

明 細 書

発明の名称： 繊維強化材料及び構造体

技術分野

[0001] 本発明は、繊維強化材料及び構造体に関する。更に詳しくは、優れた衝撃吸収力を有する繊維強化材料及び構造体に関する。

背景技術

[0002] 従来より、繊維強化プラスチックと称される複合材料が知られている。一般に、繊維強化プラスチックは、ガラス繊維不織布等の繊維集合体をコア材とし、このコア材をマトリックス材である樹脂（マトリックス樹脂）で被覆後、硬化して得られる。この際、マトリックス樹脂には、熱硬化性樹脂が多く採用されている。未硬化状態における流動性に優れた樹脂が多く、コア材内部へ含浸させ易いという観点から選択される。しかしながら、熱硬化性樹脂は、硬化されると脆性が大きくなり、割れ易いという欠点を有することになる。このため、より割れ難い繊維強化材料及び構造体が求められる。このような観点から、マトリックス樹脂として熱可塑性樹脂を採用することが考えられる。

耐衝撃性に優れた熱可塑性樹脂としては、下記特許文献1～3が知られている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2013-147647号公報

特許文献2：特開2013-147646号公報

特許文献3：特開2013-147645号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 上述のように、マトリックス樹脂として熱可塑性樹脂の採用を考えた場合、溶融状態では流動性に優れ、尚且つ、固化状態では柔軟性及び耐衝撃性に

優れていることから、例えば、ナイロン6等のポリアミド樹脂の採用が考えられる。しかしながら、ポリアミド樹脂は、比較的、低速で入力される衝撃に対しては優れた耐衝撃性を発揮できるものの、入力される衝撃が高速化するにつれ、十分な耐衝撃性を維持することが難しくなるという問題がある。

[0005] 尚、上記特許文献1には、ポリオレフィン樹脂とポリアミド樹脂と相容化剤とを配合してなる熱可塑性樹脂組成物であって、連続相と、分散相と、分散相内に更に分散された微分散相と、を有した相分離構造を有する熱可塑性樹脂組成物が開示されている。この熱可塑性樹脂組成物は、優れた耐衝撃性を発揮することが示されている。

また、上記特許文献2には、ポリアミド樹脂として、PA11、PA610、PA614、PA1010及び／又はPA10Tを採用し、相容化剤として酸変性オレフィン系熱可塑性エラストマーを採用した場合に、ポリオレフィン樹脂とポリアミド樹脂と相容化剤とを熔融混合してなる熱可塑性樹脂組成物は、優れた耐衝撃性を発揮できることが開示されている。

更に、上記特許文献3には、ポリアミド樹脂及び相容化剤が熔融混練された混合樹脂と、ポリオレフィン樹脂とが熔融混練された熱可塑性樹脂組成物では、優れた耐衝撃性が発揮されることが示されている。

しかしながら、上記特許文献1～3では、繊維強化材料及び構造体に対する適用については検討されていない。

[0006] 本発明は、上記実情に鑑みてなされたものであり、従来に比べて、より割れ難い繊維強化材料及び構造体を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 即ち、上記問題を解決するために、本発明は、以下の通りである。

請求項1に記載の繊維強化材料は、繊維と、前記繊維を被覆しているマトリックス材と、を有し、

前記マトリックス材が、ポリオレフィン樹脂、ポリアミド樹脂、及び、前記ポリアミド樹脂に対する反応性基を有する変性エラストマーを配合してなる熱可塑性樹脂組成物であることを要旨とする。

請求項 2 に記載の繊維強化材料は、請求項 1 に記載の繊維強化材料において、前記繊維が、繊維集合体であることを要旨とする。

請求項 3 に記載の繊維強化材料は、請求項 1 又は 2 に記載の繊維強化材料において、1 m/秒以上 4 m/秒以下のストライカ速度でパンクチャ試験を行った場合に、

最大衝撃力 (N) が付加された際の変位量 (mm) を P_M とし、

破断点における変位量 (mm) を P_B とした場合に、 $P_B/P_M \geq 4$ であることを要旨とする。

請求項 4 に記載の繊維強化材料は、請求項 3 に記載の繊維強化材料において、更に、最大衝撃力 (N) が付加されるまでに吸収されたエネルギー量 (Nm) を E_1 とし、

最大衝撃力 (N) が付加された後、破断点に至るまでに吸収されたエネルギー量 (Nm) を E_2 とし、

前記エネルギー量 E_1 と前記エネルギー量を E_2 との合計吸収エネルギー量 (Nm) を E_T とした場合に、 E_T に対する E_2 の割合 (E_2/E_T) が、70 % 以上であることを要旨とする。

請求項 5 に記載の繊維強化材料は、請求項 1 乃至 4 のうちのいずれかに記載の繊維強化材料において、前記繊維集合体が、織編物であることを要旨とする。

請求項 6 に記載の繊維強化材料は、請求項 1 乃至 4 のうちのいずれかに記載の繊維強化材料において、前記繊維集合体が、不織布であることを要旨とする。

請求項 7 に記載の繊維強化材料は、請求項 1 乃至 6 のうちのいずれかに記載の繊維強化材料において、前記熱可塑性樹脂組成物が、前記ポリオレフィン樹脂を含んだ連続相 (A) と、

前記連続相 (A) 中に分散された、前記ポリアミド樹脂を含んだ分散相 (B) と、を有することを要旨とする。

請求項 8 に記載の繊維強化材料は、請求項 7 に記載の繊維強化材料におい

て、前記分散相（B）が、更に、前記変性エラストマーを含み、

前記分散相（B）が、前記ポリアミド樹脂を含んだ連続相（B₁）と、前記連続相（B₁）中に分散された前記変性エラストマーを含んだ微分散相（B₂）と、を有することを要旨とする。

請求項9に記載の構造体は、請求項1乃至8のうちのいずれかに記載の繊維強化材料からなることを要旨とする。

発明の効果

[0008] 本発明の繊維強化材料によれば、従来に比べて、より割れ難い繊維強化材料とすることができる。特に、割れに至るまでの間に、クラック進展に費やされるエネルギーを増大させることができ、この作用によって、より割れ難い繊維強化材料を得ることができる。

本発明の構造体によれば、従来に比べて、より割れ難い構造体とすることができる。特に、割れに至るまでの間に、クラック進展に費やされるエネルギーを増大させることができ、この作用によって、より割れ難い構造体を得ることができる。

図面の簡単な説明

[0009] 本発明について、本発明による典型的な実施形態の非限定的な例を挙げ、言及された複数の図面を参照しつつ以下の詳細な記述にて更に説明するが、同様の参照符号は図面のいくつかの図を通して同様の部品を示す。

[図1]本繊維強化材料及び本構造体の一例を説明する模式図である。

[図2]本繊維強化材料及び本構造体の他例を説明する模式図である。

[図3]本繊維強化材料及び本構造体を構成する熱可塑性樹脂組成物の相構造の一例を説明する模式図である。

[図4]本繊維強化材料及び本構造体を構成する熱可塑性樹脂組成物の相構造の他例を説明する模式図である。

[図5]各実施例及び比較例の試験片をパンクチャ試験（ストライカ速度1 m／秒）に供して得られた衝撃力と変位量との相関をプロットしたグラフである。

[図6]各実施例及び比較例の試験片をパンクチャ試験（ストライカ速度4 m／秒）に供して得られた衝撃力と変位量との相関をプロットしたグラフである。

発明を実施するための形態

[0010] ここで示される事項は、例示的なもの及び本発明の実施形態を例示的に説明するためのものであり、本発明の原理と概念的な特徴とを最も有効に且つ難なく理解できる説明であると思われるものを提供する目的で述べたものである。この点で、本発明の根本的な理解のために必要である程度以上に本発明の構造的な詳細を示すことを意図してはならず、図面と合わせた説明によって本発明の幾つかの形態が実際にどのように具現化されるかを当業者に明らかにするものである。

[0011] [1] 繊維強化材料

本繊維強化材料（10）は、繊維（15）と、繊維（15）を被覆しているマトリックス材（12）と、を有する（図1及び図2参照）。

このうち、マトリックス材（12）が、ポリオレフィン樹脂、ポリアミド樹脂、及び、ポリアミド樹脂に対する反応性基を有する変性エラストマーを配合してなる熱可塑性樹脂組成物である。

[0012] <1> 繊維について

繊維15は、繊維強化材料10内において補強材となる材料である。この繊維15は、繊維強化材料10内に分散して含まれてもよいし、凝集されて含まれてもよい。通常、繊維長が短い場合（即ち、短繊維である場合）には分散含有される（図1参照）ことが好ましい。また、繊維長が長い場合（即ち、長繊維である場合）には、繊維集合体15として含まれる（図2参照）ことが好ましい。即ち、繊維1が線維集合体15である場合には、本繊維強化材料10は、繊維集合体15と、前記繊維集合体15を被覆しているマトリックス材12と、を有し、前記マトリックス材12が、ポリオレフィン樹脂、ポリアミド樹脂、及び、前記ポリアミド樹脂に対する反応性基を有する変性エラストマーを配合してなる熱可塑性樹脂組成物である繊維強化材料1

0となる。

[0013] 繊維15が短繊維である場合とは、通常、繊維長が15mm未満である場合をいう。短繊維（繊維フィラーを含む）である場合、この繊維長は、1mm以上が好ましく、3mm以上であることがより好ましく、5mm以上であることが更に好ましい。一方、繊維15が長繊維である場合、繊維長は15mm以上であることが好ましい。繊維長が15mm以上であることにより、繊維集合体とした場合に、この繊維集合体を構成する構成繊維（単繊維）同士が、互いに1本以上の他の構成繊維と交差した状態を形成し易くなり、繊維集合体15としての引裂き強度を高めることができる。このような観点から、長繊維である場合、この繊維長は、50mm以上が好ましく、100mm以上であることがより好ましく、500mm以上であることが更に好ましい。長繊維である場合、その最大繊維長は限定されないが、例えば、本繊維強化材料からなる構造体では、その一端から他端まで一連に連続された繊維を含むことができる。この場合、最大繊維長は、例えば、 1×10^6 mm以下とすることができる。

[0014] 繊維15を繊維集合体15として含む場合、繊維集合体15は、繊維強化材料10内において、コア材となる。繊維15が繊維集合体15である場合、繊維集合体15を構成する構成繊維の集合形態は限定されず、織物、編物、不織布（繊維堆積物などを含む）等が挙げられる。これらは1種のみを用いてもよく2種以上を併用してもよい。この際の織物の織形態、編物の編形態、不織布の集積形態等は限定されない。

