

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-125478

(P2017-125478A)

(43) 公開日 平成29年7月20日(2017.7.20)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
FO1D 5/28 (2006.01)	FO1D 5/28	3G202
FO1D 5/30 (2006.01)	FO1D 5/30	
FO1D 5/06 (2006.01)	FO1D 5/06	
FO1D 25/00 (2006.01)	FO1D 25/00 F	
	FO1D 25/00 Q	
審査請求 未請求 請求項の数 13 O L (全 12 頁)		

(21) 出願番号 特願2016-6186 (P2016-6186)
 (22) 出願日 平成28年1月15日 (2016.1.15)

(71) 出願人 514030104
 三菱日立パワーシステムズ株式会社
 神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3
 番1号
 (74) 代理人 100092978
 弁理士 真田 有
 (72) 発明者 村上 憲一
 神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3
 番1号 三菱日立パワーシステムズ株式会
 社内
 (72) 発明者 金澤 真吾
 神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3
 番1号 三菱日立パワーシステムズ株式会
 社内
 Fターム(参考) 3G202 FA02 FA04 FB03

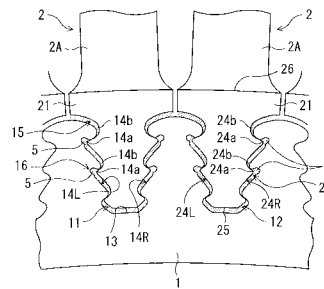
(54) 【発明の名称】 動翼のタービンロータへの組付構造及び組付方法並びにタービンロータ

(57) 【要約】

【課題】タービンロータが回転して動翼に遠心力が掛って翼根が翼溝に対して径方向の外周側へ相対動し翼根と翼溝との隙間部分が拡大することに着目して、翼根と翼溝との隙間部分での腐食の発生等を抑制することができるようにする。

【解決手段】タービンロータ1の翼溝11に動翼2の翼根21を組み付ける組付構造であって、翼根21が、防食性接着剤によって、翼溝11に対してタービンロータ1の径方向外方の最外周位置に圧着状態に固定されている。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

タービンロータの翼溝に動翼の翼根を組み付ける組付構造であって、
前記翼根が、防食性接着剤によって、前記翼溝に対して前記タービンロータの径方向外方の最外周位置に圧着状態に固定されている
ことを特徴とする、動翼のタービンロータへの組付構造。

【請求項 2】

前記タービンロータの前記翼溝において前記タービンロータの回転により応力が集中する特定のコーナー部に、当該コーナー部の曲率を低減させる曲面で形成されたポケット溝が設けられている
ことを特徴とする、請求項 1 に記載の動翼のタービンロータへの組付構造。

10

【請求項 3】

前記翼溝は、前記タービンロータの外周に軸方向に向けて複数設けられると共に、前記動翼の前記翼根が前記翼溝に個々に挿入されるツリー型翼溝であることを特徴とする、請求項 1 又は 2 に記載の動翼のタービンロータへの組付構造。

【請求項 4】

前記翼溝は、前記タービンロータの外周に円周方向に連続して設けられると共に、前記動翼の前記翼根が円周方向に順次挿入される T 型翼溝であることを特徴とする、請求項 1 又は 2 に記載の動翼のタービンロータへの組付構造。

【請求項 5】

タービンロータの翼溝に動翼の翼根を組み付ける組付方法であって、
前記動翼の前記翼根を前記タービンロータの前記翼溝内に挿入する挿入工程と、
前記挿入工程と同時に又は前後して、前記翼根と前記翼溝との間に防食性接着剤を充填させる充填工程と、
前記挿入工程及び前記充填工程の後、前記翼根を前記翼溝に対して前記タービンロータの径方向外方の最外周位置に圧着させた状態で前記防食性接着剤を固化させる固化工程と、
を有する
ことを特徴とする動翼のタービンロータへの組付方法。

20

【請求項 6】

前記固化工程では、前記翼根を前記翼溝に嵌合させた状態で、前記動翼と前記タービンロータとの間に楔を打ち込んで前記動翼を前記翼溝に対して前記タービンロータの径方向外方の最外周位置に圧着させることを特徴とする請求項 5 に記載の動翼のタービンロータへの組付方法。

30

【請求項 7】

前記タービンロータの前記翼溝において前記タービンロータの回転により応力が集中する特定のコーナー部に、当該コーナー部の曲率を低減させる曲面で形成されたポケット溝が設けられている
ことを特徴とする、請求項 5 又は 6 に記載の動翼のタービンロータへの組付方法。

【請求項 8】

前記翼溝は、前記タービンロータの外周に軸方向に向けて複数設けられると共に、前記動翼の前記翼根が前記翼溝に個々に挿入されるツリー型翼溝であることを特徴とする、請求項 5 ～ 7 の何れか一項に記載の動翼のタービンロータへの組付方法。

