

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7149577号  
(P7149577)

(45)発行日 令和4年10月7日(2022.10.7)

(24)登録日 令和4年9月29日(2022.9.29)

(51)国際特許分類	F I
B 2 9 C 70/88 (2006.01)	B 2 9 C 70/88
B 2 9 C 43/20 (2006.01)	B 2 9 C 43/20
B 2 9 C 43/34 (2006.01)	B 2 9 C 43/34
B 2 9 C 70/20 (2006.01)	B 2 9 C 70/20
B 2 9 C 70/40 (2006.01)	B 2 9 C 70/40

請求項の数 4 (全11頁) 最終頁に続く

(21)出願番号	特願2018-194585(P2018-194585)	(73)特許権者	506019267 有限会社ヒロセ金型
(22)出願日	平成30年10月15日(2018.10.15)		岐阜県各務原市那加浜見町2丁目7番地
(65)公開番号	特開2020-62768(P2020-62768A)	(74)代理人	100140671 弁理士 大矢 正代
(43)公開日	令和2年4月23日(2020.4.23)	(72)発明者	山根 啓輔 岐阜県各務原市那加浜見町2丁目7番地 有限会社ヒロセ金型内
審査請求日	令和3年8月11日(2021.8.11)	審査官	北澤 健一

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 炭素繊維強化樹脂成形品の製造方法、及び炭素繊維強化樹脂成形品

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

強磁性体粒子を含有する熱硬化性樹脂を、炭素繊維を一方向に引き揃えたUD材に含浸させた強磁性体粒子含有プリプレグの一以上から、前記熱硬化性樹脂が硬化している状態の炭素繊維強化樹脂薄板を製造し、

該炭素繊維強化樹脂薄板の複数を、間に電気絶縁性の層を介在させて積層することを特徴とする炭素繊維強化樹脂成形品の製造方法。

【請求項2】

前記強磁性体粒子含有プリプレグは、強磁性体粒子を含有する熱硬化性樹脂フィルムを前記UD材に重ね合わせた状態で、前記熱硬化性樹脂が完全硬化しない温度で加熱しつつ加圧することにより製造する

ことを特徴とする請求項1に記載の炭素繊維強化樹脂成形品の製造方法。

【請求項3】

炭素繊維を一方向に引き揃えたUD材の炭素繊維と強磁性体粒子とが、硬化している状態の熱硬化性樹脂に保持されている炭素繊維強化樹脂薄板の複数が、間に電気絶縁性の層を介在させて積層された積層体であり、該積層体では、炭素繊維の方向が放射状をなしており、

炭素繊維の方向に磁場をかけたとき、炭素繊維の方向に直交する方向に磁場をかけたときに比べて透磁率が高い磁気異方性を示すことを特徴とする炭素繊維強化樹脂成形品。

## 【請求項 4】

炭素繊維を一方向に引き揃えたUD材の炭素繊維と強磁性体粒子とが、硬化している状態の熱硬化性樹脂に保持されている炭素繊維強化樹脂薄板の複数が、間に電気絶縁性の層を介在させて積層された積層体であり、

該積層体では、炭素繊維の方向が単一方向であり、

炭素繊維の方向に磁場をかけたとき、炭素繊維の方向に直交する方向に磁場をかけたときに比べて透磁率が高い磁気異方性を示す

ことを特徴とする炭素繊維強化樹脂成形品。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、炭素繊維強化樹脂成形品の製造方法、及び、該製造方法により製造される炭素繊維強化樹脂成形品に関するものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

炭素繊維強化樹脂(CFRP)は、軽量で機械的強度が高い。例えば、鉄と比べると、CFRPの比重は約1/5であり、引張強度は約6倍である。そのため、CFRPは金属材料に代替し得る材料として期待されているが、現状では、航空機や自動車の車体、釣り竿やゴルフクラブのシャフトなど構造材料としての使用に留まり、まだまだ用途が限定されている。

## 【0003】

本出願人は、これまで、切削が困難であると言われていたCFRPを容易に切削加工するノウハウを積み重ねると共に、CFRPの新規な用途を模索してきた。その過程で、既に、炭素繊維、未硬化の熱硬化性樹脂、及び強磁性体の粉末粒子を含有する混合原料から、炭素繊維強化樹脂成形品を製造することを提案している(この提案にかかる特許出願は出願公開前であるため、公知文献に該当しない)。これにより、炭素繊維強化樹脂成形品が強磁性を示すものとなり、炭素繊維強化樹脂成形品に新たな用途を提供することができる。

