

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-262391

(P2005-262391A)

(43) 公開日 平成17年9月29日(2005.9.29)

(51) Int.Cl.⁷

B82B 1/00

C01B 31/02

F1

B82B 1/00

C01B 31/02 101A

テーマコード (参考)

4G146

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2004-79103 (P2004-79103)

(22) 出願日 平成16年3月18日 (2004.3.18)

(71) 出願人 591093494

株式会社ミスズ工業

長野県諏訪市大字四賀3090番地

(71) 出願人 504180239

国立大学法人信州大学

長野県松本市旭三丁目1番1号

(72) 発明者 宋 星武

長野県諏訪市大字四賀3090番地

株式会社ミスズ

工業内

(72) 発明者 杉本 公一

長野県上田市常入1-7-91

(72) 発明者 遠藤 守信

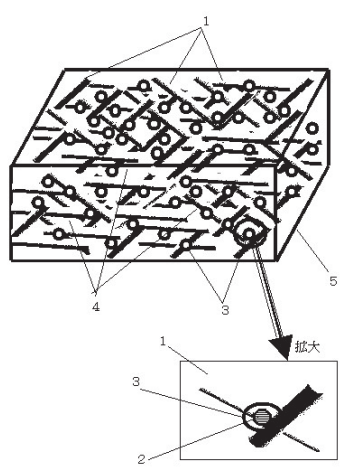
長野県須坂市北原町615

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ナノカーボンと炭素系第二フィラーからなるコンポジット材およびその製造方法

(57) 【要約】

【目的】 ナノカーボンの本来有している特性が実現できるナノカーボンコンポジット材を提供することを目的とするものである。【構成】 本発明のナノカーボンコンポジット材は、カーボンナノチューブまたはカーボンナノファイバ（以下、炭素系第1フィラーという）は炭素系第2フィラーを含む炭素で3次元的に繋がっており、且つ空隙部を有する多孔質体であり、前記多孔質体の前記空隙部に樹脂、ゴム、金属、またはカーボン系材料が含まれていることを特徴とする。【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項1】

カーボンナノチューブまたはカーボンナノファイバ（以下、炭素系第1フィラーという）は炭素系第2フィラーを含む炭素で3次元的に繋がっており、且つ空隙部を有する多孔質体であり、前記多孔質体の前記空隙部に樹脂、ゴム、金属、またはカーボン系材料が含ま浸されていることを特徴とするナノカーボンコンポジット材。

【請求項2】

上記の炭素系第1フィラーは粒子径が0.3 nmから200 nm、平均長さが10 μ mから20 μ mであり、ラマン分光法によるスペクトラが1520～1600 cm^{-1} にグラファイト(G)ピークを有するものであることを特徴とする請求項1に記載のナノカーボンコンポジット材

【請求項3】

上記の炭素系第2フィラーは、フラーレン、もしくは上記の炭素系第1フィラーのカーボンナノファイバまたはカーボンナノチューブの直径よりも小さい粒径を有するカーボンブラック、もしくは平均切断長さが0.5 μ mから5 μ mである切断カーボンナノチューブまたは切断カーボンナノファイバの1種以上から選ばれたものであることを特徴とする請求項1、または2に記載するナノカーボンコンポジット材。

【請求項4】

上記の炭素系第1フィラーと上記の炭素系第2フィラーは最大90 wt%までの含有率を有することを特徴とする請求項1、2、または3に記載のナノカーボンコンポジット材。

【請求項5】

上記の炭素系第1フィラーと上記の炭素系第2フィラーの総量を100 wt%にした時の前記炭素系第2フィラーの含有率は1 wt%から70 wt%であることを特徴とする請求項1、2、3、または4に記載のナノカーボンコンポジット材。

【請求項6】

上記炭素系第1フィラーと、上記炭素系第2フィラーと、熱硬化性樹脂と、水系またはアルコール系の希釈剤とを混練する工程（以下、混練工程という）、上記の混練工程を経た混練物から前記希釈液と前記熱硬化性樹脂に含まれている液分を蒸発させる工程（以下、乾燥工程という）、上記の乾燥工程を経た乾燥された炭素系第1フィラー・炭素系第2フィラー・樹脂からなる混合物を脱泡しながら所定の圧力、所定の温度で成形する工程（以下、プレス成形工程という）、