40

【請求項 9】

前記翼溝は、前記タービンロータの外周に円周方向に連続して設けられると共に、前記動翼の前記翼根が円周方向に順次挿入される T 型翼溝であることを特徴とする、請求項 5 ～ 7 の何れか一項に記載の動翼のタービンロータへの組付方法。

【請求項 10】

動翼の翼根を組み付けられる翼溝を有するタービンロータであって、
前記翼溝において前記タービンロータの回転により応力が集中する特定のコーナー部に、当該コーナー部の曲率を低減させる曲面で形成されたポケット溝が設けられている

50

ことを特徴とする、タービンロータ。

【請求項 1 1】

前記翼溝は、前記タービンロータの外周に軸方向に向けて複数設けられると共に、前記動翼の前記翼根が前記翼溝に個々に挿入されるツリー型翼溝であって、

前記特定のコーナー部は、前記ツリー型翼溝で周方向に張り出した張出部の奥に形成された角部である

ことを特徴とする、請求項 1 0 に記載のタービンロータ。

【請求項 1 2】

前記翼溝は、前記タービンロータの外周に円周方向に連続して設けられると共に、前記動翼の前記翼根が円周方向に順次挿入される T 型翼溝であって、

前記特定のコーナー部は、前記 T 型翼溝で周方向に張り出した張出部の溝開口部側の角部である

ことを特徴とする、請求項 1 0 に記載のタービンロータ。

【請求項 1 3】

前記 T 型翼溝の開口部には、前記タービンロータの外周面から径方向外方に突出した突出部が形成され、前記突出部の外側面と前記タービンロータの外周面とがなすコーナー部に、当該コーナー部の曲率を低減させる曲面で形成されたポケット溝が形成されている

ことを特徴とする、請求項 1 2 に記載のタービンロータ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、蒸気タービン、特に、地熱発電用の蒸気タービンに用いて好適の動翼のタービンロータへの組付構造及び組付方法並びにタービンロータに関するものである。

【背景技術】

【0 0 0 2】

蒸気タービンには、各段のタービンロータの周縁に沿って動翼の翼列が装着されている。この動翼のタービンロータへの主な取付構造には、サイドエントリー方式（アキシアルエントリー方式）と T ルート方式とがある。

T ルート方式では、タービンロータの外周に円周方向に T ルートと呼ばれる翼溝を連続して設け、翼根を翼溝に挿入し、タービンロータの円周方向に順次植え込むようにして、

【0 0 0 3】

サイドエントリー方式では、タービンロータの外周に軸方向にツリー型翼溝などと呼ばれる翼溝を動翼の数に応じて設けて、各翼溝にそれぞれ翼根を挿入して嵌合させて固定する。

特に、最終段低圧部の動翼には高い強度が要求されるため、サイドエントリー式の固定構造が採用される場合が多い。

【0 0 0 4】

各特許文献 1 ～ 3 には、サイドエントリー式の動翼の固定構造において、ツリー型の翼溝と翼根との隙間と、隣り合う翼の脚部の隙間に防食剤を充填した蒸気タービンの防食技術が開示されている。特許文献 2 には、更に防食剤充填部の表面に遮蔽性の樹脂を塗布することが開示され、特許文献 3 には、更に防食剤充填部の表面に遮蔽性の樹脂を塗布し、更に樹脂の上に金属コーティングを行なうことが開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0 0 0 5】

【特許文献 1】特開昭 5 8 - 1 8 3 8 0 1 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 1 0 - 1 8 0 8 1 9 号公報

【特許文献 3】特開 2 0 1 1 - 1 4 9 3 2 3 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ところで、地熱井戸から噴出する地熱蒸気を利用し発電する地熱発電プラントの蒸気タービン（地熱タービン）において、地熱蒸気には金属を腐食させる原因となる酸性成分（ H_2S など）が含まれている。このため、地熱タービンの場合、翼表面に防食剤を塗布しているが、翼根とタービンロータの翼溝との隙間に地熱蒸気が侵入し、翼溝や翼根を腐食させるという課題が発生する。

【0007】

特許文献1～3には、翼根とタービンロータの翼溝との隙間に防食剤を充填することが記載されているが、この従来技術では、翼溝や翼根を十分に防食することが困難である。つまり、タービンロータが回転して翼に遠心力が掛り径方向の外周側へ位置が変化した際に、翼根とタービンロータの翼溝との隙間が広がってしまうため、この隙間から地熱蒸気が侵入してしまう。上記従来技術では、このような隙間への地熱蒸気の侵入を防止することはできず、結果、腐食が発生するおそれがある。

