

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号
特開2022-104876
(P2022-104876A)

(43)公開日 令和4年7月12日(2022.7.12)

(51)国際特許分類	F I	テーマコード (参考)
H 0 2 K 3/34 (2006.01)	H 0 2 K 3/34 C	3 H 1 7 8
F 0 3 D 9/25 (2016.01)	F 0 3 D 9/25	5 H 6 0 4
H 0 2 K 55/04 (2006.01)	H 0 2 K 55/04	5 H 6 0 7
H 0 2 K 7/18 (2006.01)	H 0 2 K 7/18 A	

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L 外国語出願 (全24頁)

(21)出願番号 特願2021-192647(P2021-192647)	(71)出願人 513131419
(22)出願日 令和3年11月29日(2021.11.29)	ゼネラル エレクトリック レノバプレス
(31)優先権主張番号 20383176.3	エスパーニャ, エセ・エレ・
(32)優先日 令和2年12月30日(2020.12.30)	スペイン国 0 8 0 0 5 パルセロナ,
(33)優先権主張国・地域又は機関 欧州特許庁(EP)	カイエ ログ ブルナト 7 8
	(74)代理人 100105588
	弁理士 小倉 博
	(74)代理人 100129779
	弁理士 黒川 俊久
	(72)発明者 アンドリュー・トーマス・クロス
	アメリカ合衆国、ニューヨーク州 1 2
	3 0 9 - 1 0 2 7、ニスカユナ、リサー
	チ・サークル 1
	(72)発明者 デイビッド・トレイ
	アメリカ合衆国、ニューヨーク州 1 2
	最終頁に続く

(54)【発明の名称】 電機子セグメント、電機子、およびそれらの組み立て方法

(57)【要約】

【課題】風力タービンの超電導発電機用の電機子のための電機子モジュールまたはセグメント、ならびにそのような電機子セグメントおよび電機子を組み立てるための方法を提供する。

【解決手段】本開示は、電気機械用の電機子のための電機子セグメントに関する。電機子セグメントは、複数のコイルと、構造的サポートを複数のコイルに提供する電気絶縁支持構造とを備えることができる。電機子は、複数の電機子セグメントを備えることができる。本開示はさらに、そのような電機子セグメントおよび電機子を組み立てるための方法に関する。

【選択図】図 4

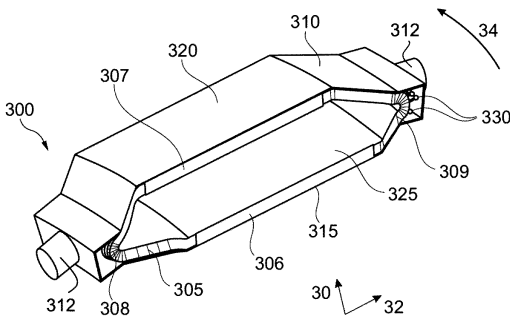


Fig. 4

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

超電導電気機械用の電機子（204）のための電機子セグメント（300）であって、複数のコイル（305）であって、円周方向（34）に沿って間隔を置いて配置される複数のコイル（305）と、
構造的支持を前記複数のコイル（305）に提供する電気絶縁支持構造（310）とを備え、
前記コイル（305）は、第1の側部部分（306）および第2の側部部分（307）を備え、前記第1および第2の側部部分（306、307）は、端部部分（308、309）を介して接続され、前記第1および第2の側部部分（306、307）は、互いに半径方向（30）および円周方向（34）に変位している、
電機子セグメント（300）。

10

【請求項 2】

前記電気絶縁支持構造（310）は、
第1の電気絶縁壁（315）と、第2の電気絶縁壁（320）とを備え、前記第2の電気絶縁壁（320）は、前記第1の電気絶縁壁（315）から半径方向に距離を置いて載置され、前記複数のコイル（305）は、前記第1の電気絶縁壁（315）と前記第2の電気絶縁壁（320）との間に載置される、
請求項1に記載の電機子セグメント（300）。

20

【請求項 3】

前記電気絶縁支持構造（310）は、
前記複数のコイル（305）のうちの前記コイル（305）の第1の側部部分（306）と第2の側部部分（307）との間にあり、円周方向（34）に沿って延びる電気絶縁コイル側セパレータ（325）
をさらに備える、請求項2に記載の電機子セグメント（300）。

【請求項 4】

前記電気絶縁支持構造（310）は、
前記複数のコイル（305）を囲む繊維および樹脂を含む複合材料を含む、請求項1に記載の電機子セグメント（300）。

【請求項 5】

前記電気絶縁支持構造（310）は、前記複数のコイル（305）が配置されている治具（610）を備え、前記複合材料は、前記治具（610）を囲む、請求項4に記載の電機子セグメント（300）。

30

【請求項 6】

複数の冷却チャネル（700）をさらに備える、請求項1乃至5のいずれか1項に記載の電機子セグメント（300）。

【請求項 7】

円周方向（34）に沿って電機子支持構造（1000）に取り付けられた請求項1乃至6のいずれか1項に記載の複数の電機子セグメント（300）を備える、電気機械用の電機子（204）。

40

【請求項 8】

磁場発生器（202）と、
前記磁場発生器（202）と同心に載置された超電導界磁巻線（208）と、
請求項7に記載の電機子（204）と
を備える、超電導発電機（200）。

【請求項 9】

風力タービンタワー（170）と、前記タワー（170）の上部のナセル（161）と、
前記ナセル（161）に装着された1つまたは複数の風力タービンブレード（120）を含むロータ（115）と、請求項8に記載の超電導発電機（200）とを備える、風力タービン（160）。

50

【請求項 10】

超電導電気機械用の電機子(204)を組み立てるための方法(900、1400)であって、
複数の電機子セグメント(300)を設けること(910)であって、前記電機子セグメント(300)は、複数のコイル(305)、および構造的サポートを複数のコイル(305)に提供する電気絶縁支持構造(310)を含むことと、
前記複数の電機子セグメント(300)を電機子支持構造(1000)に取り付けること(920)と
を含む、方法(900、1400)。

【請求項 11】

複数の電機子セグメント(300)を前記電機子支持構造(1000)に取り付けること(920)は、前記複数の電機子セグメント(300)を前記電機子支持構造(1000)に取り付ける前に、複数の電機子セグメント(300)を外側電機子セグメント支持体(1100)に取り付けることとを含む、請求項10に記載の方法(900、1400)。

【請求項 12】

複数の電機子セグメント(300)を前記電機子支持構造(1000)に取り付けること(920)は、複数の電機子セグメントアセンブリカート(1200)を使用して、前記電機子支持構造(1000)に取り付けられる複数の電機子セグメント(300)を移動させることを含む、請求項10または11に記載の方法(900、1400)。

【請求項 13】

複数の電機子セグメント(300)を前記電機子支持構造(1000)に取り付けること(920)は、前記複数の電機子セグメント(300)を前記電機子支持構造(1000)に取り付ける前に、シールド(1210)を電機子支持構造(1000)に取り付けることを含む、請求項10乃至12のいずれか1項に記載の方法(900、1400)。

【請求項 14】

複数の電機子セグメント(300)を設けること(910)は、
複数のコイル(305)を第1の電気絶縁壁(315)に取り付けることと、
第2の電気絶縁壁(320)を前記第1の絶縁壁(315)に既に取り付けられている前記複数のコイル(305)に取り付けることと
を含む、請求項10乃至13のいずれか1項に記載の方法(900、1400)。

【請求項 15】

複数の電機子セグメント(300)を設けること(910)は、
治具(610)内に複数のコイル(305)を配置すること(1410)と、
前記治具(610)内に配置された前記複数のコイル(305)を繊維および樹脂で囲むこと(1420)と、
前記樹脂を硬化させること(1430)と
を含む、請求項10乃至13のいずれか1項に記載の方法(900、1400)。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本開示は、超電導電気機械用の電機子に関する。より詳細には、本開示は、風力タービンの超電導発電機用の電機子のための電機子モジュールまたはセグメント、ならびにそのような電機子セグメントおよび電機子を組み立てるための方法に関する。

【背景技術】**【0002】**

一般に、現代の風力タービンは、電気を送電網に供給するために使用されている。この種の風力タービンは、一般に、タワーと、タワー上に配置されたロータとを備える。典型的にはハブおよび複数のブレードを備えるロータは、ブレードへの風の影響下で回転するようになっている。前記回転は、通常、ロータシャフトを通して発電機に直接またはギアボ

10

20

30

40

50

ックスを通して伝達されるトルクを生成する。このようにして、発電機は、送電網に供給することができる電気を発生する。

【0003】

風力タービンハブは、ナセルの前部に回転可能に結合されてもよい。風力タービンハブは、ロータシャフトに接続することができ、次いでロータシャフトは、ナセルの内側のフレームに配置された1つまたは複数のロータシャフト軸受を使用してナセル内に回転可能に装着することができる。ナセルは、例えば、ギアボックス（存在する場合）および発電機、ならびに風力タービンに応じて、電力変換器、および補助システムなどのさらなる構成要素を収容および保護する風力タービントワーの上部に配置されたハウジングである。

【0004】

ナセル内の発電機は、超電導発電機であってもよい。超電導発電機は、磁場発生器および電機子を有することができ、磁場発生器は、磁場を生成するように構成され、電機子は、電機子および磁場発生器の相対運動によって生成される時変磁場に起因してその巻線に誘導される電圧を支持するように構成される。この目的のために、一例では、磁場発生器は静止していてもよく、電機子は、例えば、シャフトによって回転可能であってもよい。特に、シャフトは、風力タービンロータのロータシャフトであってもよい。

【0005】

磁場発生器は、十分に低い温度において超電導状態に遷移する導電性材料を含む超電導巻線を備えることができる。そのため、超電導巻線は、いかなる散逸も受けることなく非常に高い電流密度を支持し、したがって、例えば、約7 T（テスラ）以上の非常に高い磁場を生成することができる。したがって、従来の非超電導発電機と比較して、従来の発電機よりも小型化、軽量化された超電導発電機で同等以上の電力を得ることができる。