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0004】

本発明は、上記の提案にかかる研究開発の延長上にあるものであり、新たな特性を示すことにより更に新たな用途を有する炭素繊維強化樹脂成形品の製造方法、及び、該製造方法により製造される炭素繊維強化樹脂成形品の提供を、課題とするものである。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0005】

上記の課題を解決するため、本発明にかかる炭素繊維強化樹脂成形品の製造方法(以下、単に「製造方法」と称することがある)は、

「強磁性体粒子を含有する熱硬化性樹脂を、炭素繊維を一方向に引き揃えたUD材に含浸させた強磁性体粒子含有プリプレグの一以上から、前記熱硬化性樹脂が硬化している状態の炭素繊維強化樹脂薄板を製造し、

該炭素繊維強化樹脂薄板の複数を、間に電気絶縁性の層を介在させて積層する」ものである。

## 【0006】

本発明は、強磁性体粒子含有プリプレグから炭素繊維強化樹脂薄板(薄板状の炭素繊維強化樹脂成形品)を製造し、更に積層体としての炭素繊維強化樹脂成形品を製造するものである。具体的には、炭素繊維を一方向に引き揃えたUD材に、強磁性体粒子を含有する熱硬化性樹脂を含浸させた強磁性体粒子含有プリプレグの1プライ、または2プライ以上を重ね合わせた状態で、熱硬化性樹脂を完全硬化させて炭素繊維強化樹脂薄板とする。この炭素繊維強化樹脂薄板は、詳細は後述するように、従来の電磁鋼板に代替して使用する

10

20

30

40

50

ことが可能である。従って、金属材料より軽量で機械的強度が高い炭素繊維強化樹脂の利点を活かしつつ、従来の炭素繊維強化樹脂にはなかった新しい用途を提供することができる。

【0007】

また、炭素繊維強化樹脂薄板の厚さを小さくし、複数の炭素繊維強化樹脂薄板の間に電気絶縁性の層を介在させて積層することにより、外部からかける磁場の方向の変動によって誘導される渦電流による発熱としての損失である、渦電流損失を低下させることができる。

【0008】

本発明にかかる炭素繊維強化樹脂成形品の製造方法は、上記構成に加え、  
「前記強磁性体粒子含有プリプレグは、強磁性体粒子を含有する熱硬化性樹脂フィルムを前記UD材に重ね合わせた状態で、前記熱硬化性樹脂が完全硬化しない温度で加熱しつつ加圧することにより製造する」ものとして製造することができる。

10

【0009】

強磁性体粒子を含有する熱硬化性樹脂を炭素繊維のUD材に含浸させる方法としては、強磁性体粒子を含有する熱硬化性樹脂をUD材に直接塗布する方法、或いは、強磁性体粒子を含有する熱硬化性樹脂中にUD材を浸漬する方法も想到し得る。しかしながら、このような方法で熱硬化性樹脂を含浸させる場合、有機溶媒を多く添加して熱硬化性樹脂の粘性を低下させる必要がある。その場合、UD材において一方向に引き揃えられた炭素繊維を接合しているサイジング剤が有機溶媒によって溶けてしまい、炭素繊維がばらばらになったり方向が不揃いとなったりするおそれがある。これに対し、本構成では、予め強磁性体粒子を含有する熱硬化性樹脂をフィルム化しておき、これをUD材に重ね合わせて加熱しつつ加圧することにより含浸させるため、UD材のサイジング剤が有機溶媒によって溶解するおそれがない。

20

【0010】

また、強磁性体粒子を含有する熱硬化性樹脂をUD材に塗布する方法や、強磁性体粒子を含有する熱硬化性樹脂中にUD材を浸漬する方法では、強磁性体粒子がUD材の表面に付着する程度に留まったり、低粘度の樹脂液中に強磁性体粒子が沈殿したりするおそれがある。これに対し、本構成では、予め熱硬化性樹脂をフィルム化する際に強磁性体粒子を分散させておけば、UD材の全体に対して均一に分散した状態で、炭素繊維と炭素繊維との間に強磁性体粒子を導入させることができる。

30

【0011】

次に、本発明にかかる炭素繊維強化樹脂成形品は、  
「炭素繊維を一方向に引き揃えたUD材の炭素繊維と強磁性体粒子とが、硬化している状態の熱硬化性樹脂に保持されている炭素繊維強化樹脂薄板であり、  
炭素繊維の方向に磁場をかけたとき、炭素繊維の方向に直交する方向に磁場をかけたときに比べて透磁率が高い磁気異方性を示す」ものである。

【0012】

これは、上記の製造方法の過程で製造される炭素繊維強化樹脂薄板の構成である。詳細は後述するように、この炭素繊維強化樹脂薄板は炭素繊維の方向に対して磁気異方性を示すことが判明した。従って、この炭素繊維強化樹脂薄板を積層した炭素繊維強化樹脂成形品における炭素繊維の方向によって、磁気特性を制御することができる。

