

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6836014号
(P6836014)

(45) 発行日 令和3年2月24日 (2021.2.24)

(24) 登録日 令和3年2月8日 (2021.2.8)

(51) Int. Cl.	F I
B 2 9 C 70/68 (2006.01)	B 2 9 C 70/68
B 2 9 C 70/88 (2006.01)	B 2 9 C 70/88
B 2 9 L 9/00 (2006.01)	B 2 9 L 9:00

請求項の数 13 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2020-508537 (P2020-508537)	(73) 特許権者	503435240
(86) (22) 出願日	平成30年8月17日 (2018.8.17)		デヒニッシュ・ユニヴェルジテート・ドレスデン
(65) 公表番号	特表2020-526430 (P2020-526430A)		ドイツ連邦共和国、01069 ドレスデン、ヘルムホルツストラッセ、10
(43) 公表日	令和2年8月31日 (2020.8.31)		Helmholtzstrasse 10
(86) 国際出願番号	PCT/EP2018/072334		, 01069 Dresden, Germany
(87) 国際公開番号	W02019/034777	(74) 代理人	100114890
(87) 国際公開日	平成31年2月21日 (2019.2.21)		弁理士 アインゼル・フェリックス＝ラインハルト
審査請求日	令和2年3月26日 (2020.3.26)	(74) 代理人	100194858
(31) 優先権主張番号	102017214334.7		弁理士 田中 久子
(32) 優先日	平成29年8月17日 (2017.8.17)	(74) 代理人	100098501
(33) 優先権主張国・地域又は機関	ドイツ (DE)		弁理士 森田 拓
早期審査対象出願			

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 マルチマテリアル複合体およびその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

マルチマテリアル複合体 (4) を製造する方法であって、
 少なくとも 1 つの金属層 (1) と、
 少なくとも 1 つの繊維強化された、または繊維強化されていない第 1 ポリマ層 (2) と

、
 前記第 1 ポリマ層のポリマおよびナノ粒子から形成されている、繊維強化された、または繊維強化されていない少なくとも 1 つの第 2 ポリマ層 (3) であって、少なくとも部分的に前記金属層 (1) と前記第 1 ポリマ層 (2) との間に配置されている第 2 ポリマ層 (3) とから、高温、または高温および高圧の影響下で複合体を形成し、

前記第 2 ポリマ層 (3) のナノ粒子を前記第 1 ポリマ層 (2) に拡散させ、これにより、前記第 1 ポリマ層 (2) に向かってナノ粒子濃度が減少する傾斜層 (5) を形成する、マルチマテリアル複合体 (4) を製造する方法。

【請求項 2】

前記第 1 ポリマ層 (2) および前記第 2 ポリマ層 (3) のポリマは、熱可塑性ポリマである、ことを特徴とする、請求項 1 記載の方法。

【請求項 3】

前記第 1 ポリマ層 (2) および前記第 2 ポリマ層 (3) のポリマは、多段階の固結機能を有する熱硬化性ポリマである、ことを特徴とする、請求項 1 記載の方法。

【請求項 4】

前記第2ポリマ層(3)の前記ナノ粒子は、炭素ベースである、ことを特徴とする、請求項1から3までのいずれか1項記載の方法。

【請求項5】

少なくとも、前記金属層(1)と前記第1ポリマ層(2)との間に前記第2ポリマ層(3)が配置されている領域において、前記金属層(1)の前処理を行い、これにより、前記金属層(1)が、少なくとも1つの接着力強化性の表面機能を有するようにする、ことを特徴とする、請求項1から4までのいずれか1項記載の方法。

【請求項6】

前記金属層(1)または前記第1ポリマ層(2)に液体状または固体状の前記第2ポリマ層(3)を塗布する、ことを特徴とする、請求項1から5までのいずれか1項記載の方法。

10

【請求項7】

噴霧または液浸またはコーティングまたは塗装または挿入または前記手法の2つ以上の組み合わせで前記第2ポリマ層(3)の前記塗布を行う、ことを特徴とする、請求項1から6までのいずれか1項記載の方法。

