

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4013537号  
(P4013537)

(45) 発行日 平成19年11月28日(2007.11.28)

(24) 登録日 平成19年9月21日(2007.9.21)

(51) Int. Cl.	F I
FO4C 2/12 (2006.01)	FO4C 2/12 B
FO4C 15/00 (2006.01)	FO4C 2/12 A
	FO4C 15/00 D

請求項の数 7 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2001-382467 (P2001-382467)	(73) 特許権者	000005108
(22) 出願日	平成13年12月17日(2001.12.17)		株式会社日立製作所
(65) 公開番号	特開2003-184758 (P2003-184758A)		東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
(43) 公開日	平成15年7月3日(2003.7.3)	(74) 代理人	100100310
審査請求日	平成16年10月18日(2004.10.18)		弁理士 井上 学
		(72) 発明者	竹田 憲生
			茨城県土浦市神立町502番地 株式会社
			日立製作所 機械研究所内
		(72) 発明者	成瀬 友博
			茨城県土浦市神立町502番地 株式会社
			日立製作所 機械研究所内
		(72) 発明者	服部 敏雄
			茨城県土浦市神立町502番地 株式会社
			日立製作所 機械研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 繊維強化樹脂製スクリュロータ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

熱硬化性樹脂を繊維で強化した繊維強化樹脂製スクリュロータにおいて、強化繊維に熱硬化性樹脂を含浸したシートで表面層を形成し、補強用短繊維と熱硬化性樹脂を混練して得られる予備成形材料を該表面層と中心軸の間に充填してロータ歯部を成形することを特徴とする繊維強化樹脂製スクリュロータ。

【請求項2】

表面層の繊維配向をスクリュロータの円周に沿う方向としたことを特徴とする請求項1記載の繊維強化樹脂製スクリュロータ。

【請求項3】

表面層の繊維配向をスクリュロータ稼動時のロータの主応力に沿う方向としたことを特徴とする請求項1記載の繊維強化樹脂製スクリュロータ。

【請求項4】

表面層がガラス繊維、炭素繊維もしくはアラミド繊維を含むシートモールディングコンパウンドで構成されることを特徴とする請求項1記載の繊維強化樹脂製スクリュロータ。

【請求項5】

表面層と中心軸の間に充填する予備成形材料がガラス繊維、炭素繊維もしくはアラミド繊維を含むバルクモールディングコンパウンドで構成されることを特徴とする請求項1記載の繊維強化樹脂製スクリュロータ。

【請求項6】

熱硬化性樹脂を繊維で強化した繊維強化樹脂製スクリュロータにおいて、強化繊維に熱硬化性樹脂を含浸したシートを予め金型内に配置し、該シートと中心軸の間に補強用短繊維と熱硬化性樹脂を混練して得られる予備成形材料を射出成形、またはトランスファ成形してロータ歯部を成形することを特徴とする繊維強化樹脂製スクリュロータの製造法。

【請求項7】

熱硬化性樹脂を繊維で強化した繊維強化樹脂製スクリュロータにおいて、強化繊維に熱硬化性樹脂を含浸したシートを金型内に配置し、金型を回転させて遠心力で表面層を形成した後、補強用短繊維と熱硬化性樹脂を混練して得られる予備成形材料を該表面層と中心軸の間に充填してロータ歯部を成形することを特徴とする繊維強化樹脂製スクリュロータの製造法。

10

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、繊維強化樹脂製スクリュロータに関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来の繊維強化樹脂製スクリュロータは、例えば、特開平10-141262号公報に記載のように、成形金型に中心軸を収容したのち、強化繊維を含む熱硬化性樹脂からなるロータ歯部を中心軸の外周に一体成形したのがある。ここで、強化繊維は繊維長が10mm以下の短いガラス繊維、炭素繊維あるいはアラミド繊維などで強化したものである。

20

【0003】

また、特開平2-27180号公報に記載のように、ロータ表面の潤滑性、耐摩耗性を向上させるため、成形した繊維強化樹脂製のロータ歯部をフッ素樹脂などでコーティングしたのがある。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