40

【0013】

本発明にかかる炭素繊維強化樹脂成形品は、上記構成に加え、  
「前記炭素繊維強化樹脂薄板の複数が、間に電気絶縁性の層を介在させて積層された積層体であり、  
該積層体では、炭素繊維の方向が単一方向である」ものである。

【0014】

これは、従来の方向性電磁鋼板に代替して炭素繊維強化樹脂薄板を使用した場合に例示される炭素繊維強化樹脂成形品の構成であり、トランスのコア材として適している。

50

## 【 0 0 1 5 】

本発明にかかる炭素繊維強化樹脂成形品は、上記構成に替えて、  
「炭素繊維を一方方向に引き揃えたUD材の炭素繊維と強磁性体粒子とが、硬化している状態の熱硬化性樹脂に保持されている炭素繊維強化樹脂薄板の複数が、間に電気絶縁性の層を介在させて積層された積層体であり、

該積層体では、炭素繊維の方向が放射状をなしており、炭素繊維の方向に磁場をかけたとき、炭素繊維の方向に直交する方向に磁場をかけたときに比べて透磁率が高い磁気異方性を示す」ものとすることができる。

## 【 0 0 1 6 】

上記のように、炭素繊維強化樹脂薄板を積層した炭素繊維強化樹脂成形品では、炭素繊維の方向によって磁気特性を制御することができるが、本構成では炭素繊維の方向を放射状としていることにより、特殊な磁気特性が発揮されると考えられる。例えば、電磁材料がモータのコア材や発電機のコア材など回転体である場合は、磁場の方向が変化する。そのため、種々の角度をとる炭素繊維が放射状をなしていれば、磁場の方向が変化しても常に何れかの角度をとっている炭素繊維の方向が磁場の方向と一致する。従って、本構成の炭素繊維強化樹脂成形品は、高い磁気異方性を有している炭素繊維強化樹脂薄板を使用しているものでありながら、従来の無方向電磁鋼板が適していた用途に適していると考えられる。

## 【 発明の効果 】

## 【 0 0 1 7 】

以上のように、本発明により、新たな特性を示すことにより更に新たな用途を有する炭素繊維強化樹脂成形品の製造方法、及び、該製造方法により製造される炭素繊維強化樹脂成形品を、提供することができる。

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 1 8 】

【 図 1 】 強磁性体粒子を含有している炭素繊維強化樹脂薄板の磁気異方性を示す磁化曲線である。

## 【 発明を実施するための形態 】

## 【 0 0 1 9 】

以下、本発明の具体的な実施形態である炭素繊維強化樹脂成形品の製造方法、及び、該製造方法により製造される炭素繊維強化樹脂成形品について説明する。

## 【 0 0 2 0 】

本実施形態の製造方法は、樹脂混合物調製工程と、フィルム化工程と、加熱加圧工程と、炭素繊維強化樹脂薄板製造工程と、積層工程とを具備している。

## 【 0 0 2 1 】

樹脂混合物調製工程では、未硬化の熱硬化性樹脂、揮発性有機溶媒、及び強磁性体粒子を含有し、強磁性体粒子が良好に分散している樹脂混合物を調製する。

## 【 0 0 2 2 】

熱硬化性樹脂としては、フェノール樹脂、エポキシ樹脂、シアネート樹脂、ポリイミド樹脂、不飽和ポリエステル樹脂、ビニルエステル樹脂を例示することができる。熱硬化性樹脂は加熱のみによって硬化するものであっても、加熱に加えて硬化剤の作用により硬化するものであっても良いが、硬化のために硬化剤を要する熱硬化性樹脂を使用する場合は、硬化剤を樹脂混合物に含有させる。更に硬化促進剤を樹脂混合物に含有させても良い。

## 【 0 0 2 3 】

熱硬化性樹脂としては、常温で液体であり、且つ、熱硬化性であるフェノール樹脂を好適に使用することができる。フェノール樹脂は、原料とするフェノール類やアルデヒド類の種類や割合、触媒の種類などの合成条件によって得られる樹脂の性質が異なり、熱硬化性、熱可塑性、常温硬化性のフェノール樹脂が存在する。また、常温で液体のフェノール樹脂の他にも、顆粒状、微粒子状など常温で固体のフェノール樹脂も存在する。常温で液体である熱硬化性のフェノール樹脂は、樹脂混合物を調製し易く、硬化剤を必要としない

