

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3539577号

(P3539577)

(45) 発行日 平成16年7月7日(2004.7.7)

(24) 登録日 平成16年4月2日(2004.4.2)

(51) Int. Cl.⁷

F I

C08J 5/24	C08J 5/24	CFC
// B29C 70/10	B29C 67/14	X
D01F 6/74	D01F 6/74	Z
B29K 279:00	B29K 279:00	
C08L 101:00	C08L 101:00	

請求項の数 1 (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平6-156014
 (22) 出願日 平成6年7月7日(1994.7.7)
 (65) 公開番号 特開平8-20651
 (43) 公開日 平成8年1月23日(1996.1.23)
 審査請求日 平成13年6月29日(2001.6.29)

(73) 特許権者 000003160
 東洋紡績株式会社
 大阪府大阪市北区堂島浜2丁目2番8号
 (72) 発明者 谷 勝也
 滋賀県大津市堅田二丁目1番1号 東洋紡
 績株式会社 総合研究所内

審査官 天野 宏樹

(56) 参考文献 特表平06-500356(JP, A)
 特開昭61-028015(JP, A)
 特表平08-504008(JP, A)
 米国特許第04263245(US, A)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 繊維強化複合材料

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

4.0 GPa 以上の引張強度と140 GPa 以上の初期引張弾性率を有し且つポイド直径が35 以下のポリベンザゾール繊維とマトリックス樹脂からなることを特徴とする繊維強化複合材料。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】

本発明は繊維強化複合材料に関する。さらに詳しくは軽量にして且つ高強度、高剛性、耐クリープ性を有し、また落雷等の危険性のある場所で用いて安全な物品、特にゴルフシャフト、釣竿、テニス用ラケット等に適した繊維強化複合材料に関する。

【0002】

【従来の技術】

炭素繊維はガラス繊維に比較して高強力、高剛性、且つ軽量であるため高性能複合材料として多くの分野で用いられている。特に航空機、自動車等の運搬装置やゴルフシャフト、釣竿、テニス用ラケット等のスポーツ用品分野で一次あるいは二次構造体に広く利用されてきた。一方、スーパー繊維と称される全芳香族ポリアミド繊維、全芳香族ポリエステル繊維、超高分子量ポリエチレン繊維等が出現したことでこれら補強材に用いた高性能複合材料の開発が行われてきた。またハイブリッド型複合材料例えば炭素繊維と全芳香族ポリアミド繊維併用した高性能複合材料の検討も行われている。スーパー繊維の中でもポリベ

10

20

ンザゾール繊維（P B Z 繊維）は引張強度 4 . 0 G P a 以上、初期引張弾性率 1 4 0 G P a 以上、分解開始温度 6 7 0 C、限界酸素指数 5 6 と優れた力学特性と高い耐熱性・難燃性を有し、且つ性能面でバランスのとれた高性能繊維であることから複合材料の補強材として注目されてきた。最近、ポリベンザゾール繊維の工業的な生産技術が開発されるに至り該繊維を補強材にした高性能複合材料の開発が本格化してきた。

【 0 0 0 3 】

【 発明が解決しようとする課題 】

従来、炭素繊維は複合材料の補強材として優れた性能を有しているが、(1) 耐衝撃性が低い、(2) 導電性で落雷等の危険がある等の欠点のために用途展開に制約を受けている。一方、全芳香族ポリアミド繊維又は全芳香族ポリエステル繊維を補強材とした複合材料は、(1) 耐加水分解性に欠ける、(2) 強力並びに弾性率は炭素繊維を補強材にしたものに及ばない、(3) 耐衝撃性は炭素繊維補強材にしたものより高いが未だ十分とはいえない等の欠点がある。なお、炭素繊維と全芳香族ポリアミド繊維を補強材に併用したハイブリッド型複合材料は互いの繊維の有する欠点はある程度補えるが、反面、素材固有の特徴が半減されることもある。前記素材の欠点を解消すべく特開昭 6 0 - 1 7 4 6 4 6 号公報は補強材に超高分子量ポリエチレン繊維を用いた複合材料を提案している。しかし、超高分子量ポリエチレン繊維は従来の素材に比較して、(1) 剛性が劣る、(2) 接着性に欠ける、(2) 融点が 1 4 0 以下であり耐熱性に欠ける等の欠点があり複合材の用途は自ずと制限される。高引張強度、高初期引張弾性率、難燃性、耐変形性に優れるポリベンザゾール繊維を補強材に用いれば従来素材の持つ欠点は解消でき、広い要求特性を満たす本格的な繊維強化複合材料が期待できる。しかし、開発の進行と共にポリベンザゾール繊維は耐衝撃強度や耐加水分解性に難点があり補強材用にはさらに改良を要することが分かってきた。本発明は耐衝撃強度に優れた繊維強化複合材料の提供を目的とすることである。