上記のプレス成形を経た成形品を不活性雰囲気中で加熱して樹脂分を炭化させ、前記炭素系第1フィラーが前記炭素系第2フィラーと炭素で三次元的に繋がった多孔質体とする工程（以下、炭化工程という）、上記炭化工程を経た多孔質体の空隙部に樹脂、ゴム、金属、またはカーボン系材料を含浸させる工程（以下、含浸工程という）からなることを特徴とするナノカーボンコンポジット材の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ナノカーボンと炭素系第2フィラーからなるコンポジット材及びその製造方法に関するものである。さらに詳しくはナノカーボンと炭素系第2フィラーからなるコンポジット材の熱伝導性に優れたコンポジット材に関するものである。また、その製造方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来から、樹脂にカーボンブラック、炭素繊維等のカーボンを配合することによって、所望の導電性を樹脂組成物が提案されている。これに対して近年、成形体に優れた導電性、力学特性を付与するために、従来のカーボンブラックや炭素繊維に替わり、カーボンナノチューブを配合する試みが行われてきた。カーボンナノチューブをマトリクス中に含む複合材料が提案されている。（特許第2641712号公報）。樹脂組成物中においてカー

ボンナノチューブの形態としては、樹脂中にカーボンナノチューブが凝集体を形成、または絡み合ったものが知られている。(特許第3034027号公報)。また、カーボン含有樹枝組成物に近い物理特性を有するものとしては、層状珪酸塩の珪酸塩層が分子レベルで均一にポリアミドの樹脂中に分散しているナノコンポジット樹脂が知られている。(特開2000-345029号公報)。カーボンナノチューブが凝集しないでからみあいなく樹脂中に分散している樹脂組成物、成形材料、成形体が知られている。(特開2003-12939号)。

【0003】

【特許文献1】特許第2641712号公報(請求項1参照)

【特許文献2】特許第3034027号公報(請求項1参照)

【特許文献3】特開2000-345029号公報(請求項1参照)

【特許文献4】特開2003-12939号(請求項1参照)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、上記の従来技術はカーボンナノチューブまたはカーボンナノファイバが有している、優れた特性を十分に利用できていないという問題点がある。

【0005】

本発明は上述した点に鑑み、ナノカーボンの本来有している特性が実現できるナノカーボンコンポジット材を提供することを目的とするものである。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記の課題を解決するため、本発明のナノカーボンコンポジット材は、カーボンナノチューブまたはカーボンナノファイバ(以下、炭素系第1フィラーという)は炭素系第2フィラーを含む炭素で3次的に繋がっており、且つ空隙部を有する多孔質体であり、前記多孔質体の前記空隙部に樹脂、ゴム、金属、またはカーボン系材料が含浸されていることを特徴とする。

【0007】

上記の本発明のナノカーボンコンポジット材は、カーボンナノチューブまたはカーボンナノファイバ(以下、炭素系第1フィラーという)がカーボン系第2フィラーと炭素で繋がった構造を有する多孔質体は炭素系第1フィラーと第2フィラーと炭素は3次的に強固に繋がっているためナノカーボンの本来の特性を有しており、前記多孔質体の空隙部に含浸されたコンポジット材は含浸材の特性をはるかに凌ぐ特性が得られるということになる。また、上記多孔質体には、樹脂、ゴム、金属、またはカーボン系材料を含浸できるので、各種の材料に適用でき、応用範囲も広いものとなる。

【0008】

さらに、本発明のナノカーボンコンポジット材は、上記の請求項1において、上記の炭素系第1フィラーは粒子径が0.3nmから200nm、平均長さが10μmから20μmであり、ラマン分光法によるスペクトラが1520~1600cm⁻¹にグラファイト(G)ピークを有するものであることを特徴とする。

【0009】

上記の本発明のナノカーボンコンポジット材は、炭素系第1フィラーは粒子径が0.3nmから200nm、平均長さが10μmから20μmにすることにより、炭素系第1フィラーは炭素系第2フィラーと炭素とのつながりが強固となり、さらにナノカーボンのラマン分光法によるスペクトラが1520~1600cm⁻¹にグラファイト(G)ピークを有するようにしたので、ナノカーボンの本来有する特性を発揮することが可能になる。

【0010】

さらに、本発明のナノカーボンコンポジット材は、上記の請求項1、または2において、上記の炭素系第2フィラーは、フラーレン、もしくは上記の炭素系第1フィラーのカーボンナノファイバまたはカーボンナノチューブの直径よりも小さい粒径を有するカーボン

ラック、もしくは平均切断長さが0.5 μm から5 μm である切断カーボンナノチューブまたは切断カーボンナノファイバの1種以上から選ばれたものであることを特徴とする。