【0006】

超電導発電機は、従来の非超電導発電機よりも小さくて軽量であり得るが、その構成要素は依然として大きくて重量があり、したがって、それらを実行して装着するために大きな空間および大きな機器、例えば、クレーンおよびホイストが必要である。例えば、超電導発電機の電機子は、直径が8～10 mであり得、かつ数十トンの重量であり得る。したがって、組み立ては、例えば、必要とされる時間、労働力、機械装置、および工場のフロアスペースの点で、複雑で資源を消費する可能性がある。

【0007】

加えて、電機子が、電機子の巻線を支持および/または電氣的に絶縁するための1つまたは複数の管、例えば、1つまたは複数の円筒管を含む場合、組み立ての難易度が増大する可能性がある。そのような電機子の一例は、国際公開第2020/005221号パンフレットに見ることができる。そのような1つまたは複数の管は、例えば、円周方向に沿って長さが20～30 mであり、軸方向に沿って高さが約2 mであり、約1または2 cmの厚さを有し得る。したがって、大きな空間および機械装置に加えて、組み立て中に電機子の構成要素、例えば、上述の1つまたは複数の管を取り扱う際にも、多大な注意が必要な場合がある。

【発明の概要】

【0008】

本開示の第1の態様では、超電導電気機械用の電機子のための電機子セグメントが提供される。電機子セグメントは、複数のコイルであって、円周方向に沿って間隔を置いて配置される複数のコイルと、構造的サポートを複数のコイルに提供する電気絶縁サポート構造とを備える。

【0009】

この態様によれば、電機子は、電機子セグメントのサイズおよび重量が、単一体の構成要素を含む電機子、例えば、上述のような1つまたは複数の円筒形の一体型管を含む電機子と比較してより管理しやすいので、より容易かつ安全な方法で組み立てることができる。加えて、電機子の装着に必要な複数の電機子セグメントを並列に製造することができるため、電機子の組み立て時間を短縮することができる。したがって、組み立てに必要な空間

10

20

30

40

50

をより効率的に使用することもできる。さらに、電機子全体をまとめる前に１つまたは複数の電機子セグメントを試験することができ、初期段階での障害の検出および修正を容易にすることができる。これは、電機子が完全に組み立てられた後のリスクを低減するのに役立ち得る。

【００１０】

本明細書では、電機子セグメントは、電気機械、例えば、超電導発電機用の電機子の一部を指すことが理解されよう。複数の電機子セグメントおよび電機子支持構造は、例えば、電機子支持構造の周りにまとめられると、電機子を形成することができる。

【００１１】

別の態様では、電気機械用の電機子のための電機子セグメントを組み立てるための方法が提供される。方法は、治具内に複数のコイルを配置することと、治具内に配置された複数のコイルを繊維および樹脂で囲むこととを含む。方法は、樹脂を硬化させることをさらに含む。

10

【００１２】

さらに別の態様では、電気機械用の電機子を組み立てるための方法が提供される。方法は、複数の電機子セグメントを設けることを含み、各電機子セグメントは、円周方向に沿って間隔を置いて配置された複数のコイル、および構造的サポートを複数のコイルに提供する電気絶縁支持構造を含む。方法は、複数の電機子セグメントを電機子支持構造に取り付けることをさらに含む。

【図面の簡単な説明】

20

【００１３】

【図１】風力タービンの一例の斜視図である。

【図２】図１の風力タービンのナセルの一例の簡略化された内部図である。

【図３】一例による超電導発電機の分解図を概略的に示す図である。

【図４】超電導発電機用の電機子セグメントの一例を概略的に示す図である。

【図５】超電導発電機用の電機子セグメントの別の例の電機子セグメントのコイルおよび電気絶縁コイル側セパレータの一例を概略的に示す図である。

【図６】超電導発電機用の電機子セグメントの別の例を概略的に示す図である。

【図７】図６の電機子セグメントの概略例の代替例を概略的に示す図である。

【図８】電機子セグメント用の冷却チャンネルの一例を概略的に示す図である。

30

【図９】電気機械用の電機子を組み立てるための方法の一例のフローチャートである。

【図１０Ａ】電気機械用の電機子のアセンブリの一例を示す図である。

【図１０Ｂ】電気機械用の電機子のアセンブリの一例を示す図である。

【図１１】スリーブで包まれた電機子セグメントを概略的に示す図である。

【図１２】電気機械用の電機子のアセンブリの別の例を概略的に示す図である。

【図１３】電機子支持構造への電機子セグメントの取り付けの一例を概略的に示す図である。

【図１４】治具内に配置された複数のコイルの一例を概略的に示す図である。

【図１５】電気機械用の電機子セグメントを組み立てるための方法の一例のフローチャートである。

40

【発明を実施するための形態】

【００１４】

ここで、本発明の実施形態を詳細に参照するが、その１つまたは複数の例が図面に示されている。各例は、本発明を説明するものとして提示されており、本発明を限定するものではない。実際、本発明の範囲または趣旨から逸脱することなく、本発明において様々な修正および変更が行われ得ることは、当業者には明らかであろう。例えば、ある実施形態の一部として図示または記載された特徴は、またさらなる実施形態をもたらすために、別の実施形態において使用することができる。したがって、本発明は、添付の特許請求の範囲およびそれらの均等物の範囲に含まれるそのような修正および変更を包含することを意図している。

50

【 0 0 1 5 】

風力タービンの超電導発電機用の電機子セグメントおよび電機子の例が詳細に示されているが、同じ電機子セグメントおよび電機子は、他の電気機械および / または他の用途にも使用することができる。

【 0 0 1 6 】

図 1 は、風力タービン 1 6 0 の一例の斜視図を示している。図示するように、風力タービン 1 6 0 は、支持面 1 5 0 から延びるタワー 1 7 0 と、タワー 1 7 0 に装着されたナセル 1 6 1 と、ナセル 1 6 1 に結合されたロータ 1 1 5 とを含む。ロータ 1 1 5 は、回転可能なハブ 1 1 0 と、ハブ 1 1 0 に結合され、ハブ 1 1 0 から外側に延びる少なくとも 1 つのロータブレード 1 2 0 とを含む。例えば、図示の実施形態では、ロータ 1 1 5 は、3 つのロータブレード 1 2 0 を含む。しかし、代替の実施形態では、ロータ 1 1 5 は、3 つよりも多いまたは少ない数のロータブレード 1 2 0 を含んでもよい。各ロータブレード 1 2 0 は、ロータ 1 1 5 の回転を容易にし、風から運動エネルギーが使用可能な機械的エネルギー、続いて電気エネルギーに変換され得るように、ハブ 1 1 0 の周りに間隔を置いて配置され得る。例えば、ハブ 1 1 0 は、ナセル 1 6 1 内に位置決めされた発電機 1 6 2 (図 2) に回転可能に結合され、電気エネルギーの発生を可能にし得る。

10

【 0 0 1 7 】

図 2 は、図 1 の風力タービン 1 6 0 のナセル 1 6 1 の一例の簡略化された内部図を示している。図示するように、発電機 1 6 2 は、ナセル 1 6 1 内に配置されてもよい。一般に、発電機 1 6 2 は、ロータ 1 1 5 によって生成された回転エネルギーから電力を生成するために、風力タービン 1 6 0 のロータ 1 1 5 に結合され得る。例えば、ロータ 1 1 5 は、ハブ 1 1 0 と共に回転するためにハブ 1 1 0 に結合された主ロータシャフト 1 6 3 を含むことができる。次に、発電機 1 6 2 は、ロータシャフト 1 6 3 の回転が発電機 1 6 2 を駆動するように、ロータシャフト 1 6 3 に結合され得る。例えば、図示の実施形態では、発電機 1 6 2 は、ギアボックス 1 6 4 を通してロータシャフト 1 6 3 に回転可能に結合された発電機シャフト 1 6 6 を含む。

20

【 0 0 1 8 】

ロータシャフト 1 6 3、ギアボックス 1 6 4、および発電機 1 6 2 は、一般に、風力タービントワー 1 7 0 の頂部に位置決めされた支持フレームまたはベッドプレート 1 6 5 によってナセル 1 6 1 内に支持され得ることを理解されたい。

30

【 0 0 1 9 】

ナセル 1 6 1 は、ナセル 1 6 1 がヨー軸 Y A を中心に回転することができるように、またはロータを風に対して所望の角度に位置決めするための他の方法が存在し得るように、ヨーシステム 2 0 を通してタワー 1 7 0 に回転可能に結合されてもよい。ヨーシステムが存在する場合、そのようなシステムは、通常、他方に対して回転するように構成された 2 つの軸受構成要素を有するヨー軸受を備える。タワー 1 7 0 が軸受構成要素の一方に結合され、ナセル 1 6 1 のベッドプレートまたは支持フレーム 1 6 5 が他方の軸受構成要素に結合される。ヨーシステム 2 0 は、環状ギア 2 1 と、モータ 2 3 を有する複数のヨー駆動装置 2 2 と、ギアボックス 2 4 と、軸受構成要素の一方を他方に対して回転させるように環状ギア 2 1 と噛み合うためのピニオン 2 5 とを備える。

40

【 0 0 2 0 】

ブレード 1 2 0 は、ブレード 1 2 0 とハブ 1 1 0 との間にピッチ軸受 1 0 0 を介してハブ 1 1 0 に結合される。ピッチ軸受 1 0 0 は、内側リングと、外側リングとを備える。風力タービンブレードは、内側軸受リングまたは外側軸受リングのいずれかに取り付けることができ、ハブは他方に接続される。ブレード 1 2 0 は、ピッチシステム 1 0 7 が作動されると、ハブ 1 1 0 に対して相対回転運動を行うことができる。したがって、内側軸受リングは、外側軸受リングに対して回転運動を行うことができる。図 2 のピッチシステム 1 0 7 は、風力タービンブレードをピッチ軸 P A の周りで回転させるために内側軸受リングに設けられた環状ギア 1 0 9 と噛み合うピニオン 1 0 8 を備える。