10

20

30

40

50

利点がある。

【 0 0 2 4 】

また、熱硬化性樹脂としては、炭素繊維との接着性が高い液状型のエポキシ樹脂も好適に使用することができる。液状型のエポキシ樹脂の硬化剤としては、ジシアンジアミド、ジクロロフェニルジメチルウレア、フェノールノボラック、ジアミノジフェニルメタンを例示することができる。

【 0 0 2 5 】

揮発性有機溶媒としては、メチルエチルケトン、キシレン、シクロヘキサン、アセトン、エタノール、メタノールを例示することができる。

【 0 0 2 6 】

強磁性体粒子としては、鉄、コバルト、ニッケル、これらの合金、或いは、マンガン亜鉛フェライトやニッケル亜鉛フェライト等のソフトフェライトを使用することができる。

【 0 0 2 7 】

樹脂混合物調製工程では、熱硬化性樹脂と揮発性有機溶媒との混合物に強磁性体粒子を良好に分散させるために、二以上のロールを使用したロール混練機、二軸押出機など、せん断力の大きい混練・混合機を使用することができる。せん断力の大きい混練・混合機を使用することにより、強磁性体粒子が湿気等により凝集していても、一次粒子となるまで解砕し、熱硬化性樹脂と十分に混合して良好に分散させることができる。

【 0 0 2 8 】

フィルム化工程では、まず、樹脂混合物調製工程で調製された樹脂混合物を、離型シート上にコーティングする。離型シートとしては、紙や樹脂で形成されたシートにシリコン系樹脂などの離型剤が塗布されたシートを使用可能である。離型シート上への樹脂混合物のコーティングには、ブレードコーター、ナイフコーター、ロールコーター、バーコーターなどのコーター機を使用することができる。ブレードやナイフ等と離型シートとの距離により、コーティングされる樹脂混合物の厚さを調整することができる。

【 0 0 2 9 】

次に、離型シート上にコーティングされた樹脂混合物をフィルム化する。このフィルム化は、熱硬化性樹脂の完全硬化温度より低い温度で加熱し熱硬化性樹脂を半硬化させることにより、或いは、揮発性有機溶媒を揮発させて樹脂混合物の流動性を低下させることにより、或いはその双方により、行うことができる。フィルム化工程を経て、強磁性体粒子を含有する熱硬化性樹脂層が離型シートに支持された強磁性体粒子含有樹脂フィルムが形成される。

【 0 0 3 0 】

加熱加圧工程では、炭素繊維シートに強磁性体粒子含有樹脂フィルムを重ね合わせる。その際、強磁性体粒子含有樹脂フィルムでは、熱硬化性樹脂層側を炭素繊維シートに当接させる。炭素繊維シートとしては、一方向に引き揃えられた炭素繊維がサイジング剤で接合されたUD材を使用する。なお、炭素繊維としては、ポリアクリロニトリルを原料とするPAN系炭素繊維、石油や石炭のピッチを原料とするピッチ系炭素繊維の何れも使用可能である。

【 0 0 3 1 】

強磁性体粒子含有樹脂フィルムを炭素繊維シートに重ね合わせたら、その状態にある両者を一對のロールで両側から挟み込み、加圧しながら加熱する。ここでの加熱は、熱硬化性樹脂の完全硬化温度より低い温度で行う。加熱により流動性を増した熱硬化性樹脂は、ロールによる加圧に伴い、分散させた強磁性体粒子と共に炭素繊維シートに含浸する。ここで、強磁性体粒子含有樹脂フィルムは、炭素繊維シートの片面に重ね合わせること、炭素繊維シートの両面それぞれに重ね合わせることでもできるが、両面に重ね合わせれば、強磁性体粒子含有樹脂フィルムにおける熱硬化性樹脂層の厚さが薄くても、強磁性体粒子を含有する熱硬化性樹脂を炭素繊維シートに十分に含浸させることができるため、より望ましい。加熱加圧工程を経て、熱硬化性樹脂が完全硬化していない状態で、強磁性体粒子と共に炭素繊維シートに含浸しているシート状の強磁性体粒子含有プリプレグが製造され

