

(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2005-238331

(P2005-238331A)

(43) 公開日 平成17年9月8日(2005.9.8)

(51) Int.Cl.⁷

B 2 2 D 19/00

B 2 2 D 19/14

C 2 2 C 1/10

// C 2 2 C 21/00

C 2 2 C 29/02

F I

B 2 2 D 19/00

B 2 2 D 19/14

C 2 2 C 1/10

H O 1 L 23/36

C 2 2 C 21/00

E

A

G

M

E

テーマコード (参考)

4 K O 2 O

5 F O 3 6

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 18 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2005-10020 (P2005-10020)

(22) 出願日 平成17年1月18日 (2005.1.18)

(31) 優先権主張番号 特願2004-16694 (P2004-16694)

(32) 優先日 平成16年1月26日 (2004.1.26)

(33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(71) 出願人 301076681

西野 明義

東京都世田谷区八幡山3丁目9番地17-302

(71) 出願人 501491413

長野 充朋

東京都府中市住吉町2-30-31-2-1002

(72) 発明者 長野 充朋

東京都府中市住吉町2-30-31-2-1002

(72) 発明者 西野 明義

東京都世田谷区八幡山3-9-17-302

最終頁に続く

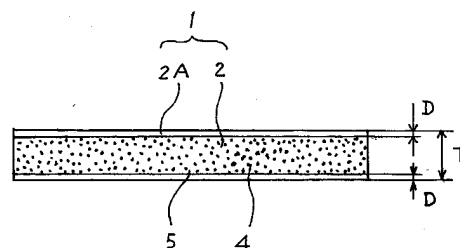
(54) 【発明の名称】 複合材およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 高熱伝導性を得ることができるとともに、表面を容易に高精度の平滑面とできて被取り付け部材に密着して取り付けることができ、かつ、繰り返し使用しても被取り付け部材との間で剥離することがない複合材およびその製造方法を提供する。

【解決手段】 複合材1が、粒度が比較的大きなセラミック粒体4を40～85容積%、アルミニウム5を15～60容積%含み、セラミック粒体間の間隙にアルミニウム5が連続相を形成し、かつ、セラミック粒体4とアルミニウム5との界面に隙間がないようにした本体部2を備えて構成され、この本体部2の厚さ方向の表裏面が、無電解ニッケルメッキ処理が施された所定厚さの被覆部2Aで覆われている。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

比較的大きな粒度のセラミック粒子が 40 ~ 85 容積%、アルミニウムまたはアルミニウム合金が 15 ~ 60 容積%からなるとともに、前記セラミック粒子間の空隙に前記アルミニウムまたはアルミニウム合金が連続相を形成し、かつ、前記セラミック粒子とアルミニウムまたはアルミニウム合金との界面に隙間がないようにした複合材において、

前記セラミック粒子およびアルミニウムまたはアルミニウム合金で構成された板状の本体部と、この本体部の厚さ方向の少なくとも一方側表面を覆いかつ加工性に優れた被覆部とで形成されていることを特徴とする複合材。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の複合材において、

前記被覆部が、前記本体部の表面に施された無電解ニッケルメッキからなる無電解ニッケルメッキ層で形成されていることを特徴とする複合材。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の複合材において、

前記無電解ニッケルメッキ層の表面には、電気メッキを施した電気メッキ層が形成されていることを特徴とする複合材。

【請求項 4】

請求項 2 に記載の複合材を製造する方法であって、

金型を用いて前記セラミック粒子とアルミニウムまたはアルミニウム合金とを複合する際に、前記金型のキャビティ内に前記セラミック粒子を収容した後、前記金型のキャビティ内を真空で吸引しながら前記アルミニウムまたはアルミニウム合金の溶湯を前記セラミック粒子間の空隙に含浸させて前記本体部を形成し、この本体部が前記金型内で冷却された後、金型から取り出され、次いで、前記本体部の表裏面に無電解ニッケルメッキ処理を施して形成された無電解ニッケルメッキ層により被覆部を形成することを特徴とする複合材の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、セラミック粒子とアルミニウムまたはアルミニウム合金からなる複合材およびその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

例えば、パワー半導体素子は大電流で駆動されるため発熱し、素子特性を維持するための放熱性に優れた放熱板が必要とされる。近年、特に高密度集積化や制御回路との混載による小型、軽量化が進められているため、高密度熱流の放散が重要な課題となっており、高熱伝導性の放熱基板が求められている。また、プラズマテレビ製造用の均熱板や、液晶パネル用ガラス基板に真空中でパターンを蒸着する際にも高熱が発生するため高熱伝導性の放熱基板が求められている。

【0003】

さらに、小型パソコンや測定機器、プロジェクタ等の分野においては、半導体素子の高密度集積化が進むに従って、半導体素子の発熱量が増大する一方で、機器の小型化によって、放熱に困難な構造となる傾向にある。このように、筐体、ヒートシンク材に対しても高熱伝導性の放熱基板が求められている。

また、車両においては、例えば、制動の分野においてブレーキディスクには高い放熱性が要求されており、パワートランジスタ等を使うような部分では、高熱伝導性の放熱基板が求められている。

以上のように、様々な分野で熱伝導性の高い材料が求められており、この要望に対して、従来は、SiC（シリコンカーバイド）とAl（アルミニウム）との複合材であるSiC/Al系複合材が提案されている（例えば、特許文献1）。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 4 】

【特許文献 1】特開 2 0 0 2 - 3 2 2 5 2 4 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 5 】

しかし、金属板を使用する場合は熱膨張係数が大きい問題があり、一方、S i C / A 1 系複合材は熱伝導率が充分ではないという問題がある。

また、従来の S i C / A 1 系複合材では、アルミニウム溶湯の中に S i C 粉末を分散させる方法、S i C 粒体とアルミニウムまたはアルミニウム合金粒子をバインダーや焼結助剤を加えて成形し、次いで焼結する方法などがある。これらの方法において熱伝導率が充分でないのは、以下に示す理由によるものと考えられている。 10

- ・ S i C の含有率が 2 0 % 容積程度と低いため。
- ・ S i C の粒度が $1 0 \mu \sim 1 0 0 \mu$ と非常に細かく、アルミニウムとの接触面積が非常に大きくなるため。
- ・ S i C とアルミニウムとの界面にバインダーや焼結助剤の残留物が異物として残るため。
- ・ S i C とアルミニウムとの界面に空気を含んだ空隙が存在するため、などである。

【 0 0 0 6 】

さらに、以上のような S i C / A 1 系複合材を、例えば放熱基板として、M P U やパワーモジュール等の半導体と接続して使用する場合、S i C / A 1 系複合材と半導体とを接着することが多い。場合によってはねじ止めすることもある。 20

しかし、複合材を構成する S i C と A 1 との収縮率が違うため、複合材が収縮したとき、図 1 6 に示すように、S i C 4 の尖端部 4 A が複合材 1 0 0 の表面から寸法 S だけ突出した状態となり、複合材 1 0 0 の表面に微妙な凹凸が生じている。凹凸は、例えば 0 . 0 5 m m 程度であるが、凹凸にかわりはなく、複合材 1 0 0 の表面は平滑ではない。そのため、複合材 1 0 0 をそのままの状態で使用し、S i C / A 1 系複合材とパワーモジュール等の半導体とを接着、固定した場合、両者の対向する表面間に上記 0 . 0 5 m m 程度の凹凸があることから、互いが十分に密着されない。その結果、半導体からの放熱が S i C / A 1 系複合材 1 0 0 に十分に伝達されなくなり、放熱基板としての十分な機能を果たせないという問題が生じている。 30