一般的に繊維強化樹脂製ロータは、限られた小型、小容量のロータにしか応用されていない。これは、従来のように短繊維強化樹脂製の一体構造ロータは、大型、大容量のロータでは強度および耐衝撃性が不足し、割れ破壊が発生する問題があるためである。

また、繊維強化樹脂製ロータは耐摩耗性に乏しいことが原因で、ロータ表面が摩耗して圧縮効率が低下したり、高温高湿下での寸法安定性が悪かったりするため、ロータ歯部の変形によって異常摩耗が生じる問題があった。

30

さらに、樹脂の成形収縮率、線膨張係数が大きいいため、成形時に要求される寸法精度を満足できず、特に中、大型のロータでは寸法精度の問題が致命的であるため実用化には至っていない。

【0005】

本発明の目的は、強度、耐衝撃性および耐摩耗性に優れ、かつ寸法精度、寸法安定性の高い繊維強化樹脂製ロータおよびその製造法の提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】

上記目的は、熱硬化性樹脂を繊維で強化した繊維強化樹脂製スクリュロータにおいて、強化繊維に熱硬化性樹脂を含浸したシートで表面層を形成し、補強用短繊維と熱硬化性樹脂を混練して得られる予備成形材料を該表面層と中心軸の間に充填してロータ歯部を成形することにより達成される。

40

【0007】

また、上記目的は、表面層の繊維配向をスクリュロータの円周に沿う方向としたことにより達成される。

【0008】

また、上記目的は、表面層の繊維配向をスクリュロータ稼動時のロータの主応力に沿う方向としたことにより達成される。

50

## 【0009】

また、上記目的は、表面層がガラス繊維、炭素繊維もしくはアラミド繊維を含むシートモールディングコンパウンドで構成されることすることにより達成される。

## 【0010】

また、上記目的は、表面層と中心軸の間に充填する予備成形材料がガラス繊維、炭素繊維もしくはアラミド繊維を含むバルクモールディングコンパウンドで構成されることすることにより達成される。

## 【0011】

また、上記目的は、熱硬化性樹脂を繊維で強化した繊維強化樹脂製スクリュロータにおいて、強化繊維に熱硬化性樹脂を含浸したシートを予め金型内に配置し、該シートと中心軸の間に補強用短繊維と熱硬化性樹脂を混練して得られる予備成形材料を射出成形、またはトランスファ成形してロータ歯部を成形することにより達成される。

10

## 【0012】

## 【発明の実施の形態】

以下、この発明を具体化した実施の形態を添付図を参照して説明する。

## 【0013】

図1は、本発明の繊維強化樹脂製スクリュロータの一実施例を示す側面図である。

図2は、図1のA-A'線断面図である。

図3は、図1のB-B'線断面図である。

図1～図3において、表面層1は強化繊維に樹脂を含浸した予備成形シートを成形して形成される。予備成形シートには、繊維長10～100mmにチョップされた強化繊維を不織布に加工した後、樹脂を含浸して成形されたSMC、あるいは連続した繊維を織物状に加工したシートに樹脂を含浸したSMC、あるいは樹脂に低吸収剤、難燃剤、着色剤などの副資材を混練している。ついで、均一に分散した混合材に増粘剤を混合したコンパウンドに、繊維長10～100mmにチョップされた強化繊維を圧着含浸させたSMCなどが適用される。

20

## 【0014】

特定の方向への配向が多くなるように、チョップした繊維の分散を調節したSMC、あるいは連続繊維を織物状に加工したものに樹脂を含浸したSMCでは、繊維方向がスクリュロータの円周方向や主応力方向に一致するように金型内にSMCを配置して表面層1を形成する。これにより、強度が必要な箇所、方向を効率的に強化した表面層1が形成できる。2は中心軸である。3は短繊維強化樹脂層である。