10

20

30

40

50

る。

#### 【0032】

ここで、強磁性体粒子の直径、炭素繊維シートの厚さ、及び、シート状の強磁性体粒子含有プリプレグの厚さの関係を制御することにより、炭素繊維と炭素繊維との間に強磁性体粒子を介在させることができる。例えば、炭素繊維シートの厚さを100としたとき、その炭素繊維シートの両面から強磁性体粒子を含有する熱硬化性樹脂を含浸させて得た強磁性体粒子含有プリプレグの厚さを110未満とし、強磁性体粒子の直径を5以上とすれば、炭素繊維と炭素繊維との間に強磁性体粒子を介在させることができる。つまり、炭素繊維シートの表面に強磁性体粒子が付着しているに過ぎないものではないことに加え、炭素繊維シートの表面に強磁性体粒子を含有する熱硬化性樹脂の層が積層されているものでなく、炭素繊維と炭素繊維との間に強磁性体粒子が存在し、その状態で炭素繊維と強磁性体粒子とを熱硬化性樹脂が保持している構成の強磁性体粒子含有プリプレグとなる。ここで、炭素繊維シートの厚さが0.1mmのとき、強磁性体粒子の直径は5 $\mu$ m~25 $\mu$ mとすれば、炭素繊維と炭素繊維との間に強磁性体粒子を介在させつつ、炭素繊維と強磁性体粒子とが硬化性樹脂によって十分に保持された強磁性体粒子含有プリプレグを製造し易いため好適であり、強磁性体粒子の直径を5 $\mu$ m~10 $\mu$ mとすれば同じ理由でより好適である。また、後述のように渦電流損失を低減するためには、強磁性体粒子の直径は小さい方が望ましく、この点からも強磁性体粒子の直径は5 $\mu$ m~10 $\mu$ mとすると好適である。

10

#### 【0033】

このようにして製造された強磁性体粒子含有プリプレグは、常温まで冷却した状態で保存することができる。炭素繊維シートの片面から強磁性体粒子を含有する熱硬化性樹脂を含浸させた場合は、もう一方の面も離型シートで被覆した状態で保存する。

20

#### 【0034】

炭素繊維強化樹脂薄板製造工程では、上記のシート状の強磁性体粒子含有プリプレグを、離型シートから外し、加圧しつつ熱硬化性樹脂の完全硬化温度以上の温度で加熱して硬化させることにより、強磁性体粒子を含有する炭素繊維強化樹脂薄板（以下、「強磁性体粒子含有CFRP薄板」と称する）を得ることができる。このとき、強磁性体粒子含有プリプレグを複数プライ重ね合わせてから熱硬化させることにより、ハンドリングし易い厚さの強磁性体粒子含有CFRP薄板とすることができる。後述するように、渦電流損失を低減するためには、強磁性体粒子含有CFRP薄板の厚さは小さい方が望ましく、厚さ0.23mm~0.50mmとすると好適である。

30

#### 【0035】

ここで、炭素繊維の方向が単一方向となるように複数プライの強磁性体粒子含有プリプレグを重ね合わせてから熱硬化させた強磁性体粒子含有CFRP薄板について、外部磁場をかけたときの磁場の強さを振動試料型磁力計によって測定したところ、磁気異方性を示すことが確認された。具体的には、炭素繊維シートに対する割合として33.2質量%の鉄粒子を含有する強磁性体粒子含有プリプレグを、炭素繊維の方向が同一となるように重ね合わせて熱硬化させることにより、サイズ5mm $\times$ 5mm $\times$ 2mm厚さの強磁性体粒子含有CFRP薄板とした。この試料について、炭素繊維の方向と同一方向、及び、炭素繊維の方向に対して直交する方向に、それぞれ外部磁場をかけて磁場の強さを測定した。その結果を図1に示す。

40

#### 【0036】

図1から明らかなように、炭素繊維に対する何れの方向に外部磁場をかけた場合も、外部磁場を正逆方向に増加させるのに伴い磁化の強さが増加しており、強磁性を示している。また、炭素繊維に対する何れの方向に外部磁場をかけた場合も、磁化曲線において保持力は小さく、軟磁性を示している。そして、炭素繊維の方向と同一方向に外部磁場をかけた場合、炭素繊維の方向に対して直交する方向に外部磁場をかけた場合より磁化曲線が立ち上がる時の傾き（透磁率）が大きく、より磁化し易いことが分かる。これは、炭素繊維と炭素繊維との間に強磁性体粒子が介在することにより、炭素繊維の方向に沿って強磁

50

性体粒子が配列しており、その方向に磁性を示すためと考えられた。また、炭素繊維と炭素繊維との間に強磁性体粒子が介在することにより、炭素繊維の方向に対して直交する方向に外部磁場をかけた場合は、非磁性体である炭素繊維によって外部磁場が遮られて強磁性体粒子に作用しにくいと考えられた。