繊維集合体15の厚みも限定されないが、例えば、 1×10^{-3} mm以上100mm以下とすることができる。また、繊維集合体15の目付けも限定されないが、例えば、 0.1 g/m^2 以上100000 g/m^2 以下とすることができる。

[0015] 繊維15及び繊維集合体15をなす構成繊維を構成する材料は限定されず、無機材料を用いてもよく、有機材料を用いてもよく、これらを併用してもよい。

無機繊維としては、ガラス繊維、炭素繊維、活性炭繊維、セラミック繊維（ケイ酸塩、チタン酸塩、アルミナ等）、金属繊維、ボロン繊維などが挙げられる。これらは1種のみを用いてもよく2種以上を併用してもよい。

有機繊維としては、天然繊維、合成繊維等が挙げられる。これらは1種のみを用いてもよく2種以上を併用してもよい。このうち、天然繊維としては、植物性繊維（ケナフ繊維等）、動物性繊維（獣毛、絹等）などが挙げられる。また、合成繊維としては、合成樹脂を繊維形状に賦形した繊維が挙げられる。このような合成樹脂製繊維としては、ポリアミド樹脂繊維（脂肪族ポリアミド（ナイロン繊維など）、芳香族ポリアミド（アラミド繊維、商品名「ケブラー」など）等）、ポリエステル樹脂繊維（脂肪族ポリエステル、芳香族ポリエステル（ポリエチレンテレフタレート繊維、ポリエチレンナフタレート繊維など）等）、ポリオレフィン樹脂繊維（高分子量ポリオレフィン（商品名「ダイニーマ」など）等）、ポリベンズアゾール樹脂繊維（ポリパラフェニレンベンゾビスオキサゾール繊維（商品名「ザイロン」など）等）が挙げられる。その他、ビニロン繊維、ポリアリレート繊維等も挙げられる。これらは1種のみを用いてもよく2種以上を併用してもよい。

[0016] 更に、繊維の形態は限定されず、スパンヤーンであってもよく、フィラメントヤーンであってもよく、これらを併用してもよい。更に、モノフィラメントを用いてもよく、マルチフィラメントを用いてもよく、これらを併用してもよい。

尚、繊維15として、短繊維と長繊維とをともに含んでもよい。即ち、例えば、繊維集合体15と繊維フィラーとをともに含んだ繊維強化材料等が挙げられる。

[0017] 〈2〉マトリックス材について

マトリックス材12は、繊維15を被覆している材料であり、本繊維強化材料10では、熱可塑性樹脂組成物である（図1及び図2参照）。また、通常、マトリックス材12は、繊維15の表面に結着されている。即ち、マトリックス材12を構成する熱可塑性樹脂組成物は、繊維15と結着されてい

る。

また特に、繊維 15 が線維集合体 15 である場合、マトリックス材 12 を構成する熱可塑性樹脂組成物は、繊維集合体 15 を構成する構成繊維と結着され、マトリックス材 12 は、通常、繊維集合体 15 の内部にまで含浸される。即ち、繊維 15 が線維集合体 15 である場合、繊維集合体 15 の表面側を構成するマトリックス材 12 と、繊維集合体 15 の裏面側を構成するマトリックス材 12 と、は繊維集合体 15 内において一体的に融合されている（図 2 参照）。更に、言い換えれば、繊維集合体 15 は、マトリックス材 12 中に埋設されている。

また、マトリックス材 12 は、ポリオレフィン樹脂、ポリアミド樹脂、及び、ポリアミド樹脂に対する反応性基を有する変性エラストマーを配合してなる熱可塑性樹脂組成物である。

[0018] （１）ポリオレフィン樹脂

ポリオレフィン樹脂は、オレフィンの単独重合体（ホモポリマー）、及び／又は、オレフィンの共重合体（コポリマー）である。

ポリオレフィン樹脂を構成するオレフィンは特に限定されないが、エチレン、プロピレン、１－ブテン、３－メチル－１－ブテン、１－ペンテン、３－メチル－１－ペンテン、４－メチル－１－ペンテン、１－ヘキセン、１－オクテン等が挙げられる。これらは１種のみを用いてもよく２種以上を併用してもよい。

即ち、ポリオレフィン樹脂としては、ポリエチレン樹脂、ポリプロピレン樹脂、ポリ１－ブテン、ポリ１－ヘキセン、ポリ４－メチル－１－ペンテン等が挙げられる。これら重合体は１種のみで用いてもよく、２種以上を併用してもよい。即ち、ポリオレフィン樹脂は上記重合体の混合物であってもよい。

[0019] 上記ポリエチレン樹脂としては、エチレン単独重合体、及び、エチレンと他のオレフィンとの共重合体が挙げられる。後者としては、エチレン・１－ブテン共重合体、エチレン・１－ヘキセン共重合体、エチレン・１－オクテ

ン共重合体、エチレン・４－メチル－１－ペンテン共重合体等が挙げられる（但し、全構成単位数のうちの５０％以上がエチレンに由来する単位である）。

[0020] また、ポリプロピレン樹脂としては、プロピレン単体重合体、及び、プロピレンと他のオレフィンとの共重合体が挙げられる。

一方、プロピレンと他のオレフィンとの共重合体を構成する、他のオレフィンとしては、前述の各種オレフィン（但し、プロピレンを除く）が挙げられる。このうち、エチレン及び１－ブテン等が好ましい。即ち、プロピレン・エチレン共重合体、プロピレン・１－ブテン共重合体が好ましい。

また、プロピレンと他のオレフィンとの共重合体は、ランダム共重合体であってもよく、ブロック共重合体であってもよい。

尚、プロピレンと他のオレフィンとの共重合体は、全構成単位数のうちの５０％以上がプロピレンに由来する単位である。

[0021] 熱可塑性樹脂組成物では、ポリオレフィン樹脂は、ホモポリマーを含むことが好ましく、更には、ホモポリマーを主成分（全体に対し、通常７０質量％以上であり、１００質量％であってもよい）とすることが好ましい。即ち、エチレン、プロピレン、１－ブテン、３－メチル－１－ブテン、１－ペンテン、３－メチル－１－ペンテン、４－メチル－１－ペンテン、１－ヘキセン、１－オクテン等のオレフィンのうちの１種をモノマーとする単体重合体、又は、その混合物であることが好ましい。これらのなかでは、特に、プロピレン単体重合体を含むことが好ましく、更には、プロピレン単体重合体を主成分（全体に対し、通常７０質量％以上であり、１００質量％であってもよい）とすることが好ましい。

また、ポリオレフィン樹脂がホモポリマーを主成分とする場合であって、且つ、プロピレン単体重合体を主成分とする場合、プロピレン単体重合体以外の他の単体重合体としては、エチレン単体重合体及び／又は１－ブテン単体重合体等が挙げられる。

[0022] 尚、ポリオレフィン樹脂は、ポリアミド樹脂に対して親和性を有さないポ

リオレフィンであり、且つ、ポリアミド樹脂に対して反応し得る反応性基を有さないポリオレフィンである。この点において、変性エラストマーとは異なる。

- [0023] 熱可塑性樹脂組成物において、ポリオレフィン樹脂の平均分子量（重量平均分子量）は、特に限定されないが、10,000以上500,000以下が好ましく、100,000以上450,000以下がより好ましく、200,000以上400,000以下が特に好ましい。

この重量平均分子量は、ゲルパーミエーションクロマトグラフィ（GPC）によるポリスチレン換算の重量平均分子量である。また、本発明においては、ポリオレフィン樹脂としてホモポリマーを用いる場合、上述の重量平均分子量の各数値範囲は、各々数平均分子量の数値範囲へ読み換えることができる。

- [0024] （2）ポリアミド樹脂

ポリアミド樹脂は、アミド結合（ $-\text{NH}-\text{CO}-$ ）を介して複数の単量体が重合されてなる鎖状骨格を有する重合体である。

ポリアミド樹脂を構成する単量体としては、6-アミノカプロン酸、11-アミノウンデカン酸、12-アミノドデカン酸、パラアミノメチル安息香酸などのアミノ酸、 ϵ -カプロラクタム、ウンデカンラクタム、 ω -ラウリルラクタムなどのラクタムなどが挙げられる。これらは1種のみを用いてもよく2種以上を併用してもよい。

- [0025] 更に、ポリアミド樹脂は、ジアミンとジカルボン酸との共重合により得ることもできる。この場合、単量体としてのジアミンには、エチレンジアミン、1,3-ジアミノプロパン、1,4-ジアミノブタン、1,6-ジアミノヘキサン、1,7-ジアミノヘプタン、1,8-ジアミノオクタン、1,9-ジアミノノナン、1,10-ジアミノデカン、1,11-ジアミノウンデカン、1,12-ジアミノドデカン、1,13-ジアミノトリデカン、1,14-ジアミノテトラデカン、1,15-ジアミノペンタデカン、1,16-ジアミノヘキサデカン、1,17-ジアミノヘプタデカン、1,18-ジ

アミノオクタデカン、1, 19-ジアミノノナデカン、1, 20-ジアミノエイコサン、2-メチル-1, 5-ジアミノペンタン、2-メチル-1, 8-ジアミノオクタン等の脂肪族ジアミン、シクロヘキサンジアミン、ビス-(4-アミノシクロヘキシル)メタン等の脂環式ジアミン、キシリレンジアミン(p-フェニレンジアミン及びm-フェニレンジアミンなど)等の芳香族ジアミンなどが挙げられる。これらは1種のみを用いてもよく2種以上を併用してもよい。

[0026] 更に、単量体としてのジカルボン酸には、シュウ酸、マロン酸、コハク酸、グルタル酸、アジピン酸、ピメリン酸、スベリン酸、アゼライン酸、セバシン酸、ウンデカン二酸、ドデカン二酸、ブラシリン酸、テトラデカン二酸、ペンタデカン二酸、オクタデカン二酸のような脂肪族ジカルボン酸、シクロヘキサンジカルボン酸のような脂環式ジカルボン酸、フタル酸、テレフタル酸、イソフタル酸、ナフタレンジカルボン酸のような芳香族ジカルボン酸などが挙げられる。これらは1種のみを用いてもよく2種以上を併用してもよい。

[0027] 即ち、ポリアミド樹脂としては、ポリアミド6、ポリアミド66、ポリアミド11、ポリアミド610、ポリアミド612、ポリアミド614、ポリアミド12、ポリアミド6T、ポリアミド6I、ポリアミド9T、ポリアミドM5T、ポリアミド1010、ポリアミド1012、ポリアミド10T、ポリアミドMXD6、ポリアミド6T/66、ポリアミド6T/6I、ポリアミド6T/6I/66、ポリアミド6T/2M-5T、ポリアミド9T/2M-8T等が挙げられる。これらのポリアミドは、1種のみを用いてもよいし2種以上を併用してもよい。