【 0 0 0 4 】

【 課題を解決するための手段 】

本発明者は前記目的を達成すべく鋭意検討した結果、ポリベンザゾール繊維の耐衝撃性該繊維のボイド直径と密接に関係しており、平均ボイド直径を極力抑えたポリベンザゾール繊維を補強材に用いれば高性能複合材料が得られることを見出して本発明に至った。即ち、4 . 0 G P a 以上の引張強度と 1 4 0 G P a 以上の初期引張弾性率を有し且つボイド直径が 3 5 以下のポリベンザゾール繊維とマトリックス樹脂からなることを特徴とする繊維強化複合材料を趣旨とするものである。

【 0 0 0 5 】

本発明を詳細に説明する。本発明でいうポリベンゾオキサゾール繊維（P B O）ホモポリマー、ポリベンゾチアゾール（P B T）ホモポリマー及びそれら P B O、P B T のランダム、シーケンシャルあるいはブロック共重合体をいう。ここでポリベンゾオキサゾール、ポリベンゾチアゾール及びそれらのランダム、シーケンシャルあるいはブロック共重合ポリマーは、例えば Wolfe らの「Liquid Crystalline Polymer Compositions, Process and Products」U.S. Patent 4,703,103 (October 27,1987)、 「Liquid Crystalline Polymer Compositions, Process and Products」U.S. Patent 4,533,692(August 6,1985)、 「Liquid Crystalline Poly(2,6-Benzothiazole) Composition, Process and Products」U.S. Patent 4,533,724 (August 6,1985)、 「Liquid Crystalline Polymer Compositions, Process and Products」U.S. Patent 4,533,693(August 6,1985)、 Evers の「Thermooxidatively Stable Articulated p-Benzobisoxazole and p-Benzobisthiazole Polymres」U.S. Patent 4,359,567(November 16,1982) ; Tsai らの「Method for Making Heterocyclic Block Copolymer」U.S. Patent 4,578,432 (March 25, 1986)、などに記載されている。

P B Z ポリマーに含まれる構造単位としては、好ましくはライオトロピック液晶ポリマーから選択される。

この繊維は少なくとも 4 . 0 G P a の引張強度と少なくとも 1 4 0 G P a の初期引張弾性率を満たす強伸度特性が必要である。該繊維の引張強度が 4 . 0 G P a 未満又は初期引張

10

20

30

40

50

弾性率が140GPa未満の場合にあつては繊維強化複合材料としての強力及び剛性が低くガラス繊維や全芳香族ポリアミド繊維、全芳香族ポリエステル繊維及び超高分子量ポリエチレン繊維と競合できなくなる。また、複合材中に占める繊維含有比率を高めて強力及び剛性の向上に対処する該繊維の特徴である高引張強度と高初期引張弾性率に基づく軽量化の効果が失われる。