【0011】

上記の本発明のナノカーボンコンポジット材は、上記の請求項1、または2において、上記の炭素系第2フィラーはフラーレンと粒径10 nmから120 nmであるカーボンブラックと切断長さが0.5 μm から5 μm である上記の切断カーボンナノチューブまたは切断カーボンナノファイバの1種以上から選ばれたものにしたので、炭素系第2フィラーが炭素中に取り込まれ、炭素系第2フィラー含む炭素が炭素系第1フィラーと強固な結びつきをした3次的に繋がった空隙部を有する多孔質体が得られる。

【0012】

さらに、本発明のナノカーボンコンポジット材は、上記の請求項1、2、または3において、上記の炭素系第1フィラーと上記の炭素系第2フィラーは最大90 wt %までの含有率を有することを特徴とする。

【0013】

上記の本発明のナノカーボンコンポジット材は、上記の炭素系第1フィラーと上記の炭素系第2フィラーは最大90 wt %までの含有率を有することにより、炭素系第1フィラーと炭素系第2フィラーの特性をより生かしたコンポジット材の提供が可能となる。

【0014】

さらに、本発明のナノカーボンコンポジット材は、上記の炭素系第1フィラーと上記の炭素系第2フィラーの総量を100 wt %にした時の前記炭素系第2フィラーの含有率は1 wt %から70 wt %であることを特徴とする。

【0015】

上記の本発明のナノカーボンコンポジット材は、上記の請求項1、2、3、または4において、上記の炭素系第1フィラーと上記の炭素系第2フィラーの総量を100 wt %にした時の上記の炭素系第2フィラーの含有率は1 wt %から70 wt %にしたので、炭素系第1フィラーと炭素系第2フィラーを広範囲に複合でき炭素系第1フィラーと炭素系第2フィラーの特性を適宜コントロールすることが可能となる。

【0016】

更に、本発明のナノカーボンコンポジット材の製造方法は、上記炭素系第1フィラーと、上記炭素系第2フィラーと、熱硬化性樹脂と、水系またはアルコール系の希釈剤とを混練する工程（以下、混練工程という）、上記の混練工程を経た混練物から前記希釈液と前記熱硬化性樹脂に含まれている液分を蒸発させる工程（以下、乾燥工程という）、上記の乾燥工程を経た乾燥された炭素系第1フィラー・炭素系第2フィラー・樹脂からなる混合物を脱泡しながら所定の圧力、所定の温度で成形する工程（以下、プレス成形という）、上記のプレス成形を経た成形品を不活性雰囲気中で加熱して樹脂分を炭化させ、前記炭素系第1フィラーが前記炭素系第2フィラーと炭素で3次的に繋がった多孔質体とする工程（以下、炭化工程という）、上記炭化工程を経た多孔質体の空隙部に樹脂、ゴム、金属、またはカーボン系材料を含浸させる工程（以下、含浸工程という）からなることを特徴とする。

【0017】

上記の本発明のナノカーボンコンポジット材の製造方法は、前記炭化工程で得られる多孔質体は、炭素系第1フィラーと炭素系第2フィラーが炭素で繋がったものであり、前記混練工程で少量の熱硬化性樹脂で多量の炭素系第1フィラーと炭素系第2フィラーを混ぜ合わせることができるので高密度の多孔質体を得られ、本来ナノカーボンが有する、優れた特性が発揮できるものである。さらに、上記の多孔質体には、合成樹脂、ゴム、金属、カーボン系材料を含浸できるので、応用範囲も広いものとなる。

【発明の効果】

【0018】

本発明のナノカーボンコンポジット材が優れた特性を有するものであるかについて、以下に説明する。

上記の本発明のナノカーボンコンポジット材は、カーボンナノチューブまたはカーボンナノファイバ（以下、炭素系第1フィラーという）が炭素で繋がって3次的にネットワークを形成した空隙部を有する多孔質体が形成され、その多孔質体の空隙部に樹脂、ゴム、金属、またはカーボン系材料を含浸させたものである。

上記の本発明のコンポジット材を構成する多孔質体の模式図を図1に示す。図1は上記の多孔質体を電子顕微鏡写真で解析した結果に基づき模式化したものである。

図1に示すように、カーボンナノチューブ（CNT）またはカーボンナノファイバ（CNF）である炭素系第1フィラーは炭素でネットワークを構成して繋がっているため強固な結びつきとなる。

さらに、上記の多孔質体の空隙度はコントロールすることができるので、炭素系第1フィラー及び炭素系第2フィラーの含有率が大きいナノカーボンコンポジット材が得られ、炭素系第1フィラー及び炭素系第2フィラーの特性を最大限生かしたコンポジット材の提供が可能となる。