[0028] また、本発明では、上述の各種ポリアミド樹脂のうち、植物由来ポリアミド樹脂を用いることができる。植物由来ポリアミド樹脂は、植物油等の植物に由来する成分から得られた単量体を用いる樹脂であるため、環境保護の観点(特にカーボンニュートラルの観点)から望ましい。

植物由来ポリアミド樹脂としては、ポリアミド11(以下、単に「PA11

1」ともいう)、ポリアミド610(以下、単に「PA610」ともいう)、ポリアミド612(以下、単に「PA612」ともいう)、ポリアミド614(以下、単に「PA614」ともいう)、ポリアミド1010(以下、単に「PA1010」ともいう)、ポリアミド1012(以下、単に「PA1012」ともいう)、ポリアミド10T(以下、単に「PA10T」ともいう)等が挙げられる。これらは1種のみを用いてもよく2種以上を併用してもよい。

[0029] 上記のうち、PA11は、炭素原子数11である単量体がアミド結合を介して結合された構造を有する。PA11には、単量体として、ヒマシ油を原料とするアミノウンデカン酸を用いることができる。炭素原子数が11である単量体に由来する構成単位は、PA11内において全構成単位のうちの50%以上であることが好ましく、100%であってもよい。

PA610は、炭素原子数6である単量体と、炭素原子数10である単量体と、がアミド結合を介して結合された構造を有する。PA610には、単量体として、ヒマシ油を原料とするセバシン酸を用いることができる。炭素原子数6である単量体に由来する構成単位と、炭素原子数10である単量体に由来する構成単位とは、PA610内においてその合計が、全構成単位のうちの50%以上であることが好ましく、100%であってもよい。

PA1010は、炭素原子数10であるジアミンと、炭素原子数10であるジカルボン酸と、が共重合された構造を有する。PA1010には、単量体として、ヒマシ油を原料とする1,10-デカンジアミン(デカメチレンジアミン)及びセバシン酸を用いることができる。これらの炭素原子数10であるジアミンに由来する構成単位と、炭素原子数10であるジカルボン酸に由来する構成単位とは、PA1010内においてその合計が、全構成単位のうちの50%以上であることが好ましく、100%であってもよい。

[0030] PA614は、炭素原子数6である単量体と、炭素原子数14である単量体と、がアミド結合を介して結合された構造を有する。PA614には、単量体として、植物由来であり炭素原子数14のジカルボン酸を用いることが

できる。これらの炭素原子数6である単量体に由来する構成単位と、炭素原子数14である単量体に由来する構成単位とは、PA614内においてその合計が、全構成単位のうちの50%以上であることが好ましく、100%であってもよい。

PA10Tは、炭素原子数10であるジアミンと、テレフタル酸と、がアミド結合を介して結合された構造を有する。PA10Tには、単量体として、ヒマシ油を原料とする1,10-デカンジアミン（デカメチレンジアミン）を用いることができる。これらの炭素原子数10であるジアミンに由来する構成単位と、テレフタル酸に由来する構成単位とは、PA10T内においてその合計が、全構成単位のうちの50%以上であることが好ましく、100%であってもよい。

[0031] 上記5種の植物由来ポリアミド樹脂のなかでも、PA11は、他の4種の植物由来ポリアミド樹脂に対し、低吸水性、低比重及び植物化度の高さの観点においてより優れている。

ポリアミド610は、吸水率、耐薬品性、及び衝撃強度の点ではPA11よりも劣るが、耐熱性（融点）及び剛性（強度）の観点において優れている。更には、ポリアミド6やポリアミド66と比べ、低吸水性で寸法安定性が良いため、ポリアミド6やポリアミド66の代替材として使用することができる。

ポリアミド1010は、PA11に比べて、耐熱性及び剛性の観点において優れている。更には、植物化度もPA11と同等であり、より耐久性の必要な部位に使用することができる。

ポリアミド10Tは、分子骨格に芳香環を含むため、ポリアミド1010に比べて、より融点が高く高剛性である。そのため、過酷環境下での使用（耐熱部位、強度入力部位）が可能である。

[0032] ポリアミド樹脂の重量平均分子量は特に限定されないが、例えば、5,000以上100,000以下とすることができ、7,500以上50,000以下が好ましく、10,000以上50,000以下がより好ましい。

尚、ポリアミド樹脂の重量平均分子量は、ゲルパーミエーションクロマトグラフィ（GPC）によるポリスチレン換算の重量平均分子量である。

[0033] （３）変性エラストマー

変性エラストマーは、ポリアミド樹脂に対する反応性基を有したエラストマーである。この変性エラストマーは、更に、ポリアミド樹脂に対しては、上述の反応性基を利用して親和性を示すと同時に、別途、ポリオレフィン樹脂に対しても親和性を示すエラストマーであることが好ましい。即ち、変性エラストマーは、ポリアミド樹脂に対する反応性基を有し、ポリオレフィン樹脂及びポリアミド樹脂の双方に対して相容性を有する相容化剤であることが好ましい。

尚、変性エラストマーは、熱可塑性樹脂組成物内において、未反応の変性エラストマーとして含まれてもよく、ポリアミド樹脂との反応物として含まれてもよく、これらの両方の形態で含まれてもよい。

[0034] 上述の反応性基としては、酸無水物基（ $-\text{CO}-\text{O}-\text{OC}-$ ）、カルボキシル基（ $-\text{COOH}$ ）、エポキシ基（ $-\text{C}_2\text{O}$ （２つの炭素原子と１つの酸素原子とからなる三員環構造））、オキサゾリン基（ $-\text{C}_3\text{H}_4\text{NO}$ ）及びイソシアネート基（ $-\text{NCO}$ ）等が挙げられる。これらは１種のみを用いてもよく２種以上を併用してもよい。

これらの反応性基は、変性前のエラストマー（未変性エラストマー）に対して、変性により導入することができる。具体的には、エラストマーの酸変性物、エラストマーのエポキシ変性物、及び、エラストマーのオキサゾリン変性物等が挙げられる。これらのなかでも、エラストマーの酸変性物が好ましく、更には、酸無水物又はカルボン酸によるエラストマーの変性物であることがより好ましい。

この変性エラストマーは、分子の側鎖又は末端に、酸無水物基又はカルボキシル基を有することが特に好ましい。酸変性量は特に限定されず、例えば、１分子の変性エラストマーに含まれる酸無水物基又はカルボキシル基の数は、１以上であることが好ましく、より好ましくは２以上５０以下、更に好

ましくは3以上30以下、特に好ましくは5以上20以下である。

上記変性エラストマーは、単独で、又は、2種以上の組合せで用いることができる。

[0035] 変性前のエラストマーとしては、例えば、オレフィン系エラストマーやスチレン系エラストマー等が挙げられる。ポリレフィン樹脂に対する相容性の観点から、特に、オレフィン系エラストマーが好ましい。

上記オレフィン系エラストマーとしては、炭素数が3～8の α -オレフィンに由来する構造単位を含む α -オレフィン系共重合体であることが好ましく、エチレン・ α -オレフィン共重合体、 α -オレフィン共重合体、 α -オレフィン・非共役ジエン共重合体、又は、エチレン・ α -オレフィン・非共役ジエン共重合体とすることができる。これらのうち、エチレン・ α -オレフィン共重合体、 α -オレフィン共重合体、及びエチレン・ α -オレフィン・非共役ジエン共重合体が特に好ましい。

[0036] 尚、非共役ジエンとしては、1，4-ペンタジエン、1，4-ヘキサジエン、1，5-ヘキサジエン、1，6-ヘキサジエン等の直鎖の非環状ジエン化合物；5-メチル-1，4-ヘキサジエン、3，7-ジメチル-1，6-オクタジエン、5，7-ジメチルオクター-1，6-ジエン、3，7-ジメチル-1，7-オクタジエン、7-メチルオクター-1，6-ジエン、ジヒドロミルセン等の分岐連鎖の非環状ジエン化合物；テトラヒドロインデン、メチルテトラヒドロインデン、ジシクロペンタジエン、ビシクロ[2，2，1]-ヘプター-2，5-ジエン、5-メチレン-2-ノルボルネン、5-エチリデン-2-ノルボルネン、5-プロペニル-2-ノルボルネン、5-イソプロピリデン-2-ノルボルネン、5-シクロヘキシリデン-2-ノルボルネン、5-ビニル-2-ノルボルネン等の脂環式ジエン化合物等が挙げられる。

[0037] 具体的なオレフィンエラストマーとしては、エチレン・プロピレン共重合体、エチレン・1-ブテン共重合体、エチレン・1-ペンテン共重合体、エチレン・1-ヘキセン共重合体、エチレン・1-オクテン共重合体、プロピ

レン・１－ブテン共重合体、プロピレン・１－ペンテン共重合体、プロピレン・１－ヘキセン共重合体、プロピレン・１－オクテン共重合体等が挙げられる。これらのうち、エチレン・プロピレン共重合体、エチレン・１－ブテン共重合体及びエチレン・１－オクテン共重合体が好ましい。

[0038] また、上記スチレン系エラストマー（即ち、スチレン骨格を有するスチレン系熱可塑性エラストマー）としては、芳香族ビニル化合物と、共役ジエン化合物とのブロック共重合体及びその水素添加物が挙げられる。

上記芳香族ビニル化合物としては、スチレン、 α -メチルスチレン、*p*-メチルスチレン、*p*-tert-ブチルスチレン等のアルキルスチレン；*p*-メトキシスチレン、ビニルナフタレン等が挙げられる。

また、上記共役ジエン化合物としては、ブタジエン、イソプレン、１，３-ペンタジエン、メチルペンタジエン、フェニルブタジエン、３，４-ジメチル-１，３-ヘキサジエン、４，５-ジエチル-１，３-オクタジエン等が挙げられる。

[0039] 具体的なスチレン系エラストマーとしては、スチレン・ブタジエン・スチレン共重合体（ＳＢＳ）、スチレン・イソプレン・スチレン共重合体（ＳＩＳ）、スチレン・エチレン／ブチレン・スチレン共重合体（ＳＥＢＳ）、スチレン・エチレン／プロピレン・スチレン共重合体（ＳＥＰＳ）等が挙げられる。