【請求項8】

前記複合体の前記形成を熱間プレスによって行う、ことを特徴とする、請求項1から7までのいずれか1項記載の方法。

【請求項9】

少なくとも1つの金属層(1)と、少なくとも1つの繊維強化された、または繊維強化されていない第1ポリマ層(2)とを含むマルチマテリアル複合体(4)であって、

20

前記金属層(1)と前記第1ポリマ層(2)との間に少なくとも部分的に、前記第1ポリマ層(2)のポリマとナノ粒子とを含む傾斜層(5)が配置されており、

前記傾斜層(5)では、前記金属層(1)から前記第1ポリマ層(2)に向かって空間的にナノ粒子濃度が漸次に減少する、ことを特徴とする、マルチマテリアル複合体(4)。

【請求項10】

前記ポリマは、熱可塑性ポリマである、ことを特徴とする、請求項9記載のマルチマテリアル複合体(4)。

【請求項11】

30

前記ポリマは、熱硬化性ポリマである、ことを特徴とする、請求項9記載のマルチマテリアル複合体(4)。

【請求項12】

前記ナノ粒子は、炭素ベースである、ことを特徴とする、請求項9から11までのいずれか1項記載のマルチマテリアル複合体(4)。

【請求項13】

前記金属層(1)は、少なくとも、前記金属層(1)と前記第1ポリマ層(2)との間に前記傾斜層(5)が配置されている領域において、接着力強化性の表面を有する、ことを特徴とする、請求項9から12までのいずれか1項記載のマルチマテリアル複合体(4)。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、金属層と、繊維強化された、または繊維強化されていない第1ポリマ層とを含むマルチマテリアル複合体の製造方法ならびに対応するマルチマテリアル複合体に関する。

【0002】

例えば、金属製の荷重導入要素を有する繊維・プラスチック・複合体構成部材の形態で、金属とプラスチックとの間に境界面を有する、混合型構造におけるマルチマテリアル複合体は、多種多様の適用分野に使用され、特に、移動重みの低減および強度特性もしくはは

50

剛性特性の改善の他に、高い衝撃強さおよび硬さならびに高い展延性が必要とされる場合に使用される。ただ1つの例を取り上げると、航空機工業、自動車工業または船舶工業用の駆動軸を挙げることができる。

【0003】

マルチマテリアル複合体を軽量構造体として使用することについての挑戦は、金属製の要素と、プラスチックの要素とを力伝達に適したように結合を行うことにある。この結合は、例えば、接着によって材料結合的に行うことが可能である。接着剤を使用しない場合、材料は、例えば、プレス嵌め法、溶浸法および／または射出成形法を用いて接合可能である。熱硬化性プラスチックについての独国特許第102016202012号明細書の方法および熱可塑性プラスチックについての独国特許出願公開第102014004158号明細書の方法に記載されているような方法においては、接着剤を使用せずにFKV要素と、金属製の荷重導入要素とを形状結合している。

10

【0004】

マルチマテリアル複合体の不混和性の複数の材料は、材料特性、例えば、破壊靱性、硬さおよび強度が異なる。特に、接着剤が使用されないマルチマテリアル複合体を製造するための接続方法または接合方法では、特に、応力負荷を伝達する際の材料間の境界面における強度または亀裂耐性／破壊靱性の跳躍的な変化に起因して、これらの材料のうちのより弱い材料に亀裂形成および亀裂進展が生じることがある。これは、マルチマテリアル複合体の破壊に結び付くことがある。

【0005】

20

例えばMa, P. -C等による"Dispersion and functionalization of carbon nanotubes for polymer-based nanocomposites: A review", Compos. Part. A: Appl. Sci. Manuf., 41 (2010)、第1345-1367頁から、ナノ粒子によってポリマ材料を改変することにより、その破壊靱性、強度および剛性を増大可能であることが公知であり、増大の程度は、特に、材料におけるナノ粒子の濃度に依存する。特に有利な材料特性は、ポリマ材料を炭素ベースのナノ粒子を用いて、特に炭素ナノチューブ(carbon nanotubes, CNT)を用いて改変することによって達成可能である。ナノ粒子を用いてポリマを完全かつ大域的に改変することにより、ポリマのマクロ特性の変化が生じる。特に、ポリマは、より脆性になることがあり、これにより、特定の使用のケースでは欠陥材料が生じることがある。

【0006】

30

米国特許第8388795号明細書および欧州特許出願公開第2926987号明細書には、マテリアル複合体の製造方法が記載されており、ここでは、複数の層を互いに位置決めし、次に繊維層にマトリクス材料をしみ込ませることにより、繊維材料の2つの層が、ナノ粒子を含む層によって接続される。記載されている方法は、金属・ポリマ境界面を有するマルチマテリアル複合体に関するものではなく、このような境界面における亀裂形成傾向に対抗できるのかについての解決手段は示されていない。