さらに炭素中には炭素系第2フィラーが含まれているので炭素系第1フィラーの特性にプラスして炭素系第2フィラーの特性を付加することが可能となる。

上記の炭素系第2フィラーは、具体的には、フラーレン、カーボンブラック、切断カーボンナノファイバ、または切断カーボンナノチューブから選べられ、上記の炭素系第2フィラーは、上記の炭素系第1フィラーよりも大きさが小さいものであることが必要条件となる。

なお、上記の本発明での多孔質体は、英語のPreformと同義語である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0019】

本発明のナノカーボンコンポジット材は、ナノカーボン1を炭素系第2フィラー2と炭素3で3次的に繋がったネットワーク型の多孔質体5を作ることにより、更に上記の多孔質体5に樹脂、ゴム、金属、カーボン系材料を含浸させることにある。

以下、本発明の上記の特徴について具体的に説明する。

【0020】

（実施例1）

まず、本発明の炭素系第1フィラー1を炭素系第2フィラー2を含む炭素3で繋がった多孔質体5に樹脂などを含浸したナノカーボンコンポジット材の製造方法について説明する。

【0021】

まず、炭素系第2フィラー2の役目をするカーボンブラック2と溶液タイプの熱硬化性樹脂と希釈液（水系またはアルコール系）を用意し、それらを混ぜ合わせる1次混練を行う。

次に、上記の1次混練を終えた混練物に該炭素系第1フィラー1であるカーボンナノファイバ（CNF）1を混ぜ合わせる2次混練を行う。

上記の混練工程において該1次混練で該炭素系第1フィラー1を該2次混練で該炭素系第2フィラー2を、または該炭素系第1フィラー1と該炭素系第2フィラー2を同時に該溶液タイプの熱硬化性樹脂と該希釈液と混ぜてもよいが、該1次混練で該炭素系第2フィラー2を、該2次混練で該炭素系第1フィラー1を混ぜるのがより混ざりやすい。その理由は、該炭素系第2フィラー2の量（かさ）がカーボンナノファイバ1の量（かさ）に比べ小さいので、該炭素系第2フィラー2に希釈液が十分にいきわたるようにするためである。

上記の該炭素系第1フィラー1である該カーボンナノファイバー1及び該カーボンナノチューブ1は気相成長炭素繊維またはカーボンナノチューブ（単層、二層、多層）が用いられ、大きさは、平均径が0.3nmから200nm、平均長さが10から20μmのものが望ましい。上記の該カーボンナノファイバ1及び該カーボンナノチューブ1のラマン分光法によるスペクトラは1520～1600cm⁻¹にグラファイト（G）ピークを有するものである。

上記の該炭素系第2フィラー2の役目をするカーボンブラック2の平均粒径は該炭素系第1フィラー1である該カーボンナノファイバー1、または該カーボンナノチューブ1の平均径よりも小さいことが重要となる。その理由は、該炭素系第2フィラー2である該カーボンブラック2は該炭素系第1フィラー1である該カーボンナノファイバー1、または該カーボンナノチューブ1を三次元的に繋ぐ該炭素3の中に含有されるものであるからである。

上記の該カーボンブラック2以外に上記の該炭素系第2フィラー2としては、平均長さが0.5から5 μ mである切断したカーボンナノファイバー（切断カーボンナノファイバー）2、または切断したカーボンナノチューブ（切断ナノチューブ）2、またはフラーレン（60個以上の炭素原子が強く結合して球状、あるいはチューブ状に閉じたネットワーク構造をしたもの、直径が1ナノメートル以下）2が適用することができる。上記の該切断カーボンナノファイバー2及び該切断ナノチューブ2の平均長さの0.5から5 μ mは該炭素系第1フィラー1である該カーボンナノファイバー1及び該カーボンナノチューブ1の長さよりも充分小さいことが必須条件であるからである。

上記の該溶液タイプの熱硬化性樹脂としてはフェノール、エポキシ、ポリウレタン等が使用できる。該希釈液は、水系は純水、蒸留水が、アルコール系はエチルアルコール、メチルアルコール等が使用できる。

該希釈液を用いる理由は、該カーボンナノファイバ（CNF）1の比表面積大きいので、例えば、5gの該CNF1に5gの熱硬化性樹脂を入れた場合、砂に水を少し入れたように該CNF1の全部に樹脂がいきわたらず混ざらないので、該希釈液を用いて粘度を下げ、溶媒量を増加させて、該CNF1の全部に樹脂が混ざるようにする。したがって、該希釈液の量は、該CNF1に熱硬化性樹脂が十分に混ざる量にする。