サイドエントリー方式の場合、翼溝の端部が露出しているため、このような課題の発生がより危惧される。

【0008】

また、タービンロータが回転して翼に遠心力が掛り径方向の外周側へ位置が変化すると、タービンロータの植込み溝の特定のコーナー部に、応力が集中してクラックが生じるおそれがある。例えばサイドエントリー方式の場合、ツリー型翼溝の角部（ツリー型翼溝で周方向に張り出した張出部の溝開口部側の角部、後述の図1の符号16参照）において、動翼に働く遠心力が作用して圧縮応力による応力集中が発生する。また、Tルート方式の場合、T型翼溝の角部（T型翼溝で周方向に張り出した張出部の溝開口部側の角部、後述の図3の符号37A）や、T型翼溝の耳部（T型翼溝の開口部に、タービンロータの外周面から径方向外方に突出した突出部の外側面と、タービンロータの外周面とがなすコーナー部、後述の図3の符号37B）において、動翼に働く遠心力が作用して圧縮応力による応力集中が発生する。このようなタービンロータの翼溝部分では、応力集中によるクラック発生のおそれがあり、クラックが発生すると地熱蒸気による腐食を誘発するため、このような応力集中の発生を抑制することが好ましい。

なお、これらの課題は、金属を腐食させ易い環境下では、地熱タービンに限らず、他の蒸気タービン、或いは、ガスタービンにおいても発生する場合がある。

【0009】

本発明は、このような課題を比較的簡易な対処のもとで解決すべく創案されたもので、タービンロータが回転して動翼に遠心力が掛って、翼根が翼溝に対して径方向の外周側へ相対動し翼根と翼溝との隙間部分が拡大することに着目して、翼根と翼溝との隙間部分での腐食の発生等を抑制することができるようにした、動翼のタービンロータへの組付構造及び動翼のタービンロータへの組付方法並びにタービンロータ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】

【0010】

（1）上記の目的を達成するために、本発明の動翼のタービンロータへの組付構造は、タービンロータの翼溝に動翼の翼根を組み付ける組付構造であって、前記翼根が、防食性接着剤によって、前記翼溝に対して前記タービンロータの径方向外方の最外周位置に圧着状態に固定されていることを特徴としている。

【0011】

（2）前記タービンロータの前記翼溝において前記タービンロータの回転により応力が集中する特定のコーナー部に、当該コーナー部の曲率を低減させる曲面で形成されたポケット溝が設けられていることが好ましい。

【0012】

（3）前記翼溝は、前記タービンロータの外周に軸方向に向けて複数設けられると共に

10

20

30

40

50

、前記動翼の前記翼根が前記翼溝に個々に挿入されるツリー型翼溝であることが好ましい。

(4) 前記翼溝は、前記タービンロータの外周に軸方向に向けて複数設けられると共に、前記動翼の前記翼根が円周方向に順次挿入されるＴ型翼溝であることが好ましい。

【0013】

(5) 本発明の動翼のタービンロータへの組付方法は、タービンロータの翼溝に動翼の翼根を組み付ける組付方法であって、前記動翼の前記翼根を前記タービンロータの前記翼溝内に挿入する挿入工程と、前記挿入工程と同時に又は前後して、前記翼根と前記翼溝との間に防食性接着剤を充填させる充填工程と、前記挿入工程及び前記充填工程の後、前記翼根を前記翼溝に対して前記タービンロータの径方向外方の最外周位置に圧着させた状態で前記防食性接着剤を固定させる固化工程と、を有することを特徴としている。

10

【0014】

(6) 前記固化工程では、前記翼根を前記翼溝に嵌合させた状態で、前記動翼と前記タービンロータとの間に楔を打ち込んで前記動翼を前記翼溝に対して前記タービンロータの径方向外方の最外周位置に圧着させることが好ましい。

【0015】

(7) 前記タービンロータの前記翼溝において前記タービンロータの回転により応力が集中する特定のコーナー部に、当該コーナー部の曲率を低減させる曲面で形成されたポケット溝が設けられていることが好ましい。

【0016】

20

(8) 前記翼溝は、前記タービンロータの外周に軸方向に向けて複数対応した数だけ設けられると共に、前記動翼の前記翼根が前記翼溝に個々に挿入されるツリー型翼溝であることが好ましい。

(9) 前記翼溝は、前記タービンロータの外周に円周方向に連続して設けられると共に、前記動翼の前記翼根が円周方向に順次挿入されるＴ型翼溝であることが好ましい。

【0017】

(10) 本発明のタービンロータは、動翼の翼根を組み付けられる翼溝を有するタービンロータであって、前記翼溝において前記タービンロータの回転により応力が集中する特定のコーナー部に、当該コーナー部の曲率を低減させる曲面で形成されたポケット溝が設けられていることを特徴としている。

30

【0018】

(11) 前記翼溝は、前記タービンロータの外周に軸方向に向いて前記動翼の数に対応した数だけ設けられると共に、前記動翼の前記翼根が前記翼溝に個々に挿入されるツリー型翼溝であって、前記特定のコーナー部は、前記ツリー型翼溝で周方向に張り出した張出部の奥に形成された角部であることが好ましい。

(12) 前記翼溝は、前記タービンロータの外周に円周方向に連続して設けられると共に、前記動翼の前記翼根が円周方向に順次挿入されるＴ型翼溝であって、前記特定のコーナー部は、前記Ｔ型翼溝で周方向に張り出した張出部の溝開口部側の角部（耳部）であることが好ましい。