【0007】

米国特許出願公開第2013/0108800号明細書には、ナノ粒子を含む層を用いて基板上の保護コーティングを形成する方法が開示されている。この保護コーティングにより、バリア特性が改善され、これにより、液体、溶解した物質および／またはガスの基板への拡散が妨げられて遅延される。この保護コーティングは、ポリマ化合物を有する結着層およびナノフィラ層とから構成可能であるか、または交互に設けられる複数の結着層およびナノフィラ層から構成可能である。保護コーティング内にナノフィラの傾斜を設けることも可能である。

40

【0008】

独国特許出願公開第19613645号明細書には、傾斜構造を有する光学構成部材を製造する方法が開示されている。液状の硬化可能なマトリクスに分散されたナノスケールの粒子は、電位差によってマトリクス内で移動し、これにより、物質の傾斜を形成し、例えば、光学レンズに屈折力傾斜を形成する。

【0009】

50

米国特許出願公開第2010/0227141号明細書には、例えば金型のような工業用部品用の保護層と、この保護層を形成する方法が開示されている。このような保護層は、第1保護層と、少なくとも1つの別の保護層とを有しており、第1保護層は、マーカ粒子を含んでおり、別の層は、マーカ粒子を含んでいなくてもよい。これにより、保護層の摩耗を光学的に識別することができ、これにより、保護層を適時に交換可能である。

【0010】

国際公開第2008/071312号には、金属の層および／またはポリマの層が交互に、少なくとも1つのCNT層を用いて上下に重ねられている、シート、テープまたは薄板状の面構成物が開示されている。面構成物の作製は、圧延プロセスによって行われる。ここでも、材料間の境界面に亀裂が形成される傾向にどのように対抗できるかについての解決手段は示されていない。

10

【0011】

マルチマテリアル複合体における亀裂形成傾向を少なくするための一アプローチは、種々異なる材料間の境界面における材料特性の跳躍的な変化を均し、境界面において一方の層の材料特性を漸次に変化させることである。

【0012】

中国特許出願公開第1510069号明細書には、例えばPA-6を有するポリプロピレンまたはタルカムを有するポリプロピレンから成る、ポリマの傾斜材料の製造方法が開示されており、この傾斜材料は、局所的に漸次に段階付けられた、材料の濃度が特徴である。この材料の製造は、漸次に段階付けられた所望の濃度で出発材料が押出機に入れられることにより、押し出しによって行われる。国際公開第2011/039009号には、ブラシ・プレーティングを用いて傾斜層を形成する方法が記載されており、ここではナノ粒子を含む材料の極めて薄い層が、出発材料に被着され、ナノ粒子の濃度が1つの層から別の層へ漸次に変化する。これらの2つの方法には極めて多くのコストがかかる。

20

【0013】

本発明の課題は、従来技術から出発して、従来技術の欠点を克服し、マルチマテリアル複合体における異なる材料特性によって引き起こされる亀裂形成および亀裂進展を防止するマルチマテリアル複合体の製造方法と、マルチマテリアル複合体とを提案することである。

【0014】

この課題は、請求項1に記載した特徴を有する方法と、請求項9に記載した特徴を有するマルチマテリアル複合体とによって解決される。本発明の発展形態は、従属請求項に示されている。

30

【0015】

本発明による方法は、マルチマテリアル複合体の材料間の境界面において、材料のマクロ特性を維持しながら、複数の材料のうちの1つの材料特性を、別の材料の材料特性に漸次に適合させることに基づく。

【0016】

本発明による方法は、少なくとも1つの金属層と、少なくとも1つの繊維強化された、または繊維強化されていない第1ポリマ層とを有するマルチマテリアル複合体を製造することに関する。ポリマ層を繊維強化して実施する場合、ポリマは、ファイバが埋め込まれているマトリクスとして機能する。

40

【0017】

金属層と第1ポリマ層との間には、少なくとも部分的に、同様に繊維強化され、または繊維強化されずに実施可能でありかつナノ粒子を含む第2ポリマ層が配置されている。このナノ粒子により、第2ポリマ層は、ナノ粒子を有しない第1ポリマ層の材料特性よりも金属層の材料特性に類似している材料特性を有する。