[0040] また、酸変性用の酸無水物としては、無水マレイン酸、無水フタル酸、無水イタコン酸、無水コハク酸、無水グルタル酸、無水アジピン酸、無水シトラコン酸、テトラヒドロ無水フタル酸、ブテニル無水コハク酸等が挙げられる。これらのうち、無水マレイン酸、無水フタル酸及び無水イタコン酸が好ましい。

また、カルボン酸としては、アクリル酸、メタクリル酸、マレイン酸、フマル酸、イタコン酸、シトラコン酸等が挙げられる。

[0041] 熱可塑性樹脂組成物における変性エラストマーとしては、上述の各種変性エラストマーのなかでも、酸無水物変性されたエラストマーが好ましく、特

に無水マレイン酸変性されたエラストマーが好ましく、更には、炭素数が3～8の α -オレフィンに由来する構造単位を含む α -オレフィン系共重合体の酸変性物が好ましい。具体的には、エチレン若しくはプロピレンと炭素数3～8の α -オレフィンとの共重合体を骨格としたオレフィン系熱可塑性エラストマーが好ましく、より具体的には、無水マレイン酸変性エチレン・プロピレン共重合体、無水マレイン酸変性エチレン・1-ブテン共重合体、無水マレイン酸変性エチレン・1-ヘキセン共重合体及び無水マレイン酸変性エチレン・1-オクテン共重合体等の、無水マレイン酸により変性されたエラストマーが好ましい。具体的には、三井化学株式会社製の α -オレフィンコポリマー「タフマーシリーズ」（商品名）やダウケミカル社製の「AMPLIFYシリーズ」（商品名）等を用いることができる。

- [0042] 熱可塑性樹脂組成物における変性エラストマーの重量平均分子量は特に限定されないが、例えば、10,000以上500,000以下とすることができ、20,000以上500,000以下が好ましく、30,000以上300,000以下がより好ましい。

尚、変性エラストマーの重量平均分子量は、ゲルパーミエーションクロマトグラフィ（GPC）によるポリスチレン換算の重量平均分子量である。

- [0043] （4）他の成分

熱可塑性樹脂組成物は、前述したポリオレフィン樹脂、ポリアミド樹脂及び変性エラストマー以外の熱可塑性樹脂を含まず、熱可塑性樹脂として前述した熱可塑性樹脂のみからなってもよいが、これら以外に、他の成分を含有できる。これらは1種のみを用いてもよく2種以上を併用してもよい。

他の成分としては、他の熱可塑性樹脂が挙げられる。具体的には、ポリエステル系樹脂（ポリブチレンテレフタレート、ポリエチレンテレフタレート、ポリカーボネート、ポリブチレンサクシネート、ポリエチレンサクシネート、ポリ乳酸）等が挙げられる。これらは1種のみを用いてもよく2種以上を併用してもよい。

他の熱可塑性樹脂を含む場合、前述したポリオレフィン樹脂とポリアミド

樹脂と変性エラストマーと他の熱可塑性樹脂との合計を100質量%とした場合に、他の熱可塑性樹脂は25質量%以下（更に20質量%以下、更に15質量%以下、更に10質量%以下、更に5質量%以下、1質量%以上）であることが好ましい。

[0044] また、配合可能な添加剤としては、造核剤、酸化防止剤、熱安定剤、耐候剤、光安定剤、可塑剤、紫外線吸収剤、帯電防止剤、難燃剤、スリップ剤、アンチブロッキング剤、防曇剤、滑剤、顔料、染料、分散剤、銅害防止剤、中和剤、気泡防止剤、ウェルド強度改良剤、天然油、合成油、ワックス等が挙げられる。これらは1種のみを用いてもよく2種以上を併用してもよい。

[0045] 上記造核剤及び補強フィラーとしては、タルク、シリカ、クレー、モンモリロナイト、カオリン等のケイ酸塩；炭酸カルシウム、炭酸リチウム、炭酸マグネシウム等の炭酸塩；アルミナ、酸化チタン、酸化亜鉛等の金属酸化物；アルミニウム、鉄、銀、銅等の金属；水酸化アルミニウム、水酸化マグネシウム等の水酸化物；硫酸バリウム等の硫化物；木炭、竹炭等の炭化物；チタン酸カリウム、チタン酸バリウム等のチタン化物；セルロースマイクロフィブリル、酢酸セルロース等のセルロース類；フラーレン等のカーボン類等が挙げられる。

[0046] 上記酸化防止剤としては、フェノール系化合物、有機ホスファイト系化合物、チオエーテル系化合物等が挙げられる。

上記熱安定剤としては、ヒンダードアミン系化合物等が挙げられる。

上記紫外線吸収剤としては、ベンゾフェノン系化合物、ベンゾトリアゾール系化合物、ベンゾエート系化合物等が挙げられる。

上記帯電防止剤としては、ノニオン系化合物、カチオン系化合物、アニオン系化合物等が挙げられる。

上記難燃剤としては、ハロゲン系化合物、リン系化合物（窒素含有リン酸塩化合物、リン酸エステル等）、窒素系化合物（グアニジン、トリアジン、メラミン又はこれらの誘導体等）、無機化合物（金属水酸化物等）、ホウ素系化合物、シリコン系化合物、硫黄系化合物、赤リン系化合物等が挙げら

れる。

上記難燃助剤としては、アンチモン化合物、亜鉛化合物、ビスマス化合物、水酸化マグネシウム、粘土質珪酸塩等が挙げられる。

[0047] 〈3〉相構造について

熱可塑性樹脂組成物は、ポリオレフィン樹脂とポリアミド樹脂と変性エラストマーとを配合してなる。この熱可塑性樹脂組成物は、どのような相構造を呈してもよく、その相構造は特に限定されないが、例えば、下記相構造（1）～（3）を取り得る。即ち、

相構造（1）：ポリオレフィン樹脂を含んだ連続相（A）と、連続相（A）中に分散された、ポリアミド樹脂を含んだ分散相（B）と、を有する相構造（図3参照）。但し、ポリアミド樹脂を含んだ連続相と、この連続相中に分散された分散相と、を有する他の相構造は共存されない。

相構造（2）：ポリアミド樹脂を含んだ連続相と、この連続相中に分散された、ポリオレフィン樹脂を含んだ分散相と、を有する相構造。但し、ポリオレフィン樹脂を含んだ連続相と、この連続相中に分散された分散相と、を有する他の相構造は共存されない。

相構造（3）：ポリオレフィン樹脂を含んだ連続相（A₁）と、連続相（A₁）中に分散された、ポリアミド樹脂を含んだ分散相（B_{A1}）と、ポリアミド樹脂を含んだ連続相（A₂）と、連続相（A₂）中に分散された、変性エラストマーを含んだ分散相（B_{A2}）と、を有する相構造（図4参照）。

これらの相構造のなかでは、上述の相構造（1）又は相構造（3）を呈することが好ましい。

[0048] 相構造（1）を更に詳しくいうと、相構造（1）は、ポリオレフィン樹脂を含む連続相（A）と、この連続相（A）内で分散された分散相であって、ポリアミド樹脂を含む分散相（B）と、を有することができ、この分散相（B）は、ポリアミド樹脂以外に、変性エラストマーを含むことができる。

加えて、分散相（B）は、この分散相（B）内における連続相であって、ポリアミド樹脂を含む連続相（B₁）と、この連続相（B₁）内で分散された

微分散相であって、変性エラストマーを含む微分散相 (B_2) と、を有することができる (図3参照)。この場合、相構造 (1) は、分散相 (B) 内に更に微分散相 (B_1) を有する多重相構造を呈することになる。

尚、相構造 (1) は、連続相 (A) 以外の連続相を有さない相構造である。また、相構造 (1) において変性エラストマーは、未反応の変性エラストマーであってもよく、ポリアミド樹脂との反応物であってもよく、これらの混合物であってもよい。

[0049] 一方、相構造 (3) を更に詳しくいうと、相構造 (3) は、ポリオレフィン樹脂を含む連続相 (A_1) と、この連続相 (A_1) 内で分散された分散相であって、ポリアミド樹脂を含む分散相 (B_{A1}) と、を有することができ、この分散相 (B_{A1}) は、ポリアミド樹脂以外に、変性エラストマーを含むことができる。

更に、相構造 (3) は、連続相 (A_1) 及び分散相 (B_{A1}) と共に、ポリアミド樹脂を含む連続相 (A_2) と、この連続相 (A_2) 内で分散された分散相であって、変性エラストマーを含む分散相 (B_{A2}) と、を有することができる (図4参照)。即ち、相構造 (3) は、連続相 (A_1) と連続相 (A_2) との2つの連続相が共存された共連続相構造を呈することができる。

尚、このうち、分散相 (B_{A1}) は、この分散相 (B_{A1}) 内における連続相であって、ポリアミド樹脂を含む連続相 (B_{A11}) と、この連続相 (B_{A11}) 内で分散された微分散相であって、変性エラストマーを含む微分散相 (B_{A12}) と、を有することができる。この場合、相構造 (3) は、分散相 (B_{A1}) 内に更に微分散相 (B_{A12}) を有する多重相構造を呈することになる。

また、相構造 (3) は、連続相 (A_1) 及び連続相 (A_2) 以外の連続相を有さない相構造である。また、相構造 (3) において変性エラストマーは、未反応の変性エラストマーであってもよく、ポリアミド樹脂との反応物であってもよく、これらの混合物であってもよい。

[0050] 上記相構造 (1) の場合、連続相 (A) は、ポリオレフィン樹脂を含む。ポリオレフィン樹脂は連続相 (A) の主成分 (連続相 A 全体に対し、通常 7

0質量%以上であり、100質量%であってもよい）であることが好ましい。また、分散相（B）は、ポリアミド樹脂を含み、更に、変性エラストマーを含むことができる。ポリアミド樹脂（分散相（B）に変性エラストマーを含む場合には、ポリアミド樹脂及び変性エラストマー）は分散相（B）の主成分（分散相B全体に対し、通常70質量%以上であり、100質量%であってもよい）であることが好ましい。

更に、分散相（B）は、この分散相（B）内における連続相（B₁）と、この連続相（B₁）内で分散された微分散相（B₂）と、を有することができる。このうち、連続相（B₁）は、ポリアミド樹脂を含む。ポリアミド樹脂は連続相（B₁）の主成分（連続相B₁全体に対し、通常70質量%以上であり、100質量%であってもよい）であることが好ましい。また、微分散相（B₂）は、変性エラストマーを含む。変性エラストマーは微分散相（B₂）の主成分（微分散相B₂全体に対し、通常70質量%以上であり、100質量%であってもよい）であることが好ましい。