【 0 0 0 7 】

そこで、平滑性を得て密着性をよくするために、S i C / A 1 系複合材の表面を研削または研磨することが行われるが、S i C の尖端が多数突出しているうえ、その S i C の硬度が大きいため、研削加工の場合、工具の損傷が早い。また、研磨加工の場合は、長時間にわたる作業となり効率が悪く、大量の需要がある場合に対応できない。

さらに、研削、研磨加工して平滑に仕上げられた取り付け面に、被取り付け部材を取り付けたとしても、S i C / A 1 系複合材と被取り付け部材との膨張率の違いから、繰り返し使用のうちに、互いが剥離してしまうという問題も生じている。

【 0 0 0 8 】

本発明の目的は、高熱伝導性を得ることができるとともに、表面を容易に高精度の平滑面とできて被取り付け部材に密着して取り付けることができ、かつ、繰り返し使用しても被取り付け部材との間で剥離することがない複合材およびその製造方法を提供することにある。 40

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 9 】

本発明の複合材は、比較的大きな粒度のセラミック粒体が 4 0 ~ 8 5 容積 %、アルミニウムまたはアルミニウム合金が 1 5 ~ 6 0 容積 % からなるとともに、前記セラミック粒体間の空隙に前記アルミニウムまたはアルミニウム合金が連続相を形成し、かつ、前記セラミック粒体とアルミニウムまたはアルミニウム合金との界面に隙間がないようにした複合材において、前記セラミック粒体およびアルミニウムまたはアルミニウム合金で構成され 50

た板状の本体部と、この本体部の厚さ方向の少なくとも一方側表面を覆いかつ加工性に優れた被覆部とで形成されていることを特徴とする。

【0010】

このような本発明によれば、複合材の本体部が、粒度が比較的大きなセラミック粒体できるだけ多く含有させ、しかも、セラミック粒体とアルミニウムまたはアルミニウム合金とが連続相となっているので、互いの密着性が高まって形成される。セラミック粒体とアルミニウムとも、熱伝導性が鉄等他の金属と比べて優れており、その結果、高熱伝導性の複合材を得ることができる。

【0011】

また、複合材を被取り付け部材に取付ける際には、加工性に優れた被覆部を加工すればよく、被覆部の表面を容易に高精度の平滑面とできる。その結果、被取り付け部材との間で十分に密着して取り付けることができ、被取り付け部材の熱が本体部に十分に伝達されて放熱されるので、放熱基板としての十分な機能を発揮することができる。

【0012】

さらに、本体部中に粒度が比較的大きなセラミック粒体が多く含有されているので、本体部の線膨張率を小さく抑えることができる。従って、寸法精度が極めて優れた本体部となり、このような本体部を被取り付け部材に取り付けたとき、被取り付け部材との膨張率の違いにより互いが剥離することを防止でき、その結果、繰り返し使用が可能となり、複合材の長寿命化を図ることができる。

【0013】

以上の複合材において、セラミック粒体の粒度とは、幅方向および厚さ方向の最大外接円の大きさをいい、比較的大きな粒度としては、 0.15 mm (100 mesh 以上の)以上あればよいが、 $0.3\text{ mm} \sim 2.0\text{ mm}$ ($48 \sim 49\text{ mesh}$) 程度が好ましい。

【0014】

本発明の複合材において、前記請求項1記載の被覆部が、前記本体部の表面に施された無電解ニッケルメッキからなる無電解ニッケルメッキ層で形成されていることが好ましい。

【0015】

このような本発明によれば、本体部の表面に、セラミックとアルミニウムとの収縮率の違いによる微妙な凹凸が形成されていても、外部電源を必要としない無電解ニッケルメッキ処理によれば、対象物がセラミックであっても施すことができるので、上記凹凸を解消することができる。

また、無電解ニッケルメッキ層を形成するには、例えば金型で製造した本体部を、前処理を施した後に、無電解ニッケルメッキ処理装置に収容してメッキ処理を行えばよく、容易に被覆部を形成することができる。

さらに、無電解ニッケルメッキ層の表面は所定の平滑度を有する平滑面となる。そのため、被取り付け部材の種類によっては、新たに平面加工をしなくても、そのままの状態で用いることができ、その場合は加工の手間を省くこともできる。

【0016】

以上の本発明において、無電解ニッケルメッキとしては、自己触媒型科学還元メッキ型を用いると好適である。

無電解ニッケルメッキは、外部電源を必要としないメッキ法であり、外部電源を必要とする電気メッキに対応するものである。外部電源を用いない金属析出法としては、金属の標準酸化還元電位(イオン化傾向)の差によって生じる置換(浸漬)メッキと、還元剤を用いる科学還元メッキとの2つがよく知られている。

【0017】

科学還元メッキは、金属イオンが還元剤によって還元析出するものであり、析出金属が還元剤の反応に対して触媒作用を有することに最大の特徴がある。つまり、この自己触媒作用により、金属析出反応は連続的に進行し、メッキ皮膜が成長する。

現在、広く工業的に利用されている無電解ニッケルメッキや、無電解銅メッキは、以上

に述べた自己触媒型科学還元メッキである。

なお、置換（浸漬）メッキによって無電解ニッケルメッキ層を形成してもよい。また、無電解ニッケルメッキに替えて、本体部に無電解銅メッキ処理を施して被覆部を形成してもよい。

【0018】

本発明の複合材において、請求項2に記載の複合材における前記無電解ニッケルメッキ層の表面には、電気メッキを施した電気メッキ層が形成されていることが好ましい。

【0019】

このような本発明によれば、本体部の表面に、セラミックとアルミニウムとの収縮率の違いによりセラミックが露出しているとしても、まず、無電解ニッケルメッキを施すことで、セラミックとアルミニウムとの収縮率の違いによる凹凸を解消することができる。そして、無電解ニッケルメッキより経費が少なくすむ電気メッキを無電解ニッケルメッキの表面に施すことで、全体の経費節減を図ることができる。

また、電気メッキ層の表面は所定の平滑度を有する平滑面となる。そのため、被取り付け部材の種類によっては、新たに平面加工をしなくても、そのままの状態で用いることができ、その場合は加工の手間を省くこともできる。

【0020】

前記複合材を製造するため、本発明の製造方法は、請求項2に記載の複合材を製造する方法であって、金型を用いて前記セラミック粒体とアルミニウムまたはアルミニウム合金とを複合する際に、前記金型のキャビティ内に前記セラミック粒体を収容した後、前記金型のキャビティ内を真空で吸引しながら前記アルミニウムまたはアルミニウム合金の溶湯を前記セラミック粒体間の間隙に含浸させて前記本体部を形成し、この本体部が前記金型内で冷却された後、金型から取り出され、次いで、前記本体部の表裏面に無電解ニッケルメッキ処理を施して形成された無電解ニッケルメッキ層により被覆部を形成することを特徴とする。

【0021】

通常凝固を行い、セラミック粒体とアルミニウムとの界面、あるいはアルミニウムと遮蔽部材との界面に空隙ができたものについて、その空隙を除去する方法として以下の方法が有効である。

- ・複合材の本体部を、アルミニウムまたはアルミニウム合金が半熔融状態になる温度まで加熱し、圧力をかけて空隙を埋めてしまう方法。
- ・複合材の本体部を、アルミニウムまたはアルミニウム合金が軟化する温度で押出加工する方法。
- ・複合材の本体部を、アルミニウムまたはアルミニウム合金が軟化する温度で熱間圧延する方法。
- ・複合材の本体部を、アルミニウムまたはアルミニウム合金が軟化する温度で熱間鍛造する方法。