【0018】

高温、または高温および高圧の影響下で3つの層から複合体を形成し、第2ポリマ層のナノ粒子を第1ポリマ層に拡散させ、これにより、第1ポリマ層に向かってナノ粒子濃度

50

が漸次に減少する傾斜層を形成する。ここで「高」とは、詳しくは、通常条件（101325パスカル、20℃）を基準にしている。しかしながら当業者にとって明らかであるのは、パラメータの圧力および／または温度の使用は、ポリマが分解することなく、ポリマ材料の粘度が、接合領域において減少するように行わなければならないことである。

【0019】

それゆえ傾斜層と金属層との境界面では、傾斜層と第1ポリマ層との境界面よりもナノ粒子濃度が高い。第1ポリマ層と傾斜層との間の境界面とみなされ得る、もしくは傾斜層の開始部とみなされ得るのは、はじめにナノ粒子が設けられている領域である。複合体を形成するために圧力および／または温度を適用する前、傾斜層と金属層との境界面において、ナノ粒子濃度は、第2ポリマ層におけるナノ粒子濃度よりもわずかに低いか等しい。

10

【0020】

「第1ポリマ層」とは、ナノ粒子のないポリマ層と理解可能である。この点においてこの方法により、第2ポリマ層に隣接する、第1ポリマ層の領域は消滅する。というのは、ナノ粒子が第2ポリマ層から第1ポリマ層に拡散することによって第2ポリマ層と、第2ポリマ層に隣接する、第1ポリマ層の領域とから傾斜層が形成されるからである。

【0021】

「ナノ粒子」とは、ナノスケールの充填材料のことと理解可能である。この方法に適しているのは、例えば、強度を高めることにより、第2ポリマ層のポリマの材料特性を金属の材料特性に適合させることが可能なナノ粒子である。

【0022】

20

本発明による方法により、第1ポリマ層と金属層との間の境界面における種々異なる材料特性の段階的な経過が均される。というのは、傾斜層では、材料特性が、第1ポリマ層の方向に金属に類似した特性からポリマに類似した特性に漸次に変化するからである。有利には、これにより、境界面における亀裂形成傾向および亀裂進展が減少する。これにより、マルチマテリアル複合体の寿命が長くなる。

【0023】

言い換えると、本発明による方法により、接続領域におけるポリマ材料の局所的なナノモディフィケーションにより、少なくとも1つの金属製の層と、少なくとも1つのポリマ製の層とを有するマルチマテリアル複合体との接続領域において、ポリマの材料特性が、金属の材料特性に少なくとも部分的に漸次に適合される。ポリマの材料特性の大域的な変更、すなわち、第1ポリマ層が広がっている体積領域、特に体積領域全体にわたる変更は、本発明では行われな

30

【0024】

傾斜層の広がり、ポリマ材料におけるナノ粒子の拡散特性により、ならびにパラメータの圧力および／または温度を適用する強度および持続時間によって決定され、適用の持続時間は、好ましく数分間～2時間である。公知のポリマ材料において、当業者は、ポリマが分解することなく、接合領域においてポリマ材料の（動的な）粘度を必要な分だけ低減させるために、パラメータの圧力および／または温度を適用すればどのような結果が生むかを容易に特定することが可能である。粘度の低減により、拡散係数が増大する。その結果、第2ポリマ層から第1ポリマ層にナノ粒子の拡散が行われる。傾斜層の広がり、好ましくは10μm～1mmであり、特に好ましくは50μm～500μm、さらに特に好ましくは100μm～300μmである。

40

【0025】

温度、または温度および圧力に依存して形成される、ナノ粒子濃度の傾斜は、例えば、4探針法を用いた抵抗測定により、固結された材料において繰り返して評価することができる。この測定装置は、段階付けられている積層体の十分な評価ができるように選択すべきである。100μmの傾斜層の広がりにおいて、これは、例えば、30μmのラテラル方向の最小分解能に対応する。抵抗は、ナノ粒子の含有量に依存して変化する。評価のた

50

め、既知のナノ粒子濃度を有するF K Vの平坦なモデルシステムを測定し、ここから抵抗・ナノ粒子濃度曲線を特定することができる。傾斜層において測定した抵抗と、抵抗・ナノ粒子濃度曲線とを相関付けることにより、局所的なナノ粒子濃度を、ひいては段階付けの前線の進展具合ならびに局所的な傾斜を特定可能である。