#### 【0037】

上記のように、本実施形態の強磁性体粒子含有CFRP薄板では、炭素繊維の方向に対して磁気異方性を示すことが判明したことから、強磁性体粒子含有CFRP薄板を従来の方向性電磁鋼板に代替して使用するという、新規な用途を想到した。例えば、磁化方向が単一方向であるトランスのコア材として、本実施形態の強磁性体粒子含有CFRPを使用して製造した炭素繊維強化樹脂成形品を使用することができる。コア材の磁束密度を高めるためには、磁化方向の変動によって誘導される渦電流による発熱としての損失である、渦電流損失を低下させる必要がある。そこで、上記のように、(1)強磁性体粒子の粒子径を小さくする(例えば、 $5\mu\text{m} \sim 10\mu\text{m}$ )、(2)強磁性体粒子含有CFRP薄板の厚さを小さくする(例えば、 $0.23\text{mm} \sim 0.50\text{mm}$ )ことに加え、(3)積層する強磁性体粒子含有CFRP薄板の間の電気抵抗を高める、ことが考えられる。

10

#### 【0038】

そこで、トランスのコア材としての炭素繊維樹脂成形品を製造する際の積層工程では、強磁性体粒子含有CFRP薄板の複数を、炭素繊維の方向を同一として積層するに当たり、層間に絶縁層を設ける。絶縁層は、電気絶縁性であることに加えて、強磁性体粒子含有CFRP薄板どうしを良好に接着できるもので形成することが望ましく、例えば、熱硬化性の樹脂接着剤を用いることができる。

20

#### 【0039】

また、強磁性体粒子含有CFRP薄板が炭素繊維の方向に対して磁気異方性を示すことを利用して、強磁性体粒子含有CFRP薄板を使用して製造する炭素繊維樹脂成形品において、磁化し易い方向を制御することができる。

#### 【0040】

ここで、モータのコア材や発電機のコア材は、回転体であるため、磁気異方性を示さない方が望ましい。そのため、従来、モータや発電機のコア材は、無方向性電磁鋼板を使用して製造されてきた。本実施形態では、モータのコア材や発電機のコア材としての炭素繊維樹脂成形品を製造する際の積層工程において、炭素繊維の方向が放射状となるように、複数の強磁性体粒子含有CFRP薄板を積層する。この場合も、渦電流損失を低下させるために、複数の強磁性体粒子含有CFRP薄板の層間に絶縁層を設ける。

30

#### 【0041】

回転体であるモータのコア材や発電機のコア材では、磁場の方向が変化する。これに対し、炭素繊維の方向を放射状としている本実施形態では、磁場の方向が変化しても常に何れかの角度をとっている炭素繊維の方向が磁場の方向と一致する。そのため、高い磁気異方性を示す強磁性体粒子含有CFRP薄板を使用しているものでありながら、従来は無方向性電磁鋼板が適していた用途であるモータのコア材や発電機のコア材としての炭素繊維樹脂成形品を製造することができる。

#### 【0042】

或いは、磁気異方性を示す本実施形態の強磁性体粒子含有CFRP薄板を使用して、モータのコア材や発電機のコア材としての炭素繊維樹脂成形品を製造する際の積層工程において、炭素繊維の方向が回転に対する周方向となるように、複数の強磁性体粒子含有CFRP薄板を積層する。この場合も、渦電流損失を低下させるために、複数の強磁性体粒子含有CFRP薄板の層間に絶縁層を設ける。

40

#### 【0043】

実際に、炭素繊維の方向が放射状となるように、複数の強磁性体粒子含有CFRP薄板を積層した炭素繊維樹脂成形品の試料E1と、炭素繊維の方向が周方向となるように、複数の強磁性体粒子含有CFRP薄板を積層した炭素繊維樹脂成形品の試料E2を、以下のように作製した。また、比較例としての試料Rを、以下のように作製した。

50

## 【 0 0 4 4 】

## &lt; 試料 E 1 &gt;

炭素繊維のUD材の両面に、強磁性体粒子含有樹脂フィルムを重ね合わせ、加熱加圧により強磁性体粒子含有プリプレグを得た。この強磁性体粒子含有プリプレグでは、強磁性体粒子として鉄粒子を使用し、熱硬化性樹脂としては、常温で液体であり熱硬化性であるフェノール樹脂を使用した。熱硬化樹脂及び揮発性有機溶媒の質量割合は、炭素繊維50質量%に対してそれぞれ45質量%及び5質量%であり、炭素繊維とフェノール樹脂との和に対する強磁性体粒子の割合は、質量比で1.7:1.2とした。強磁性体粒子含有プリプレグを炭素繊維の方向が直交する方向に4プライ重ね合わせ(0°+90°+0°+90°)、加圧しながら熱硬化させることにより、厚さ約0.4mmの強磁性体粒子含有CFRP薄板とした。このようにして作製された強磁性体粒子含有CFRP薄板の複数を、同一の中心軸に対して、それぞれの薄板の対応する層における炭素繊維の方向が30°をなすように積層した。各層間には、エポキシ系接着剤を用いて絶縁層を設けた。このような積層の方法によれば、強磁性体粒子含有CFRP薄板を三枚積層することによって、炭素繊維の方向が中心軸に対して30°間隔の放射状となる。このような積層を所定の回数繰り返すことにより得た積層体から、外径25mm、内径15mm、厚さ5mmの円環状の炭素繊維樹脂成形品の試料E1を得た。