【0022】

前記記載のすべての方法において使用される溶湯について、セラミック微粉末をセラミック粒体に塗す他に、セラミック微粉末を、溶融したアルミニウムまたはアルミニウム合金の中に混入して攪拌した溶湯に使うことで、セラミック微粉末の含有量をさらに多くすることができる。

また、セラミック微粉末とアルミニウムまたはアルミニウム合金との濡れをよくするために、ニッケルのメッキをセラミック粒体に施してもよい。

【発明を実施するための最良の形態】

【0023】

以下、本発明の実施形態を添付図面に基づいて説明する。

図1, 2に示すように、第1実施形態の複合材1は本体部2と、この本体部2の表裏面を覆い、かつ本体部2と一体化された被覆部2Aとで構成されている。

【0024】

10

20

30

40

50

本体部 2 は、分散したセラミック粒体 4 の間に、アルミニウムまたはアルミニウム合金（以下、単にアルミニウムという）5 を隙間なく混入して形成された連続相を有している。複合材 1 の厚さ T は、例えば、3 mm となっているが、この厚さ T は、3 mm に限定されず、3 mm 以上でもよく、あるいは 3 mm 以下でもよい。

【0025】

セラミック粒体 4 としては、SiC の他、AlN、BN、カーボン等の粒体を用いられ、その粒度は比較的大きなものが用いられている。比較的大きな粒度としては、例えば、0.15 mm (100 mesh 以上) 以上あればよいが、製品の厚さなどを考慮に入れると、0.3 mm ~ 2.0 mm (48 ~ 9 mesh) 程度の粒度範囲が好ましい。

【0026】

ここで、セラミック粒体 4 の粒度が 0.15 mm 未満であると、セラミック粒体 4 間の隙間が小さくなりすぎて、アルミニウムの溶湯が入り込まなくなり、含浸不良を起こす。また、セラミック粒体 4 の使用に際しては、全体をほぼ同じ粒度のものとしてもよいが、異なる粒度のセラミック粒体 4 を組み合わせて使用してもよい。

なお、セラミック粒体 4 の粒度とは、幅方向および厚さ方向の最大外接円の大きさをいう。また、セラミック粒体 4 は粒体ばかりでなく、繊維状のものを併用してもよい。さらに、カーボンとしては、カーボンブラック、カーボンバールン等を用いることができる。

そして、本実施形態ではセラミック粒体 4 として、例えば、粒度 0.7 mm の SiC 4 が使用されている。

【0027】

SiC 4 の量は、40 ~ 85 容積% が適当である。40 容積% 未満であれば、複合材 1 における本体部 2 の熱伝導率が高くなり、85 容積% を越えると本体部 2 の強度が不十分となる。一方、アルミニウムの量は、SiC 4 の量に対応して 15 ~ 60 容積% とされている。

このように、本体部 2 の中に、比較的大きな SiC 4 を比較的多量に含有させたので、熱伝導率を 200 W/mK 以上、線膨張係数を $9 \sim 12 \times 10^{-6}$ 程度にすることができる。

また、SiC 4 には、予めセラミック微粉末が塗されている。このセラミック微粉末の量は SiC 4 に対して、例えば、1 : 0.2 ~ 0.4 の割合とすることが好ましい。

【0028】

以上の本体部 2 は、図 3 に示すような製造装置 10 で製造することができる。

製造装置 10 は、金型 20 と、注湯部 30 と、吸引部 40 とを含み構成されている。金型 20 は、一対の板状体 21, 22、および板状体 21, 22 と直交しかつ結合される一対の側板（図示しない）を含み構成され、これらの板状体 21, 22 および側板によりキャビティ 20A が形成されている。

注湯部 30 には、キャビティ 20A の上端に連通する湯道 31 が形成されている。また、キャビティ 20A の下端は、真空ポンプ P によって吸引される真空ボックス 41 に連通している。

【0029】

本体部 2 の製造に際しては、まず、金型 20 のキャビティ 20A の内部に、セラミックの微粉末を塗した SiC 4 を充填する。

次いで、キャビティ 20A 内を真空ポンプ P によって吸引しながら、アルミニウム 5 の溶湯を注湯部 30 の湯道 31 から流入、充填する。このアルミニウム 5 の溶湯は、キャビティ 20A 内の SiC 4 同士の間隙に含浸して本体部 2 を形成する。

なお、金型 20 の下部と吸引部 40 との間には、例えばシート状の受け部材（図示しない）が設けられている。この受け部材には、アルミニウム 5 の溶湯は通さないが、エアを吸引できる極細の孔が多数あけられている。

【0030】

以上のように金型 20 で形成された本体部 2 を冷却後に取り出したとき、その表裏面には、前述のようにアルミニウム 5 と SiC 4 とが現われ、かつ両者 5, 4 の収縮率の違いに

10

20

30

40

50

より、本体部 2 の表裏面は、前述のように微妙な凹凸となっている。

【 0 0 3 1 】

アルミニウム溶湯の凝固の時に、普通に凝固させると、アルミニウム溶湯の凝固収縮が大きいために、S i C 4 とアルミニウム 5 との界面に真空の空隙ができてしまう。この真空の空隙は熱伝導率を著しく低下させる。従って、この真空の空隙は除去しなければならない。真空の空隙を除去する方法として以下の各方法が有効である。

- ・ 本体部 2 を、その構成要素のアルミニウム 5 が半熔融状態になる温度まで加熱し、圧力をかけて、アルミニウム 5 で真空の空隙を埋めてしまう方法。
- ・ 本体部 2 を、その構成要素のアルミニウム 5 が軟化する温度で押し出す方法。この方法では、押し出し加工時に、軟化状態のアルミニウム 5 が真空の空隙を埋めてしまう。
- ・ 本体部 2 を、その構成要素のアルミニウム 5 が軟化する温度で熱間圧延する方法。
- ・ 本体部 2 を、その構成要素のアルミニウム 5 が軟化する温度で熱間鍛造する方法。
- ・ キャピティ 2 0 A 内を真空で吸引しながら、アルミニウム 5 の溶湯を注入している間に、同時にアルミニウム溶湯を加圧する。

10

20

【 0 0 3 2 】

前記いずれの方法においても、S i C 4 の粒度を 0 . 1 5 m m 以上と大きくすることができる。また、その含有量も 4 0 容積 % 以上とすることができる。さらに、S i C 4 とアルミニウム 5 以外は特に何も使わないでよい。そして、最後に S i C 4 とアルミニウム 5 との界面にできる空隙を除去することが可能となる。その結果、より熱伝導性に優れた複

20

【 0 0 3 3 】

図 4 に示すように、被覆部 2 A は、本体部 2 の表裏面に施工された厚さ寸法が D の無電解ニッケルメッキ層で構成されている。この無電解ニッケルメッキ層の厚さ D は、例えば 1 0 μ ~ 5 0 μ に形成されており、製造された本体部 2 の前記微妙な凹凸を埋めることができる厚さになっている。

無電解ニッケルメッキ層は、金型 2 0 から取り出した本体部 2 の表裏面に所定の前処理を施した後、その本体部 2 を、図示しない無電解ニッケルメッキ用装置に収容し、無電解ニッケルメッキ処理を施して形成される。そして、この無電解ニッケルメッキ層により本体部 2 の表裏面の微妙な凹凸が埋められ、高精度の平滑面となっている。そのため、被取付け部材の種類によっては、表面の二次加工をしなくても、そのままの状態で使用することが