(13) 前記Ｔ型翼溝の開口部には、前記タービンロータの外周面から径方向外方に突出した突出部が形成され、前記突出部の外側面と前記タービンロータの外周面とがなすコーナー部に、当該コーナー部の曲率を低減させる曲面で形成されたポケット溝が形成されていることが好ましい。

40

【発明の効果】

【0019】

本発明によれば、動翼の翼根が、防食性接着剤によって、翼溝に対してタービンロータの径方向外方の最外周位置に圧着状態で固定されているので、タービンロータが回転して動翼に遠心力が掛っても、翼根と翼溝の間には翼根が翼溝に対して径方向の外周側へ移動する相対動はほとんど発生しない。そのため、翼根と翼溝の間に新たな隙間が発生することが抑制される。したがって、地熱発電用の蒸気タービンに用いた場合にも、地熱蒸

50

気が隙間に侵入することを抑制して、翼根と翼溝に腐食が発生することを抑制することができる。

【 0 0 2 0 】

また、タービンロータの翼溝において、タービンロータの回転で発生する動翼の遠心力により応力が集中し易い特定のコーナー部に、当該コーナー部の曲率を低減させる曲面で形成されたポケット溝を設けることで、特に、特定のコーナー部に大きな圧縮力や引張力による作用力が生じる場合にも、作用力がポケット溝の曲面に分散されて応力集中が抑制されてクラックの発生が防止される。したがって、地熱発電用の蒸気タービンに用いた場合にも、地熱蒸気が進入するクラックが発生することがなく、クラックに腐食が発生することを防止することができる。

10

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 1 】

【図 1】第 1 実施形態に係るタービンロータ及び動翼のタービンロータへの組付構造を説明するための蒸気タービンの翼列部分を示す断面図である。

【図 2】第 1 実施形態に係る動翼のタービンロータへの組付方法を説明するための蒸気タービンの翼列部分を示す断面図であって、(a) , (b) の順に工程を示す。

【図 3】第 2 実施形態に係るタービンロータ及び動翼のタービンロータへの組付構造を説明するための蒸気タービンの翼列部分を示す断面図である。

【図 4】第 2 実施形態に係る動翼のタービンロータへの組付方法を説明するための蒸気タービンの翼列部分を示す断面図であって、(a) , (b) の順に工程を示す。

20

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 2 】

以下、図面より、本発明に係るタービンロータ及び動翼のタービンロータへの組付構造並びに組付方法について 2 つの実施形態を説明する。第 1 実施形態に係るタービンロータは動翼をサイドエントリーするツリー型翼溝を有するもので、第 2 実施形態に係るタービンロータは動翼を T ルートでエントリーする T 型翼溝を有するものである。

何れの実施形態も、地熱発電用の蒸気タービンに適用されるが、本発明は、他の種々の蒸気タービンや、ガスタービンへの適用も考えられる。

【 0 0 2 3 】

〔第 1 実施形態〕

30

蒸気タービンには、複数段のタービンロータの周縁に沿って動翼の翼列が装着されている。本実施形態では、図 1 に示すように、動翼 2 をサイドエントリー方式（アキシヤルエントリー方式）でタービンロータ 1 へ組み付けている。

【 0 0 2 4 】

タービンロータ 1 には、その外周に軸方向に向けて、いわゆる逆クリスマスツリー形の翼溝（ツリー型翼溝）11 が動翼 2 の数に応じて設けられている。ツリー型翼溝 11 は、タービンロータ 1 の軸方向に延びており、ツリー型翼溝 11 の内面 12 は、底壁部 13 と両側壁部 14 L , 14 R とを備えている。両側壁部 14 L , 14 R には、底壁部 13 から溝開口部 15 に向けて、拡径部 14 a , 縮径部 14 b が交互に設けられている。両側壁部 14 L , 14 R の幅は、拡径部 14 a , 縮径部 14 b において拡縮しながら底部 13 から開口部 15 に向けて次第に拡大している。また、両側壁 14 L , 14 R は滑らかな曲面で構成される。

40

【 0 0 2 5 】

動翼 2 には、ツリー型翼溝 11 の形状に対応する、いわゆる逆クリスマスツリー形の翼根（ツリー型翼根）21 と、この翼根 21 からタービンロータ 1 の径方向の外周側に延びる翼部 2 A とが設けられる。翼根 21 は、ツリー型翼溝 11 の両側壁部 14 L , 14 R と対応するようにタービンロータ 1 の軸方向に延びており、その外面 23 は、側壁部 24 L , 24 R と頂部 25 とを備え、側壁 24 L , 24 R には、頂部 25 から基部 26 に向けて、拡径部 24 a , 縮径部 24 b が交互に設けられている。両側壁部 24 L , 24 R の幅は、拡径部 24 a , 縮径部 24 b において拡縮しながら頂部 25 から基部 26 に向けて次第