【 0 0 2 1 】

50

発電機 162 は、超電導発電機 200 であってもよい。一例による超電導発電機 200 の概略分解図を、図 3 に見ることができる。上述のように、超電導発電機 200 は、磁場発生器 202、例えば、静止磁場発生器 202 と、電機子 204、例えば、回転可能な電機子 204 とを含むことができる。磁場発生器 202 および電機子は、ハウジング 206 内に載置され得る。

【0022】

静止磁場発生器 202 は、超電導界磁巻線 208 を含むことができる。超電導界磁巻線 208 は、十分に低い温度において超電導状態に遷移する導電性材料を使用して作製された 1 つまたは複数のコイルを含むことができる。そのような材料は、ニオブスズ合金、ニオブチタン合金、ニホウ化マグネシウム合金、超電導特性を示したいくつかのセラミック材料のいずれか、またはそれらの組み合わせを含むことができる。多くの場合、限定はしないが、銅、アルミニウム、陽極酸化アルミニウム、銀、金、またはそれらの組み合わせなどの導電性材料は、機械的特性を改善するために超電導合金と組み合わせて使用することができる。

【0023】

電機子 204 は、シャフト 163 を介して、またはシャフト 163 とギアボックス 164 の両方を介して、風力タービン 160 のロータ 115 に結合することができる。電機子 204 の回転により、超電導発電機 200 は、電機子巻線が超電導界磁巻線 208 によって確立された磁場を通過する際に電機子巻線に誘導される電圧によって電力を生成することができる。

【0024】

図 3 に図示される超電導発電機 200 は半径方向磁場電気機械であるが、本発明は、軸方向磁場または横方向磁場電気機械にも適用可能である。

【0025】

いくつかの例では、電機子 204 は、例えば、図 3 に示されるように、静止磁場発生器 202 によって（半径方向に）囲まれてもよい。いくつかの他の例では、静止磁場発生器 202 は、電機子 204 によって（半径方向に）囲まれてもよい（図示せず）。さらにいくつかの他の例では、静止磁場発生器 202 および電機子 204 は、並んで配置されてもよい（図示せず）。

【0026】

参照番号 30 および 32 はそれぞれ、超電導発電機 200 の半径方向および軸方向を表し、したがって電機子 204 の半径方向および軸方向も表す。参照番号 34 は、超電導発電機 200 の円周方向を表し、したがって電機子 204 の円周方向も表す。

【0027】

本発明の一態様では、超電導発電機用の電機子、例えば、電機子 204 は、2 つ以上の電機子セグメント 300 を含む。電機子セグメント 300 の概略例は、図 4 に図示される。

【0028】

図 4 の電機子セグメント 300 は、複数のコイル 305 を備える。コイル 305 は、円周方向 34 に沿って間隔を置いて配置される。電機子 300 は、構造的な支持を複数のコイル 305 に提供する電気絶縁支持構造 310 をさらに備える。

【0029】

図 4 の例では、電気絶縁支持構造 310 は、第 1 の電気絶縁壁 315 と、第 2 の電気絶縁壁 320 とを備える。第 2 の電気絶縁壁 320 は、第 1 の電気絶縁壁 315 から半径方向に距離を置いて載置され、複数のコイル 305 は、第 1 の電気絶縁壁 315 と第 2 の電気絶縁壁 320 との間に載置される。第 1 の電気絶縁壁 315 は、第 2 の電気絶縁壁 320 よりも半径方向において回転シャフト 163、166 に近い。

【0030】

コイルは、第 1 の側部部分 306 と、第 2 の側部部分 307 と、2 つの端部部分 308、309 とを含むことができる。端部部分 309 は、例えば、コイル 305 から電流を運ぶための電気接続部 330 を有するものであり得る。第 1 の側部部分 306 は、第 2 の電気

10

20

30

40

50

絶縁壁 3 2 0 よりも第 1 の電気絶縁壁 3 1 5 に近い軸方向に実質的に平行なコイルの部分を含んでもよい。第 2 の側部部分 3 0 7 は、第 1 の電気絶縁壁 3 1 5 よりも第 2 の電気絶縁壁 3 2 0 に近い軸方向に実質的に平行なコイルの部分を含んでもよい。言い換えると、第 1 の側部部分 3 0 6 は、第 2 の側部部分 3 0 7 よりも半径方向において回転シャフト 1 6 3、1 6 6 に近い。そのようなコイルは、図 5 にも見ることができる。

【0031】

いくつかの例では、電気絶縁支持構造 3 1 0 は、複数のコイル 3 0 5 のうちのコイルの第 1 の側部部分 3 0 6 と第 2 の側部部分 3 0 7 との間にあり、円周方向 3 4 に沿って延びる電気絶縁コイル側セパレータ 3 2 5 をさらに備えてもよい。

【0032】

いくつかの例では、電気絶縁コイル側セパレータ 3 2 5 は、例えば、図 5 に示すように、湾曲プレートであってもよい。複数の湾曲プレート 3 2 5 が、一緒になって管状または環状構造を形成することができる。この例の湾曲プレート 3 2 5 の各々は、管状構造のセグメントを形成することができる。

【0033】

図 5 の例は、コイル 5 0 0、およびコイル 5 0 0 に通された電気絶縁コイル側セパレータ 3 2 5 を示す。コイル 5 0 0 は、第 1 の側部部分 3 0 6 と、第 2 の側部部分 3 0 7 と、2 つの端部部分 3 0 8、3 0 9 とを備える。図 5 では、電気絶縁コイル側セパレータ 3 2 5 の軸方向長さ 3 2 6 は、軸方向 3 2 に平行なコイル 5 0 0 の部分に沿って部分的に延びる。しかし、図 4 の例のような他の例では、電気絶縁コイル側セパレータ 3 2 5 の軸方向長さは、コイル 5 0 0 の端部 3 0 8、3 0 9 に向かって、軸方向 3 2 に平行であり、さらにそれを超えているコイル 5 0 0 の部分に沿って全体的に延びる。電気絶縁コイル側セパレータ 3 2 5 の円周方向長さ 3 2 7 は、円周方向 3 4 に沿って延びる。

【0034】

同様に、第 1 の電気絶縁壁 3 1 5 および第 2 の電気絶縁壁 3 2 0 は各々、軸方向長さおよび円周方向長さを有し得る。第 1 の電気絶縁壁 3 1 5 および第 2 の電気絶縁壁 3 2 0 の軸方向長さは、一般に、軸方向 3 2 に実質的に平行に延びてもよいが、例えば、コイル 3 0 5 の端部 3 0 8、3 0 9 において、この方向からずれてもよい。

【0035】

図 4 および図 5 の例からも分かるように、複数のコイル 5 0 0 のコイル 3 0 5 の第 1 の側部部分 3 0 6 および第 2 の側部部分 3 0 7 は、円周方向 3 4 にオフセットされている。特に、これらの例では、これらの部分 3 0 6、3 0 7 は、互いに半径方向および円周方向に変位している。これらの部分 3 0 6、3 0 7 は、2 つの端部部分 3 0 8 および 3 0 9 を介してそれらの間を接続する。

【0036】

本開示を通して、複数のコイル 3 0 5 内のコイルは、銅、アルミニウム、銀、および金の 1 つまたは複数を含む導電性材料で作製されてもよい。

【0037】

本開示を通して、第 1 の電気絶縁壁 3 1 5 および第 2 の電気絶縁壁 3 2 0 ならびに電気絶縁コイル側セパレータ 3 2 5 のいずれも、繊維強化複合材料、例えば、G - 1 0、G - 1 1、F - 2 4、および FR - 4 の 1 つまたは複数を含む繊維強化ポリマーを使用して形成されてもよい。

【0038】

FR - 4 は、ガラス強化エポキシ積層材料 FR - 4 の NEMA (「National Electrical Manufacturers Association」) グレードの名称であり、耐燃性のエポキシ樹脂バインダを有する織布または不織布ガラス繊維で構成された複合材料である。ここで、FR は、難燃剤を表す。G - 1 0 および G - 1 1 は、高圧ガラス繊維エポキシ積層体である。G - 1 0 は G - 1 1 よりもわずかに強いが、G 1 1 はより良好な絶縁体であり、より高い温度により良好に耐えることができる。

【0039】

10

20

30

40

50

あるいは、温度、機械的負荷、および電氣的負荷に耐えて電機子を機能させることができる任意の他の複合材料を使用することができる。これには、限定はしないが、ポリエステル、ビニルエステル、またはポリアミドをベースとするマトリックス材料が含まれる。

【 0 0 4 0 】

本開示を通して、電機子セグメント 3 0 0 は、1 つまたは複数のコイル 5 0 0 を含むことができる。いくつかの例では、電機子セグメント 3 0 0 は、1 0 ~ 3 0 個のコイルを含むことができる。いくつかの例では、複数のコイル 3 0 5 は、1 つまたは 2 つまたは任意のより多い数の極を備えることができる。

【 0 0 4 1 】

複数のコイル 3 0 5 のコイル間、すなわち、円周方向 3 4 における空間は、コイル 3 0 5 および / または電機子セグメント 3 0 0 を冷却するために使用することができる。すなわち、いくつかの例では、電機子セグメント 3 0 0 は、コイルを分離する空間内に冷却チャネルをさらに備えてもよい。一例では、空気などの冷却流体は、コイル間のそのような間隔を単に通過することができる。いくつかの他の例では、電気絶縁スペーサ（図示せず）が、コイルの第 1 の側部部分 3 0 6 と隣接するコイルの第 1 の側部部分 3 0 6 との間に含まれてもよい。追加的または代替的に、電気絶縁スペーサが、コイルの第 2 の側部部分 3 0 7 と隣接するコイルの第 2 の側部部分 3 0 7 との間に含まれてもよい。