[0051] 上記相構造（3）の場合、連続相（A₁）は、ポリオレフィン樹脂を含む。ポリオレフィン樹脂は連続相（A₁）の主成分（連続相A₁全体に対し、通常70質量%以上であり、100質量%であってもよい）であることが好ましい。また、連続相（A₁）に対する分散相（B_{A1}）は、ポリアミド樹脂を含み、更に、変性エラストマーを含むことができる。ポリアミド樹脂（分散相（B）に変性エラストマーを含む場合には、ポリアミド樹脂及び変性エラストマー）は分散相（B_{A1}）の主成分（分散相B_{A1}全体に対し、通常70質量%以上であり、100質量%であってもよい）であることが好ましい。

更に、分散相（B_{A1}）は、この分散相（B_{A1}）内における連続相（B_{A11}）と、この連続相（B_{A11}）内で分散された微分散相（B_{A12}）と、を有することができる（有さなくてもよい）。この多重相構造を有する場合、連続相（B_{A11}）は、ポリアミド樹脂を含む。ポリアミド樹脂は連続相（B_{A11}）の主成分（連続相B_{A11}全体に対し、通常70質量%以上であり、100質量%であってもよい）であることが好ましい。また、微分散相（B_{A12}）は、変性

エラストマーを含む。変性エラストマーは微分散相 (B_{A12}) の主成分 (微分散相 B_{A12} 全体に対し、通常 70 質量%以上であり、100 質量%であってもよい) であることが好ましい。

また、連続相 (A_2) は、ポリアミド樹脂を含む。ポリアミド樹脂は連続相 (A_2) の主成分 (連続相 A_2 全体に対し、通常 70 質量%以上であり、100 質量%であってもよい) であることが好ましい。また、連続相 (A_2) に対する分散相 (B_{A2}) は、変性エラストマーを含む。変性エラストマーは分散相 (B_{A2}) の主成分 (分散相 B_{A2} 全体に対し、通常 70 質量%以上であり、100 質量%であってもよい) であることが好ましい。

[0052] このような相構造 (1) 又は相構造 (3) を有する場合には、本繊維強化材料に対して、より優れた衝撃吸収力を発揮させることができる。この相構造は、後述するように、ポリアミド樹脂及び変性エラストマーの溶融混練物と、ポリオレフィン樹脂と、を溶融混練することにより、得ることができる。

尚、本繊維強化材料の熱可塑性樹脂組成物では、ポリアミド樹脂と変性エラストマーとは反応されていてもよい。即ち、変性エラストマーが有する反応性基がポリアミド樹脂に対して反応された反応物 (ポリアミド樹脂と変性エラストマーとの反応物) であってもよい。例えば、相構造 (1) では、連続相 (A) と分散相 (B) との界面、及び／又は、連続相 (B_1) と微分散相 (B_2) との界面、には、上述の反応物が存在し得る。同様に、相構造 (3) では、連続相 (A_1) と連続相 (A_2) との界面、連続相 (A_1) と分散相 (B_{A1}) との界面、連続相 (B_{A11}) と微分散相 (B_{A12}) との界面、等には、上述の反応物が存在し得る。

[0053] 各種相構造は、酸素プラズマエッチング処理した後、更に、オスミウムコート処理を施した試験片 (熱可塑性樹脂組成物の試験片) の処理面を電界放出形走査型電子顕微鏡 (FE-SEM) で観察できる。特に、分散相及び微分散相は、この方法において 1000 倍以上 (通常 10,000 倍以下) に拡大した画像で観察できる。また、各相を構成する成分は、電界放射型走査

電子顕微鏡（F E - S E M）を用いた観察時にエネルギー分散型X線分析（E D S）を行うことで特定できる。

- [0054] 熱可塑性樹脂組成物の分散相（図3における分散相B、図4における分散相 B_{A1} ）の大きさは特に限定されないが、その分散径（平均分散径）は、10000nm以下であることが好ましく、より好ましくは50nm以上8000nm以下、更に好ましくは100nm以上4000nm以下である。

この分散相の分散径は、電子顕微鏡を用いて得られる1000倍以上の拡大画像において測定できる。即ち、画像内の所定の領域内から無作為に選択された20個の分散相の各々の最長径を測定し、得られた最長径の平均値を第1平均値とする。そして、画像内の異なる5つの領域において測定された第1平均値の更なる平均値が、分散相の平均分散径（長軸平均分散径）である。

- [0055] 熱可塑性樹脂組成物の分散相（図3における分散相B、図4における分散相 B_{A1} ）内に含まれた微分散相（図3における微分散相 B_2 、図4における微分散相 B_{A12} ）の大きさは特に限定されないが、その分散径（平均分散径）は、5nm以上1000nm以下であることが好ましく、より好ましくは5nm以上600nm以下、更に好ましくは10nm以上400nm以下、特に好ましくは15nm以上350nm以下である。

この微分散相の分散径は、電子顕微鏡を用いて得られる1000倍以上の拡大画像において測定できる。即ち、画像内の所定の領域内から無作為に選択された20個の微分散相の各々の最長径を測定し、得られた最長径の平均値を第1平均値とする。そして、画像内の異なる5つの領域において測定された第1平均値の更なる平均値が、微分散相の平均分散径（長軸平均分散径）である。

- [0056] 〈4〉配合について

熱可塑性樹脂組成物において、ポリオレフィン樹脂とポリアミド樹脂と変性エラストマーとの合計を100質量%とした場合に、ポリオレフィン樹脂の割合は、2質量%以上90質量%以下とすることができる。この割合は、

5質量%以上85質量%以下が好ましく、更に10質量%以上83質量%以下が好ましく、更に15質量%以上80質量%以下が好ましく、更に20質量%以上78質量%以下が好ましく、更に25質量%以上75質量%以下が好ましく、更に30質量%以上73質量%以下が好ましく、更に35質量%以上70質量%以下が好ましい。上記範囲では、衝撃吸収特性に優れた繊維強化材料、及び、この繊維強化材料による構造体を得ることができる。

[0057] 熱可塑性樹脂組成物において、ポリオレフィン樹脂とポリアミド樹脂と変性エラストマーとの合計を100質量%とした場合に、ポリアミド樹脂及び変性エラストマー（これらの一部又は全部は互いに反応されていてもよい。以下同様。）の割合は、10質量%以上98質量%以下とすることができる。この割合は、15質量%以上95質量%以下が好ましく、更に17質量%以上90質量%以下が好ましく、更に20質量%以上85質量%以下が好ましく、更に22質量%以上80質量%以下が好ましく、更に25質量%以上75質量%以下が好ましく、更に27質量%以上70質量%以下が好ましく、更に30質量%以上65質量%以下が好ましい。上記範囲では、衝撃吸収特性に優れた繊維強化材料、及び、この繊維強化材料による構造体を得ることができる。

[0058] 熱可塑性樹脂組成物において、ポリオレフィン樹脂とポリアミド樹脂と変性エラストマーとの合計を100質量%とした場合に、ポリアミド樹脂の割合は、1質量%以上75質量%以下とすることができる。この割合は、15質量%以上72質量%以下が好ましく、更に20質量%以上70質量%以下が好ましく、更に22質量%以上68質量%以下が好ましく、更に25質量%以上65質量%以下が好ましく、更に27質量%以上57質量%以下が好ましく、更に29質量%以上53質量%以下が好ましく、更に33質量%以上49質量%以下が好ましい。上記範囲では、衝撃吸収特性に優れた繊維強化材料、及び、この繊維強化材料による構造体を得ることができる。

[0059] 熱可塑性樹脂組成物において、ポリオレフィン樹脂とポリアミド樹脂と変性エラストマーとの合計を100質量%とした場合に、変性エラストマーの

割合は、1質量%以上60質量%以下とすることができる。この割合は、5質量%以上53質量%以下が好ましく、更に11質量%以上45質量%以下が好ましく、更に12質量%以上40質量%以下が好ましく、更に13質量%以上38質量%以下が好ましく、更に14質量%以上36質量%以下が好ましく、更に15質量%以上35質量%以下が好ましく、更に18質量%以上34質量%以下が好ましい。上記範囲では、衝撃吸収特性に優れた繊維強化材料、及び、この繊維強化材料による構造体を得ることができる。

[0060] また、熱可塑性樹脂組成物において、ポリオレフィン樹脂とポリアミド樹脂との合計を100質量%とした場合、ポリアミド樹脂の割合は、1.5質量%以上88質量%以下とすることができる。この割合は、3質量%以上75質量%以下が好ましく、更に5質量%以上70質量%以下が好ましく、更に10質量%以上65質量%以下が好ましく、更に15質量%以上60質量%以下が好ましく、更に18質量%以上55質量%以下が好ましく、更に20質量%以上50質量%以下が好ましく、更に25質量%以上45質量%以下が好ましい。上記範囲では、衝撃吸収特性に優れた繊維強化材料、及び、この繊維強化材料による構造体を得ることができる。

[0061] 更に、熱可塑性樹脂組成物において、ポリアミド樹脂と変性エラストマーとの合計を100質量%とした場合に、変性エラストマーの割合は、20質量%以上90質量%以下とすることができる。この割合は、22質量%以上88質量%以下が好ましく、更に25質量%以上86質量%以下が好ましく、更に27質量%以上75質量%以下が好ましく、29質量%以上70質量%以下が好ましく、更に32質量%以上66質量%以下が好ましく、更に36質量%以上60質量%以下が好ましい。上記範囲では、衝撃吸収特性に優れた繊維強化材料、及び、この繊維強化材料による構造体を得ることができる。

[0062] 尚、前述したポリオレフィン樹脂とポリアミド樹脂と変性エラストマーとの合計を100質量%とした場合のポリオレフィン樹脂の割合は、前述した相構造(1)(図3参照)の場合には、通常、相全体を100質量%とした

場合の連続相 (A) の割合に等しい。一方、相構造 (3) (図4 参照) の場合には、通常、相全体を 100 質量%とした場合の連続相 (A_1) の割合に等しい。ここでいう割合は、体積割合であるが、通常、この体積割合が反映される面積割合とも等しい (以下、同様である)

[0063] 前述したポリオレフィン樹脂とポリアミド樹脂と変性エラストマーとの合計を 100 質量%とした場合の、ポリアミド樹脂及び変性エラストマーの割合は、前述した相構造 (1) (図3 参照) の場合には、通常、相全体を 100 質量%とした場合の分散相 (B) の割合に等しい。一方、相構造 (3) (図4 参照) の場合には、通常、相全体を 100 質量%とした場合の、分散相 (B_{A1}) と連続相 (A_2) と分散相 (B_{A2}) との合計割合に等しい。