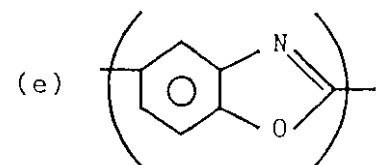
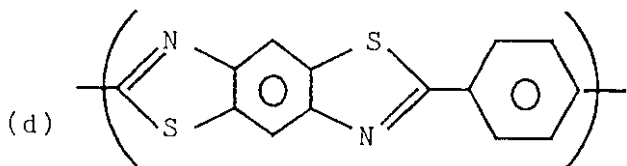
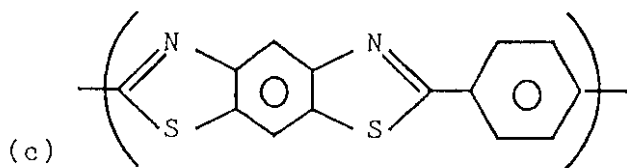
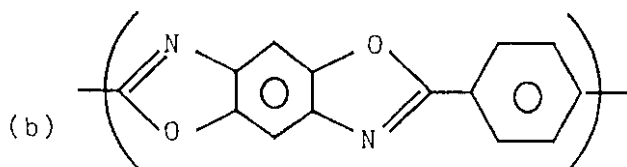
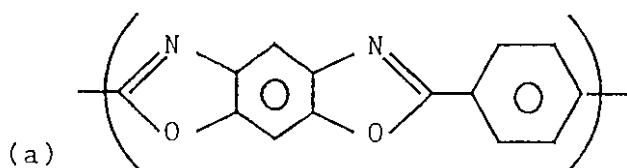
【0006】

モノマー単位は構造式(a)~(h)に記載されている。そのポリマーは好ましくは、本質的に構造式(a)~(h)から選択されるモノマー単位からなり、更に好ましくは本質的に構造式(a)~(c)から選択されたモノマー単位からなる。

PBZポリマーのドープを形成するための好適な溶媒としては、クレゾールやそのポリマーを溶解しうる非酸化性の酸が含まれる。好適な酸溶媒の例としては、ポリリン酸、メタンスルホン酸及び高濃度の硫酸あるいはそれらの混合物が挙げられる。更に適する溶媒はポリリン酸及びメタンスルホン酸である。また最も適する溶媒はポリリン酸である。

【0007】

【化1】



【0008】

10

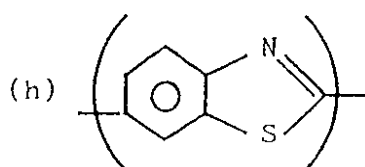
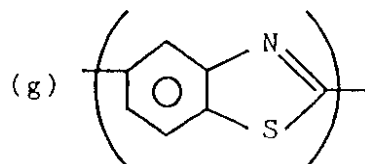
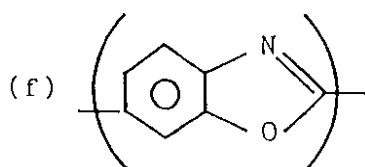
20

30

40

50

【化2】



10

20

【0009】

本発明の繊維強化複合材料の補強材として使用するポリベンザゾール繊維はポイド直径が35以下であることが重要である。これまでポリベンザゾール繊維はスーパー繊維の中でも特に高い引張強度と高い初期引張弾性率を有することは知られている。しかし、最近、水分が存在すると引張特性は低下していくことが分かり、本発明者はポリベンザゾール繊維の引張強度が水分により低下する原因につき検討を続けてきた。その過程において、(1) 引張強度の低下が水分によるポリベンザゾール分子鎖の加水分解によること、(2) 比較的大きなポイドからの水分子の侵入が加水分解を加速していることを発見し、(3) 比較的大きなポイドからの水分子の侵入が加水分解を加速していることを見出すと共にさらに驚くべきことにポリベンザゾール繊維の衝撃特性は平均ポイド直径に関係していることを知見した。このことは繊維のポイド直径を小さくすれば加水分解性のみならず耐衝撃性も改善されることを意味している。本発明者はポイド直径と衝撃特性の関係につき詳細な検討を行った結果、平均ポイド直径が35以下であるポリベンザゾール繊維を補強材に用いた複合材は従来品に比べて耐衝撃性は著しく向上することが改善されるも明らかとなった。さらに繊維のポイド直径を決定する製糸要因を詳細に検討した結果、紡糸口金から吐出された紡糸中のポリリン酸を抽出する非溶媒性の液体(例えばリン酸水溶液)の濃度が極めて大きな影響力を持つことを見出した。具体的にはポリベンザゾール重合体を主成分とするポリマーとポリリン酸からなるドープから紡糸して繊維を製造するに際し、濃度5重量%以上のリン酸水溶液を用いることで平均ポイド直径35以下を達成することが出来る。なお、紡糸系は抽出・洗浄処理により繊維中のポリリン酸を所望の水準まで低減させた後で乾燥処理を施される。この乾燥処理をオンラインで行う場合、平均ポイド直径を小さくする観点からは糸条の進行方向に順次温度を高めて加熱する所謂温度勾配型の乾燥方式が推奨される。