【 0 0 4 2 】

そのような電気絶縁スペーサの 1 つまたは複数のは、電機子セグメントコイル 3 0 5 の冷却を助けるために、通過する冷却流体の流れを促進するように構成された 1 つまたは複数の冷却チャネルを含むことができる。電気絶縁スペーサおよび 1 つまたは複数の冷却チャネルは、軸方向 3 2 に少なくとも部分的に延びる軸方向長さを有することができる。すなわち、これらの要素は、一般に、軸方向 3 2 に実質的に平行に延在してもよいが、例えば、コイル 3 0 5 の端部 3 0 8、3 0 9 において、この方向からずれてもよい。

【 0 0 4 3 】

これらの例のいずれかにおいて、電機子セグメント 3 0 0 を冷却するために、電機子セグメントの内外に流体、例えば、空気を導くための冷却ポート 3 1 2 を設けることができる。いくつかの例では、電気絶縁支持構造 3 1 0 は、例えば、図 4 に示すように軸方向 3 2 に沿った各端部に 1 つずつ、2 つの冷却ポート 3 1 2 を含むことができる。いくつかの他の例では、電気絶縁支持構造 3 1 0 は、軸方向 3 2 に沿ったその端部の各々に 2 つ以上の冷却ポート 3 1 2 を含んでもよい。冷却ポート 3 1 2 は、図 4 の例のように、管状形状を有することができる。

【 0 0 4 4 】

いくつかの例では、電機子セグメント 3 0 0 は、複数の冷却チャネル 7 0 0 を含むことができる。複数の冷却チャネル 7 0 0 は、いくつかの例では、図 8 に示される 7 0 5 のものなどの冷却チャネル、すなわち、コイル 5 0 0 の形状に適合するように構成され得る冷却チャネル 7 0 5 を含むことができる。そのような冷却チャネル 7 0 0 に関するさらなる情報は、以下の図 8 に関連して提供される。

【 0 0 4 5 】

一例では、互いに接合されると、複数のコイル 3 0 5 および電気絶縁支持構造 3 1 0 は、繊維および樹脂で囲むことができ、樹脂はその後硬化させることができる。いくつかの他の例では、電気絶縁支持構造 3 1 0、例えば、第 1 の電気絶縁壁 3 1 5 および第 2 の電気絶縁壁 3 2 0、ならびに任意選択で電気絶縁コイル側セパレータ 3 2 5 は、繊維および樹脂で囲まれて最初に硬化され、次いで複数のコイル 3 0 5 に接合され得る。これらの例のいずれかによる電機子セグメントは、金型内に配置することができ、繊維、マイクロファイバ、または繊維マットが金型内に配置され得、その後、樹脂を金型内に導入してもよい。

【 0 0 4 6 】

いくつかの他の例では、1 つまたは複数の電機子セグメント構成要素に微粒子を注入することができる。一例では、少なくとも複数のコイルを金型内に配置し、微粒子を注入し、

次いで樹脂で覆うことができる。

【 0 0 4 7 】

いくつかの例では、例えば、以下にさらに示されるように、能動的注入圧力および／または真空支援樹脂含浸が使用されてもよい。

【 0 0 4 8 】

電機子セグメント 3 0 0 の別の概略例が、図 6 に示される。図 6 の例の電機子セグメント 3 0 0 はまた、複数のコイル 3 0 5 を備え、コイルは、円周方向 3 4 に沿って間隔を置いて配置される。電機子セグメント 3 0 0 は、構造的支持を複数のコイル 3 0 5 に提供する電気絶縁支持構造 3 1 0 をさらに備える。

【 0 0 4 9 】

この例では、電気絶縁支持構造 3 1 0 は、複数のコイル 3 0 5 を囲む繊維および樹脂を含む複合材を含む。したがって、電気絶縁壁 3 1 5、3 2 0、および任意選択で電気絶縁コイル側セパレータ 3 2 5 は、この例では構造的支持を複数のコイル 3 0 5 に提供するためにもはや必要とされない。複合材は、必要な支持を提供することができる。

【 0 0 5 0 】

第 1 の側部部分 3 0 6、第 2 の側部部分 3 0 7、および 2 つの端部部分 3 0 8、3 0 9 を含むコイル 5 0 0 と同様に、複数のコイル 3 0 5 は、第 1 の中央部分 6 0 6 と、第 2 の中央部分 6 0 7 と、2 つの複数のコイル端部部分 6 0 8、6 0 9 とを含むことができる。第 1 の中央部分 6 0 6 は、第 2 の中央部分 6 0 7 よりも半径方向において回転シャフト 1 6 3、1 6 6 に近い。したがって、本明細書では、囲むということは、図 6 に図示されるように、複数のコイル 3 0 5 の少なくとも第 1 の中央部分 6 0 6 および複数のコイル 3 0 5 の少なくとも第 2 の中央部分 6 0 7 を完全に覆う、例えば、包むことを指すことができる。いくつかの例では、樹脂を添加し硬化させる前に、繊維マットまたは繊維束を使用して複数のコイル 3 0 5 を囲み、任意選択でアセンブリ、例えば、治具 6 1 0 内の任意の他の構成要素を囲んでもよい。

【 0 0 5 1 】

いくつかの例では、電機子セグメント 3 0 0 は、複数のコイル 3 0 5 が配置されている治具 6 1 0 を備えてもよい。これらの例のいくつかでは、治具 6 1 0 は、例えば、繊維マットによって囲まれ、樹脂で覆われて硬化されている可能性があるという事実のために、複合材の一部であり得る。例えば、図 6 の例では、電機子 3 0 0 の複合材は、複数のコイルが配置されている治具 6 1 0 をさらに囲む。これは、電機子セグメント 3 0 0 の堅牢性およびその中の個々の構成要素の位置決めの精度を高めることができる。

【 0 0 5 2 】

いくつかの例では、治具 6 1 0 は、電機子モジュール 3 0 0 を電機子支持構造 1 0 0 0 (例えば、図 1 1 および図 1 2 参照)に取り付けることができる穴を有することができる。

【 0 0 5 3 】

図 6 の電機子セグメント 3 0 0 の概略例の代替例を示す図 7 では、複数のコイル 3 0 5 の端部 6 0 8 は、繊維および樹脂を含む複合材でさらに囲まれている、すなわち、完全に覆われているかまたは包まれている。例えば、コイル 3 0 5 から電流を運ぶための電気接続部 3 3 0 を有さない端部 6 0 8 は、繊維および樹脂を含む複合材でさらに覆われているものであってもよい。

【 0 0 5 4 】

図 7 の例では、電機子セグメント 3 0 0 の電気絶縁支持構造 3 1 0 の一部のみが、下にある複数のコイル 3 0 5 を示すために含まれている。複数のコイル 3 0 5 の他に、複数の冷却チャネル 7 0 0 も見ることができる。この例では、冷却チャネル 7 0 5 が、2 つの隣接するコイル 5 0 0 を分離する。言い換えると、複数のチャネル 7 0 0 は、円周方向 3 4 に位置してもよい。この例では、複数の冷却チャネル 7 0 0 は、複数のコイル 3 0 5 の周りに嵌合する、すなわち、形状が適合するように構成することができる。単一の冷却チャネル 7 0 5 の一例を、図 8 に見ることができる。図 8 の冷却チャネル 7 0 5、図 5 のコイル 5 0 0、および図 7 にまとめられたこれらの要素を比較すると理解することができるよう

10

20

30

40

50

に、冷却チャネル 705 は、コイル 500 の形状に適合するように構成することができる。

【0055】

そのような冷却チャネル 700 は、図 4 の例の電機子セグメント 300 にも使用することができる。

【0056】

冷却チャネル 705 は、第 1 の冷却部分 710 と、第 2 の冷却部分 715 とを含むことができる。チャネル 705 の第 1 の冷却部分 710 は、2 つの第 1 の冷却通路 711、712 を有してもよく、各通路 711、712 は、コイル 500 の第 1 の側部部分 306 の側部の各々、および部分的に、コイル 500 の 2 つの端部部分 308、309 の側部に沿う、例えば、それらに実質的に平行に延びるように構成される。第 1 の冷却通路 711 および 712 は、流体が第 1 の冷却通路から他方の第 1 の冷却通路に通過することができるように、冷却チャネル 705 の第 1 の部分 710 の第 1 の別個の端部 713 で合流することができる。同様に、チャネル 705 の第 2 の冷却部分 715 は、2 つの第 2 の冷却通路 716、717 を有してもよく、各通路 716、717 は、コイル 500 の第 2 の側部部分 307 の側部の各々、および部分的に、コイル 500 の 2 つの端部部分 308、309 の側部に沿う、例えば、それらに実質的に平行に延びるように構成される。第 2 の冷却通路 716 および 717 は、流体が第 2 の冷却通路から他方の第 2 の冷却通路に通過することができるように、冷却チャネル 705 の第 2 の部分 715 の第 2 の別個の端部 718 で合流することができる。

10

20

【0057】

コイル 500 の第 1 の側部部分 306 および第 2 の側部部分 307 の側部は、複数のコイル 305 のコイルが、例えば、冷却チャネルによって円周方向に沿って間隔を置いて配置されていない場合に他のコイル 500 と接触するコイル 500 の部分を指すことができる。一例では、これらの側部は、半径方向 30 および軸方向 32 によって形成される平面に実質的に平行な平面内に位置してもよい。