50

に拡大している。

【0026】

もちろん、翼根21はツリー型翼溝11に円滑に挿入できるように、ツリー型翼溝11の内面12と翼根21の外面23との間には挿入状態で微小な隙間（クリアランス）が形成されるように、内面12と外面23との大きさ及び形状が設定されている。また、翼根21はツリー型翼溝11に部分的に圧入して挿入できるように、ツリー型翼溝11の内面12と翼根21の外面23との間には、挿入状態で微小な隙間（クリアランス）が形成される部分と接触する部分とが適切に存在するように、内面12と外面23との大きさ及び形状が設定されていてもよい。

【0027】

そして、本実施形態のタービンロータ1には、ツリー型翼溝11においてタービンロータ1の回転により応力が集中する特定のコーナー部に、このコーナー部の曲率を低減させる曲面で形成されたポケット溝（R付きポケット溝）5が形成されている。

特定のコーナー部とは、ツリー型翼溝11で周方向に張り出した拡径部（張出部）24aの奥に形成された角部16である。この角部16は、蒸気タービンの運転時に、タービンロータ1の回転により動翼2に遠心力が作用して、動翼2からこの遠心力に応じた力がタービンロータ1のツリー型翼溝11に加わり、圧縮応力が集中する箇所である。

【0028】

R付きポケット溝5は、このような応力の集中を抑制させる機能を有し、コーナー部において、局所的に肉部に入り込むように形成された比較的曲率の小さい曲面（入り込み曲面）を内壁面とする溝である。つまり、ポケット溝は、その横断面（ポケット溝の延在方向と直交する断面）の形状がポケット状（袋状）の溝であるが、R付きポケット溝5は、ポケット溝の内壁面が角部16の曲率を低減させる曲面（例えば、横断面が円弧状の曲面）で形成されるポケット溝である。本実施形態の場合、R付きポケット溝5は、ロータ1の長手軸方向に沿って延びてロータ1を貫通して形成されており、R付きポケット溝5の横断面は、ロータ1の長手軸方向と直交する断面になっている。このように、角部16の曲面がR付きポケット溝5によって曲率を低減されたことで、曲面で作用する力が分散され、応力の集中が抑制される。したがって、角部16に大きな圧縮力や引張力による作用力が生じる場合にも、作用力がR付きポケット溝5の曲面に分散されて応力の集中が抑制されるので、クラックの発生が防止される。

【0029】

さらに、本実施形態では、動翼2の翼根21が、タービンロータ1のツリー型翼溝11に対してタービンロータ1の径方向外方に最も遠くなるような最外周の位置まで移動させて押え込むように、最外周位置に圧着する状態に防食性接着剤によって固定されている。この翼根21がツリー型翼溝11に対して径方向外方の最外周位置に圧着する状態とは、タービンロータ1の回転により動翼2に遠心力が作用している状態を想定したもので、したがって、圧着の強さも想定される遠心力の大きさに対応させることが好ましい。

【0030】

上記のように、ツリー型翼溝11の内面12と翼根21の外面23との間には挿入状態で微小な隙間が形成されており、特に何も考慮せずにツリー型翼溝11の内面12と翼根21の外面23との間に防食性接着剤を介在させて固着させた場合、タービンロータ1の回転により動翼2に遠心力が作用すると、ツリー型翼溝11内で翼根21がタービンロータ1の径方向外方へ微量移動して変位する。しかし、後述する手法を用いて、予め、この変位した状態でツリー型翼溝11内に翼根21を固定させておけばこのような変位は生じないか或いは生じても僅かに抑えることができる。

【0031】

なお、防食性接着剤には、例えば、不飽和ポリエステル樹脂系接着剤、ポリイミド樹脂系接着剤、ポリアミドイミド樹脂系接着剤、エポキシ樹脂系接着剤など、機械的強度があり、耐水性、耐熱性、耐酸性、耐候性等の各種の耐性があるものを適用する。

【0032】

次に、このような動翼のタービンロータへの組付構造を構成するための組付方法を説明する。

この組付方法では、まず、動翼 2 の翼根 2 1 をタービンロータ 1 のツリー型翼溝 1 1 内に挿入する（挿入工程）。また、この挿入工程と同時に又は前後して、翼根 2 1 とツリー型翼溝 1 1 との間に防食性接着剤を充填させる（充填工程）。

【0033】

これらの挿入工程及び充填工程の後に、翼根 2 1 をツリー型翼溝 1 1 に対してタービンロータ 1 の径方向外方に圧着した状態で防食性接着剤を固化させる（固化工程）。この際、図 2（a）に示すように、ツリー型翼溝 1 1 の底壁部 1 3 と、翼根 2 1 の頂部 2 5 との間に、楔 6 を仮設で打ち込むことにより、図 2（b）に示すように、動翼 2 の翼根 2 1 が、タービンロータ 1 のツリー型翼溝 1 1 に対してタービンロータ 1 の径方向外方に最も遠くなるような最外周の位置まで移動させて押え込むように、最外周位置に圧着させる。この状態を保持して、防食性接着剤を固化させればよい（固化工程）。