30

40

【0010】

ポリベンザゾール繊維の単糸繊度に特に制限はないが通常0.3~10デニールの範囲が好ましい。単糸繊度を下げて繊維本数を多くすると複合材にした時に外力が分散して衝撃強度は向上する。しかし、単糸繊度の小さい繊維を得ようとするとき一般に紡糸ドラフト(=糸条引取速度/吐出線速度)は高くなる方向となり紡糸に際して糸切れを生じ易くなる。現在の技術水準では繊度0.3デニール未満では安定した紡糸調子が得にくくなり紡糸生産性は低下する。他方、単糸繊度が太くすると紡糸中のポリリン酸の除去に要する時間が長くなり糸条洗浄装置の長大化と糸掛け操作性の低下につながる。また同一ヤーン織

50

度の場合、単糸織度を太くすれば繊維本数は減ることになり複合材にした時に外力は分散しにくくなり衝撃強度が低下する。したがって実用的な単糸織度の上限は10デニールが好ましい。

【0011】

後述するようにポリベンザゾール繊維とマトリックス樹脂との接着性は繊維強化複合材の特性及びコスト的に重要な因子である。接着性を向上させる手段として種々の方法が考えられるが比較的簡便で顕著な効果が得られるのは繊維断面を非円形、所謂異形断面とすることである。この異形断面繊維は非円形断面を有する吐出孔からポリベンザゾールのドープを紡糸することで比較的容易に得ることができる。

【0012】

本発明の繊維強化複合材料の補強材として使用するポリベンザゾール繊維は長繊維として使用してもよく、また適当長さに切断された短繊維あるいはパルプ状繊維として使用することもできる。長繊維として使用する場合、単に引き揃えるだけでもよいし、平織、朱子織、綾織等の各種構造の織物として使用することが出来る。また目的によっては他の繊維、例えば炭素繊維、ガラス繊維、全芳香族ポリアミド繊維、全芳香族ポリエステル繊維及び超高分子量ポリエチレン繊維と混合使用する事も可能である。本発明に使用するポリベンザゾール繊維はマトリックス樹脂との接着性を向上させるため製糸工程上必要な油剤などの処理剤、仕上げ剤等を抽出等により予め除去してもよいし、さらに、該繊維上に予めカップリング剤や表面改質剤で処理を行ってもよい。また、ポリベンザゾール繊維の表面にコロナ放電処理を行うことも推奨される。

【0013】

本発明の繊維強化複合材料は前記ポリベンザゾール繊維に熱硬化性ポリマー材料例えば不飽和ポリエステル樹脂、エポキシ樹脂、ポリウレタン樹脂、フェノール樹脂、または熱可塑性ポリマー材料例えばナイロン樹脂、ポリプロピレン樹脂、ポリフェニレンサルファイド樹脂、ABS樹脂、さらには弾性ポリマー材料、ゴム等をマトリックス樹脂に用いて成形される。後者の場合、補強繊維とマトリックス繊維とを編成してシート状物とし、これを溶融変形して熱可塑性複合材料とすることができる。ここで重要なことはポリベンザゾール繊維は分解開始温度が670、限界酸素指数5.6と既存有機合成繊維の中では極めて高い耐熱性・難燃性を有しており他のスーパー繊維を補強材にする場合に比して熱的な面で熱硬化性又は熱可塑性の何れの場合もマトリックス樹脂の選択の自由度は大きいこと