[0064] 前述したポリオレフィン樹脂とポリアミド樹脂と変性エラストマーとの合計を 100 質量%とした場合のポリアミド樹脂の割合は、前述した相構造 (1) (図3 参照) の場合には、通常、相全体を 100 質量%とした場合の連続相 (B_1) の割合に等しい。一方、相構造 (3) (図4 参照) の場合には、通常、相全体を 100 質量%とした場合の、連続相 (A_2) と分散相内連続相 (B_{A11}) との合計割合に等しい。

[0065] 前述したポリオレフィン樹脂とポリアミド樹脂と変性エラストマーとの合計を 100 質量%とした場合の変性エラストマーの割合は、前述した相構造 (1) (図3 参照) の場合には、通常、相全体を 100 質量%とした場合の微分散相 (B_2) の割合に等しい。一方、相構造 (3) (図4 参照) の場合には、通常、相全体を 100 質量%とした場合の、微分散相 (B_{A12}) と分散相 (B_{A2}) との合計割合に等しい。

[0066] 前述したポリオレフィン樹脂とポリアミド樹脂との合計を 100 質量%とした場合のポリアミド樹脂の割合は、前述した相構造 (1) (図3 参照) の場合には、通常、相全体を 100 質量%とした場合の連続相 (B_1) の割合に等しい。一方、相構造 (3) (図4 参照) の場合には、通常、相全体を 100 質量%とした場合の、連続相 (A_2) と微分散相 (B_{A12}) を有さない分散相 (B_{A1}) と微分散相 (B_{A12}) を有する分散相 (B_{A1}) のうち分散相内連

続相 (B_{A11}) との合計割合に等しい。

[0067] 前述したポリアミド樹脂と変性エラストマーとの合計を100質量%とした場合の変性エラストマーの割合は、前述した相構造(1)(図3参照)の場合には、通常、相全体を100質量%とした場合の微分散相(B_2)の割合に等しい。一方、相構造(3)(図4参照)の場合には、通常、相全体を100質量%とした場合の、分散相(B_{A2})と微分散相(B_{A12})との合計割合に等しい。

[0068] <5> 衝撃吸収特性について

本発明の繊維強化材料、及び、後述する構造体によれば、優れた衝撃吸収特性を発揮させることができる。具体的には、1 m/秒以上4 m/秒以下のストライカ速度でパンクチャ試験を行った場合に、

最大衝撃力(N)が付加された際の変位量(mm)を P_M とし、破断点における変位量(mm)を P_B とした場合に、 $P_B/P_M \geq 4$ (通常、 $P_B/P_M \leq 10$ である)とすることができる。

即ち、衝撃の入力によってクラックを生じるまでの変位量よりも、クラックを生じた後に破断するまでの変位量の方が4倍以上大きいことを意味する。従って、クラック発生までに吸収できるエネルギーに加え、クラック進展時にも多大なエネルギー吸収を行わせることができるため、破断に至るまでの間の総エネルギー吸収量を大きくすることができ、より優れた衝撃吸収力を発揮させることができる。即ち、本繊維強化材料及び本構造体は、より割れ難い材料であるともいえる。一般に、材料は割れることで衝撃吸収できるものの、割れた後は、衝撃吸収力が急激に低下してしまうため、総吸収エネルギー量は、クラック発生時までに吸収できるエネルギー量を大きくするように設計することとなる。このためには、より厚みを増す等の長大重となる方向へ設計移行する必要があるが、本繊維強化材料及び本構造体では、より薄く軽く小さい設計でありながら、総吸収エネルギー量を大きくすることができる。

上記の値は、更に、 $4 \leq P_B/P_M \leq 10$ とすることができ、更に、4.5

$\leq P_B / P_M \leq 9.8$ とすることができ、更に、 $5.0 \leq P_B / P_M \leq 9.6$ とすることができ、更に、 $5.5 \leq P_B / P_M \leq 9.4$ とすることができる。

[0069] 更に、上記のパンクチャ試験において、最大衝撃力（N）が付加されるまでに吸収されたエネルギー量（Nm）を E_1 とし、最大衝撃力（N）が付加された後、破断点に至るまでに吸収されたエネルギー量（Nm）を E_2 とし、このエネルギー量 E_1 とエネルギー量を E_2 との合計吸収エネルギー量（Nm）を E_T とした場合に、 E_T に対する E_2 の割合（ E_2 / E_T ）は70%以上とすることができる。

即ち、最大衝撃力（N）が付加された後、破断点に至るまでに吸収されたエネルギー量 E_2 （Nm）の総吸収エネルギーに占める割合が、70%以上（通常、90%以下）であることを意味する。即ち、衝撃の入力によってクラックを生じた後に破断するまでに吸収されるエネルギー量が、クラックを生じるまでに吸収されるエネルギー量の2.3倍以上である。このように、本繊維強化材料及び本構造体では、クラック進展時に多大なエネルギー吸収を行うことができるため、破断に至るまでの間に、優れた衝撃吸収力を発揮させることができる。

上記の値は、更に、 $70 \leq E_2 / E_T (\%) \leq 90$ とすることができ、更に、 $70.5 \leq E_2 / E_T (\%) \leq 88$ とすることができる。とりわけ、本繊維強化材料及び本構造体では、ストライカ速度4 m/秒の試験条件（即ち、高速衝撃入力）においては、更に、 $72 \leq E_2 / E_T (\%) \leq 87$ とすることができ、更に、 $74 \leq E_2 / E_T (\%) \leq 86$ とすることができ、更に、 $76 \leq E_2 / E_T (\%) \leq 85$ とすることができる。

[0070] 尚、上述したパンクチャ試験は、JIS K 7211-2に準拠する試験である。その際、試験体（繊維強化材料10）には、繊維集合体15として、目付200 g/m²の炭素繊維製織物を用い、マトリックス材12として、目付600 g/m²の熱可塑性樹脂組成物を用いて得られる繊維強化材料10（厚さ0.5～0.8 mmの範囲）を用いる。更に、パンクチャ試験装置では、上記の試験体を所定のチャックに水平に固定し、鉛直上方から、直径1

／2インチ（12.7mm）の丸棒形状であり、且つ、先端が半球形状であるストライカ（荷重容量20kN）を、ストライカ速度1m／秒以上4m／秒以下で発射して試験を行う。そして、この試験を行った場合の衝撃力（N）とそれに伴う変位量（mm）とを記録することにより、上記各パラメータを算出できる（より詳細には、後述する実施例の試験条件に従う）。

[0071] [2] 構造体

本発明の構造体（50）は、前述した本発明の繊維強化材料（10）からなる。即ち、本構造体50は、本繊維強化材料10の賦形物といえる。より具体的には、繊維強化材料10に所定の形状（平板状を含む）が付与された構造体50や、繊維強化材料10の周囲の不要部が裁断された構造体50等が挙げられる。

[0072] 本構造体50の形状、大きさ及び厚さ等の寸法も特に限定されず、その用途も特に限定されない。この構造体は、例えば、自動車、鉄道車両、船舶及び飛行機等の外装材、内装材、構造材（ボディシエル、車体、航空機用胴体）及び衝撃吸収材等として用いることができる。これらのうち自動車用品としては、自動車用外装材、自動車用内装材、自動車用構造材、自動車用衝撃吸収材、エンジンルーム内部品等が挙げられる。具体的には、バンパー、スポイラー、カウリング、フロントグリル、ガーニッシュ、ボンネット、トランクリッド、カウルルーバー、フェンダーパネル、ロッカーモール、ドアパネル、ルーフパネル、インストルメントパネル、センタークラスター、ドアトリム、クォータートリム、ルーフライニング、ピラーガーニッシュ、デッキトリム、トノボード、パッケージトレイ、ダッシュボード、コンソールボックス、キッキングプレート、スイッチベース、シートバックボード、シートフレーム、アームレスト、サンバイザ、インテークマニホールド、エンジンヘッドカバー、エンジンアンダーカバー、オイルフィルターハウジング、車載用電子部品（ECU、TVモニター等）のハウジング、エアフィルターボックス、ラッシュボックス等のエネルギー吸収体、フロントエンドモジュール等のボディシエル構成部品などが挙げられる。

[0073] 更に、例えば、建築物及び家具等の内装材、外装材及び構造材等が挙げられる。即ち、ドア表装材、ドア構造材、各種家具（机、椅子、棚、筆筒等）の表装材、構造材、更には、ユニットバス、浄化槽などとして用いることができる。その他、包装体、収容体（トレイ等）、保護用部材及びパーティション部材等として用いることもできる。また、家電製品（薄型ＴＶ、冷蔵庫、洗濯機、掃除機、携帯電話、携帯ゲーム機、ノート型パソコン等）の筐体及び構造体などの成形体とすることもできる。

[0074] また、繊維１５が短繊維である場合、短繊維が上述マトリックス材内に含まれたペレットにすることができる。この場合、本繊維強化材料の製法は問わず、例えば、マトリックス材１２となる熱可塑性樹脂組成物と繊維１５とを混合した後、ペレット形状にして上記のペレットを得ることができる。また、熱可塑性樹脂組成物の調製時に繊維１５を配合してもよい。例えば、繊維１５が配合されたポリオレフィン樹脂と、ポリアミド樹脂及び変性エラストマーの熔融混練物と、を熔融混練し、得られた組成物をペレット形状にして上記のペレットを得ることができる。

[0075] [３] 繊維強化材料及び構造体の製造方法

繊維強化材料及び構造体の製造方法は限定されないが、例えば、以下の（１）～（７）方法で製造できる。

（１）繊維（短繊維）を含んだ熱可塑性樹脂組成物を成形することで本繊維強化材料及び本構造体を製造できる。即ち、例えば、前述の短繊維がマトリックス材内に含まれたペレット（射出成形用ペレット）を成形して本繊維強化材料及び本構造体を製造できる。この際の成形方法は、公知の方法を用いることができる。例えば、射出成形、押出成形、ブロー成型、これらを組合せた成形方法等が挙げられる。

[0076] （２）繊維集合体（例えば、フィルム状、シート状、マット状、板状等）と、熱可塑性樹脂組成物からなるフィルム（シート状であってもよい）と、を積層した状態で加熱圧縮し、繊維集合体内に軟化又は熔融された熱可塑性樹脂組成物を含浸させ、その後、冷却（放冷でもよい）し、熱可塑性樹脂組成

物を固化することで本繊維強化材料及び本構造体を製造できる。

尚、上記積層では、1層の繊維集合体と1層の熱可塑性樹脂組成物フィルムとを積層してもよいし、1層の繊維集合体を、2層の熱可塑性樹脂組成物フィルムで挟んで積層してもよい。また、板状の構造体を得た後、加熱賦形してより複雑な形状の構造体にすることもできる。