【0034】

この固化工程の後に、楔 6 を抜き取り、楔 6 を抜き取ったことで発生する翼根 2 1 とツリー型溝 1 1 との隙間に防食性接着剤を追加充填して隙間を塞ぐ（補修工程）。これらの一連の工程により、タービンロータ 1 へ動翼 2 を組み付ける。

【0035】

本発明の第 1 実施形態に係るタービンロータ、動翼のタービンロータへの組付構造及び動翼のタービンロータへの組付方法は、このように、防食性接着剤によって動翼 2 の翼根 2 1 がタービンロータ 1 のツリー型翼溝 1 1 に対してタービンロータ 1 の径方向外方の最外周位置に圧着した状態で固定されているので、タービンロータ 1 が回転して動翼 2 に遠心力がかかった場合に生じやすい翼根 2 1 とツリー型翼溝 1 1 との間の相対動（翼根 2 1 がツリー型翼溝 1 1 に対して径方向の外周側へ移動する相対動）の発生が抑制されて、翼根 2 1 とツリー型翼溝 1 1 との間に新たな隙間が発生することが抑制される。したがって、地熱発電用の蒸気タービンの場合であっても、隙間に地熱蒸気が翼根 2 1 とツリー型溝 1 1 との隙間に侵入することを抑制して、翼根 2 1 及びツリー型翼溝 1 1 に腐食が発生することを抑制することができる。

【0036】

しかも、翼根 2 1 をタービンロータ 1 のツリー型翼溝 1 1 に対してタービンロータ 1 の径方向外方の最外周位置に圧着した状態に固定する手法として、簡便な楔 6 を用いて行なうので、本実施形態にかかる動翼のタービンロータへの組付構造を容易にかつ確実に達成することができる。

【0037】

また、本タービンロータによれば、タービンロータ 1 の回転で発生する動翼 2 の遠心力によりツリー型翼溝 1 1 において応力が集中しやすい角部 1 6 に R 付きポケット溝 5 が設けられているので、この部分への応力集中が抑制されてクラックの発生が防止される。したがって、地熱発電用の蒸気タービンに用いた場合にも、地熱蒸気が侵入するクラックが発生しないため、クラックに腐食が発生することを防止することができる。

【0038】

〔第 2 実施形態〕

本実施形態では、図 3 に示すように、動翼 4 を T ルート方式でタービンロータ 3 へ組み付けている。

【0039】

タービンロータ 3 には、その外周に軸方向に向けて、いわゆる T ルートと呼ばれる翼溝（T 型翼溝）3 1 が設けられている。T 型翼溝 3 1 は、底壁部 3 2 と拡幅した両側壁部 3 3 と縮幅した両側壁部 3 4 とを備えている。側壁部 3 3 と側壁部 3 4 との間には底壁部 3 2 と略平行に対向する段部 3 5 が設けられ、開口部には、タービンロータ 3 の外周面 3 F から径方向外方に突出して、底壁部 3 2 と略平行にタービンロータ 3 の径方向外方を向いた開口段部（突出部）3 6 が設けられている。T 型翼溝 3 1 の角部は滑らかな曲面で構成

10

20

30

40

50

される。

【 0 0 4 0 】

動翼 4 には、T 型翼溝 3 1 の形状に対応する T 型断面形状の翼根 4 1 と、この翼根 4 1 からタービンロータ 3 の径方向の外周側に延びる翼部 4 A とが設けられる。翼根 4 1 は、頂面部 4 2 と拡幅した両側壁部 4 3 と縮幅した両側壁部 4 4 とを備えている。側壁部 4 3 と側壁部 4 4 との間には頂面部 4 2 と略平行にタービンロータ 3 の径方向外方に向けた段部 4 5 が設けられ、基部には、段部 4 5 と略平行に対向する基部側段部 4 6 が設けられている。動翼 4 の外面に形成される角部は滑らかな曲面で構成される。また、頂面部 4 2 は底壁部 3 2 と、段部 4 5 は段部 3 5 と、基部側段部 4 6 は開口段部 3 6 とそれぞれ対向する。

10

【 0 0 4 1 】

翼根 4 1 を T 型翼溝 3 1 に挿入し、タービンロータ 3 の円周方向に摺動させて順次植え込むようにして、翼根 4 1 を組み付けていくが、翼根 4 1 が T 型翼溝 3 1 に円滑に挿入及び摺動できるようにするために、T 型翼溝 3 1 の内面と翼根 4 1 の外面との間には挿入状態で微小な隙間（クリアランス）が形成されるよう、T 型翼溝 3 1 の内面と翼根 4 1 の外面との大きさ及び形状が設定されている。

【 0 0 4 2 】

そして、本実施形態のタービンロータ 3 にも、T 型翼溝 3 1 においてタービンロータ 3 の回転により応力が集中する特定のコーナー部、即ち、T 型翼溝 3 1 で周方向に張り出した張出部の溝開口部側の角部 3 7 A に、溝内壁面がこの角部 3 7 A の曲率を低減させる曲面で形成された R 付きポケット溝 5 A が形成されている。