【0014】

次に繊維強化複合材料の製造方法について簡単に説明する。本発明の繊維強化複合材の補強用繊維として用いるポリベンザゾール繊維は、ポリリン酸を溶媒に用いたポリベンザゾール重合体のドープを軟化点以上で熱分解点未満の温度に保つて紡糸部に供給し、複数個の吐出細孔が配設された紡糸口金を通して横吹き気流帯域中に吐出され、該横吹き気流帯域中を通過した後、該紡出糸を引き続いて非溶媒性の液体からなる抽出媒帯と接触させる。ここで非溶媒性の液体としては濃度5重量%以上のリン酸水溶液を用いることが肝要である。次いで該糸条は洗浄装置例えばスプレー又はシャワーが配設された複数個のローラー群に巻掛けて繊維中のリン酸の低減・除去を行う。該洗浄ローラー群を通過させた糸条は必要に応じて表面に付着する水分を例えばエアナイフ等の手段で低減せしめた後、直ちにパッケージに巻き上げてパッチで乾燥を行ってもよいが一旦パッケージに巻き上げた後に行ってもよいが生産性の面からは一旦巻き上げることなくオンライン処理することが好ましい。この場合、糸条の乾燥手段に特に制限はなく例えば加熱ローラーに接触させる、高温加熱気体中を走行させる、高周波による内部加熱等の手段が利用できる。なお、必要に応じて乾燥処理後の糸条に仕上げ剤を付与してもよい。

【0015】

次に繊維強化複合体の成形について述べる。ポリベンザゾール長繊維をマトリックス樹脂と組合せる方法には例えば一方向に引き揃えた該繊維束にマトリックス樹脂又はその溶液をスプレーあるいは含浸させたり、また予め該繊維を平織、朱子織等の織物とした後に上

10

20

30

40

50

記マトリックス樹脂又はその溶液をスプレーあるいは含浸させることも可能である。あるいは、ポリベンザゾール短繊維をマトリックス樹脂又はその溶液中に含浸させ、混練することもできる。さらに上述のような複合材料の成形に際しては、補強材用繊維とマトリックス樹脂との混合物を加熱（必要に応じて加圧）することにより直接成形することもできるが、特にマトリックス樹脂がエポキシ樹脂、不飽和ポリエステル樹脂等の熱硬化性樹脂である場合には、所謂プリプレグあるいはプリミックスと称されるように、予めポリベンザゾール繊維あるいはその織物に含浸させたマトリックス樹脂を〔B - ステージ〕と称されている中間段階まで硬化反応を進めさせた後、所定の加熱及び加圧条件を用いて成形し、複合材料とする方法も可能である。このように本発明の繊維強化複合材料は種々の成形方法により有用な成形物を提供することができるが代表的な成形方法は圧縮成形である。つまり所定の形式の金型を用いて機械的に圧縮あるいはオートクレーブ中で気体による圧力をかける等によって成形することができる。その他に通常用いられるような注型成形法、スプレー法、パンドレイアップ法、インジェクション成形法、プルトロージョン法等、補強用繊維の形状及び/又はマトリックス樹脂の特性に合わせて選択することができる。

10

【0016】

以下に本発明に置ける評価尺度は下記の方法で求めた。

< 織度 >

試料を標準状態（温度 22 ± 2 度、相対湿度 $65 \pm 2\%$ の状態）の試験室で24時間静置した後、ラップリールを用いて試料90mを採取し、その重量を測定して9000mの重量に換算して織度とした。

20

< 繊維のポイド直径 >

小角X線散乱強度の測定はクラツキカメラを用いて測定した。試料は長さ約6mの繊維を測定ホルダーに巻き付けて用いた。X線の出力は $45 \text{ K v} \cdot 150 \text{ mA}$ で、CuK α 線をニッケルフィルターで単色化して用いた。クラツキカメラの縦制限スリットは42mm、巾制限スリットは0.07mm、受光部スリットの縦制限10mm、巾制限は0.14mmで行った。測定した範囲（ 2θ ）は0.1度～3.0度である。ステップ幅は0.025度刻みで、30秒若しくはそれ以上を積算した。バックグラウンド散乱の補正は、試料及び空気散乱の測定結果から次式を用いて行った。