混練方法は、手動もしくは自動混練機を用いて行う。混練時間は該CNF1が全体的光沢を持つようになるまで十分な時間をかけて行う。

【0022】

次に、上記の混練工程を終えた混練物を空気中で加熱して該希釈液と該熱硬化性樹脂中の液分を蒸発させる乾燥工程を行う。加熱温度は該熱硬化性樹脂の硬化温度よりも低い重合反応が起こらない温度で十分な時間をかけて行う。例えば、硬化温度が150℃の該熱硬化樹脂の場合、乾燥温度が60～80℃では1時間、40～55℃では7～9時間が適当である。上記の乾燥工程で混練物をかき混ぜると効率よく蒸発させることができる。

【0023】

次に、上記の乾燥工程を終えた炭素系第1フィラー・炭素系第2フィラー・樹脂からなる混合物14を脱泡しながら所定の圧力、所定の温度で成形するプレス工程を行う。

プレス工程の1例を図2を用いて具体的に説明する。図2はプレス成形装置を示す。雌金型6中に上記の乾燥工程を経た炭素系第1フィラー・炭素系第2フィラー・樹脂からなる混合物14を載置し、雄金型7を用いて圧力を加えながら、該雌金型6の周囲に配設されたヒーター8により該熱硬化性樹脂を加熱して該熱硬化性樹脂を硬化させる。この作業は、真空中で行われ、該炭素系第1フィラー・炭素系第2フィラー・樹脂からなる混合物14中含まれる空気及び該熱硬化性樹脂の重合に伴う揮発分を取り除くようにする。上記の圧力は0～1000kg/cm²を加える。加熱温度は該熱硬化性樹脂の硬化温度とする。このときの圧力は次工程の炭化工程での多孔質体5の密度と関係し、圧力を高くすると空隙が少ない多孔質体5となり、圧力を低くすると大きい空隙を有する多孔質体5となる。

圧力を加える時間は該熱硬化性樹脂の硬化が終了する時間まで少なくとも行う。

【0024】

次に、上記のプレス成形品15を脱酸雰囲気中で加熱して樹脂分を炭化させ、該炭素系第1フィラー1が該炭素系第2フィラー2と炭素3で繋がった多孔質体5とする炭化工程を行う。

脱酸雰囲気を炭で行う場合の具体例を図3に模式図で示す。第1のステンレス容器(またはアルミナ容器)12に上記のプレス工程を経た該成形品15を載置し、前記第1のステ

ステンレス容器12の周りを炭11で覆い、該炭11は第2のステンレス容器13で保持されている。該第2のステンレス容器13の周囲にヒーター8を設け、大気中で500～1200℃の温度で樹脂分を炭化させる。この炭11は炭素系第1フィラー1及び該樹脂より早く酸素と反応するため炭素系第1フィラー1及び該樹脂の酸化を防ぐことができる。上記の図3に示す装置の場合、炭化処理を大気中で行う電気炉であるため1200℃までの温度しか加えることができないが、不活性雰囲気黒鉛炉で行う場合は、1000℃～3000℃の温度範囲で炭化が可能となる。炭化温度は高温にする程（3000℃に近くする程）炭素はグラファイト化されたものが得られる。

【0025】

上記の炭化工程を終えた多孔質体の模式図を図1に示す。図1の模式図は上記の多孔質体を走査型電子顕微鏡で撮影した写真に基づくものである。

図1から明らかのように、該カーボンナノチューブ（CNT）1またはカーボンナノファイバ（CNF）1である炭素系第1フィラー1は該炭素3でネットワークを構成して繋がっているため強固な結びつきとなる。

さらに、上記の該多孔質体5の空隙度はコントロールすることができるので、該炭素系第1フィラー1及び該炭素系第2フィラー2の含有率が大きい該ナノカーボンコンポジット材が得られ、該炭素系第1フィラー1及び該炭素系第2フィラー2の特性を最大限生かした該ナノカーボンコンポジット材の提供が可能となる。

さらに該炭素3中には該炭素系第2フィラー2が含まれているので該炭素系第1フィラー1の特性にプラスして該炭素系第2フィラー2の特性を付加することが可能となる

【0026】

次に、上記の炭化工程を終えた炭素系第1フィラー1が該炭素系第2フィラー2と炭素3で強固に繋がったマトリクス多孔質体5の空隙部4に樹脂、ゴム、金属、カーボン系材料を含浸させると本発明のナノカーボンコンポジット材が得られる。得られたコンポジット材は含浸材料の特性をはるかに凌ぐ特性のものとなる。

上記の含浸材料としては、樹脂は熱硬化性樹脂、熱可塑性樹脂、ゴムは天然ゴム、合成ゴム、金属はマグネシウム、アルミニウム、カーボン系材料としてはグラッシカーボンが適用できる。