30

## 【0015】

ところで、成形型の表面に繊維強化樹脂層3を形成する方法として、ハンドレイアップ法やスプレーアップ法が一般的であるが、両者は大型成形品へ適用される方法である。スクリュロータの金型表面は閉じた空間内にあり、ロータ径が最大でも250mm程度であることを考えれば、ハンドレイアップ法やスプレーアップ法による表面層の形成は不可能である。

## 【0016】

SMCは常温では軟質かつ粘着性の無いシートであるため、複雑な形状をもつスクリュロータの金型でも、容易に金型内の任意の位置にシートを配置できる。また、SMCは粘土状であり、粘度が高いため、表面層成形時の加熱、加圧によって強化繊維が過度に流動することが無く、繊維強化したいスクリュロータ歯部の適切な位置に強化繊維を配置することができ、均一な厚さの表面層が形成できる。

40

## 【0017】

粘度の低い液状の成形材料と強化繊維を金型内に投入して、金型を回転させる遠心成形による表面層の成形では、成形時に強化繊維および樹脂が大きく流動する。スクリュロータでは、歯先円と歯底円の径が極端に違うので、前記遠心成形では強化繊維および樹脂が流動し、強化繊維の不適配置や表面層厚さの偏りが生じてしまう。それに比べて、粘度の高いSMCではスクリュロータに強化繊維が所望の位置に配置され、かつ均一な厚さの表

50

面層が形成できる。

【0018】

歯車のように、中心軸方向には断面形状の変化が無い部品であれば、円板もしくは円環状の繊維強化樹脂を成形した後に、歯部を機械切削により形成することが比較的容易であるが、スクリュロータのように、中心軸方向に断面形状が変化する部品では機械切削による歯部の形成は容易でない。

したがって、ロータ表面が繊維強化された樹脂製スクリュロータの成形には、機械切削を必要としないSMCによる表面層の形成が有効である。

【0019】

SMCの樹脂としては、不飽和ポリエステル、ビニルエステルなどの熱硬化性樹脂が使用される。不飽和ポリエステルは安価であり、かつ硬化条件を目的に応じて変化させることができるため、成形の自由度が非常に大きい。スクリュ圧縮機の圧縮作用空間内に水を噴出して該空間内の潤滑、冷却および密封を行うようにした水潤滑式スクリュ圧縮機では、スクリュロータは高温高湿環境下で稼動する。不飽和ポリエステルは、高温高湿下での寸法安定性に優れているため、水潤滑式スクリュ圧縮機のスクリュロータの材料として好適である。

また、低収縮率、耐衝撃性、耐摩耗性など、様々な特性を有する不飽和ポリエステルのSMCが市販されているので、用途に応じた選択ができる。ビニルエステルをマトリックス樹脂としたSMCは、不飽和ポリエステルのものより高強度となるので、大容量のスクリュ圧縮機のロータ材としての適用が考えられる。

【0020】

SMCの強化繊維としてはガラス繊維、炭素繊維などの無機繊維、アラミド繊維、ポリアリレート繊維、高強度ポリエチレン繊維などの有機繊維が適用される。

【0021】

ガラス繊維は不飽和ポリエステル樹脂、エポキシ樹脂、フェノール樹脂などの熱硬化性樹脂とカップリング剤を介して強固な化学結合するので、安価かつ強度の高い表面層1が形成できる。炭素繊維は軽くて強いので、特にスクリュロータの表面付近に使用すれば、ロータ表面のき裂とともにロータの回転の遠心力を低減でき、遠心力によるロータ破壊を防止できる。有機繊維は、炭素繊維よりも軽く、強靱な性質を有するため、衝撃特性、振動減衰特性に優れている。

【0022】

したがって、有機繊維を表面層に適用すれば、ロータの回転時の遠心力を大幅に低減でき、かつ起動時の衝撃負荷に対して強度的な信頼性が高くなる。アラミド繊維は耐摩耗性に優れるため、ロータ表面の摩耗による圧縮効率低下の少ないスクリュ圧縮機が実現できる。