$$I = \mu I_{\text{sample}} - I_{\text{air}}$$

$$\mu = I_{\text{air}}(0) / I_{\text{sample}}(0)$$

30

ここでIは真の散乱強度、 I_{sample} は試料を入れた状態での実測散乱強度、 I_{air} は試料を入れない状態で測定した散乱強度をそれぞれ示す。試料を測定した後、散乱角が0度で強度測定を行い、試料の吸収強度を決定した。ポイドサイズの測定はギニエプロットを用いて行った。散乱角度（ 2θ ）の対数と散乱ベクトル（ k ）の自乗をプロットし、 k の自乗の値が0から $0.01^{1/2}$ の範囲のデータについて直線近似し、直線の傾き（ S ）から次式を用いて計算した。

$$D = 2 (s)^{1/2}$$

< 繊維の引張強度、初期引張弾性率および衝撃強度の測定法 >

JIS L1013（1981）に規定された方法と条件によって測定した。

< 複合材料の曲げ強度、衝撃強度の測定法 >

40

JIS K6911（1979）に規定された方法と条件に準じた方法と条件で測定した。但し、成形物の試験試料の大きさは、厚さ3mm、幅25mm、長さ63.5mmとした。

【0017】

【実施例】

以下に本発明を実施例により詳述するが本発明はもとより、これらの実施例に限定されるものではない。

< 実施例1 >

ポリベンズオキサゾール重合体とポリリン酸からなる濃度14重量%のドープを断面形状が楕円で孔径 $0.17 \mu\text{m}$ （円形断面相当径に換算した）を有する紡糸口金から吐出して

50

該紡糸口金の下方で75 に加熱された空気を流速0.5 m / 秒で吹き当てた後、濃度24重量%のリン酸水溶液浴に導入して溶媒の抽出を行い、次いで駆動ローラーで糸条速度を250 m / 分に規定した後、ネルソン型のローラー群に巻き掛け、該ローラー上でスプレー状にイオン交換水を吹き付けて糸条に残留するリン酸を抽出・除去した。さらに該糸条を180～240 の温度に加熱されたネルソン型のローラー群に巻き掛けて乾燥処理を行い、次いでエチレンオキサイドとプロピレンオキサイドのランダム共重合体を主成分とするポリエーテル系の仕上げ油剤を付与して織度500 D / 332 F、平均ポイド直径21、引張強度5.8 GPa、初期引張弾性率271 GPa、衝撃強度452ジュール/dのポリベンズオキサゾールマルチフィラメント繊維を得た。該マルチフィラメントをエチレンとグリシジルメタクリレート(重量比95対5)の共重合体の20%2分散液に、該共重合体の付着率3%owfとなるように浸漬処理した。浸漬処理後のマルチフィラメントをフィラメントワインディング法により引き揃え、エポキシ樹脂系溶液[アラルダイトLY564(チバガイギー社製)]に埋め込んだ。次いでこれらを80 で4時間硬化させて表1の実施例1に示す特性の繊維強化複合材料を得た。

10

【0018】

<実施例2>

実施例1において抽出浴のリン酸水溶液の濃度16重量%に変えた以外は実施例1の条件を用いて紡糸・洗浄・乾燥・油剤処理を行って、織度500 D / 332 F、平均ポイド直径29、引張強度5.8 GPa、初期引張弾性率269 GPa、衝撃強度427ジュール/dの特性を有するポリベンズオキサゾールマルチフィラメント繊維を得た。該繊維を用いて実施例1に記載したと同様の方法・条件で繊維強化複合材に加工した。

20

【0019】

<実施例3>

実施例1において紡出糸に接触させるリン酸水溶液の濃度7重量%に変えた以外は実施例1の条件を用いて紡糸・洗浄・乾燥・油剤処理を行って、織度500 D / 332 F、平均ポイド直径34、引張強度5.8 GPa、初期引張弾性率266 GPa、衝撃強度414ジュール/dの特性を有するポリベンズオキサゾールマルチフィラメント繊維を得た。該繊維を用いて実施例1に記載したと同様の方法・条件で繊維強化複合材に加工した。