【0058】

第 1 の冷却通路 711、712 および第 2 の冷却通路 716、717 がそれぞれ合流する第 1 の別個の端部 713 および第 2 の別個の端部 718 は、例えば、コイル 500 上に誘導電流を出力するための電気接続部 330 を有するコイル 500 の端部部分 309 の近くに、例えば、その上に載置されるように構成することができる。第 1 の冷却部分 710 および第 2 の冷却部分 715 はまた、冷却チャネル 705 の接合端部 720 で合流することができる。接合端部 720 は、第 1 の別個の端部 713 および第 2 の別個の端部 718 の反対側にあり得る。

30

【0059】

接合端部 720 は、コイル 500 を冷却するために冷却チャネル 705 を通過することができる流体のための入口 730 および出口 725 を含むことができる。入口 725 および出口 730 は、冷却マニホールドの分配器に接続されるように構成されてもよい。そのような分配器は、流体を複数のコイル 305 の入口 730 に送達し、複数のコイル 305 の出口 725 から収集することができる第 1 の分配導管 735 および第 2 の分配導管 740 を備えることができる。図 7 および図 8 では、入口および出口がそれぞれ 730 および 725 としてラベル付けされているが、他の例では、ラベル 725 は入口を指すことができ、ラベル 730 は出口を指すことができることに留意されたい。

40

【0060】

冷却チャネル 700 は、金属および / またはプラスチックであってもよい。一例では、冷却チャネル 700 は、ポリテトラフルオロエチレン (PTFE) を含むことができ、より詳細には、熱伝導性添加剤を含浸させた PTFE 材料によって形成することができる。これにより、冷却チャネル 705 の熱伝導率を高めることができる。

【0061】

一例では、これらの種類の冷却チャネル 700 は、例えば、コイル間に冷却チャネルを含

50

むスペーサを導入する代わりに、図 4 および図 5 の例の電機子セグメント 300 に使用することができる。図 8 に関連して説明した冷却チャネル 700 は、例えば、複数のコイル 305 の端部 308 (608)、309 (609) を冷却することによって、電機子セグメント 300 のより効率的な冷却を可能にすることができる。

【0062】

強磁性歯を欠く電機子セグメント 300、すなわち、図 4、図 6、および図 7 のもののよう電機子コイル 305 に近い強磁性材料がないことにより、電機子コイル 305 の絶縁要件が緩和され得る。また、電気絶縁支持構造 310 に非強磁性および電気絶縁材料を使用することにより、電機子コイル 305 は、超電導界磁巻線 208 によって発生される増加した磁場で動作することができる。

10

【0063】

上記の例で説明したような複数の電機子セグメント 300 を使用して、電気機械、例えば、超電導発電機 200 用の電機子 204 を組み立てることができる。この目的のために、電機子セグメント 300 は、相補的な形状を有してもよい。いくつかの例では、電機子 204 を組み立てるために、図 4 および図 5 を参照して説明したような複数の電機子セグメントを互いに取り付けることができる。いくつかの他の例では、図 6 および図 7 に関連して説明したような複数の電機子セグメントを使用して、電機子 204 を形成することができる。したがって、円周方向に沿って電機子支持構造 1000 に取り付けられた、本開示を通して説明する複数のセグメントを備える電気機械用の電機子を提供することができる。複数の電機子セグメント 300 を電機子 204 に組み立てるいくつかの可能性が、後に示される。

20

【0064】

電機子 204 を装着するために、2 つ以上の電機子セグメント 300 が取り付けられてもよい。いくつかの例では、電機子 204 は、20 ~ 50 個の電機子セグメント 300 を備えることができる。

【0065】

いくつかの例では、電機子 204 は、シールド 1210 (図 13 参照) を含むことができる。シールド 1210 は、電機子支持構造 1000 と複数のセグメント 300 との間に位置されてもよい。シールド 1210 は、強磁性材料を含むことができる。例えば、シールド 1210 は、電磁鋼を含むことができる。いくつかの例では、シールド 1210 は、積層されてもよい。これは、シールド 1210 および支持構造 1000 内の誘導電流に関連する損失を低減するのに役立ち得る。シールド 1210 はまた、超電導界磁巻線 208 からの磁束が半径方向 30 に留まるように促すことができる。これは、磁場発生器 202 によって生成された磁場と電機子コイル 305 との間の磁気結合を改善することができる。

30

【0066】

本明細書に開示されるような磁場発生器 202、例えば、静止磁場発生器と、磁場発生器 202 と同心に載置された超電導界磁巻線 208 と、複数の電機子セグメント 300 を備える電機子 204 とを備える超電導発電機 200 を提供することができる。

【0067】

さらに、上述のように風力タービンタワー 170 と、タワー 170 の上部のナセル 161 と、ナセル 161 に装着された 1 つまたは複数の風力タービンブレード 120 を含むロータ 115 と、ナセル 161 内の超電導発電機 200 とを備える風力タービン 160 を提供することができる。

40

【0068】

図 9 は、電気機械用の電機子を組み立てるための方法 900 の一例を示す。例えば、図 3 の電機子 204 は、そのような方法で組み立てることができる。

【0069】

方法は、ブロック 910 において、図 4 ~ 図 8 のいずれかに関する電機子セグメント 300 などの複数の電機子セグメントを設けることを含む。

【0070】

50

これに関して、各電機子セグメント 300 は、複数のコイル 305、および構造的支持を複数のコイル 305 に提供する電気絶縁支持構造 310 を含む。

【0071】

方法は、ブロック 920 において、複数の電機子セグメント 300 を電機子支持構造 1000 に取り付けることをさらに含む。電機子セグメント 300 は、相補的な形状を有してもよい。電機子支持構造 1000 に取り付けられる電機子セグメント 300 の数は、例えば、電機子 204 のサイズ（例えば、直径）および電機子セグメント 300 に含まれるコイル 500 の数に応じて選択することができる。一例では、20～50 個の電機子セグメント 300 を電機子支持構造 1000 に取り付けることができる。

【0072】

電機子支持構造 1000 の一例を、図 10B に見ることができる。この図では、電機子支持構造 1000 は、複数の電機子セグメント 300 が取り付けられ得るようにリング形状を有する。いくつかの他の例では、電機子支持構造 1000 は、断面（半径方向 30 および円周方向 34 を含む平面）が多角形状であってもよい。すなわち、電機子支持構造 1000 は複数の面を含むことができ、面の数は、例えば、取り付けられる電機子セグメント 300 の数に等しくてもよい。これらの例のいくつかでは、断面における電機子支持構造 1000 は、20～50 個の面または側部において多角形状であってもよい。

【0073】

いくつかの例では、電機子支持構造 1000 は、1 つまたは複数の強磁性材料の固体片（すなわち、単一の非積層片）を含むことができる。いくつかの他の例では、電機子支持構造 1000 は、1 つまたは複数の強磁性材料の積層、例えば、単一の積層片を含むことができる。これは、渦電流を低減するのに役立ち得る。

【0074】

いくつかの例では、複数の電機子セグメント 300 を電機子支持構造 1000 に取り付けることは、複数の電機子セグメント 300 を電機子支持構造 1000 に取り付けの前に、複数の電機子セグメント 300 を外側電機子セグメント支持体 1100 に取り付けることを含んでもよい。これは、図 10A および図 10B に示すことができる。

【0075】

図 10A は、これらの例のいくつかにおいて、電気絶縁支持構造 310、例えば、コイル 305 の電気接続部 300 に近い電気絶縁支持構造 310 の端部 311 における 2 つの穴、および外側電機子セグメント支持体 1100 における別の 2 つの穴を通過するために、締結具 1105、例えば、2 つのバー、ねじ、またはピン 1105 をどのように使用することができるかを示す。バー、ねじ、またはピン 1105 は、例えば、ナットによって固定されてもよい。いくつかの他の例では、単一のそのような締結具または 3 つ以上の締結具が使用されてもよい。

【0076】

外側電機子セグメント支持体 1100 は、いくつかの例では、図 10B に示されるように半リング形状を有してもよい。複数の電機子セグメント 300 が外側セグメント支持体 1100 に取り付けられているとき、外側セグメント支持体 1100 は、電機子支持構造 1000 の近くに（またはその逆に）移動されてもよく、電機子セグメント 300 は、電機子支持構造 1000 に取り付けられてもよい。電機子支持構造 1000 と電機子セグメント 300 を接合するために、接着剤および / または例えば、ボルトナット、ならびにリベットを含むことができる締結具を使用することができる。クレーン 1110 を使用して、電機子セグメント 300 および / または電機子支持構造 1000 と共に外側セグメント支持体 1100 を移動させることができる。

【0077】

電機子 204 の組み立てを完了するために、別の外側セグメント支持体 1100 を設けることができ、複数の電機子セグメント 300 をそれに取り付けることができ、次いで複数の電機子セグメント 300 を電機子支持構造 1000 に取り付けることができる。2 つの外側セグメント支持体 1100 および / またはそれらの端部に取り付けられた電機子セグ

10

20

30

40

50

メント 3 0 0 は、例えば、接着剤および / または締結具 1 1 0 5 を用いて互いに接合することができる。これにより、電機子 2 0 4 の堅牢性を高めることができる。

【 0 0 7 8 】

いくつかの例では、図 1 1 に示すように、結果として得られる構造（すなわち、取り付けられた複数の電機子セグメント）は、カバー 1 1 2 0、例えば、複合スリーブ、ラップ、またはストリップに包まれてもよい。これにより、電機子 2 0 4 のさらなる支持および堅牢性を提供することができる。

【 0 0 7 9 】

外側電機子セグメント支持体 1 1 0 0 は、他の形状を有してもよく、半リングの円周方向長さとは異なる円周方向長さ、例えば、より短い円周方向長さを有してもよい。例えば、外側電機子セグメント支持体 1 1 0 0 は、複数の表面、例えば、平坦または湾曲表面を含むことができ、表面の数は、取り付けられる電機子セグメント 3 0 0 の数に対応する。