【0027】

含浸方法としては、圧力方式と吸引方式が適用できる。図4は圧力方式の含浸装置を模式図で示したものである。雌金型6と雄金型7からなる圧縮用金型の中に本発明の該多孔質体5と含浸材料16を挿入し、圧力により該含浸材16を該多孔質体5に含浸させる。前記圧縮用金型は該ヒーター8により加熱することができる。充填材が樹脂モノマーを硬化剤により硬化させる場合は該ヒーター8による加熱は必要としない。この圧力方式は、上記の含浸材料のすべてに適用できる。

図5は吸引方式の含浸装置を模式図で示したものである。この吸引方式は充填材16が金属、カーボン系材料には適用できないが、硬化剤により固まる材料に対して有効な方法である。

【0028】

上記の本発明のコンポジット材の製造方法により作られたコンポジット材の特性評価結果を図6～9に示す。

【0029】

図6は該炭素系第1フィラー1に相当する該カーボンナノファイバ1は平均径が150 nm、平均長さが10から20 μ mの気相成長炭素繊維（VGCF；vapor growth carbon fiber）であり、該炭素系第2フィラー2としては平均粒径が95 nmのカーボンブラック（CB、carbon black）2を用い、VGCF1とCB2の総量が50wt%、60wt%、70wt%の場合の該多孔質体5の気相成長炭素繊維（VGCF）1の重量パーセント（wt%）と熱伝導率（W/cm・K）との関係を示したものである。

図6において、例えば、▲VGCF+CB（平均粒径95nm）総量：70wt%（炭化）は上記の炭化工程を終えた図1に示す多孔質であり、（VGCF+CB）が70wt%であり、残りの30

wt%が炭素を意味する。同図で横軸 (X軸) のVGC F contentは該炭素系第2フィラー2と該炭素3を含む全体に対するVGC F contentを示すものであり、一番右の▲の場合、VGC F contentは60%の位置に有り、この場合はVGC F contentは60%、CB contentが10%、炭素contentが30%との組成となる。

また、△のVGC F+CB (平均粒径95nm) 総量: 70wt% (プレス成形) はプレス成形工程を経たものである。

同図の結果から、本発明のVGC F 1とCB 2の総量と熱伝導率の関係は、50wt%が高い熱伝導率値を示し、60wt%、70wt%になると熱伝導率が低くなる。

また、該炭素系第1フィラー (VGC F) 1の量と熱伝導率の関係は、該炭素系第1フィラー (VGC F) 1が50wt%で極大値を有し、50wt%よりもVGC F 1の含有率が小さくなると熱伝導率の値が小さくなる。

また、同図において、◆VGC F (炭化) は該炭素系第2フィラー2を含まないVGC F単独のものと較べると、本発明の該炭素系第1フィラー1に該炭素系第2フィラー2を含んだものの方が明らかに熱伝導率が高い値を示している。

【0030】

図7は該炭素系第1フィラー1に相当する該カーボンナノファイバ1は平均径が150 nm、平均長さが10から20 μ mの気相成長炭素繊維 (VGC F; vapor growth carbon fiber) であり、該炭素系第2フィラー2としては平均粒径が18 nmの該カーボンブラック (CB、carbon black) 2を用い、該VGC F 1と該CB 2の総量が50wt%の場合の該多孔質体5の気相成長炭素繊維 (VGC F) 1の重量パーセント (wt%) と熱伝導率 ($W/cm \cdot K$) との関係を示したものである。

同図の結果から、該VGC F 1が0から35%の範囲では該VGC F 1の含有率が大きいほど (該CB 2の含有率が大きくなるほど) 熱伝導率は高くなる。

また、同図において、◆VGC F (炭化) は該炭素系第2フィラー2を含まない該VGC F単独のものと較べると、本発明の該炭素系第1フィラー1に該炭素系第2フィラー2を含んだものの方が明らかに熱伝導率が高い値を示している。

【0031】

図8は該炭素系第1フィラー1に相当する該カーボンナノファイバ1は平均径が150 nm、平均長さが10から20 μ mの気相成長炭素繊維 (VGC F; vapor growth carbon fiber) であり、該炭素系第2フィラー2としては平均径が150 nm、平均切断長さが1~3 μ mの切断カーボンナノファイバ (c-VGC F) 2を用い、該VGC F 1と該c-VGC F 2の総量が50wt%の場合の該多孔質体5の該気相成長炭素繊維 (VGC F) 1の重量パーセント (wt%) と熱伝導率 ($W/cm \cdot K$) との関係を示したものである。