30

【 0 0 3 4 】

以上のような複合材 1 の使用状態の一例が模式図として、図 5 に示されている。

この使用例では、被覆部 2 A の表面が、無電解ニッケルメッキ処理された状態のままのものが使用され、研磨加工等の二次加工は行なわれていない。なお、被覆部 2 A の表面は、被取付け部材との間で要求される密着度を満たす程度に平滑面となっている

【 0 0 3 5 】

図 5 に示すように、例えば M P U 用のパワー半導体素子 5 0 は、A 1 N チップ 5 1 に固着されており、この A 1 N チップ 5 1 は、複合材 1 の被覆部 2 A に固着されている。従って、複合材 1 と、A 1 N チップ 5 1 および導体回路配線 5 3 とが、高精度の密着度で相互に取り付けられている。また、パワー半導体素子 5 0 には、ワイヤ 5 2 により導体回路配線 5 3 が接続されている。

40

【 0 0 3 6 】

以上のような本実施形態によれば、次の効果がある。

(1) 複合材 1 の本体部 2 が、粒度が比較的大きな S i C 4 が 4 0 ~ 8 5 容積 %、アルミニウム 5 が 1 5 ~ 6 0 容積 % からなり、S i C 4 間の間隙にアルミニウム 5 が連続相を形成し、かつ、S i C 4 とアルミニウム 5 との界面に隙間がないように形成されているので、熱伝導率を 2 0 0 W / m K 以上にすることができる。その結果、高熱伝導性の複合材 1 を得ることができ、優れた放熱基板として利用することができる。

【 0 0 3 7 】

50

(2) 複合材 1 の線膨張係数を $9 \sim 12 \times 10^{-6}$ 程度に抑えることができるので、複合材 1 が膨張しにくい。従って、パワートランジスタ等の被取付け部材に取付けたとき、互いの膨張率の違いから生じる、繰り返し使用による剥がれ等を防止することができ、複合材 1 の長寿命化を図ることができる。

【0038】

(3) 本体部 2 の表面に、SiC 4 とアルミニウム 5 との収縮率の違いによる微妙な凹凸が形成されていても、対象物が SiC 4 であっても無電解ニッケルメッキ処理を施すことができるので、上記凹凸を解消することができる。無電解ニッケルメッキ層の表面は高精度の平滑面となっているので、複合材 1 を、パワートランジスタ等の被取付け部材に取付けるために、研削加工、あるいは研磨加工を省略することも可能となり、その分の手間を省くことができる。

10

【0039】

(4) 本体部 2 の被覆部 2A が無電解ニッケルメッキ層により形成され、その表面は、例えば $10 \sim 20 \mu$ 程度の凹凸となった高精度の平滑面となっているので、熱伝導率が $200 W/mK$ 以上ある複合材 1 を、パワートランジスタ、各種半導体デバイス部品、液晶パネル用のガラス基板、プラズマテレビ製造用の均熱板等の被取付け部材に対して高精度の密着性を維持して接続させることができる。従って、急速な放熱が可能となるので、放熱基板としての機能を十分に果たすことができる。

【0040】

(5) SiC 4 には予めセラミック微粉末が塗されているので、SiC 4 の粒体間の隙間にアルミニウム 5 が充填され、収縮する際、SiC 4 にまわりついたセラミックの微粉末に、アルミニウム 5 の収縮時にアルミニウム 5 を引っ張る作用が生じるため、アルミニウム 5 の収縮をわずかでも抑えることができる。その結果、SiC 4 の粒体とアルミニウム 5 との界面に生じる空隙を少なくでき、より高性能の熱伝導性を有する複合材 1 とできる。

20

【0041】

(6) 複合材 1 の熱伝導率が $200 W/mK$ 以上となっており、高熱伝導性のものとなっているので、複合材 1 を、高熱伝導性が必要な製品、例えば、プロジェクタの熱源である電灯の放熱対策に利用したり、パネルヒータのパネル本体、遠赤外線ヒータの発熱面、アイロンの掛け面用、例えばフライパンや、炊飯器の釜や、調理用の鍋等、料理用の器具に用いることもでき、多方面での利用が可能となる。

30

【0042】

次に、図 6 に基づいて本発明の第 2 実施形態を説明する。

この実施形態および以下の各実施形態において、前記第 1 実施形態の各部材と同一構成部材には、同一符号を付すとともに、その詳細な説明は省略または簡略化する。

【0043】

本第 2 実施形態の複合材 1A は、前記本体部 2 と、この本体部 2 の表裏面を覆い、かつ当該本体部 2 と一体となった被覆部 2B とで構成されている。

被覆部 2B は 2 層構造とされ、本体部 2 側の第 1 層が前記被覆部 2A で形成され、この被覆部 2A の表面に電気メッキを施して形成された電気メッキ層 2C が第 2 層となっている。電気メッキ層 2C は、本体部 2 に無電解ニッケルメッキ処理を施した後、図示しない電気メッキ用のメッキ槽に収容して形成される。

40

【0044】

以上のような第 2 実施形態によれば、前記(1)～(6)とほぼ同様の効果の他、次のような効果が得られる。

(7) 本体部 2 の表面に、セラミック 4 とアルミニウム 5 との収縮率の違いによりセラミック 4 が露出している場合、無電解ニッケルメッキ処理により、本体部表面の凹凸を解消することができるうえに、無電解ニッケルメッキより経費が少なくすむ電気メッキが無電解ニッケルメッキの表面に施されているので、全体の経費節減を図ることができる。

【0045】

50

次に、図 7 ~ 図 9 に基づいて本発明の第 3 実施形態を説明する。

第 3 実施形態の複合材 1 B は、本体部 3 と、この本体部 3 の一表面を覆うとともに当該本体部 3 と一体となった被覆部 3 A とで構成されている。

【 0 0 4 6 】

本体部 3 は、前記本体部 2 とほぼ同様の構成となっているが、被覆部 3 A が本体部 3 と同時に製造される点が、前記第 1、第 2 実施形態と異なっている。

被覆部 3 A は、図 8 に示すように、本体部 3 の一方側表面から外側に突出し、かつ、図 8 の紙面直交方向である縦方向（次に述べる金型 2 0 においてアルミニウム溶湯の流れ方向）に連続した多数条の突出部 3 0 0 により形成されている。

この突出部 3 0 0 は、金型 2 0 のキャビティ 2 0 A を構成する一对の板状体 2 1 , 2 2 、および図示しない一对の側板のうち、一方の板状体 2 2 に形成された縦溝 2 2 A にアルミニウムの溶湯を流入、充填することにより形成される。

【 0 0 4 7 】

縦溝 2 2 A は、図 9 に示すように、前記一方の板状体 2 2 の一方側表面全面に、アルミニウムの溶湯が流れる縦方向（実施形態では垂直方向）に連続して形成されている。この縦溝 2 2 A は、図 8 に示すように、根元の幅寸法 W が例えば 0 . 5 mm で、抜け勾配としての角度 が例えば約 6 0 ° で、深さ D が例えば 0 . 5 mm の断面三角形の空間に形成されている。そのため、縦溝 2 2 A には、粒度が 0 . 7 mm の S i C 4 がほとんど侵入できない構成となっている。

【 0 0 4 8 】

そして、隣り合う縦溝 2 2 A 同士は幅方向に隙間なく連続しており、それらの縦溝 2 2 A を、当該縦溝 2 2 A と直行する方向から見たとき鋸歯状になっている。