10

【 0 0 8 0 】

いくつかの例では、複数の電機子セグメントを電機子支持構造に取り付けることは、複数の電機子セグメントアセンブリカート 1 2 0 0 を使用して、電機子支持構造 1 0 0 0 に取り付けられる複数の電機子セグメント 3 0 0 を移動させることを含む。

【 0 0 8 1 】

複数の電機子セグメント 3 0 0 を移動させる複数のカート 1 2 0 0 の一例が、図 1 2 に示される。この例では、複数の電機子セグメント 3 0 0 は、複数の電機子セグメントアセンブリカート 1 2 0 0 上に載置されてもよく、図の右部分に示すように、カート 1 2 0 0 上の複数の電機子セグメント 3 0 0 を電機子支持構造 1 0 0 0 に取り付けのために事前に互いに取り付けられてもよい。セグメントアセンブリカート 1 2 0 0 は、例えば、電動ドリーを用いて、電機子支持構造 1 0 0 0 に向かって移動させることができる。

20

【 0 0 8 2 】

電機子支持構造 1 0 0 0 に近づく前に、任意の数の電機子セグメント 3 0 0 をまとめることができる。例えば、図 1 2 に示すように、電機子 2 0 4 を形成する電機子セグメント 3 0 0 の半分をまとめることができるが、より多くのまたは少ない数の電機子セグメント 3 0 0 を接合することが可能である。

【 0 0 8 3 】

また、電機子支持構造 1 0 0 0 に取り付けの前に複数の電機子セグメント 3 0 0 をまとめることは、複数の段階で実施することができ、すなわち、電機子セグメント 3 0 0 を様々な組にグループ化することができ、次いでこれらの組をより大きな組にグループ化することができる。組は、1 つまたは複数の電機子セグメント 3 0 0 を備えることができる。

30

【 0 0 8 4 】

加えて、電機子セグメント 3 0 0 は、電機子支持構造 1 0 0 0 に取り付けの前に別の電機子セグメント 3 0 0 に取り付けられなくてもよいが、電機子支持構造 1 0 0 0 に取り付けられ、次いで別の電機子セグメント 3 0 0 に取り付けられてもよい。一例では、複数の電機子セグメントの各電機子セグメント 3 0 0 は、電機子支持構造 1 0 0 0 に取り付けられてもよい。次いで、電機子セグメント 3 0 0 を互いに取り付けることができる。ここでも、電機子セグメント 3 0 0 を電機子支持構造 1 0 0 0 に取り付けのために、接着剤および締結具 1 1 0 5、例えば、ボルトナットの 1 つまたは複数を使用することができる。電機子セグメント 3 0 0 を互いに取り付けるために、接着剤および締結具 1 1 0 5、例えば、ボルトナットの 1 つまたは複数を使用することができる。

40

【 0 0 8 5 】

これらの例のいくつかでは、図 1 1 に関して示されるように、結果として得られる構造は、スリーブ 1 1 2 0、例えば、複合スリーブに包まれ得る。

【 0 0 8 6 】

いくつかの例では、複数の電機子セグメントを電機子支持構造に取り付けることは、複数の電機子セグメント 3 0 0 を電機子支持構造 1 0 0 0 に取り付けの前に、シールド 1 2 1 0 を電機子支持構造 1 0 0 0 に取り付けを含む。シールド 1 2 1 0 の一例を、図 1

50

3 に見ることができる。一例では、シールド 1 2 1 0 の積層は、電機子支持構造 1 0 0 0 の周りに積み重ねられてもよい。

【 0 0 8 7 】

いくつかの例では、(ブロック 9 1 0 において)複数の電機子セグメントを設けることは、複数のコイル 3 0 5 を有する複数の冷却チャンネル 7 0 0 を配置することをさらに含むことができる。図 4 の例では、これは、複数のコイル 3 0 5 および冷却チャンネル 7 0 0 のアセンブリを第 1 の電気絶縁壁 3 1 5 に取り付ける前に行うことができる。図 6 および図 7 の例では、これは、複数のコイル 3 0 5 および冷却チャンネル 7 0 0 のアセンブリを繊維および樹脂で囲む前に行うことができる。

【 0 0 8 8 】

いくつかの例では、複数の冷却チャンネル 7 0 0 は、複数のコイル 3 0 5 の形状に適合する、すなわち、その周りに嵌合するように構成された冷却チャンネル 7 0 0 を含むことができる。複数のコイル 3 0 5 の形状に適合するように構成された複数の冷却チャンネル 7 0 0 は、複数の冷却チャンネル 7 0 0 が個々に複数のコイル 3 0 5 の形状に適合することができる。と理解することができる。すなわち、図 8 に示されるようなチャンネルを含む複数の冷却チャンネル 7 0 0 を設けることができ、各適合する冷却チャンネル 7 0 5 は、対応するコイル 5 0 0 の形状に適合し、したがってそれに嵌合することができる。

【 0 0 8 9 】

いくつかの例では、(ブロック 9 1 0 において)複数の電機子セグメントを設けることは、複数のコイル 3 0 5 を第 1 の電気絶縁壁 3 1 5 に取り付けることと、第 2 の電気絶縁壁 3 2 0 を第 1 の絶縁壁 3 1 5 に既に取り付けられている複数のコイル 3 0 5 に取り付けることとを含む。このようにして、電機子セグメント 3 0 0 を組み立てることができる。より多くの電機子セグメント 3 0 0 を同様に組み立て、設けることも可能である。

【 0 0 9 0 】

これらの例のいくつかでは、複数の電機子セグメントを設けることは、円周方向 3 4 において複数のコイル 3 0 5 のコイルの第 1 の側部部分 3 0 6 と第 2 の側部部分 3 0 7 との間に電気絶縁コイル側セパレータ 3 2 5 を導入することをさらに含む。

【 0 0 9 1 】

いくつかの例では、(ブロック 9 1 0 において)複数の電機子セグメントを設けることは、治具 6 1 0 内に複数のコイル 3 0 5 を配置することと、治具 6 1 0 内に配置された複数のコイル 3 0 5 を繊維および樹脂で囲むことと、樹脂を硬化させることとを含む。いくつかの例では、複数のコイル 3 0 5 を繊維で囲むことは、それらを繊維マットまたは繊維束で囲むことを含むことができる。いくつかの例では、治具 6 1 0 はまた、繊維および樹脂で囲まれてもよい。

【 0 0 9 2 】

いくつかの他の例では、(ブロック 9 1 0 において)複数の電機子セグメントを設けることは、治具 6 1 0 内に複数のコイル 3 0 5 を配置することと、治具 6 1 0 内に配置された複数のコイル 3 0 5 を微粒子および樹脂で囲むことと、樹脂を硬化させることとを含む。複数のコイルを微粒子で囲むことは、コイルに微粒子を注入することを含み得る。

【 0 0 9 3 】

治具 6 1 0 内に配置された複数のコイル 3 0 5 の一例を、図 1 4 に見ることができる。この例では、治具 6 1 0 は、2 つの治具支持体 1 3 0 5、1 3 1 0 を含む。各支持体 1 3 0 5、1 3 1 0 は、脚部 1 3 1 5 と、グリッパ 1 3 2 0 とを含む。複数のコイル 3 0 5 は、脚部 1 3 1 5 によって支持され、グリッパ 1 3 2 0 によって一緒に保持され得る。いくつかの例では、1 つの治具支持体 1 3 0 5 が使用されてもよい。いくつかの他の例では、3 つ以上の治具支持体 1 3 0 5 が使用されてもよい。2 つ以上の治具支持体 1 3 0 5 が使用される場合、2 つ以上の支持体 1 3 0 5 が接合されていてもよい。すなわち、2 つ以上の部品ではなく、単一の部品として設けることができる。また、いくつかの例では、脚部 1 3 1 5 およびグリッパ 1 3 2 0 は単一の部品として設けられてもよいが、いくつかの他の例では、それらは 2 つの別個の部品として設けられてもよい。いくつかの例では、脚部 1

10

20

30

40

50

315は、図13に示されるように、電機子支持構造1000に取り付けることができる。図13の例では、ボルトなどの締結具1105を使用して、電機子セグメント300を電機子支持構造1000に取り付ける。

【0094】

いくつかの例では、複数の電機子セグメントを提供するために、能動的注入圧力および/または真空支援樹脂含浸を使用することができる。真空を維持するため、および/または樹脂の加圧された流れを案内するために、電機子セグメントは、電機子セグメントの形状に沿う十分に真空もしくは気密なテーブルもしくは金型上に載置されてもよく、一方、真空を十分に維持するために箔で、かつ/または一緒になって真空を十分に維持すること、および/もしくはアセンブリを通る樹脂の加圧された流れを案内することを可能にする金型の別のセクションもしくは複数の金型セクションで他方の側部が覆われる。そのような金型は、正しい圧力/真空条件を維持するため、潜在的に過剰な樹脂の流れのための出口を提供するため、および/またはプローブもしくはセンサへのアクセスを提供するための入口および出口チャネルが備えられ得る。いくつかの例では、電機子セグメント構成要素をその中に位置決めする前に、金型を部分的に組み立てることができる。いくつかの他の例では、金型は、電機子セグメント構成要素の位置決めに沿って、または部分的にその後

10

【0095】

いくつかの例では、1つまたは複数のスペーサ、例えば、電気絶縁スペーサが、2つのコイル、例えば、隣接するコイル間に導入されてもよい。1つまたは複数のスペーサが、追加的または代替的に、同じコイルの2つの部分の間に導入されてもよい。スペーサはまた、電機子セグメント300の他の構成要素を分離することができる。