同図の結果から、該VGC F 1が0から35%の範囲では該VGC F 1の含有率が大きいほど (該CB 2の含有率が少なくなるほど) 熱伝導率は高くなる。

また、同図において、◆VGC F (炭化) は該炭素系第2フィラー1を含まないVGC F 1単独のものと較べると、本発明の該炭素系第1フィラー1に該炭素系第2フィラー1を含んだものの方が明らかに熱伝導率が高い値を示している。

【0032】

上記の図6~8の如く、本発明は該炭素系第1フィラー1と該炭素系第2フィラー2の総量 (wt%) は樹脂との混合割合を適宜選ぶことにより、90wt%のものまで製造が可能であり、該炭素系第1フィラー1の該カーボンナノファイバ1または該カーボンナノチューブ1及び該炭素系第2フィラー1の特性を最大限生かしたナノカーボンコンポジット材の提供が可能となる。

また、上記の該炭素系第1フィラー1と上記の該炭素系第2フィラー2の総量を100wt%にした時の該炭素系第2フィラー2の含有率は1wt%から70wt%まで可能となり、該炭素系第1フィラー1の特性にプラスして該第2フィラー2の特性を生かしたナノカーボンコンポジット材の提供が可能となる。

【産業上の利用可能性】

【0033】

上記の如く、本発明のナノカーボンコンポジット材は、ナノカーボン1が炭素系第2フィラー2と炭素3で繋がった構造を有する多孔質体5はナノカーボン1と炭素系第2フィラー2と炭素3は3次的に強固に繋がっているためナノカーボン1の本来の特性を有しており、前記多孔質体5の空隙部4に含浸されたコンポジット材は含浸材の特性をはるかに凌ぐ特性が得られるということになる。また、上記多孔質体4には、樹脂、ゴム、金属、またはカーボン系材料を含浸できるので、各種の材料に適用でき、応用範囲も広いものとなる。

【図面の簡単な説明】

【0034】

【図1】本発明の炭素系第1フィラーが炭素系第2フィラーと炭素で強固に繋がったマトリクス多孔質体の模式図を示すものである。

【図2】本発明のプレス工程でのプレス装置の具体例を模式図で示したものである。

【図3】本発明の炭化工程での脱酸素雰囲気を炭で行う場合の炭化装置の具体例を模式図で示したものである。

【図4】本発明の含浸工程での圧力方式による含浸装置の具体例の模式図を示したものである。

【図5】本発明の含浸工程での吸引方式による含浸装置の具体例の模式図を示したものである。

【図6】本発明のナノカーボンファイバ（気相成長炭素繊維：VGCF）とカーボン系第2フィラー（カーボンブラック（CB）：平均粒径95nm）を含有したコンポジット材の炭化工程を経た多孔質体4のナノカーボンファイバ（気相成長炭素繊維：VGCF）の含有率と熱伝導率（W/cm・K）の関係を示したものである。

【図7】本発明のナノカーボンファイバ（気相法炭素繊維：VGCF）とカーボン系第2フィラー（カーボンブラック（CB）：平均粒径18nm）を含有したコンポジット材の炭化工程を経た多孔質体4のナノカーボンファイバ（気相成長炭素繊維：VGCF）の含有率と熱伝導率（W/cm・K）の関係を示したものである。

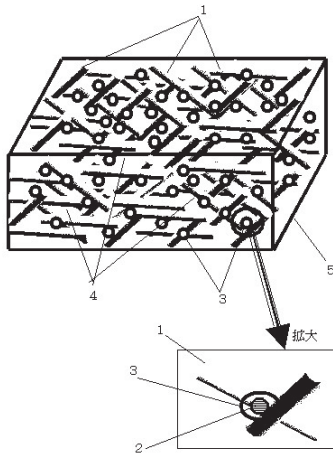
【図8】本発明のナノカーボンファイバ（気相法炭素繊維：VGCF）とカーボン系第2フィラー（ナノカーボンファイバを切断したもの（c-VGCF）、平均長さ：1～3μm）を含有したコンポジット材の炭化工程を経た多孔質体4のナノカーボンファイバ（気相成長炭素繊維：VGCF）の含有率と熱伝導率（W/cm・K）の関係を示したものである。