20

また、T 型翼溝 3 1 の開口段部（突出部）3 6 の外側面 3 6 F とタービンロータ 3 の外周面 3 F とがなすコーナー部（耳部）3 7 B にも、溝内壁面がこの耳部 3 7 B の曲率を低減させる曲面で形成された R 付きポケット溝 5 B が形成されている。

【 0 0 4 3 】

すなわち、T 型翼溝 3 1 の角部 3 7 A には、動翼 4 に働く遠心力が翼根 4 1 の段部 4 5 と T 型翼溝 3 1 の段部 3 5 との圧接によって作用すると、引張応力による応力集中が発生する。

また、開口段部（突出部）3 6 の耳部 3 7 B にも、動翼 4 に働く遠心力が翼根 4 1 の段部 4 5 と T 型翼溝 3 1 の段部 3 5 との圧接によって作用すると、圧縮応力による応力集中が発生する。

30

【 0 0 4 4 】

R 付きポケット溝 5 A , 5 B は、第 1 実施形態の R 付きポケット溝 5 と同様のものであって、上記の応力の集中を抑制させる機能を有する。つまり、本実施形態の R 付きポケット溝 5 A , 5 B は、タービンロータ 3 の周方向に向けて全周にわたって延在し、その横断面〔R 付きポケット溝 5 A , 5 B の延在方向（タービンロータ 3 の周方向）と直交する断面〕の形状がポケット状（袋状）であるポケット溝であって、溝の内壁面が角部 3 7 A , 耳部 3 7 B の曲率を低減させる曲面（例えば、横断面が円弧状の曲面）で形成されている。したがって、角部 3 7 A , 耳部 3 7 B に大きな圧縮力や引張力による作用力が生じる場合にも、作用力が R 付きポケット溝 5 A , 5 B の曲面に分散されて応力の集中が抑制されるので、クラックの発生が防止される。

40

【 0 0 4 5 】

さらに、本実施形態では、動翼 4 の翼根 4 1 が、防食性接着剤によってタービンロータ 3 の T 型翼溝 3 1 に対してタービンロータ 3 の径方向外方の最外周位置に圧着した状態で固定されている。この翼根 4 1 が T 型翼溝 3 1 に対して径方向外方の最外周位置に圧着した状態とは、タービンロータ 3 の回転により動翼 4 に遠心力が作用している状態を想定したもので、したがって、圧着の強さも想定される遠心力の大きさに対応させることが好ましい。

【 0 0 4 6 】

上記のように、T 型翼溝 3 1 の内面と翼根 4 1 の外面との間には挿入状態で微小な隙間

50

が形成されており、特に何も考慮せずにT型翼溝31の内面と翼根41の外面との間に防食性接着剤を介在させて固着させた場合、タービンロータ3の回転により動翼4に遠心力が作用すると、T型翼溝31内で翼根41がタービンロータ3の径方向外方へ移動して微小量変位する。しかし、後述する手法で、予め、この変位した状態でT型翼溝31内に翼根41を固定させておけばこのような変位は生じないか或いは生じても僅かに抑えることができる。

【0047】

なお、防食性接着剤には、例えば、不飽和ポリエステル樹脂接着剤、ポリイミド樹脂接着剤、ポリアミドイミド樹脂接着剤、エポキシ樹脂接着剤など、機械的強度があり、耐水性、耐熱性、耐酸性、耐候性等の各種の耐性があるものが適用できる。

10

【0048】

次に、このような動翼のタービンロータへの組付構造を構成するための組付方法を説明する。

この組付方法でも、まず、動翼4の翼根41をタービンロータ3のT型翼溝31内に挿入する（挿入工程）。また、この挿入工程と同時に又は前後して、翼根31と翼根41との間に防食性接着剤を充填させる（充填工程）。

【0049】

これらの挿入工程及び充填工程の後に、翼根41をT型翼溝31に対してタービンロータ3の径方向外方に圧着した状態で防食性接着剤を固化させる（固化工程）。この際、図4（a）に示すように、T型翼溝31の開口段部36と翼根41の基部側段部46との間に、楔6を仮設で打ち込むことにより、図4（b）に示すように、動翼4の翼根41が、タービンロータ3のT型翼溝31に対してタービンロータ1の径方向外方に最も遠くなるような最外周の位置まで移動させて押え込むように、最外周位置に圧着させる。この状態を保持して、防食性接着剤を固化させればよい（固化工程）。

20

【0050】

この固化工程の後に、楔6を抜き取り、楔6を抜き取ったことで発生する翼根41とT型翼溝31との隙間に防食性接着剤を追加で充填して隙間を塞ぐ（補修工程）。これらの一連の工程により、タービンロータ3へ動翼4を組み付ける。