なお、縦溝 2 2 A は、垂直に形成されているだけでなく、例えば傾斜角 5 度程度のわずかな傾斜に沿って形成されていてもよい。あるいは、例えば S 字状に蛇行した溝でもよい。要は、アルミニウム 5 の溶湯がスムーズに流入できる溝であればよい。

【 0 0 4 9 】

縦溝 2 2 A の幅 W、角度 および深さ D の寸法は、上記寸法 0 . 5 mm に限定されない。例えば、幅 W を 0 . 5 mm 以下としてもよく、あるいは 0 . 5 mm 以上に形成してもよい。ただし、幅 W をあまり小さくすると、アルミニウム 5 の溶湯が流れにくくなるので、例えば 0 . 3 mm 程度までに抑えた方が好ましい。また、あまり大きくすると、S i C 4 が侵入しやすくなるので、例えば 0 . 6 mm 程度までに抑えた方が好ましい。

【 0 0 5 0 】

以上の複合材 1 B は、前述した図 3 に示す製造装置 1 0 で製造することができる。

すなわち、製造装置 1 0 の金型 2 0 を構成する一方の板状体 2 2 を、前記縦溝 2 2 A が形成されたものとするので、前述と同じ手順により製造することができる。なお、縦溝 2 2 A が前記キャビティ 2 0 A に臨むように金型 2 0 の板状体 2 2 が配置される。

【 0 0 5 1 】

複合材 1 B を製造した後、突出部 3 0 0 からなる被覆部 3 A の平滑面を得るために平面加工をする必要が生じる。この場合、例えばホットプレスを使用することができる。その手順としては、まず、本体部 3 を所定の載置台（図略）の上に載せ、突出部 3 0 0 の上端にホットプレスを当接させた後、ホットプレスにより徐々に熱を加えながら、多数条の突出部 3 0 0 の先端を押圧する。これにより、突出部 3 0 0 が潰され、平滑面が形成される。

【 0 0 5 2 】

あるいは、多数条の突出部 3 0 0 からなる被覆部 3 A を、工具により研削あるいは研磨して平面加工し、高精度な平滑面としてもよい。

また、被覆部 3 A の表面加工は、前述のホットプレス、研削、研磨加工に限らず、例えば、圧延加工で行ってもよい。すなわち、複合材 1 B を金型 2 0 から取り出した後、その複合材 1 B を、所定温度、例えば 2 0 0 ~ 3 0 0 で焼きなまし処理して圧延加工しやすいようにし、圧延ロール間を通すことにより突出部 3 0 0、つまり被覆部 3 A を圧延し

、これにより、高精度な平滑面としてもよい。この場合、断面三角形の突出部 300 の頂点と谷との間の寸法、例えば前記 0.5 mm の寸法の半分、つまり、0.25 mm だけ圧延するようにすれば、頂点と谷とが互いに埋まり合っ、て、容易に平滑な仕上げ面とすることができる。従って、複合材 1B の表面には圧延加工された 0.25 mm の被覆部 3A が形成されていることになる。

【0053】

以上のような第 3 実施形態によれば、前記 (1)、(2)、(5)、(6) とほぼ同様の効果の他、次のような効果が得られる。

(8) 一方の板状体 22 に形成された多数条の縦溝 22A は、根元の幅寸法 W が 0.5 mm となっているので、粒度が 0.7 mm の SiC4 が、キャビティ 20A 内を勢いよく連続して落下するときそれらの縦溝 22A に侵入することはほとんどない。その結果、複合材 1 の表面を平面加工する際、縦溝 22A 内に充填されて形成されたアルミニウムからなる突出部 300 を加工すればよいので、容易に高精度の平滑面ととすることができる。

10

【0054】

(9) 被覆部 3A を構成する多数条の突出部 300 は、金型 20 のキャビティ 20A に形成された多数条の縦溝 22A にアルミニウム 5 の溶湯を流入させることで形成でき、縦溝 22A はアルミニウム 5 の溶湯の流入方向と同じ方向の縦方向に形成されているので、アルミニウム 5 の溶湯がスムーズに流れる。従って、突出部 300 の幅寸法 W が小さくても突出部 300 を容易に形成できる。

【0055】

20

(10) 被覆部 3A を構成する多数条の突出部 300 の平面加工は、ホットプレスを利用したり、工具による研削加工、研磨加工、あるいは、所定温度で突出部 300 のアルミニウムを加熱して焼きなまし処理を行い、突出部 300 を圧延加工して高精度な仕上げ面を得ることもできる。その結果、表面加工の選択が広がるので、設備に応じた表面加工を行うことができる。

【0056】

次に、図 10 ~ 図 12 に基づいて本発明の第 4 実施形態を説明する。

図 10 に示すように、本第 4 実施形態の複合材 1C は、本体部 7 と、この本体部 7 における厚さ方向の一方側表面から寸法 L だけ内側に入った位置に埋設された遮蔽部材 6 とを含み構成され、この遮蔽部材 6 と一方側表面との間に被覆部 7A が形成されている。

30

【0057】

前記遮蔽部材 6 は、図 11、図 12 に示すように、金網 61 とこの金網 61 を支持する支持部材 62 とで構成されている。

金網 61 は、針金部材 61A を編み込んで形成されている。針金部材 61A の銅線の太さは、線径が例えば 0.5 mm のものが用いられ、その網目は、例えば 0.4 mm となっている。そして、この 0.4 mm の網目により連通孔 61D が構成されている。

また、連通孔 61D が 0.4 mm となっているので、図 12 に示すように、粒度が例えば 0.7 mm の SiC4 は、連通孔 61D を通り抜けることができず、SiC4 の尖端 4A の一部が引っかかった状態となっている。

【0058】

40

支持部材 62 は、例えば 0.5 mm の厚さの銅板で形成されており、枠体 62A、縦棧 62B、および横棧 62C を含み構成され、例えば 6 つの大きな開口部 62D が形成されている。枠体 62A、縦棧 62B、および横棧 62C の幅寸法は、例えば 0.5 mm に形成されている。

【0059】

そして、遮蔽部材 6 を金型 200 のキャビティ 200A に装着したとき、キャビティ 200A の一方側表面と金網 61 との間隔は寸法 L となっている。また、キャビティ 200A の一方側表面から寸法 L1 だけ内側に入った位置で平面加工すれば、SiC4 に触れずに加工することができ、かつ仕上げ記号で示したように、高精度の平滑面 7B を得ることができる。

50

【 0 0 6 0 】

金網 6 1 が被覆部 7 A 内に埋設されていても、金網 6 1 および支持部材 6 2 は銅で形成されており、銅の熱伝導率は、 $0.938 \text{ cal/cm} \cdot \text{sec}/^{\circ}\text{C}$ であるのに対して、アルミニウム 5 の熱伝導率 $0.534 \text{ cal/cm} \cdot \text{sec}/^{\circ}\text{C}$ であり、銅の方がアルミニウム 5 よりもはるかに熱伝導率が高い。従って、被覆部 4 A に金網 6 1、支持部材 6 2 が埋設されていても、複合材 1 C の高熱伝導性を何ら阻害するものではない。

また、銅の融点が 1083 度であるのに対して、アルミニウム 5 の融点が 660 度であり、銅の方がアルミニウム 5 よりもはるかに高いので、予熱されている金型のキャビティ 200 A にアルミニウム 5 の溶湯を注入しても、金網 6 1 および支持部材 6 2 がへたることはない。