【符号の説明】

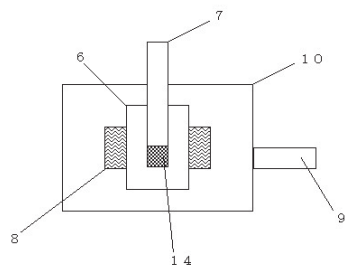
【0035】

- 1 炭素系第1フィラー（カーボンナノファイバ、またはカーボンナノチューブ）
- 2 炭素系第2フィラー（カーボンブラック、または切断カーボンナノファイバ、または切断カーボンナノチューブ）
- 3 炭素4 空隙部
- 5 多孔質体
- 6 雌金型
- 7 雄金型
- 8 ヒーター
- 9 真空口
- 10 真空圧力容器
- 11 炭
- 12 第1のステンレス容器（またはアルミナ容器）
- 13 第2のステンレス容器
- 14 乾燥工程を終えた炭素系第1フィラー・炭素系第2フィラー・樹脂混合物
- 15 プレス工程を終えた成形品
- 16 含浸材料

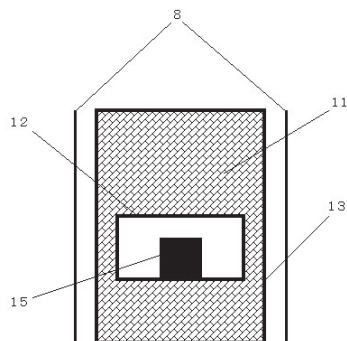
【図1】



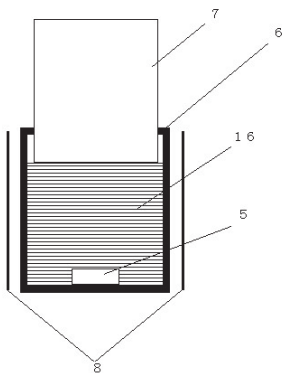
【図2】



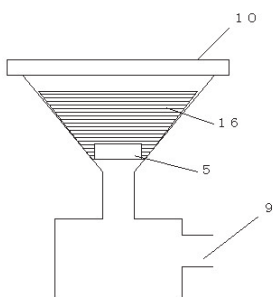
【図3】



【図4】

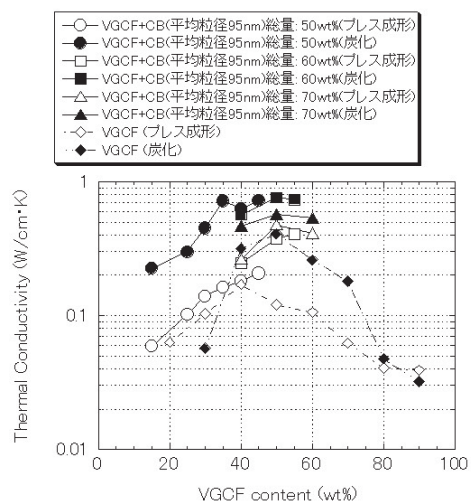


【図5】



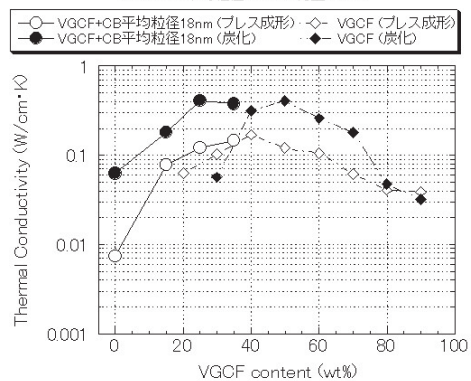
【図6】

VGCF+CB(平均粒径:95nm)の総量:50、60、70wt%

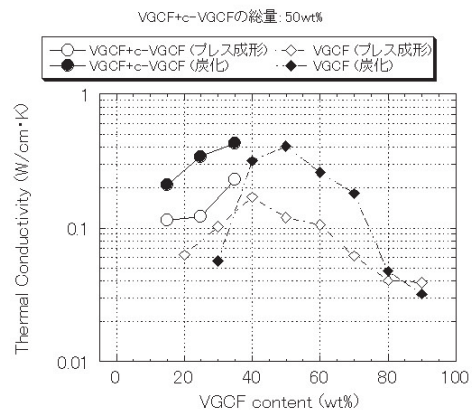


【図7】

VGCF+CB(平均粒径18nm)の総量: 50wt%



【図8】



(72)発明者 二タ村 朝比古

長野県須坂市本郷町7 1 2

(72)発明者 崔 英国

長野県長野市若里1-17-1 タウニィ若里A 2 0 1

(72)発明者 山内 壮太郎

長野県長野市若里4-12-26 宮沢ビル303号

F ターム(参考) 4G146 AA01 AA07 AA11 AA19 AB05 AC02A AC02B AC16A AC16B AC26B

AD17 AD20 BA01 BA04 BA13 BA40 BA43 BB04 BB05 BB07

BC03 BC23 BC34B BC35B BC36B CB20 CB31 CB33 CB35 DA02

DA07