[0077] (3) 繊維集合体（例えば、フィルム状、シート状、マット状、板状等）の一面（通常、上面）から、熱可塑性樹脂組成物からなる粉体を振り掛けた後、加熱圧縮することで、繊維集合体内で熱可塑性樹脂組成物を軟化又は熔融させ、その後、冷却（放冷でもよい）することで、繊維集合体内で熱可塑性樹脂組成物を固化して本繊維強化材料及び本構造体を製造できる。

尚、上記粉体は、繊維集合体内により分散され易いように加振を行うことができる。この場合にも、板状の構造体を得た後、加熱賦形してより複雑な形状の構造体にすることもできる。

[0078] (4) 繊維集合体となる構成繊維と、熱可塑性樹脂組成物を繊維状に加工した熱可塑性樹脂組成物繊維と、を混織してマット状に成形（例えば、エアレイ等を利用して堆積させてマット状に形成できる）した後、加熱圧縮し、熱可塑性樹脂組成物繊維のみを軟化又は熔融させ、その後、冷却（放冷でもよい）して熱可塑性樹脂組成物を固化することで本繊維強化材料及び本構造体を製造できる。

尚、この場合にも、板状の構造体を得た後、加熱賦形してより複雑な形状の構造体にすることもできる。

[0079] (5) 繊維集合体となる構成繊維と、熱可塑性樹脂組成物を繊維状に加工した熱可塑性樹脂組成物繊維と、液分散させた後、この分散液中の構成繊維と熱可塑性樹脂組成物繊維とを抄紙法によりマット状に形成し、その後、加熱圧縮して、熱可塑性樹脂組成物繊維のみを軟化又は熔融させ、次いで、冷却（放冷でもよい）して熱可塑性樹脂組成物を固化することで本繊維強化材料及び本構造体を製造できる。

尚、この場合にも、板状の構造体を得た後、加熱賦形してより複雑な形状

の構造体にすることもできる。

- [0080] (6) 繊維集合体となる構成繊維の表面に、熱可塑性樹脂組成物を被覆（コーティング）した芯鞘繊維（即ち、芯材が構成繊維であり、鞘材が熱可塑性樹脂組成物である）を用いて、所望の繊維集合体を形成した後、加熱圧縮し、鞘材（熱可塑性樹脂組成物）のみを軟化又は溶融させ、その後、冷却（放冷でもよい）して熱可塑性樹脂組成物を固化することで本繊維強化材料及び本構造体を製造できる。

尚、芯鞘繊維を用いて形成できる繊維集合体としては、製織、製編、不織布化（例えば、エアレイ等を利用して堆積させてマット状に形成できる）により得られる、織物、編物、不織布等が挙げられる。この場合にも、板状の構造体を得た後、加熱賦形してより複雑な形状の構造体にすることもできる。

- [0081] (7) 繊維集合体（例えば、単方向（Uni Direction）に繊維（長繊維）を引き揃えた繊維集合体や、繊維を製織した織物としての繊維集合体に、液状にした熱可塑性樹脂組成物を吹付けた後、液状樹脂組成物が塗着された繊維集合体を積層し、又は、積層しながら、成形（Tape Laying System）することで本繊維強化材料及び本構造体を製造できる。

- [0082] また、本発明で用いる熱可塑性樹脂は、どのように調製されてもよいが、ポリアミド樹脂及び変性エラストマーの溶融混練物、並びに、ポリオレフィン樹脂、を溶融混練して得ることができる。即ち、ポリオレフィン樹脂とは別に、ポリアミド樹脂と変性エラストマーとを予め溶融混練し、これらの溶融混練物を得ておき、この溶融混練物とポリオレフィン樹脂とを溶融混練して熱可塑性樹脂組成物を得ることが好ましい。

このように、ポリアミド樹脂及び変性エラストマーの溶融混練物を形成することで、ポリアミド樹脂表面に変性エラストマーの反応性基が付加され、変性エラストマー反応物が結合されたポリアミド樹脂粒子が形成されることが考えられる。そして、更なる混練により、表面に変性エラストマー反応物が結

合されたポリアミド樹脂粒子がせん断され、未反応のポリアミド樹脂の表面が現れる。すると、この未反応表面に対して、未反応の変性エラストマーが、更に反応すると考えられる。このように変性エラストマー反応物が結合されたポリアミド樹脂粒子がせん断され、未反応のポリアミド樹脂の表面が現れ、この未反応表面に対して未反応変性エラストマーが反応することを繰り返すことで、より小さな、変性エラストマー反応物が結合されたポリアミド樹脂粒子を、高いシェアに頼らず安定して形成できると考えらえる。

尚、上記の溶融混練物は、溶融状態の組成物、又は、軟化状態の組成物であってもよいし、ペレット化等により固形化されたものであってもよい。

[0083] 上記の溶融混練物の調製、及び、この溶融混練物とポリオレフィン樹脂との溶融混練では、いずれもどのような溶融混練装置を用いてもよい。例えば、押出機（一軸スクリュウ押出機、二軸混練押出機等）、ニーダー、ミキサー（高速流動式ミキサー、バドルミキサー、リボンミキサー等）等を用いることができる。これらの装置は1種のみを用いてもよく2種以上を併用してもよい。また、2種以上を用いる場合には連続的に運転してもよく、回分的に（バッチ式で）運転してもよい。更に、各原料は一括して混合してもよいし、複数回に分けて添加投入（多段配合）して混合してもよい。

また、ポリアミド樹脂と変性エラストマーとの溶融混練温度は限定されないが、例えば、190℃以上350℃以下が好ましく、200℃以上330℃以下がより好ましく、205℃以上310℃以下が更に好ましい。

一方、ポリアミド樹脂及び変性エラストマーの溶融混練物とポリオレフィン樹脂との溶融混練温度は限定されないが、例えば、190℃以上350℃以下が好ましく、200℃以上300℃以下がより好ましく、205℃以上260℃以下が更に好ましい。

実施例

[0084] 以下、実施例により本発明を具体的に説明する。

[1] 繊維強化材料の作製

<1> 実施例1の繊維強化材料

(1) 熱可塑性樹脂組成物製フィルムの調製

下記ポリアミド樹脂のペレットと、下記変性エラストマーのペレットとをドライブレンドした後、二軸溶融混練押出機に投入し、混練温度 210°C で溶融混練を行い、ペレタイザーを介して、ポリアミド樹脂及び変性エラストマーの溶融混練物からなるペレットを得た。更に、上記ペレット（ポリアミド樹脂及び変性エラストマーの溶融混練物からなるペレット）と、下記ポリオレフィン樹脂のペレットと、をドライブレンドした後、二軸溶融混練押出機に投入し、混練温度 210°C で溶融混練を行い、Tダイ押出機を介して、目付 300 g/m^2 の熱可塑性樹脂組成物製のフィルムを得た。

尚、ポリオレフィン樹脂とポリアミド樹脂と変性エラストマーとの配合割合は、質量比で、 $55:25:20$ とした。

・ポリオレフィン樹脂：ポリプロピレン樹脂、ホモポリマー、日本ポリプロ株式会社製、品名「ノバテック MA1B」、重量平均分子量 $312,000$ 、融点 165°C)

・ポリアミド樹脂：ナイロン11樹脂、アルケマ株式会社製、品名「Rilsan BMN O」、重量平均分子量 $18,000$ 、融点 190°C

・変性エラストマー：無水マレイン酸変性エチレン・ブテン共重合体（変性 EBR）、三井化学株式会社製、品名「タフマー MH7020」

[0085] (2) 繊維強化材料の作製

炭素繊維（3K：3000本の単繊維を含んだマルチフィラメント）が平織で製織された目付 200 g/m^2 の炭素繊維製織物を繊維集合体（15）として用意した。

上記繊維集合体のシート1枚を中央に挟み、その上下に、各々1枚ずつ、上記（1）で得た熱可塑性樹脂組成物製フィルムを配して、温度 240°C 、加圧圧力 $1 \times 10^7\text{ N/m}^2$ の条件で120秒間、加熱圧縮を行った後、更に、室温（約 25°C ）、加圧圧力 $5 \times 10^6\text{ N/m}^2$ の条件で120秒間、冷却圧縮を行って、実施例1の繊維強化材料（即ち、板形状の構造体）（厚さ 0.6 mm ）を得た。

[0086] 〈2〉 比較例 1 の繊維強化材料

(1) ポリオレフィン樹脂製フィルムの調製

Tダイ押出機を用いて、下記ポリオレフィン樹脂を目付 300 g/m^2 のフィルムに成形した。

・ポリオレフィン樹脂：ポリプロピレン樹脂、ブロックポリマー、株式会社プライムポリマー製、品名「J-452HP」、融点 165°C

(2) 繊維強化材料の作製

上記〈1〉(2)と同様に、目付 200 g/m^2 の炭素繊維製織物(3Kマルチフィラメント・平織り)を繊維集合体(15)として用意した。そして、この繊維集合体のシート1枚を中央に挟み、その上下に、各々1枚ずつ、上記(1)で得たポリオレフィン樹脂製フィルムを配して、温度 240°C 、加圧圧力 $1 \times 10^7\text{ N/m}^2$ の条件で120秒間、加熱圧縮を行った後、更に、室温(約 25°C)、加圧圧力 $5 \times 10^6\text{ N/m}^2$ の条件で120秒間、冷却圧縮を行って、比較例1の繊維強化材料(厚さ 0.6 mm)を得た。

[0087] 〈3〉 比較例 2 の繊維強化材料

(1) ポリアミド樹脂製フィルムの調製

Tダイ押出機を用いて、下記ポリアミド樹脂を目付 300 g/m^2 のフィルムに成形した。

・ポリアミド樹脂：ナイロン6樹脂、東レ株式会社製、品名「アミランCM1021FS」、融点 225°C

(2) 繊維強化材料の作製

上記〈1〉(2)と同様に、目付 200 g/m^2 の炭素繊維製織物(3Kマルチフィラメント・平織り)を繊維集合体(15)として用意した。そして、この繊維集合体のシート1枚を中央に挟み、その上下に、各々1枚ずつ、上記(1)で得たポリアミド樹脂製フィルムを配して、温度 260°C 、加圧圧力 $1 \times 10^7\text{ N/m}^2$ の条件で120秒間、加熱圧縮を行った後、更に、室温(約 25°C)、加圧圧力 $5 \times 10^6\text{ N/m}^2$ の条件で120秒間、冷却圧縮を行って、比較例2の繊維強化材料(厚さ 0.6 mm)を得た。

