。

【0130】（C）所定範囲の銅含有量の設定
上記各実施例1～5の試験結果からもわかるように、チタン銅炭素複合材料中の銅含有率が低下すれば、炭素に比べ銅の方が柔らかいため、チタン銅炭素複合材料としての比摩耗量は低下すると考えられる。しかし、銅含有率が低下すれば、チタン銅炭素複合材料としての導電性は低下する。したがって、銅含有率にはある下限値が存

在する、と考えられる。一方、チタン銅炭素複合材料中の銅含有率を増加すれば、比摩耗量は増大する傾向が見られるから、比摩耗量の要求値から、チタン銅炭素複合材料中の銅の含有率には上限値も存在する、と考えられる。これらのことを考慮すると、本発明のチタン銅炭素複合材料中における銅含有率は、約1～75重量%程度の範囲、好ましくは約4～68重量%程度の範囲とするのがよい、と考えられる。

【0131】（D）所定組成の銅合金の使用

10 本発明のチタン銅炭素複合材料では、炭素基材にTiを介在させることにより炭素基材中に純銅を含有させてももちろん良いが、銅合金を含有させることも有用である。銅（Cu）に他の元素が融合され銅としての性質を維持しているものを「銅合金」と定義する。融合される元素によって、銅合金は各種の性質を獲得する。例えば、柔らかい純銅の硬度の向上、融点の低下（鑄造性の向上）、耐腐食性の向上、耐摩耗性の向上等である。融合される元素については、各実施例においても確認されたが、以下のものが挙げられる。例えば、スズ（Sn）、亜鉛（Zn）、ニッケル（Ni）、アルミニウム（Al）、コバルト（Co）、リン（P）、アンチモン（Sb）、ベリリウム（Be）、バナジウム（V）、モリブデン（Mo）、ビスマス（Bi）である。また、もちろん上記各実施例1～5で用いたチタン（Ti）との合金も可能である。

20 【0132】また、ベリリウム（Be）との合金が可能であることから、同じ第2族典型金属元素（アルカリ土類金属元素）であるマグネシウム（Mg）、カルシウム（Ca）、ストロンチウム（Sr）、バリウム（Ba）等との合金も可能であることがわかる。また、チタン（Ti）との合金が可能であることから、同じ第4族遷移金属元素であるジルコニウム（Zr）、ハフニウム（Hf）等との合金も可能であることがわかる。また、バナジウム（V）との合金が可能であることから、同じ第5族遷移金属元素であるニオブ（Nb）、タンタル（Ta）等との合金も可能であることがわかる。また、モリブデン（Mo）との合金が可能であることから、同じ第6族遷移金属元素であるクロム（Cr）、タングステン（W）等との合金も可能であることがわかる。

40 【0133】また、上記各実施例では実施してはいないが、金属であることから、マンガン（Mn）等の第7族遷移金属元素、及び鉄（Fe）等の第8族遷移金属元素との合金も可能であると考えられる。また、コバルト（Co）との合金が可能であることから、同じ第9族遷移金属元素であるロジウム（Rh）、イリジウム（Ir）等との合金も可能であることがわかる。また、ニッケル（Ni）との合金が可能であることから、同じ第10族遷移金属元素であるパラジウム（Pd）等との合金も可能であることがわかる。また、銅（Cu）と同じ第11族遷移金属元素である銀（Ag）等との合金も可能

である。また、亜鉛 (Zn) との合金が可能であることから、同じ第 12 族遷移金属元素であるカドミウム (Cd) 等との合金も可能であることがわかる。また、アルミニウム (Al) との合金が可能であることから、同じ第 13 族元素であるホウ素 (B), ガリウム (Ga), インジウム (In) 等との合金も可能であることがわかる。また、スズ (Sn) との合金が可能であることから、同じ第 14 族元素であるケイ素 (Si), ゲルマニウム (Ge), 鉛 (Pb) 等との合金も可能であることがわかる。また、リン (P), アンチモン (Sb), ビスマス (Bi) との合金が可能であることから、同じ第 15 族元素であるヒ素 (As) 等との合金も可能であることがわかる。

【0134】また、銅に融合される元素は、上記定義から、生成された合金が「銅としての性質を維持するもの」である必要がある。このため、融合される元素の含有量には、おのずから上限がある。また、合金としての性質を発揮させるために、融合される元素の含有量には、下限値もある。下限値と上限値の範囲は、融合される元素に応じて種々の数値となることが考えられるが、実施例の結果等から、おおむね 0.1 ~ 30.0 重量% 程度と考えられる。また、銅中に含有される他の元素は、1 種類でもよいし、適宜のものを適宜の組み合わせで 2 種類以上選び、各々の含有比率を適宜設定してもよい。複数の元素の銅合金の場合には、銅に融合される複数の元素の含有量の総和を、上記した 0.1 ~ 30.0 重量% 程度の範囲とするとよいと考えられる。