10

【 0 0 6 1 】

以上のような第 4 実施形態によれば、前記 (1)、(2)、(5)、(6) とほぼ同様の効果の他、次のような効果が得られる。

(1 1) キャビティ 200 A の一方側表面から所定寸法 L だけ入り込んだ内部に埋設された金網 6 1 が連通孔 6 1 D を有し、この連通孔 6 1 D の孔径は使用される S i C 4 の粒度より小さく形成されているので、金網 6 1 と本体部 7 の一方側表面との間の被覆部 7 A にアルミニウム 5 は充填されるが、S i C 4 は入り込まない。従って、複合材 1 C の使用に際しては、被覆部 7 A を構成するアルミニウム 5 と支持部材 6 2 の一部とを平面加工すればよいので、加工が容易となり、かつ短時間で高精度の平滑面 7 B を得ることができる。

【 0 0 6 2 】

20

(1 2) 金網 6 1 は銅製の針金部材 6 1 を編み込んで形成されるので、容易に製作することができるとともに、針金部材 6 1 を編みこむ際に、網目の大きさ、つまり連通孔 6 1 D を任意に変えることができるので、粒度の異なる S i C 4 に柔軟に対応することができる。

【 0 0 6 3 】

(1 3) 遮蔽部材 6 が、金網 6 1 を支持部材 6 2 に取り付けて構成されているので、金網 6 1 が波打ったり、一部が凹んだりすることがない。そのうえ、銅の融点がアルミニウム 5 の融点より高いので、予熱されている金型のキャビティ 200 A にアルミニウム 5 の溶湯を注入しても、金網 6 1 および支持部材 6 2 がへたることはない。従って、遮蔽部材 6 を安定して装着することができる。

30

【 0 0 6 4 】

次に、図 1 3 に基づいて本発明の第 5 実施形態を説明する。

前記各実施形態では、本体部 2、本体部 3、本体部 7 を製造するのに製造装置 10 を用いていたが、本第 5 実施形態は、ダイカスト機 300 により複合材 1 D を製造するものである。

【 0 0 6 5 】

図 1 3 に示すように、ダイカスト機 300 の可動型 310 と固定型 311 とに、可動金型 321 と固定金型 322 とがそれぞれ取り付けられ、これらの金型 321, 322 は、分割面 (パーティンングライン ; P・L) で互いに当接され、強固に型締めされている。

可動金型 321、固定金型 322 には、それぞれ入れ子 323, 324 が嵌入され、これらの入れ子 323, 324 の当接面にキャビティ 321 A が形成されている。そして、このキャビティ 321 A に前記本体部 2 が、図示しない支持具により支持されて装着されるようになっている。

40

キャビティ 321 A の厚さ寸法は、本体部 2 の厚さ寸法よりも、例えば 0.5 mm 厚い寸法に形成されており、この 0.5 mm の隙間にアルミニウムが射出されることにより、被覆部 2 G が形成されるようになっている。

【 0 0 6 6 】

可動金型 321 と固定金型 322 とのそれぞれの内部には、可動側ブッシュ 331 と固定側ブッシュ 332 とが装着され、これらにより湯道 330 が形成されている。そして、この湯道 330 と前記キャビティ 321 A とは湯口 340 で接続されている。また、キャ

50

ピティ 3 2 1 A の外周、かつ各ブッシュ 3 3 1 , 3 3 2 の反対側には、湯出口 3 4 1 を介してキャピティ 3 2 1 A に接続された湯溜まり 3 4 3 が形成されている。この湯溜まり 3 4 3 にはガス抜き部 3 4 4 が連続して形成され、射出時にキャピティ 3 2 1 A 内の空気を大気に逃がすようになっている。

【 0 0 6 7 】

前記湯道 3 3 0 には、図示しない給湯口から供給されスリーブで射出されたアルミニウムの溶湯が流入し、その溶湯は、湯口 3 4 0 からキャピティ 3 2 1 A と本体部 2 との隙間に充填され、前記被覆部 2 G が形成される。また、溶湯の一部は、湯出口 3 4 1 を経由して湯溜まり 3 4 3 に充填される。

【 0 0 6 8 】

以上のような第 5 実施形態によれば、前記 (1)、(2)、(6)、(7) とほぼ同様の効果の他、次のような効果が得られる。

(1 4) 複合材 1 D の生産サイクルが短時間で可能となり、大量生産できるので、大量の需要に対しても容易に対応することができる。

【 0 0 6 9 】

(1 5) 金型 2 0 で製造した本体部 2 が、ダイカスト機 3 0 0 の可動金型 3 2 1 と固定金型 3 2 2 のキャピティ 3 2 1 A に装着された後、キャピティ 3 2 1 A と本体部 2 との隙間にアルミニウムの溶湯が充填されて被覆部 2 G が形成されるので、被覆部 2 G はアルミニウムだけで形成される。その結果、被覆部 2 G を容易に形成することができ、かつ加工が容易となるので、高精度の平滑面を容易に形成することができる。

【 0 0 7 0 】

なお、本発明は前述の各実施形態に限定されるものではなく、本発明の目的を達成できる範囲での変形、改良等は本発明に含まれるものである。

例えば、前記第 1 実施形態では、金型 2 0 で製造した本体部 2 の表裏面に、無電解ニッケルメッキ処理を施して被覆部 2 A を形成したが、これに限らない。第 3 実施形態の多数状の突出部 3 0 0 で形成された被覆部 3 A に無電解ニッケルメッキ処理を施し、平滑面としてもよい。

【 0 0 7 1 】

また、前記第 5 実施形態では、金型 2 0 で形成された本体部 2 を、ダイカスト機 3 0 0 のキャピティ 3 2 1 A に装着しておいて、アルミニウム 5 を射出して被覆部 2 G を形成したが、これに限らない。例えば、ダイカスト機に、第 3 実施形態の縦溝 2 2 A が形成された金型 2 0 を用い、S i C 4 とアルミニウム 5 とを所定の割合で混在させた溶湯を金型のキャピティ内に射出して、複合材を形成してもよい。

【 0 0 7 2 】

さらに、前記第 5 実施形態では、金型のキャピティ 3 2 1 A 内に成形後の本体部 2 を装着した後、アルミニウムの溶湯を射出したが、これに限らない。例えば、第 1 実施形態にの金型 2 0 で形成された本体部 2 に代えて、例えば、特開平 1 1 - 1 7 0 0 2 7 号公報に記載されているような、高圧鑄造法で使用されるプリフォームを用いてもよい。このプリフォームは、炭化珪素等のセラミック粒子または繊維で形成されており、そのプリフォームを、キャピティ 2 0 A 内に装着後、キャピティ 2 0 A 内にアルミニウムの溶湯を射出して、アルミニウムをプリフォームに含浸させ本体部を形成すると同時に、被覆部を形成してもよい。

【 0 0 7 3 】

また、前記第 3 実施形態では、被覆部 3 A が多数状の縦溝 2 2 A に充填されたアルミニウムにより形成され、第 2 実施形態では、被覆部 2 B が無電解ニッケルメッキを施した無電解ニッケルメッキ層により形成されているが、これに限らない。本体部 2 を形成した後、例えば、前記隣り合う突出部 3 0 0 の間に、無電解ニッケルメッキを施してもよく、あるいは、本体部 2 に真空蒸着によりアルミニウム、ニッケル等をコーティングして被覆部を形成してもよい。