【0026】

ナノ粒子濃度の傾斜は、複合体の最終的な固化を伴う冷却および／または固結によって安定化される。傾斜層の安定化をどのように行うことができるかは、傾斜層のポリマ材料の種類によって特定され、どの手法を選択すべきかは当業者には明らかである。

【0027】

ポリマ層は、繊維強化されていても繊維強化されていなくてもよい。好ましくは、少なくとも第1ポリマ層は、繊維強化されており、特に好ましくは炭素繊維強化されている。

10

【0028】

傾斜層を形成するために、ナノ粒子の自由な拡散路が十分大きいのであれば、本発明による方法には、基本的に、あらゆる適切な繊維および繊維半製品、例えば、粗糸、不織布、マット、粗織布、織物、編物を使用可能である。60%までの繊維体積量により、十分な拡散路が保証されることを前提としてもよい。この方法は、基本的に、すべての適切な強化繊維タイプ、特に炭素繊維による使用に適している。

【0029】

この方法は、マルチマテリアル複合体に使用するのに適切なすべての金属および金属合金に、例えば鋼、アルミニウム、チタンに、適用可能である。金属層の融点は、傾斜層および複合体の形成に使用される温度よりも、もしくはポリマ材料の硬化温度よりも高くないてはならない。

20

【0030】

この方法は、極めて容易に使用できる点が優れている。金属層および第1ポリマ層の製造プロセスについては触れない。金属層もしくはこれを含む構成部材の作製および第1ポリマ層もしくはこれを含む構成部材の作製は、別個に行うことが可能である。ナノ粒子を含む第2ポリマ層の適用、複合体の形成および傾斜層の形成は、温度上昇または圧力上昇および温度上昇を用いて熱的または機械的および熱的な接合プロセスにより、後からはじめて行われる。

【0031】

30

本発明による方法は、例えば、以下の方法ステップを有し得る。すなわち、

- a. 金属層を有する構成部材を準備するステップと、
- b. 繊維強化された、または繊維強化されていない第1ポリマ層を有する構成部材を準備するステップと、
- c. 金属層に、かつ／または第1ポリマ層に第2ポリマ層を部分的または完全に適用するステップと、
- d. 構成部材を互いに相対的に位置決めし、これにより、第2ポリマ層が、少なくとも部分的に金属層と第1ポリマ層との間に配置されるようにするステップと、
- e. 複合体を形成するために、加熱工具または加熱工具および加圧工具において、少なくとも、金属層と第1ポリマ層との間に第2ポリマ層が配置されている領域において加熱または加熱および加圧し、第2ポリマ層のナノ粒子を第1ポリマ層に拡散させ、これにより、ナノ粒子濃度が第1ポリマ層に向かって減少する傾斜層を形成するステップと、
- f. 場合によっては複合体を最終的に硬化させ、冷却し、方法ステップe. で使用した加熱工具または加熱工具および加圧工具から取り出すステップと、を有し得る。

40

【0032】

加熱および圧力の印加は、好ましくは、金属層と第1ポリマ層との間に第2ポリマ層が配置されている接続領域に局所的に限定して行われる。

【0033】

複合体への圧力の印加は、例えば、外部の加熱可能な工具を用いて行うことが可能であるか、またはポリマの熱誘導の体積変化によって内在的に行うか、または2つの選択肢の

50

組み合わせによって行うことが可能である。

【0034】

接続領域の加熱は、金属層を局所的に熱することによって、または第1ポリマ層が伝熱性の強化繊維を含む場合にはこの第1ポリマ層を局所的に熱することによって行うことができ、または外部から大域的に複合体を加熱することが可能である。

【0035】

第1層および第2層のポリマとして、熱可塑性ポリマまたは特別な熱硬化性ポリマを使用可能である。

【0036】

本発明による方法の一実施形態において、第1ポリマ層および第2ポリマ層のポリマは、熱可塑性ポリマである。熱可塑性ポリマは、その融解温度もしくはガラス転移点と、その分解温度との間の特定の温度領域において、低粘度であり、容易に変形可能であり、この状態への到達は、過熱によって材料の熱分解が生じない限り、冷却および再加熱によって任意の回数だけ繰り返すことが可能である。