【0135】なお、本発明は、上記各実施例に限定されるものではない。上記した各実施例は、例示であり、本発明の特許請求の範囲に記載された技術的思想と実質的に同一な構成を有し、同様な作用効果を奏するものは、いかなるものであっても本発明の技術的範囲に含まれる。

【0136】例えば、本発明のチタン銅炭素複合材料は、パンタグラフの摺板をトロリー線下面に摺動させて集電を行う方式における摺動部材の材料には限定されず、他の摺動集電方式、例えば走行用の 2 本のレールの近傍に碍子で支持された第 3 のレール (軌条) を配設し、この第 3 軌条に通電を行い、この第 3 軌条の表面に集電用の部材 (「集電子」又は「集電靴」という。) を摺動させることにより集電を行う方式 (第 3 軌条方式) にも応用可能である。

【0137】また、本発明のチタン銅炭素複合材料は、摺動集電を行うための部材の材料には限定されず、集電は行わなくとも摺動や摩擦等にさらされる機械部品の材料として使用可能である。例えば、回転軸の軸受等である。

【0138】また、上記実施例 1, 2, 5 においては、炭素繊維によって作製されたシート、あるいは織布を積層して積層体を作る例について説明したが、本発明はこ

れには限定されず、他の方法、例えば、炭素繊維を絡み合わせて作製した不織布状又はフェルト状の部材を積層して積層体を作製してもよい。あるいは、炭素プリフォームドヤーン、又は炭素 - Ti プリフォームドヤーンを絡み合わせて作製した不織布状又はフェルト状の部材を積層して積層体を作製してもよい。この場合には、作製された積層体からは等方性材料が得られる。

【0139】また、上記各実施例においては、成型処理工程における第 1 温度が 600°C、又は 180°C の例について説明したが、本発明はこれには限定されず、第 1 温度としては、150 ~ 900°C 程度の範囲の温度が採用可能である。また、上記各実施例においては、成型処理工程における第 1 圧力が 100 kgf/cm²、又は 20 kgf/cm² の例について説明したが、本発明はこれには限定されず、第 1 圧力としては、常圧 (無圧縮) ~ 300 kgf/cm² 程度の範囲の圧力が採用可能である。

【0140】また、上記各実施例においては、炭化処理工程における第 2 温度が 1300°C、又は 1200°C の例について説明したが、本発明はこれには限定されず、第 2 温度としては、700 ~ 1300°C 程度の範囲の温度が採用可能である。

【0141】また、本発明のチタン銅炭素複合材料の製造方法は、上記各実施例において説明した方法には限定されない。例えば、炭化処理工程の後に、必要に応じて第 3 温度で加熱する黒鉛化処理工程を行うようにしてもよい。第 3 温度としては、1300 ~ 3000°C 程度の範囲の温度が採用可能である。このように、第 2 温度よりもさらに高温で処理することにより、部材を黒鉛化させて炭素を純化し、強度や導電性等を向上させることができる。

【0142】また、本発明のチタン銅炭素複合材料の製造方法は、上記各実施例において説明した方法には限定されない。例えば、実施例 1 の予形成工程では、シート状部材 (例えば炭素 - Ti プリフォームドヤーン) の表面にフェノール樹脂とともに銅合金を塗布する例について説明したが、本発明はこれには限定されず、他の方法、例えば、他のシート状部材 (以下、「銅合金含有シート」という。) の中に銅合金を分散させておき、炭素 - Ti プリフォームドヤーンどうしの中に銅合金含有シートを挟み込むようにして積層体を形成してもよい。また、実施例 1 のように、シート状部材 (例えば炭素 - Ti プリフォームドヤーン) の表面に銅合金を塗布する場合でも、銅合金のバインダー材として、フェノール樹脂以外の他のバインダー材を用いてもよい。

【0143】また、上記した実施例 5 においては、第 4 温度が 1200°C である例について説明したが、本発明はこれには限定されず、第 4 温度としては、900 ~ 3000°C 程度の範囲の温度が採用可能である。

【0144】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、炭素からなる炭素基材と、炭素基材に対し1～70重量%の比率で含まれるチタンと、炭素基材に対し1～75重量%の比率で含まれる銅又は銅合金が融合されるように構成したので、導電性が良く、トロリー線等との摩擦が小さく、摺動時の摩耗が少なく、十分な強度（靱性）を有する、という利点を有している。