【 0 0 7 4 】

10

20

30

40

50

次に、本発明の実施例について説明する。

【実施例 1】

【0075】

前記複合材 1 の本体部 2 を製造するために、厚さ 3 mm のキャビティを有する金型に、0.35 ~ 0.85 mm の粒度 (42 ~ 20 mesh の粒度) の SiC 粒体をキャビティ容積の 58 % の量だけ充填し、同時に金型の下端から真空ポンプによりキャビティ内を真空に吸引した。吸引を続けながら、金型上部より、鋳物用アルミニウム AC3A の 690 ~ 700 の溶湯を注入し、SiC 粒体の間隙にアルミニウム溶湯を含浸させた。ここまでは、金型の温度は 550 であり、次に凝固させるために金型温度を 530 にして、3 分間保持した。

10

これにより、金型はアルミニウムが流れない程度に冷却されているので、金型を開いて本体部 2 を取り出し、室温で完全に凝固させた。

なお、この実施例では、高熱伝導率を検証するために製造したものである。

【0076】

この本体部について、電子顕微鏡観察とレーザフラッシュ法による熱伝導率測定を行った。その結果、図 14 に示すように、SiC 4 とアルミニウム 5 との界面に空隙 6 が存在していることがわかった。一方、熱伝導率は 138 W/mK であった。SiC 粒体とアルミニウム 5 との界面にある空隙 8 をなくして、さらに熱伝導率を向上させるために以下の処理を行った。

(イ) アルミニウム AC3A が半熔融状態または軟化状態になる温度 450、500、550 で、それぞれ 2 トン/cm² の圧力を 5 分間かけ処理した。その結果、図 15 に示すように、SiC 粒体とアルミニウムとの界面の空隙がほぼなくなったことがわかる。一方、熱伝導率は 450 のとき 212 W/mK、500 のとき 280 W/mK、550 のとき 280 W/mK であり、非常に高い熱伝導率が得られた。

20

(ロ) 炉で 450 に加熱した後、炉より取り出して、圧延率 10 % で 1.3 mm まで圧延した。このものについても、SiC 粒体とアルミニウムの界面の空隙がほぼなくなっていた。また、熱伝導率も 205 W/mK であり、この場合にも高い値が得られた。

(ハ) 上記板状成形体、つまり、本体部 2 を鍛造温度 460 で鍛造処理を行った。その結果、SiC 粒体とアルミニウムの界面の空隙がほぼなくなっていた。また、熱伝導率も 240 W/mK であり、この場合にも良好な結果が得られた。

30

【実施例 2】

【0077】

本体部 2 を製造するために、直径 100 mm の円柱のキャビティを有する金型に、0.7 ~ 7 mm の粒度 (24 ~ 10 mesh の粒度) の SiC 粒体をキャビティ容積の 52 % の量だけ充填し、同時に金型の下端から真空ポンプによりキャビティ内を真空に吸引した。吸引を続けながら、金型上部から鋳物用アルミニウム AC3A の 690 ~ 700 の溶湯を注入し、SiC 粒体の間隙にアルミニウム溶湯を含浸させた。ここまでは金型の温度は 550 であり、次に凝固させるために金型温度を 530 にして、3 分間保持した。これにより、金型が、アルミニウムが流れない程度に冷却されているので、金型を開いて円柱の本体部を取り出して室温で完全に凝固させた。

40

【0078】

この直径 100 mm の円柱の本体部を 600 の温度で、6 mm 厚さ、幅 50 mm の板に押し出し加工した。この板状の本体部について、前記実施例 1 と同じように評価したところ、SiC 粒体とアルミニウムとの界面に空隙がほとんど認められなかった。また、熱伝導率は 265 W/mK と非常に高い値を示した。

【0079】

次に、前記各実施例に対する比較例を説明する。

各実施例と同様に、厚さ 3 mm のキャビティを有する金型に、0.35 ~ 0.85 mm の粒度の SiC 粒体をキャビティ容積の 58 % の量だけ充填した。しかし、金型の下から真空で吸引することはせず、金型上部より、鋳物用アルミニウム AC3A の 690 ~ 7

50

00 の溶湯を注入し、SiC粒体の間隙にアルミニウム溶湯を含浸させようとした。冷却凝固後、金型を開いたところアルミニウムが充分に含浸されていなかった。

【産業上の利用可能性】

【0080】

本発明は、MPUやパワーモジュール等の半導体から発生した熱を吸収、放熱する放熱用基板や、基板の表面に薄膜を形成する成膜装置としての、真空蒸着装置、スパッタリング装置、CVD（化学的気相成長）装置等に用いられる放熱用基板あるいは搬送用基板、プラズマテレビ製造用の均熱板、小型パソコン、測定機器等の電子機器に用いられる筐体、ヒートシンク材、さらに、車両の制御部等で発生した熱を吸収、放熱し、あるいは、ブレーキ部等に利用することができる。