20

【0096】

組み立てられると、電機子204は、1つまたは複数の発電機162の構成要素に取り付けられてもよい。図2に概略的に示されるように、いくつかの例では、電機子204は、シャフト163を介して、またはシャフト163とギアボックス164の両方を介して、風力タービン160のロータ115に結合することができる。電機子セグメント300および/または電機子204は、1つまたは複数の発電機構成要素に取り付けるための適切な嵌合具、取り付け具、または接続要素を備えることができる。さらに別の態様では、電気機械、例えば、超電導発電機200用の電機子204のための電機子セグメント300を組み立てるための方法1400が提供される。この方法を示すフローチャートが、図15に示される。方法1400は、ブロック1410において、治具610内に複数のコイル305を配置することと、ブロック1420において、治具610内に配置された複数のコイル305を繊維および樹脂で囲むことと、ブロック1430において、樹脂を硬化させることとを含む。

30

【0097】

いくつかの例では、方法1400は、複数のコイル305と共に、複数の冷却チャネル700、任意選択で、複数のコイル305の周りに嵌合する、すなわち、形状が適合するように構成された複数の冷却チャネル700を配置することをさらに含むことができる。

【0098】

この態様に関する説明、および電機子セグメント300、治具610、および冷却チャネル700の組み立ての詳細に関連して上述した説明は、この態様にも適用することができる。

40

【0099】

本明細書に開示される例のいずれにおいても、電機子のセグメントは、フィラー要素、例えば、特定の機械的特性を提供するために硬化もしくは配置される必要があるか、または材料および重量を節約するために最終製品に穴を生成するように配置される必要がある複合材の体積に大きな差があることを回避するように配置された予備硬化構成要素を備えることができる。

【0100】

50

本明細書は、実施例を用いて、好ましい実施形態を含む本発明を開示し、また、当業者が、任意の装置またはシステムを作製し使用し、任意の組み込まれた方法を実施することを含めて、本発明を实践することを可能にする。本発明の特許可能な範囲は、特許請求の範囲によって定義され、当業者が想到する他の実施例を含むことができる。このような他の実施例は、特許請求の範囲の文言との差がない構造要素を有する場合、または特許請求の範囲の文言との実質的な差がない等価の構造要素を含む場合、特許請求の範囲内にあることを意図している。当業者であれば、上述の種々の実施形態からの態様ならびに各々のそのような態様についての他の公知の均等物を混ぜ合わせて適合させることで、本出願の原理に従ったさらなる実施形態および技術を構築することができる。図面に関連する参照符号が特許請求の範囲の括弧内に配置されている場合、それらの参照符号は単に特許請求の範囲の明瞭性を高めるためのものであり、特許請求の範囲を限定するものと解釈されるべきではない。

10

【符号の説明】

【 0 1 0 1 】

2 0 ヨーシステム

2 1 環状ギア

2 2 ヨー駆動装置

2 3 モータ

2 4 ギアボックス

2 5 ピニオン

3 0 半径方向

3 2 軸方向

3 4 円周方向

1 0 0 ピッチ軸受

1 0 7 ピッチシステム

1 0 8 ピニオン

1 0 9 環状ギア

1 1 0 ハブ

1 1 5 ロータ

1 2 0 ロータブレード、風力タービンブレード

1 5 0 支持面

1 6 0 風力タービン

1 6 1 ナセル

1 6 2 発電機

1 6 3 主ロータシャフト、回転シャフト

1 6 4 ギアボックス

1 6 5 支持フレーム、ベッドプレート

1 6 6 発電機シャフト、回転シャフト

1 7 0 風力タービンタワー

2 0 0 超電導発電機

2 0 2 静止磁場発生器

2 0 4 電機子

2 0 6 ハウジング

2 0 8 超電導界磁巻線

3 0 0 電機子セグメント、電機子モジュール、電気接続部、電機子

3 0 5 電機子コイル、電機子セグメントコイル

3 0 6 第1の側部部分

3 0 7 第2の側部部分

3 0 8 端部部分

3 0 9 端部部分

20

30

40

50

3 1 0	電気絶縁支持構造	
3 1 1	端部	
3 1 2	冷却ポート	
3 1 5	第 1 の電気絶縁壁	
3 2 0	第 2 の電気絶縁壁	
3 2 5	電気絶縁コイル側セパレータ、湾曲プレート	
3 2 6	軸方向長さ	
3 2 7	円周方向長さ	
3 3 0	電気接続部	
5 0 0	コイル	10
6 0 6	第 1 の中央部分	
6 0 7	第 2 の中央部分	
6 0 8	コイル端部部分	
6 0 9	コイル端部部分	
6 1 0	治具	
7 0 0	冷却チャネル	
7 0 5	冷却チャネル	
7 1 0	第 1 の冷却部分	
7 1 1	第 1 の冷却通路	
7 1 2	第 1 の冷却通路	20
7 1 3	第 1 の別個の端部	
7 1 5	第 2 の冷却部分	
7 1 6	第 2 の冷却通路	
7 1 7	第 2 の冷却通路	
7 1 8	第 2 の別個の端部	
7 2 0	接合端部	
7 2 5	入口、出口	
7 3 0	入口、出口	
7 3 5	第 1 の分配導管	
7 4 0	第 2 の分配導管	30
9 0 0	方法	
1 0 0 0	電機子支持構造	
1 1 0 0	外側電機子セグメント支持体、外側セグメント支持体	
1 1 0 5	接着剤および / または締結具、バー、ねじ、またはピン	
1 1 1 0	クレーン	
1 1 2 0	カバー、スリーブ	
1 2 0 0	電機子セグメントアセンブリカート	
1 2 1 0	シールド	
1 3 0 5	治具支持体	
1 3 1 0	治具支持体	40
1 3 1 5	脚部	
1 3 2 0	グリップ	
1 4 0 0	方法	
P A	ピッチ軸	
Y A	ヨー軸	