10

## 【 0 0 4 5 】

## &lt; 試料 E 2 &gt;

試料E1と同様に得た強磁性体粒子含有プリプレグを、炭素繊維の方向を同一として4プライ重ね合わせ、円筒状のマンドレルに巻いた状態で加圧しながら熱硬化させて、円形に曲げられた、厚さ約0.4mmの強磁性体粒子含有CFRP薄板とした。このようにして作製された強磁性体粒子含有CFRP薄板の複数を、同一の中心軸に対して同心円状に積層し、各層間には試料E1と同一材料で同一厚さの絶縁層を設けた。このようにして得た積層体から、外径25mm、内径15mm、厚さ5mmの円環状の炭素繊維樹脂成形品の試料E2を得た。

20

## 【 0 0 4 6 】

## &lt; 試料 R &gt;

試料E1, E2と同一素材の炭素繊維を長さ6mmに切断した切断物を、試料E1, E2と同一の熱硬化性樹脂、揮発性有機溶媒、及び、試料E1, E2と同一の強磁性体粒子と混合し、混練物とした。混練物を乾燥させ、粉碎した。混練物の粉碎物における炭素繊維、熱硬化性樹脂、及び強磁性体粒子の質量割合は、試料E1, E2と同一とした。粉碎物を成形型に充填し、加圧しつつ加熱して熱硬化性樹脂を硬化させ、外径25mm、内径15mm、厚さ5mmの円環状の炭素繊維樹脂成形品の試料Rを得た。

30

## 【 0 0 4 7 】

試料E1, 試料E2, 試料Rのそれぞれについて、外部磁場をかけたときの磁場の強さを振動試料型磁力計によって測定した。その結果、それぞれの試料の最大磁束密度は次のようであった。

試料E1 : 0.40テスラ

試料E2 : 0.32テスラ

試料R : 0.20テスラ

40

## 【 0 0 4 8 】

比較例の試料Rは、炭素繊維を短く切断した切断物を熱硬化性樹脂と混合しているため、強磁性体粒子の配列方向が炭素繊維の方向によって規制されることはない。試料E2では、炭素繊維の方向を同心円状としていることにより、磁気異方性が発揮されないと考えられたが、試料Rより高い値の最大磁束密度を示した。これは、試料E2では、強磁性体粒子含有CFRP薄板の厚さを小さくすると共に、薄板間に絶縁層を設けているために、渦電流損失が低減されているためと考えられた。

## 【 0 0 4 9 】

そして、試料E1は、試料E2より更に高い値の最大磁束密度を示した。これは、試料

50



E 2と同様に強磁性体粒子含有CFRP薄板の厚さを小さくすると共に、薄板間に絶縁層を設けていることに加え、炭素繊維の方向を放射状としているために、何れかの角度をとっている炭素繊維の方向が外部磁場の方向と一致しているためと考えられた。

【0050】

なお、試料E 1，試料E 2，試料Rの密度は、それぞれ次のようであり、何れも平均的な電磁鋼板の密度（約 $7.8 \text{ g/cm}^3$ ）に比べて、かなり小さい値であった。

試料E 1： $2.67 \text{ g/cm}^3$

試料E 2： $2.36 \text{ g/cm}^3$

試料R： $2.18 \text{ g/cm}^3$

【0051】

以上のように、本実施形態の製造方法において得られる強磁性体粒子含有CFRP薄板は、従来の電磁鋼板に代替して使用することにより、モータや発電機のコア材、トランスのコア材としての炭素繊維樹脂成形品を製造することができる。従って、従来の電磁鋼板を使用したコア材の製造に習熟している作業者が、電磁鋼板を用いたコア材より軽量で機械的強度が高いという利点を有するコア材を、従前より慣れている作業と同様の作業によって容易に製造することができる。

【0052】

また、本実施形態の製造方法において得られる強磁性体粒子含有CFRP薄板は、炭素繊維の方向に磁場をかけると高い透磁率を示す磁気異方性を示すため、従来の方向性電磁鋼板に代替して使用することが可能であり、例えば、トランスのコア材を製造することができる。