ポリアリレート繊維は、ポリエステル系の繊維であるため、水を吸わないので、水潤滑式のスクリュ圧縮機のロータに採用すれば、寸法安定性に優れたロータを実現できる。高強度ポリエチレン繊維は、有機繊維の中でも最も高強度、高弾性の繊維に分類されるため、強度的に優れた表面層を形成できる。

【0023】

表面層1と中心軸2の間には補強用短繊維と熱硬化性樹脂を混練して得られる予備成形材料を充填した短繊維強化樹脂層3がある。この予備成形材料には、樹脂と低収縮剤、着色剤などの副資材をニーダーで混練し、ついで増粘剤を混合して強化繊維を均一に分散したBMCなどが適用される。

【0024】

BMCの樹脂は不飽和ポリエステル樹脂などの熱硬化性樹脂が使用される。不飽和ポリエステルをマトリックス樹脂としたBMCは、低収縮剤などの副資材を調整することにより、成形収縮率を0~0.02%、線膨張係数を $20 \times 10^{-6} / K$ 以下とすることができるため、寸法精度に優れた成形が可能である。特に、複雑な3次元形状を有するスクリュロータでは切削加工が非常に複雑となるため、金型による一体成形ができれば製作コスト

10

20

30

40

50

を大幅に削減できる。また、不飽和ポリエステル(BMC)は、温度や湿度に対する寸法安定性に優れているので、水潤滑式スクリュウ圧縮機のロータ材として適用できる。

#### 【0025】

補強用短繊維としては、ガラス繊維、炭素繊維などの無機繊維、アラミド繊維、ポリアリレート繊維、高強度ポリエチレン繊維などの有機繊維が適用される。ガラス繊維は不飽和ポリエステル樹脂、エポキシ樹脂、フェノール樹脂などの熱硬化性樹脂とカップリング剤を介して強固な化学結合するので、安価かつ高強度の繊維強化樹脂層となる。

炭素繊維は軽くて強いので、炭素繊維を強化繊維とすれば、スクリュウロータ全体が軽量となり、スクリュウ圧縮機の起動時における原動駆動機の瞬時負荷力を大幅に低減できるほか、ロータの回転の遠心力によるロータ破壊を防止できる。有機繊維は、炭素繊維よりも軽く、強靱な性質を有するため、衝撃特性、振動減衰特性に優れている。有機繊維を短繊維強化樹脂層に適用すれば、前記炭素繊維強化型の特徴に加えて、スクリュウ圧縮機の起動時の衝撃負荷に対してスクリュウロータの強度的な信頼性が高くなる。

10

#### 【0026】

図4は、本発明の繊維強化樹脂製スクリュウロータの製造工程を示す図である。

図4において、表面層1は、強化繊維に熱硬化性樹脂を含浸したSMCのシート5を予め金型6内に配置し、シート5と中心軸2の間7に補強用短繊維と熱硬化性樹脂を混練して得られる予備成形材料を射出成形、またはトランスファ成形してロータ歯部を形成する。

#### 【0027】

このような製造方法では、強化繊維に熱硬化性樹脂を含浸したシートを材料とする表面層1とその内部の短繊維強化樹脂層3を同時に成形できるため、製造工程の増加に伴うコストを低減できる。

20

また、同時に成形することによって、表面層1とその内側の繊維強化樹脂層3の接着性が良好なロータが製造できる。さらに、スクリュウロータのような複雑な形状であっても、ロータ表面にほぼ均一な厚さの表面層1が形成できる。

#### 【0028】

強化繊維に熱硬化性樹脂を含浸したシートを金型6内に配置した後、金型を回転させて遠心力で表面層1を形成することもできる。SMCのように軟質なシートの場合、このような製造方法でも繊維および樹脂が過度に流動することなく、厚さが均一な表面層を形成できる。