[0088] [2] 繊維強化材料の評価

(1) パンクチャ試験（ストライカ速度 1 m/秒）

JIS K 7211-2 に準拠して、パンクチャ試験を行った。試験体（繊維強化材料）として、上記 [1] で得られた「実施例 1」、「比較例 1」及び「比較例 2」の各繊維強化材料から切り出した試験片（120 mm × 150 mm）を利用した。

具体的には、パンクチャ試験装置（株式会社島津製作所製、高速衝撃試験機、型式「EHF-22H-20L」）のチャックに、上記各試験片を水平に固定し、鉛直上方から、直径 1/2 インチ（12.7 mm）の丸棒形状であり、且つ、先端が半球形状であるストライカ（荷重容量 20 kN）を、ストライカ速度 1 m/秒で発射し、この際の衝撃力（N）とそれに伴う変位量（mm）とを記録した。この結果を、図 5 に各々チャートとして示した。

(2) パンクチャ試験（ストライカ速度 4 m/秒）

ストライカ速度を 4 m/秒とした以外は、上記 (1) と同様にして、衝撃力（N）とそれに伴う変位量（mm）とを記録した。この結果を、図 6 に各々チャートとして示した。

[0089] (3) 評価方法

上記 (1) 及び上記 (2) のパンクチャ試験で得られたチャートに対し、下記の P_M 、 P_B 、 E_1 、 E_2 、 E_T を設定した。

「 P_M (mm)」：上記 (1) で得られたチャートのうち、各試験における衝撃力（N）の最大値が得られた変位量（mm）を P_M として、図 5 及び図 6 に示した。この最大衝撃力（N）が得られた際に、クラックを発生しているものと考えられる。

「 P_B (mm)」：上記 (1) で得られたチャートのうち、変位量 2 mm 以上の範囲にわたって衝撃力（N）が 0 N 以下となる直前の変位量（mm）を破断点 P_B として、図 5 及び図 6 に示した。この P_M から P_B に至る際に、クラック進展が起きているものと考えられる。

[0090] 「 E_1 (Nmm)」：上記 (1) で得られたチャートにおいて、 P_M を通る

Y軸に平行な線分 L_E （図5及び図6における左側の点線 L_E を参照）を引いた場合に、この線分 L_E の左側（変位量がより少ない領域）に位置する領域を E_1 として図5及び図6に示した。更に、領域 E_1 の面積を算出し、図5及び図6に示した。

「 E_2 (Nmm)」：上記（1）で得られたチャートにおいて、 P_M を通るY軸に平行な線分 L_E （図5及び図6における左側の点線 L_E を参照）を引いた場合に、この線分 L_E の右側（変位量がより多い領域）に位置する領域を E_2 として図5及び図6に示した。更に、領域 E_2 の面積を算出し、図5及び図6に示した。

「 E_T (Nmm)」：領域 E_1 の面積と、領域 E_2 の面積と、の合計面積を E_T として図5及び図6に示した。

尚、図5及び図6において、線分 L_B （図5及び図6における右側の点線 L_B を参照）は、 P_B を通るY軸に平行な線分である。

[0091] [3] 実施例の効果

図5及び図6から、マトリックス材12として、ポリオレフィン樹脂を用いた比較例1では、比較例1-1（ストライカ速度1m/秒）において $P_B/P_M=2.94$ であり、比較例1-2（ストライカ速度4m/秒）において $P_B/P_M=2.56$ であった。即ち、クラック発生までの変位量に対して、クラック進展に要する変位量が小さいことが分かる。

また、マトリックス材12として、ポリアミド樹脂を用いた比較例2では、比較例2-1（ストライカ速度1m/秒）において $P_B/P_M=8.75$ であり、比較例2-2（ストライカ速度4m/秒）において $P_B/P_M=5.31$ であった。即ち、クラック発生までの変位量に対して、クラック進展に要する変位量大きいことが分かる。しかしながら、ストライカ速度1m/秒では P_B/P_M が大きい、ストライカ速度4m/秒では P_B/P_M が縮小していることが分かる。また、ストライカ速度4m/秒では $P_M=2.81$ であり、クラック発生に至るまでに要する変位量が小さいことが分かる。即ち、ポリアミド樹脂は、低速で入力された衝撃に対しては高い衝撃吸収能力を発揮

できるが、より高速で衝撃が入力される程に、衝撃吸収能力が低下する傾向にあることが分かる。

[0092] これに対して、マトリックス材 1 2 として、所定の熱可塑性樹脂組成物を用いた実施例 1 では、実施例 1-1（ストライカ速度 1 m/秒）において $P_B/P_M = 5.96$ であり、実施例 1-2（ストライカ速度 4 m/秒）において $P_B/P_M = 7.17$ であった。更に、実施例 1-1 では $P_M = 4.56$ 、実施例 1-2 では $P_M = 3.83$ であり、ストライカ速度に抛らず、クラック発生に至るまでに要する変位量も大きいことが分かる。即ち、所定の熱可塑性樹脂組成物を利用することで、低速から高速まで入力される衝撃の速度に関わらず、高い衝撃吸収能力を発揮できることが分かる。この結果は、実施例 1-1 及び実施例 1-2 における破壊が、延性破壊であることを示していると考えることができる。

[0093] 更に、図 5 及び図 6 から、マトリックス材 1 2 として、ポリオレフィン樹脂を用いた比較例 1 では、比較例 1-1（ストライカ速度 1 m/秒）において $E_2/E_T \times 100 = 57.8\%$ であり、比較例 1-2（ストライカ速度 4 m/秒）において $E_2/E_T \times 100 = 77.6\%$ であった。即ち、クラック発生までの変位量に対して、クラック進展時に吸収できるエネルギー量が小さいことが分かる。

また、マトリックス材 1 2 として、ポリアミド樹脂を用いた比較例 2 では、比較例 2-1（ストライカ速度 1 m/秒）において $E_2/E_T \times 100 = 71.7\%$ であり、比較例 2-2（ストライカ速度 4 m/秒）において $E_2/E_T \times 100 = 68.5\%$ であった。即ち、クラック発生までの変位量に対して、クラック進展時に吸収できるエネルギー量が大きいことが分かる。しかしながら、ストライカ速度 1 m/秒では E_2/E_T 割合が大きいですが、ストライカ速度 4 m/秒では E_2/E_T 割合が縮小していることが分かる。

[0094] これに対して、マトリックス材 1 2 として、所定の熱可塑性樹脂組成物を用いた実施例 1 では、実施例 1-1（ストライカ速度 1 m/秒）において $E_2/E_T \times 100 = 71.3\%$ であり、実施例 1-2（ストライカ速度 4 m/秒

）において $E_2/E_T \times 100 = 82.0\%$ であり、ストライカ速度に抛らず、クラック発生に至るまでに吸収できるエネルギー量が大きいことが分かる。即ち、所定の熱可塑性樹脂組成物を利用することで、低速から高速まで入力される衝撃の速度に関わらず、高い衝撃吸収能力を発揮できることが分かる。

[0095] 前述の例は単に説明を目的とするものでしかなく、本発明を限定するものと解釈されるものではない。本発明を典型的な実施形態の例を挙げて説明したが、本発明の記述及び図示において使用された文言は、限定的な文言ではなく説明的及び例示的なものであると理解される。ここで詳述したように、その形態において本発明の範囲又は精神から逸脱することなく、添付の特許請求の範囲内で変更が可能である。ここでは、本発明の詳述に特定の構造、材料及び実施例を参照したが、本発明をここに掲げる開示事項に限定することを意図するものではなく、むしろ、本発明は添付の特許請求の範囲内における、機能的に同等の構造、方法、使用の全てに及ぶものとする。

符号の説明

[0096] 10 ; 繊維強化材料、
12 ; マトリックス材、
15 ; 繊維、繊維集合体、
50 ; 構造体、
A ; 連続相、
B ; 分散相、
B₁ ; 連続相（分散相 B 内の連続相）、
B₂ ; 微分散相（分散相 B 内の分散相）、
A₁、A₂ ; 連続相、
B_{A1}、B_{A2} ; 分散相、
B_{A11} ; 連続相（分散相 B_{A1} 内の連続相）、
B_{A12} ; 微分散相（分散相 B_{A1} 内の分散相）。

請求の範囲

- [請求項1] 繊維と、前記繊維を被覆しているマトリックス材と、を有し、
前記マトリックス材が、ポリオレフィン樹脂、ポリアミド樹脂、及び、前記ポリアミド樹脂に対する反応性基を有する変性エラストマーを配合してなる熱可塑性樹脂組成物であることを特徴とする繊維強化材料。
- [請求項2] 前記繊維が、繊維集合体である請求項1に記載の繊維強化材料。
- [請求項3] 1 m／秒以上4 m／秒以下のストライカ速度でパンクチャ試験を行った場合に、
最大衝撃力（N）が付加された際の変位量（mm）を P_M とし、
破断点における変位量（mm）を P_B とした場合に、 $P_B/P_M \geq 4$ である請求項1又は2に記載の繊維強化材料。
- [請求項4] 更に、最大衝撃力（N）が付加されるまでに吸収されたエネルギー量（Nm）を E_1 とし、
最大衝撃力（N）が付加された後、破断点に至るまでに吸収されたエネルギー量（Nm）を E_2 とし、
前記エネルギー量 E_1 と前記エネルギー量を E_2 との合計吸収エネルギー量（Nm）を E_T とした場合に、 E_T に対する E_2 の割合（ E_2/E_T ）が、70％以上である請求項3に記載の繊維強化材料。
- [請求項5] 前記繊維集合体が、織編物である請求項1乃至4のうちのいずれかに記載の繊維強化材料。
- [請求項6] 前記繊維集合体が、不織布である請求項1乃至4のうちのいずれかに記載の繊維強化材料。
- [請求項7] 前記熱可塑性樹脂組成物が、前記ポリオレフィン樹脂を含んだ連続相（A）と、
前記連続相（A）中に分散された、前記ポリアミド樹脂を含んだ分散相（B）と、を有する請求項1乃至6のうちのいずれかに記載の繊維強化材料。

- [請求項8] 前記分散相（B）が、更に、前記変性エラストマーを含み、
 前記分散相（B）が、前記ポリアミド樹脂を含んだ連続相（B₁）
 と、前記連続相（B₁）中に分散された前記変性エラストマーを含ん
 だ微分散相（B₂）と、を有する請求項7に記載の繊維強化材料。
- [請求項9] 請求項1乃至8のうちのいずれかに記載の繊維強化材料からなるこ
 とを特徴とする構造体。