【 図 面 】
【 図 1 】

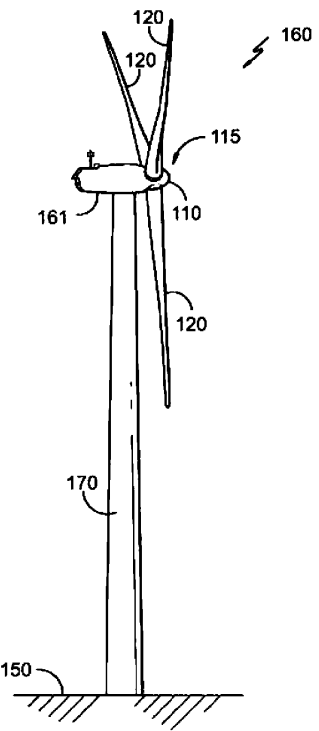


Fig. 1

【 図 2 】

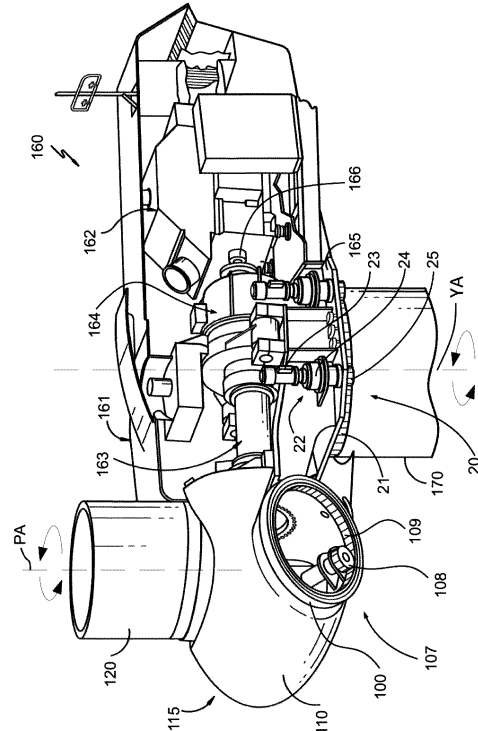


Fig. 2

【 図 3 】

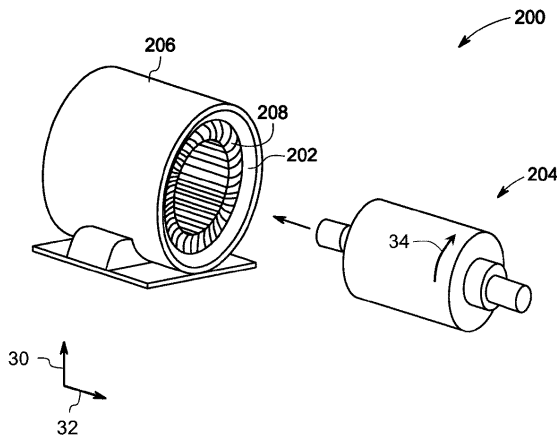


Fig. 3

【 図 4 】

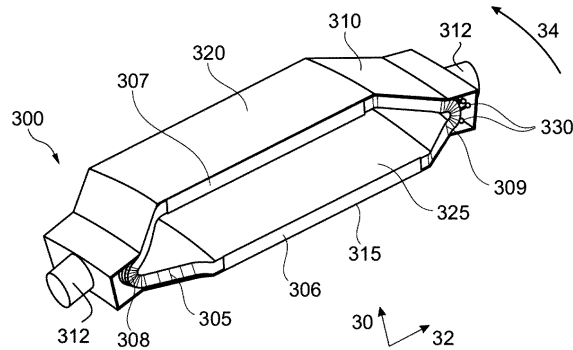


Fig. 4

10

20

30

40

50

【 図 5 】

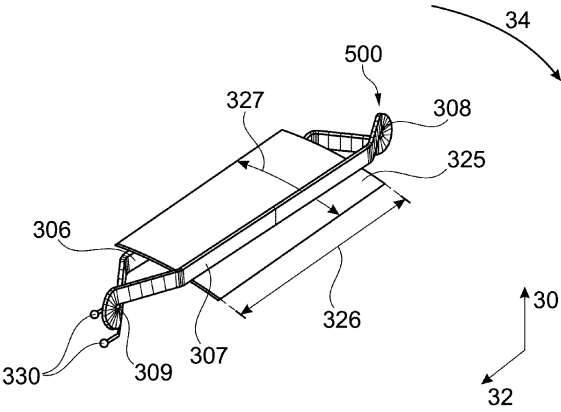


Fig. 5

【 図 6 】

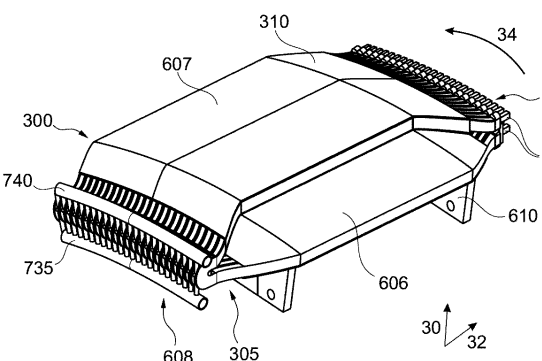


Fig. 6

【 図 7 】

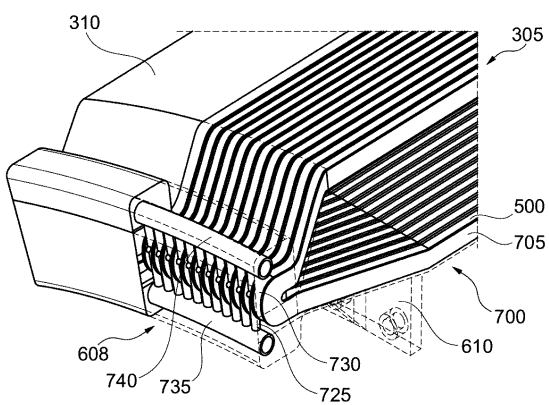


Fig. 7

【 図 8 】

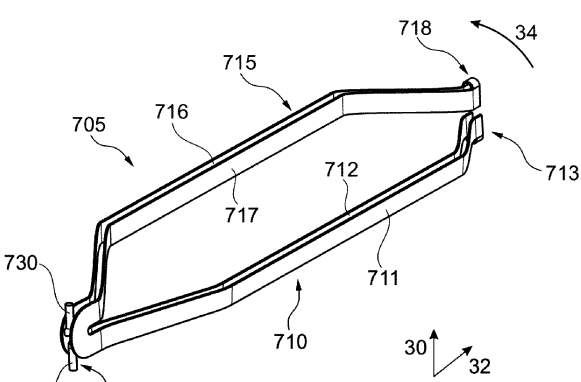


Fig. 8

10

20

30

40

50

【 図 9 】

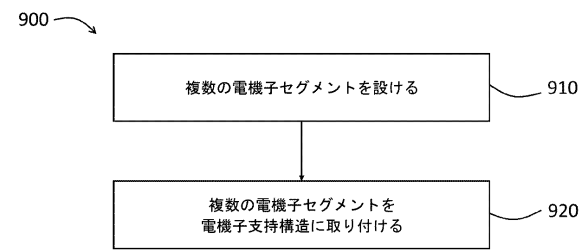


Fig. 9

【 図 1 0 A 】

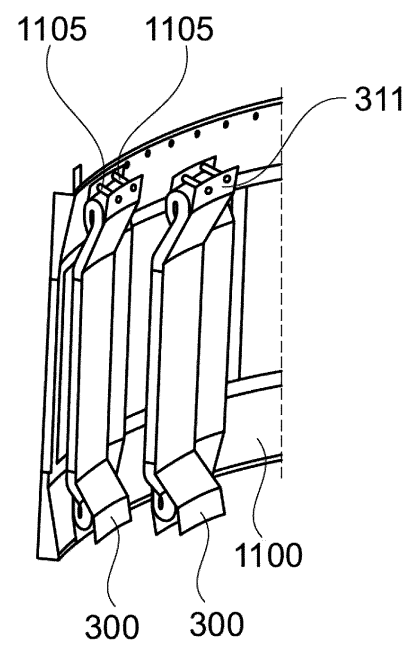


Fig. 10A

【 図 1 0 B 】

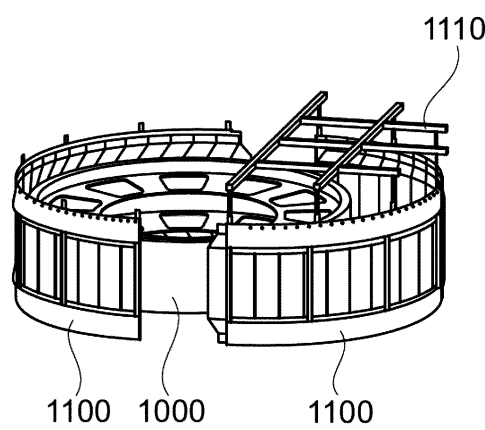


Fig. 10B

【 図 1 1 】

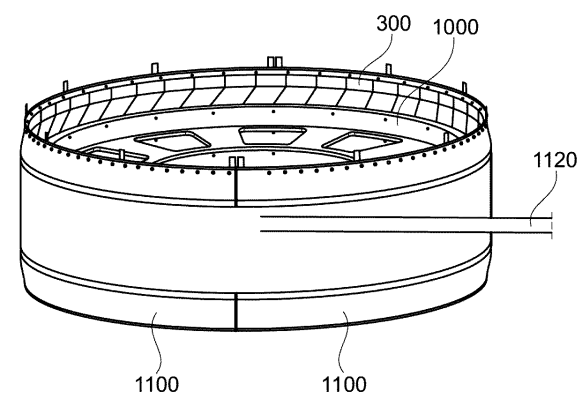


Fig. 11

10

20

30

40

50

【 図 1 2 】

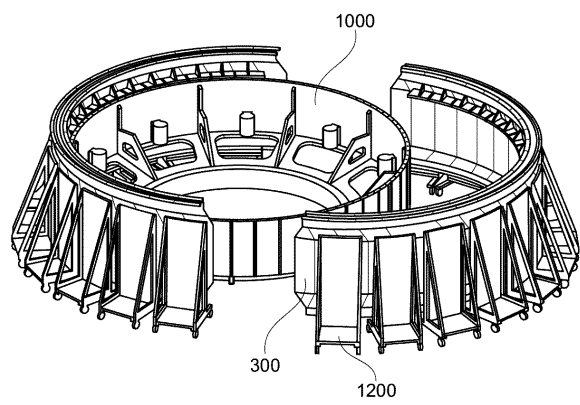


Fig. 12

【 図 1 3 】

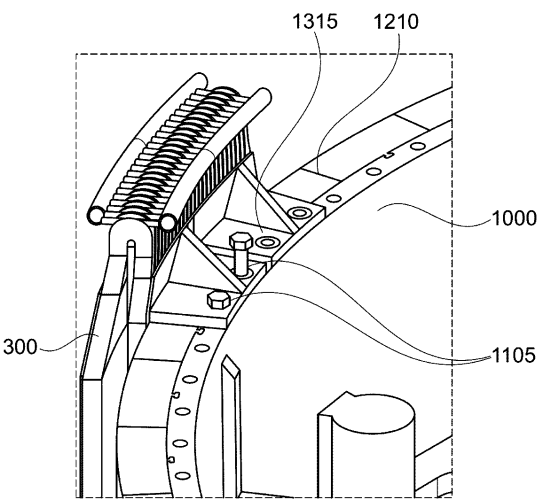


Fig. 13

【 図 1 4 】

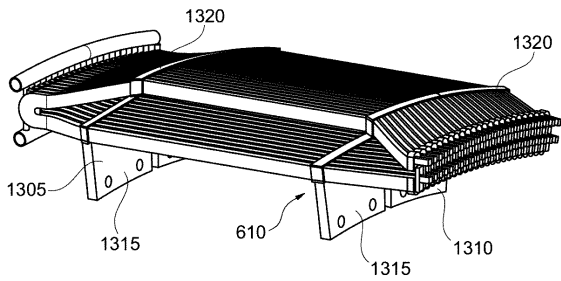


Fig. 14

【 図 1 5 】

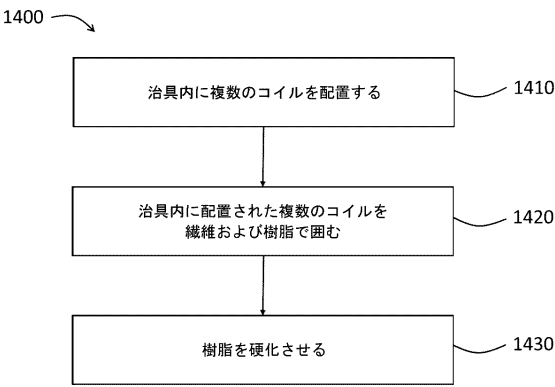


Fig. 15

10

20

30

40

50

【外国語明細書】

2022104876000018.pdf

10

20

30

40

50

フロントページの続き

3 0 9 - 1 0 2 7、ニスカユナ、リサーチ・サークル 1
(72)発明者 ミシェル・シュバイツァー
フランス、9 0 0 1 8 ベルフォール、アベニュー・デ・トロワ・シェンヌ 3
(72)発明者 ブルーノ・クレベル
フランス、9 0 0 1 8 ベルフォール、アベニュー・デ・トロワ・シェンヌ 3
(72)発明者 ミカエル・ポールテ
フランス、9 0 0 1 8 ベルフォール、アベニュー・デ・トロワ・シェンヌ 3
(72)発明者 ロエル・シュリング
スペイン国 0 8 0 0 5 バルセロナ、ログ ブルナト 7 8
F ターム（参考） 3H178 AA03 AA40 AA43 BB71 BB77 CC25 DD12X
5H604 BB03 BB10 BB14 CC01 CC05 CC13 DA15 DA19 DB26 PB03
QA01
5H607 BB02 BB07 BB14 CC01 DD03 FF26