10

【0037】

本発明による方法のこの実施形態を実行するためには、第1ポリマ層および第2ポリマ層を接続領域において、その融解温度もしくはガラス転移点を上回りかつその分解温度を下回る温度まで加熱する。これにより、熱可塑性材料は、低粘度状態に移行する。本発明において、「低粘度」とは、第2ポリマ層から第1ポリマ層へのナノ粒子の拡散によって傾斜層を形成するために、粘度が十分に小さい値を有することを意味する。ナノ粒子は、第2ポリマ層から第1ポリマ層に拡散し、傾斜層を含む複合体が形成される。ナノ粒子分布の傾斜の安定化および複合体の固化は、熱可塑性ポリマの融解温度もしくはガラス転移点以下に複合体を冷却することによって行われる。

20

【0038】

本発明による方法の別の実施形態において、第1ポリマ層および第2ポリマ層のポリマは、熱硬化性ポリマである。熱硬化性ポリマは、確かに一般には、完全に硬化した状態では、もはや温度の作用によって溶融させることができない。多くの熱硬化性ポリマは、多段階の固結機能を有する（例えばA状態、B状態、C状態）。この熱硬化性ポリマでは、最終的な、不可逆的な硬化（C状態）までは、なお少なくとも1回は、温度誘導および圧力誘導で低粘度の材料状態に到達可能である。本発明による方法に特に適しているのは、第1に、最終的な硬化を極めて迅速に行うことが可能なSnapcure系である。さらに特に適しているのは、添加物を添加することによって、樹脂の軟化温度が、架橋温度、すなわち硬化反応が開始される温度よりも低くなるように改変されるエポキシ樹脂である。これらの熱硬化性樹脂系は、融解可能であり、したがって熱可塑性ポリマの加工性と同様の加工性を有する。

30

【0039】

本発明による方法を実行するためには、高温、または高温および高圧を適用することにより、出発状態よりも低粘度を有する、第1ポリマ層および第2ポリマ層の熱硬化性ポリマの状態に誘導する。ナノ粒子は、第2ポリマ層から第1ポリマ層に拡散し、傾斜層を有する複合体が形成される。ナノ粒子分布の傾斜の安定化および複合体の固化は、さらに温度を上げて、または温度および圧力を上げて、熱硬化性ポリマを最終的に固結させることによって行われる。

40

【0040】

本発明による方法の別の実施形態において、ナノ粒子は、例えば、グラフェン、グラフェン誘導体、炭素ナノチューブ（carbon nano tubes、CNT）、その誘導体、炭素ナノファイバ（carbon nano fibres、CNF）またはこれらから成る組み合わせのような炭素ベースである。特に好ましくはCNTおよび／またはグラフェンが使用される。有利には、炭素ベースのナノ粒子による改変は、例えば、改変されていないポリマ材料と比べて、引張強度および曲げ強度がより高く、圧縮安定性がより高く、かつ／または剛性が改善される。

50

【0041】

本発明による方法の別の一実施形態において、マルチマテリアル複合体の製造の前に、少なくとも、金属層と第1ポリマ層との間に第2ポリマ層が配置されている領域において、金属層の表面の前処理を行い、これにより、金属層が、例えば、微細構造またはコーティングの形態で、少なくとも1つの接着力強化性の表面機能を有するようにする。これは、金属層と第2ポリマ層との間の接着性を改善するという目的で行われる。接着力を改善するための選択肢は、例えば、金属層の機械的または化学的な前処理であり、これは、例えば、ビームにより、またはレーザ構造化により、または接合領域において金属層に接着促進剤をコーティングすることによって行われる。接合領域において金属層を局所的に改変することにより、有利には、特に長寿命のマルチマテリアル複合体が得られる。

10

【0042】

本発明による方法の別の一実施形態では、金属層または第1ポリマ層に液体状または固体状の第2ポリマ層を適用する。第2ポリマ層の適用は、既成材料として、またマルチマテリアル複合体の接合領域において局所的に行われる。第2ポリマ層を適用すると、ナノ粒子はポリマ材料内で統計的に分散される。ナノ粒子濃度の傾斜は、後の工程の流れにおいて、パラメータの圧力および／または温度の影響下ではじめて設定される。第2ポリマ層を作製する際にすでにナノ粒子濃度の傾斜を形成する煩雑なプロセスステップは、本発明では不要である。