【0051】

本発明の第2実施形態に係るタービンロータ、動翼のタービンロータへの組付構造及び動翼のタービンロータへの組付方法は、このように、防食性接着剤によって動翼4の翼根41がタービンロータ3のT型翼溝31に対してタービンロータ3の径方向外方に最も遠くなるような最外周の位置まで移動させて押え込むように、最外周位置に圧着した状態で固定されているので、タービンロータ3が回転して動翼4に遠心力がかかった場合に生じやすい翼根41とT型翼溝31との間の相対動（翼根41がT型翼溝31に対して径方向の外周側へ移動する相対動）の発生が抑制されて、翼根41とT型翼溝31との間に新たな隙間が発生することが抑制される。したがって、地熱発電用の蒸気タービンの場合であっても、地熱蒸気が翼根41とT型翼溝31との隙間に侵入することを抑制して、翼根41及びT型翼溝31に腐食が発生してしまうことを抑制することができる。

30

【0052】

しかも、翼根41をタービンロータ3のT型翼溝31に対してタービンロータ3の径方向外方の最外周位置に圧着した状態に固定する手法として、簡便な楔6を用いて行なうので、容易にかつ確実に動翼のタービンロータへの組付構造を達成することができる。

40

【0053】

また、本タービンロータによれば、タービンロータ3の回転で発生する動翼4の遠心力によりT型翼溝31において応力が集中しやすい角部37A及び耳部37BにR付きボケット溝5A、5Bが設けられているので、この部分への応力集中が抑制されてクラックの発生が防止される。したがって、地熱発電用の蒸気タービンに用いた場合にも、クラックが発生しないため、地熱蒸気がクラックに侵入して、腐食が発生することを防止することができる。

50

【 0 0 5 4 】

〔その他〕

以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明は、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で各実施形態を適宜変更して実施することができる。

例えば、上記実施形態では、翼根が、防食性接着剤によって、翼溝に対して前記タービンロータの径方向外方に圧着した状態にされ固定される構成と、タービンロータの翼溝や翼溝の開口段部（突出部）においてタービンロータの回転で発生する動翼の遠心力により応力が集中する特定のコーナー部に、R付きポケット溝が設けられという構成とを共に備えている。このため、タービンロータの翼溝や翼溝周辺の隙間に地熱蒸気が侵入することを抑制し、翼溝や翼溝周辺に応力集中によるクラック発生が生じることを抑制することができ、地熱発電等の運転環境が過酷であっても高い腐食発生防止効果が得られるが、運転環境によってはこれらの一部のみを採用してもよい。

10

なお、翼根と翼溝との間に、防食性接着剤と共にシール材を充填してもよい。

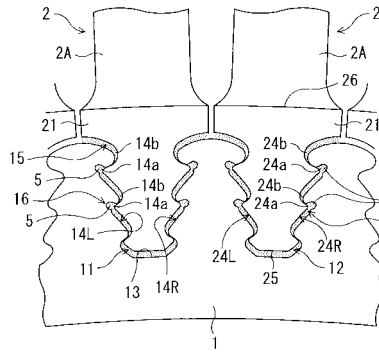
【符号の説明】

【 0 0 5 5 】

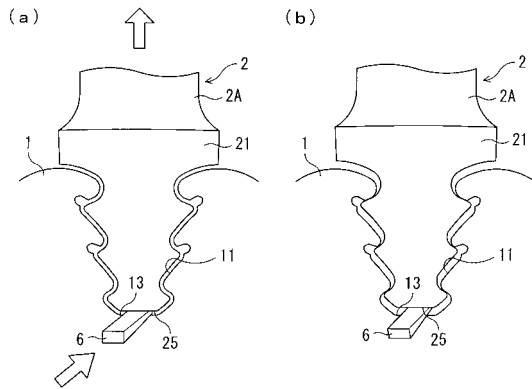
- 1 タービンロータ
- 1 1 タービンロータ 1 の翼溝（ツリー型翼溝）
- 2, 4 動翼
- 2 A, 4 A 動翼 2 の翼部
- 2 1, 4 1 動翼 2 の翼根
- 3 タービンロータ
- 3 F タービンロータ 3 の外周面
- 3 1 タービンロータ 3 の翼溝（T型翼溝）
- 5, 5 A, 5 B ポケット溝（R付きポケット溝）
- 1 6 ツリー型翼溝 1 1 の角部（コーナー部）
- 3 6 開口段部（突出部）
- 3 6 F 開口段部（突出部）3 6 の外側面
- 3 7 A T型翼溝 3 1 の角部（コーナー部）
- 3 7 B T型翼溝 3 1 の耳部（コーナー部）

20

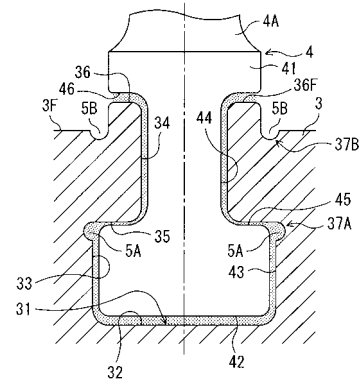
【図 1】



【図 2】



【図 3】



【図 4】