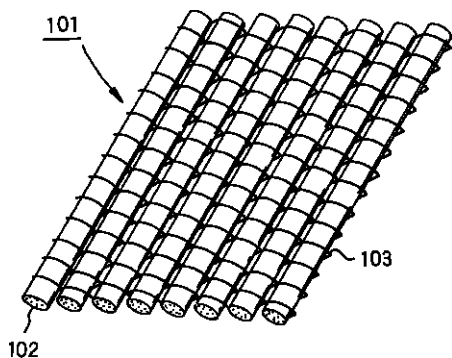
【0145】また、本発明によれば、炭素繊維を含む部材を所定の形状に形成して予形成部材を得る予形成工程を行い、次いで予形成部材を第1温度で加熱しつつ第1圧力で加圧する成型処理工程を行い、次いで第2温度で加熱する炭化処理工程を行い、次いで必要に応じて第3温度で加熱する黒鉛化処理工程を行い、前記工程のうちのいずれかにおいて処理される被処理部材にチタンを介在させつつ銅又は銅合金を含有させるようにして製造することができ、従来のような高圧処理が不要で製造工程が簡易であり、製造コストを低減することができる、という利点も有している。

【0146】

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るチタン銅炭素複合材料の製造方法の実施例において製造された炭素-Tiプリフォームド

【図1】



シートの構成を示す斜視図である。

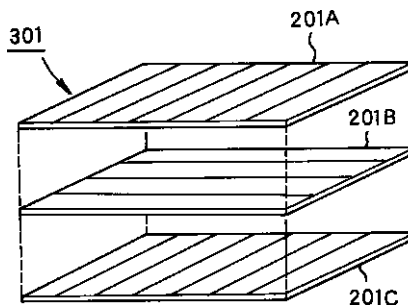
【図2】本発明に係るチタン銅炭素複合材料の製造方法の実施例において製造された炭素-Ti-銅合金プリフォームドシート積層体の構成を示す斜視図である。

【図3】鉄道車両におけるパンタグラフの構成を示す斜視図である。

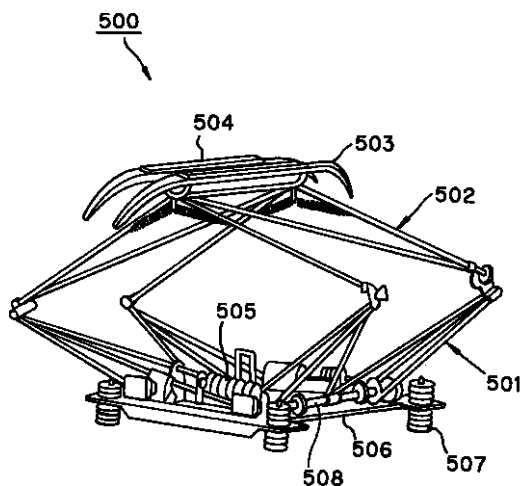
【符号の説明】

- 101, 101A~101C 炭素-Tiプリフォームドシート
- 102 炭素-Tiプリフォームドヤーン
- 103 PP繊維糸
- 301 炭素-Ti-銅合金プリフォームドシート積層体
- 500 パンタグラフ
- 501 下枠
- 502 上枠
- 503 集電舟
- 504 摺板
- 505 主ばね
- 506 台枠
- 507 碍子
- 508 主軸

【図2】



【図3】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-ト ⁸ (参考)	
C 2 2 C	49/14	B 6 0 L	5/20	Z
// B 6 0 L	5/08	C 0 4 B	35/52	E
	5/20		35/54	C
			35/60	D
				A
(72)発明者	久保 俊一 東京都国分寺市光町二丁目 8 番地38 財団 法人鉄道総合技術研究所内	(72)発明者	森田 好信 京都府京都市山科区栗栖野狐塚 5 - 1 日 本粉末合金株式会社内	
(72)発明者	池内 実治 東京都国分寺市光町二丁目 8 番地38 財団 法人鉄道総合技術研究所内	(72)発明者	中川 隆夫 埼玉県蕨市錦町 2 - 16 - 27 株式会社アク ロス内	
(72)発明者	土屋 広志 東京都国分寺市光町二丁目 8 番地38 財団 法人鉄道総合技術研究所内	(72)発明者	吉原 芳男 埼玉県蕨市錦町 2 - 16 - 27 株式会社アク ロス内	
(72)発明者	富山 嘉孝 京都府京都市山科区栗栖野狐塚 5 - 1 日 本粉末合金株式会社内	F タ-ム (参考)	4G032 AA04 AA06 AA08 AA09 AA44 AA52 AA53 BA04 GA01 GA09 GA14 GA17	
(72)発明者	斎藤 浩次郎 京都府京都市山科区栗栖野狐塚 5 - 1 日 本粉末合金株式会社内		4K020 AA04 AC03 AC04 BA04 BB08 BB22 BB29 5H105 AA08 AA18 BA02 BB01 CC02 CC12 DD04 DD27 EE02 EE07 EE13	