【0043】

本発明の別の一実施形態では、噴霧または液浸またはコーティングまたは塗装または挿入またはこれらの手法の2つ以上の組み合わせで第2ポリマ層の適用を行う。

20

【0044】

ここで挿入とは、第2ポリマ層を膜状に適用することである。この膜には、例えば、ナノ粒子が、粒子充填材料としてポリマトリクスに設けられている。一般に膜は、100 μm ~ 1 mmの厚さを有していてもよい。

【0045】

本発明による方法の別の一実施形態では、複合体の形成を熱間プレスによって行う。有利には、傾斜層もこの熱間プレスプロセス中にはじめて形成される。

【0046】

本発明の課題は、さらに、少なくとも、1つの金属層と、繊維強化された、または繊維強化されていない第1ポリマ層と、金属層と第1ポリマ層との間に少なくとも部分的に配置されている傾斜層とを含むマルチマテリアル複合体によって解決される。傾斜層は、第1ポリマ層のポリマとナノ粒子とを含む。傾斜層では、金属層から第1ポリマ層に向かって空間的にナノ粒子濃度が漸次に減少する。すなわち、本発明によるマルチマテリアル複合体の傾斜層では、ナノ粒子濃度の傾斜があり、傾斜層と金属層との境界面におけるナノ粒子濃度は、傾斜層と第1ポリマ層との境界面におけるナノ粒子濃度よりも高い。第1ポリマ層と傾斜層との間の境界面とみなされ得る、もしくは傾斜層の開始部とみなされ得るのは、はじめにナノ粒子が設けられている領域である。

30

【0047】

本発明によるマルチマテリアル複合体は、有利には、金属材料とポリマ材料との間の境界面における亀裂の形成および進展に対して特に抵抗力があり、ひいては特に長寿命である。

40

【0048】

本発明によるマルチマテリアル複合体の一実施形態において、第1ポリマ層および傾斜層のポリマは、熱可塑性ポリマである。

【0049】

本発明によるマルチマテリアル複合体の別の一実施形態において、第1ポリマ層および傾斜層のポリマは、熱硬化性ポリマである。

【0050】

本発明によるマルチマテリアル複合体の別の一実施形態において、傾斜層に含まれてい

50

るナノ粒子は、炭素ベースである。ナノ粒子は、有利にはグラフェン、グラフェン誘導体、炭素ナノチューブ（carbon nano tubes、CNT）、その誘導体、炭素ナノファイバ（carbon nano fibres、CNF）またはこれらから成る組み合わせから選択される。特に好ましくは、CNTおよび／またはグラフェンが使用される。有利には、炭素ベースのナノ粒子による改変は、例えば、改変されていないポリマ材料と比べて、引張強度および曲げ強度がより高く、圧縮安定性がより高く、かつ／または剛性が改善される。

【0051】

本発明によるマルチマテリアル複合体の別の一実施形態において、金属層は、少なくとも、金属層と第1ポリマ層との間に傾斜層が配置されている領域において、接着力強化性の表面を有する。この表面は、例えば、微細構造または接着力を促進するコーティングを有する。接合領域において、接着力を改善するように金属表面を改変することにより、有利には、特に長寿命のマルチマテリアル複合体が得られる。

10

【0052】

本発明は、記載および説明した実施形態には限定されることはなく、本発明の意味において同じ作用を有するすべての実施形態も含んでいる。さらに本発明は、特に説明した特徴の組み合わせにも限定されることもなく、全体として開示されたすべての個別の特徴の特定の特徴のありとあらゆる任意の別の組み合わせによっても定めることが可能であり、このことは、これらの個別の特徴が互いに排除し合っていないか、個別の特徴の特定の組み合わせが明示的に排除されていない場合には可能である。

20

【0053】

以下では縮尺通りでない概略図面に基づき、実施例によって本発明を説明するが、本発明はこの実施例に制限されるべきではない。

【図面の簡単な説明】

【0054】

【図1】回転対称のマルチマテリアル複合体を製造するための構成部材の配置構成の前面と、線X-Xに沿って切った側面との2つの断面図である。

【図2】図1の配置構成から製造可能な回転対称のマルチマテリアル複合体の前面と、線X-Xに沿って切った側面との2つの断面図である。

【0055】

図1には、本発明による方法に対する出発点として使用可能な、回転対称のマルチマテリアル複合体を製造するための構成部材の配置構成の一実施例が示されている。回転対称の金属製の構成部材1と、回転対称の、繊維強化されたプラスチック製の構成部材2との間には、2つの構成部材1と構成部材2との接続領域に層3が配置されており、この層3は、構成部材2と同じプラスチックを含んでおり、層3のプラスチックはナノ粒子によって強化されている。構成部材1、2および3は、それぞれ別々に作製される。層3は、膜状であってもよく、図1に示した配置構成において構成部材2を構成部材1および層3に対して位置決めする前に、例えば、金属製の構成部材1の表面に配置可能である。傾斜層（図示せず）の形成は、例えば、熱間プレスにより、構成部材1と構成部材2の間に層3が配置されている、この配置構成の領域において行われる。