【0020】

<比較例1>

実施例1において紡出糸に接触させるリン酸水溶液の濃度3.5重量%に変えた以外は実施例1の条件を用いて紡糸・洗浄・乾燥・油剤処理を行って、織度500 D / 332 F、平均ポイド直径39、引張強度5.7 GPa、初期引張弾性率266 GPa、衝撃強度389ジュール/dの特性を有するポリベンズオキサゾールマルチフィラメント繊維を得た。該繊維を用いて実施例1に記載したと同様の方法・条件で繊維強化複合材に加工し、これを比較例1とした。

30

【0021】

<比較例2>

実施例1において紡出糸にポリベンザゾールの固有粘度を15 dl / gに変えた以外は実施例1の条件を用いて紡糸・洗浄・乾燥・油剤処理を行って、織度500 D / 332 F、平均ポイド直径23、引張強度3.9 GPa、初期引張弾性率138 GPa、衝撃強度339ジュール/dの特性を有するポリベンズオキサゾールマルチフィラメント繊維を得た。該繊維を用いて実施例1に記載したと同様の方法・条件で繊維強化複合材に加工した。

40

【0022】

<比較例3～5>

実施例1において補強繊維に織度1000 D / 200 Fの超高分子量ポリエチレン繊維、織度1500 D / 1000 Fのポリパラフェニレンテレフタルアミド繊維(ケブラー29デュポン社 商品名)及び織度1200 D / 1000 Fの炭素繊維をそれぞれ用いて繊維強化複合材に成形し、比較例3、4、5とした。上記実施例1～3及び比較例1～5の

50

評価結果をまとめて表1に示した。

【0023】

【表1】

		実施例 1	実施例 2	実施例 3	比較例 1	比較例 2	比較例 3	比較例 4	比較例 5
補強用繊維	繊維種類	-	PBO	PBO	PBO	PBO	PE	Kevlar	CF
	ボイド直径	A	29	35	39	23	-	-	-
	引張強度	GPa	5.8	5.8	5.7	3.9	2.9	2.9	3.0
	引張弾性率	GPa	271	269	266	266	138	108	223
	衝撃強度	J/m ² d	452	427	414	389	339	420	320
マトリックス樹脂	種類	エポキシ樹脂	エポキシ樹脂	エポキシ樹脂	エポキシ樹脂	エポキシ樹脂	エポキシ樹脂	エポキシ樹脂	エポキシ樹脂
複合材料特性	繊維含有率	wt%	65	65	65	65	65	65	69
	曲げ強度	GPa	0.96	0.95	0.92	0.96	0.79	0.91	0.76
	アイゾット衝撃強度	GPa	337	318	313	290	252	312	236
総合判定		○	○	○	×	×	×	×	×

PBO ポリベンゾオキサゾール繊維
 PE 超高分子量ポリエチレン繊維
 Kevlar 全芳香族ポリアミド繊維 (ケブラー29)
 CF 炭素繊維

【0024】

表1より本発明に属する実施例1～3の繊維強化複合材は曲げ特性、衝撃特性ともにバラ

10

20

30

40

50

ンスがとれて高水準にあり、特に衝撃特性は平均ポイド直径が大きなポリベンズオキサゾール繊維を補強材に用いた比較例 1 や低い引張強度・初期引張弾性率のポリベンズオキサゾール繊維を用いた比較例 2 及び補強繊維が超高分子量ポリエチレン繊維やポリパラフェニレンテレフタルアミド繊維である比較例 3 ~ 5 の繊維強化複合材に比べて衝撃性の著しく改善されていることが分かる。

【 0 0 2 5 】

【 発 明 の 効 果 】

本発明の繊維強化複合材料は従来の繊維強化複合材料に比べて高強力、高剛性、高衝撃強度である利点を有している。したがって本発明の繊維強化複合材料を用いると従来にない高機能を備えたスポーツ用品、例えばゴルフシャフト、テニス用ラケット等また運搬装置・設備、例えば航空機、自動車、自転車、船舶等の製造が可能になる。中でも繊維強化複合材料の主流である炭素繊維可強化複合材料に比べて落雷の危険性がないことも利点である。

フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

C08J 5/04-5/10,5/24

B29B 11/16,15/08-15/14