10

【図面の簡単な説明】

【0081】

【図1】本発明に係る複合材の第1実施形態を示す縦断面図。

【図2】前記第1実施形態の複合材を示す平断面図。

【図3】前記第1実施形態の複合材を製造する製造装置を示す縦断面図。

【図4】前記第1実施形態の複合材の詳細を示す縦断面図。

【図5】前記第1実施形態の複合材の使用状態を示す縦断面図。

【図6】本発明に係る複合材の第2実施形態を示す縦断面図。

【図7】本発明に係る複合材の第3実施形態を示す縦断面図。

【図8】前記第3実施形態の金型と複合材との関係を示す部分拡大図。

20

【図9】前記第3実施形態の一方の板状体に形成された縦溝を示す全体斜視図。

【図10】本発明に係る複合材の第4実施形態を示す縦断面図。

【図11】前記第4実施形態の金網と支持部材との関係を示す斜視図。

【図12】前記第4実施形態の金網と支持部材とをキャビティに装着した状態を示す縦断面図。

【図13】本発明に係る複合材の第5実施形態を示す縦断面図。

【図14】実施例1によって製造した複合材の空隙がある状態を示す断面模式図。

【図15】実施例1によって製造した複合材の空隙が消滅した状態を示す断面模式図。

【図16】一般的な複合材のセラミックとアルミニウムとの関係を示す断面図。

【符号の説明】

30

【0082】

1、1A～1D...複合材

2、3、7...本体部

2A、2B...被覆部

2C...電気メッキ層

3A、3G...被覆部

4...セラミック粒体であるSiC

5...アルミニウム

7A...被覆部

10...製造装置

20...金型

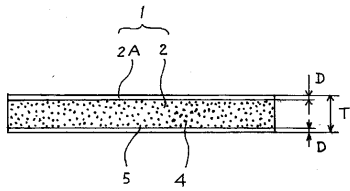
20A...キャビティ

22A...縦溝

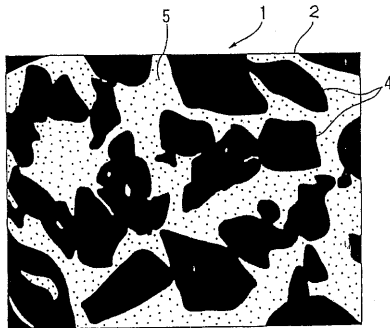
P...真空ポンプ

40

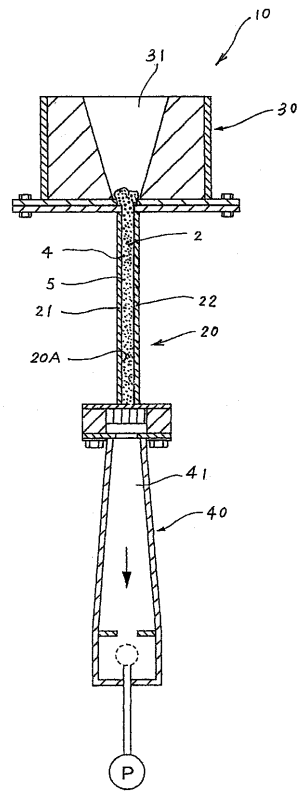
【図 1】



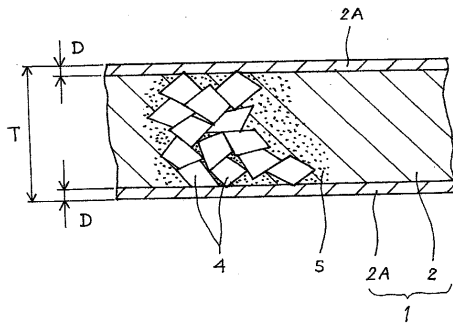
【図 2】



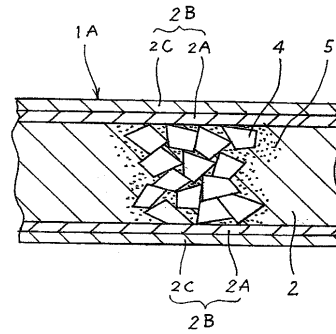
【図 3】



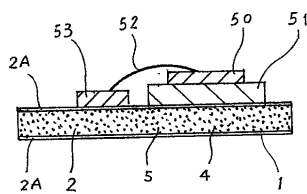
【図 4】



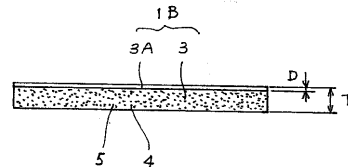
【図 6】



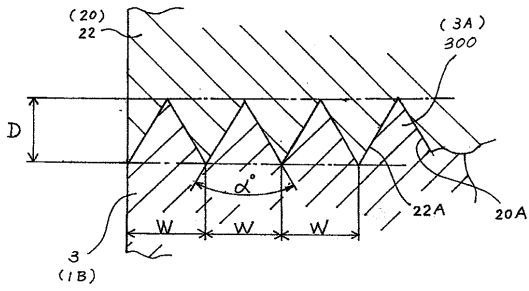
【図 5】



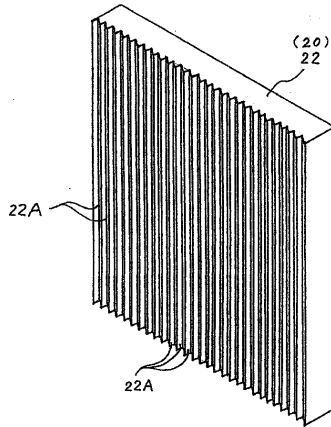
【図 7】



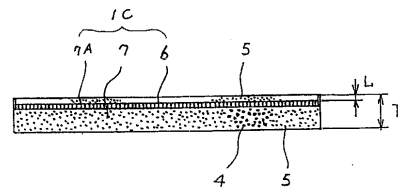
【図 8】



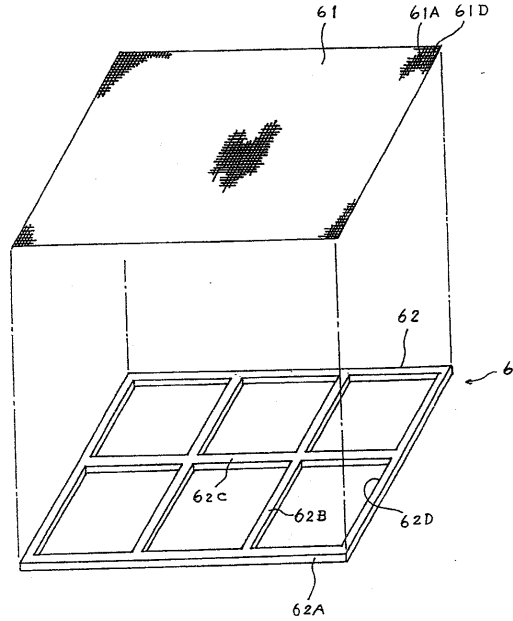
【図 9】



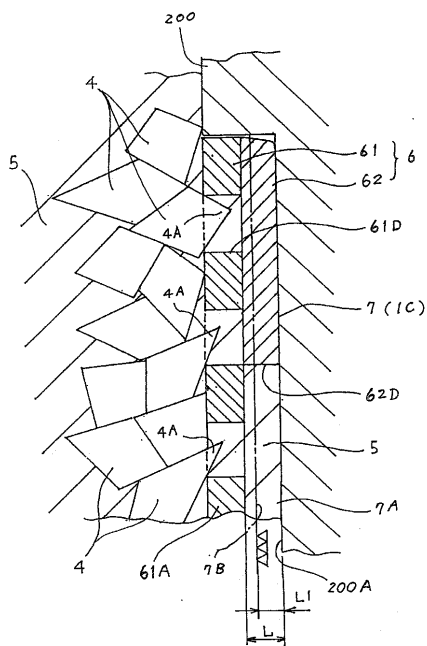
【図 10】



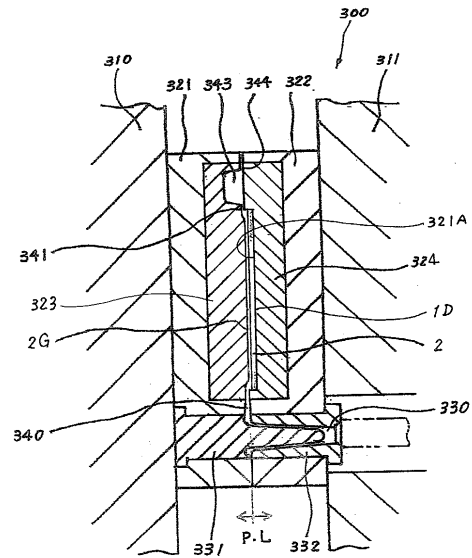
【図 11】



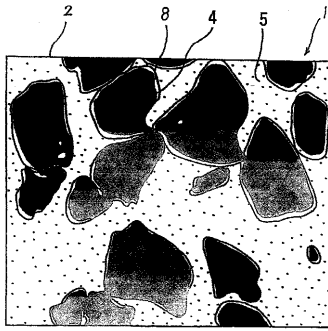
【図 12】



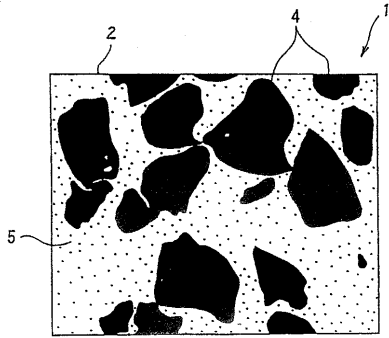
【図 13】



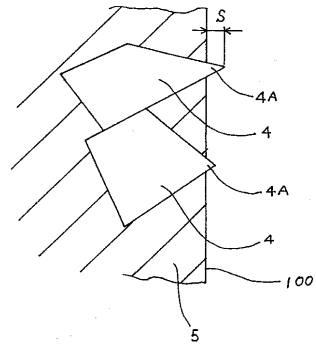
【図 14】



【図 15】



【図 16】



フロントページの続き

| | | |
|--------------------------|-------------------------------------|------------|
| (51)Int.Cl. ⁷ | F I | テーマコード(参考) |
| H 0 1 L 23/373 | C 2 2 C 29/02 | Z |
| F ターム(参考) | 4K020 AA22 AA24 AC01 BB22 BB26 BC03 | |
| | 5F036 AA01 BB21 BD03 BD13 | |