30

#### 【0029】

前記実施例では表面層1のみを強化繊維に熱硬化性樹脂を含浸したシートで形成しているが、該シートで中心軸近傍に中心層を形成することもできる。

#### 【0030】

図5は、本発明の第2の実施形態を備えた繊維強化樹脂製スクリュウロータの断面図であり、図2に相当する図である。

図6は、図5に同じく第2の実施形態を備えた繊維強化樹脂製のスクリュウロータの断面図であり、図3に相当する図である。

図5、図6において、スクリュウロータの形状によっては、稼働時の遠心力に起因する発生応力が中心層4で極端に大きくなる場合がある。このような場合、短繊維強化層3よりも強度が高い中心層4を形成することが有効である。表面層1を形成したSMCを中心層にも使用すれば、スクリュウロータ稼働時の主応力方向に相当する円周方向に繊維が配向させることができ、かつ均一な厚さの中心層を容易に形成できる。

40

#### 【0031】

図7は、第2の実施形態を備えたスクリュウロータの製造行程を示す図である。

図7において、表面層1および中心層4となるSMCのシート5を予め金型内に配置し、表面層シートと中心層シートから成る空間8に補強用短繊維と熱硬化性樹脂を混練して得られる予備成形材料を射出成形、またはトランスファ成形して短繊維強化層を形成する。このような成形方法により、表面層、中心層と短繊維強化層の接着性が良好なロータを製造する。

50

## 【0032】

以上のように本発明は、強化繊維に熱硬化性樹脂を含浸したシートで表面層を成形することにより、ロータ表面付近を長さ10～100mmにチョップされた比較的長い繊維、あるいは連続繊維で強化することができるため、ロータ表面の割れおよびロータ歯部の変形に起因する異常摩耗が生じにくい。一方、表面層と中心軸の間も繊維強化樹脂で充填されるため、高速回転時の遠心力に起因するロータの破壊も起こりにくい。

## 【0033】

また、ロータ稼動時に支配的なロータ表面付近の周方向応力を、円周方向に沿った強化繊維で効率的に緩和できる。したがって、ロータ表面の割れおよびロータ歯部の変形に起因する異常摩耗が生じにくい。

10

## 【0034】

また、ロータ稼動時に発生するロータ表面付近の応力に沿って強化繊維が配向されているため、ロータ表面の割れが生じにくい。一方、強化繊維によりロータ歯部の変形が抑えられるため、変形に起因する異常摩耗が生じにくい。

## 【0035】

また、熱可塑性樹脂に比べて成形収縮率、線膨張係数が小さいシートモールディングコンパウンド(以下SMC)を表面層とするため、成形品の寸法精度が良い。ガラス繊維を強化繊維とすれば、安価で高強度のロータが実現できる。炭素繊維を強化繊維とすれば、軽量かつ高強度のロータが実現できる。アラミド繊維を強化繊維とすれば、高強度かつ耐衝撃性、耐摩耗性に優れたロータが実現できる。

20

## 【0036】

また、バルクモールディングコンパウンド(以下BMC)の成形収縮率が0～0.02%であり、線膨張係数も $20 \times 10^{-6} / K$ 以下と小さいため、成形品の寸法精度が非常に良い。ガラス繊維は安価であり、マトリックス樹脂と強固に化学結合するため、安価で遠心力に起因するロータの破壊を防止することができる。炭素繊維はガラス繊維より軽く、発生する遠心力を低減できるため、炭素繊維を適用したロータでは、遠心力に起因するロータの破壊が起こりにくい。アラミド繊維は高強度かつ耐衝撃性に優れたため、遠心力に起因するロータの破壊が起こりにくく、起動時に生じる衝撃負荷に対しても信頼性が高い。

## 【0037】

また、強化繊維に熱硬化性樹脂を含浸したシートを材料とする表面層とその内部の短繊維強化樹脂層を同時に成形できるため、製造工程の増加に伴うコストを低減できる。一方、同時に成形することによって、表面層とその内側の繊維強化樹脂層の接着性が良好なロータが製造できる。

30

## 【0038】

更に、回転による遠心力が強化繊維に熱硬化性樹脂を含浸したシートに均一に加わるため、厚さが均一な表面層を形成することができる。したがって、強度や耐衝撃性など機械的特性のばらつきの少ないロータが製造できる。