30

【0056】

図2は、本発明によるマルチマテリアル複合体4の一実施例が示されており、このマルチマテリアル複合体4は、例えば、本発明による方法を用いて、図1に示した配置構成から作製可能である。金属製の構成部材1と、繊維強化されたプラスチック製の構成部材2との間には、傾斜層5が配置されている。マルチマテリアル複合体4および傾斜層5を形成する際にナノ粒子が、構成部材2のプラスチックに拡散し、これにより、傾斜層の半径方向の広がり、図1に示した層3の半径方向の広がりよりも大きくなる。この傾斜層では、ナノ粒子の濃度が半径方向に外側に向かって、すなわち構成部材2に向かって減少する。

40

【0057】

本発明は、回転対称の配置構成に限定されず、マルチマテリアル複合体を接合するのに

50

適している任意の幾何学形状に適用することが可能である。

【符号の説明】

【0058】

- 1 金属製の構成部材
- 2 繊維強化されたプラスチック製の構成部材
- 3 ナノ粒子で強化された、プラスチック製の層
- 4 マルチ材料複合体
- 5 傾斜層

【図1】

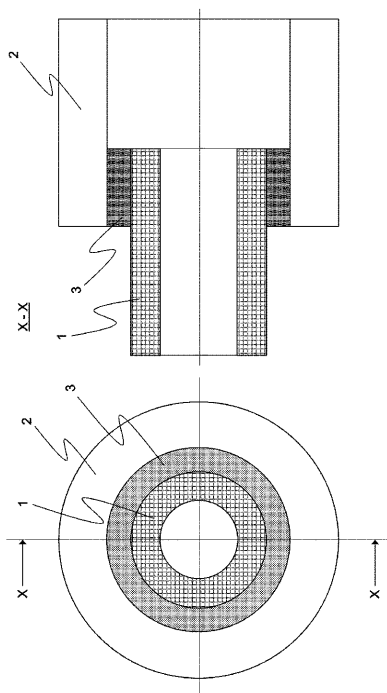


Fig. 1

【図2】

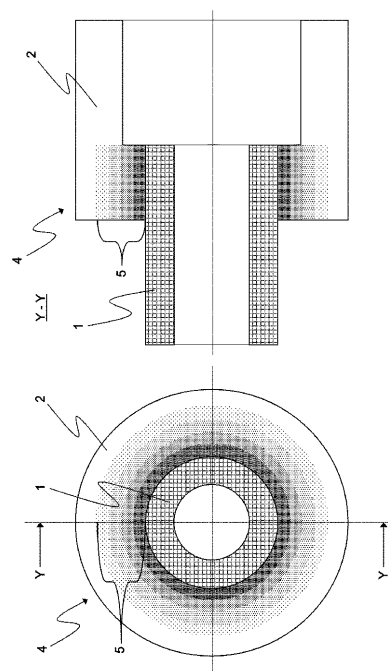


Fig. 2

フロントページの続き

- (74)代理人 100116403
弁理士 前川 純一
- (74)代理人 100135633
弁理士 二宮 浩康
- (74)代理人 100162880
弁理士 上島 類
- (72)発明者 アンゲロス フィリパトス
ドイツ連邦共和国 ドレスデン ホプフガーテンシュトラッセ 1
- (72)発明者 ダニエル ゼバスティアン ヴォルツ
ドイツ連邦共和国 ドレスデン ルイーゼンシュトラッセ 60
- (72)発明者 フーベアト イェーガー
ドイツ連邦共和国 ドレスデン フリーデンスアレー 13 アー
- (72)発明者 イリア コッホ
ドイツ連邦共和国 コットブス ズィーローアー ショセー 39 ベー

審査官 田代 吉成

- (56)参考文献 特表2014-506209 (JP, A)
特表2017-501904 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|------|-------|
| B29C | 70/68 |
| B29C | 70/88 |
| B29L | 9/00 |