【0053】

加えて、強磁性体粒子含有CFRP薄板が磁気異方性を示すことを利用し、最終的に製造される炭素繊維強化樹脂成形品における炭素繊維の方向によって、その磁気特性を制御することができる。例えば、炭素繊維の方向が放射状となるように、或いは、炭素繊維の方向が回転に対する周方向となるように（回転中心に対して同心円状となるように）強磁性体粒子含有CFRP薄板を積層することにより、磁場の方向が変化するモータや発電機のコア材としての用途に適した、最大磁束密度の高い炭素繊維強化樹脂成形品を製造することができる。

【0054】

なお、本実施形態の製造方法において得られる強磁性体粒子含有CFRP薄板を、従来の電磁鋼板に代替して使用することができ、電磁鋼板を積層した従来のコア材に関して鉄損を低減させるために採用されていた手段を応用できることは、これまで当業者が考えてもみなかったことであり、本発明者の検討によって初めて得られた有用な知見である。

【0055】

以上、本発明について好適な実施形態を挙げて説明したが、本発明は上記の実施形態に限定されるものではなく、以下に示すように、本発明の要旨を逸脱しない範囲において、種々の改良及び設計の変更が可能である。

【0056】

例えば、実施例の試料E 1では、炭素繊維の方向を $30^\circ$ 間隔として放射状とする場合を例示したが、 $15^\circ$ 間隔や $10^\circ$ 間隔など、より小さい角度間隔で放射状とすることもできる。

【0057】

また、上記の実施例では、強磁性体粒子の混合割合を、質量比で、（炭素繊維とフェノール樹脂の和）：強磁性体 =  $1.7 : 1.2$ とした場合を例示したが、炭素繊維強化樹脂成形品における強磁性体粒子の割合は、コア材とする場合の形状や、製品に求められる磁化の大きさに応じて、変更することができる。

10

20

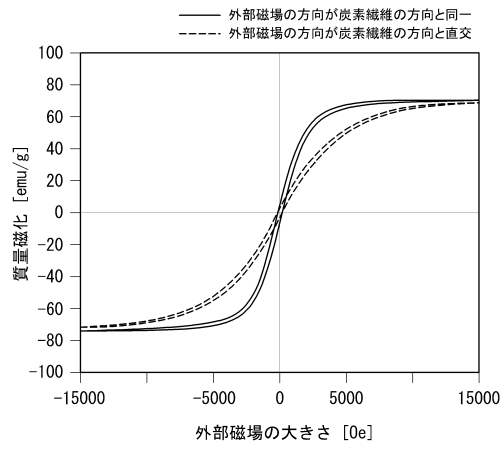
30

40

50

【図面】

【図 1】



10

20

30

40

50

## フロントページの続き

## (51)国際特許分類

F I

<b>B 3 2 B</b>	<b>27/04</b>	<b>(2006.01)</b>	B 3 2 B	27/04	Z
<b>B 3 2 B</b>	<b>27/18</b>	<b>(2006.01)</b>	B 3 2 B	27/18	H
B 2 9 K	101/10	(2006.01)	B 2 9 K	101:10	
B 2 9 K	105/10	(2006.01)	B 2 9 K	105:10	
B 2 9 L	9/00	(2006.01)	B 2 9 L	9:00	

## (56)参考文献

特表 2 0 1 0 - 5 1 9 0 7 4 ( J P , A )  
 米国特許出願公開第 2 0 1 5 / 0 2 3 1 8 0 5 ( U S , A 1 )  
 特開 2 0 1 6 - 1 0 8 3 9 8 ( J P , A )  
 国際公開第 2 0 1 8 / 1 7 5 1 3 4 ( W O , A 1 )  
 特開昭 6 3 - 2 9 0 7 3 6 ( J P , A )  
 特開 2 0 1 5 - 0 5 1 5 5 0 ( J P , A )  
 特開 2 0 1 1 - 0 1 2 0 9 3 ( J P , A )  
 特開 2 0 0 4 - 2 7 6 4 7 8 ( J P , A )  
 特開昭 6 3 - 1 1 1 0 3 8 ( J P , A )  
 特開 2 0 0 4 - 3 6 0 1 6 0 ( J P , A )  
 特開 2 0 1 9 - 0 0 6 9 6 0 ( J P , A )  
 特開 2 0 2 0 - 0 6 3 3 3 4 ( J P , A )

## (58)調査した分野 (Int.Cl., D B 名)

B 2 9 C 7 0 / 0 0 - 7 0 / 8 8  
 B 2 9 C 4 3 / 0 0 - 4 3 / 5 8  
 B 2 9 B 1 1 / 1 6  
 B 2 9 B 1 5 / 0 8 - 1 5 / 1 4  
 C 0 8 J 5 / 0 4 - 5 / 1 0  
 C 0 8 J 5 / 2 4  
 B 3 2 B 1 / 0 0 - 4 3 / 0 0