## 【0039】

## 【発明の効果】

本発明によれば、強度、耐衝撃性および耐摩耗性に優れ、かつ寸法精度、寸法安定性の高い繊維強化樹脂製スクリュロータを提供できる。

40

## 【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、本発明の実施の形態における一つの繊維強化樹脂製スクリュロータを概略示す側面図である。

【図2】図2は、図1のA-A'断面図である。

【図3】図3は、図1のB-B'断面図である。

【図4】図4は、同上実施の繊維強化樹脂製スクリュロータの製造方法を概略示す断面図である。

【図5】図5は、本発明の他の実施形態を備えた繊維強化樹脂製スクリュロータの図2相当断面図である。

50

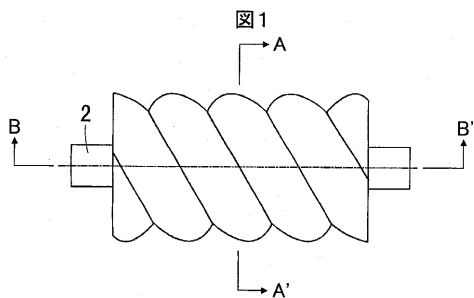
【図6】図6は、同上実施形態を備えた繊維強化樹脂製スクローターの図3相当断面図である。

【図7】図7は、同上実施形態を備えた繊維強化樹脂製スクローターの製造方法を示す断面図である。

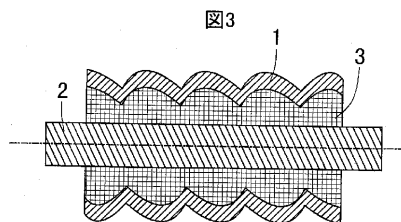
【符号の説明】

- 1 ... 表面層、2 ... 中心軸、3 ... 短繊維強化樹脂層、4 ... 中心層、5 ... SMC、6 ... 金型、7 ... 表面層シートと中心軸から成る空間、8 ... 表面層シートと中心層シートから成る空間。

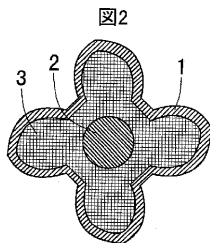
【図1】



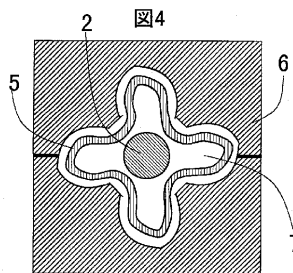
【図3】



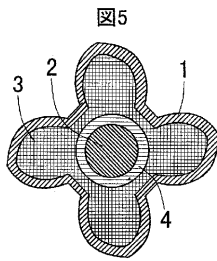
【図2】



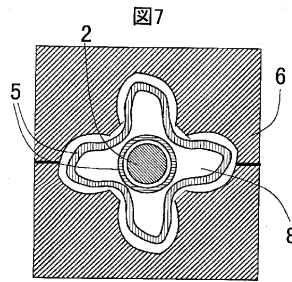
【図4】



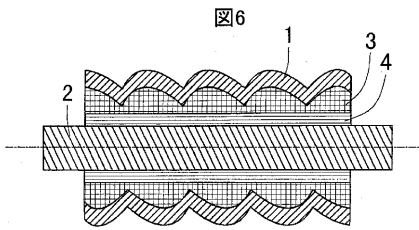
【 図 5 】



【 図 7 】



【 図 6 】





---

フロントページの続き

(72)発明者 高津 恭

茨城県土浦市神立町603番地 株式会社 日立製作所 産業機械システム事業部内

審査官 種子 浩明

(56)参考文献 特開平02-027180(JP,A)

特開平02-075789(JP,A)

特開平01-294985(JP,A)

特開平10-141262(JP,A)

特開平08-233448(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F04C 2/12

F04C 2/16

F04C 18/16

F04C 15/00

F04C 29/00