

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4592854号  
(P4592854)

(45) 発行日 平成22年12月8日(2010.12.8)

(24) 登録日 平成22年9月24日(2010.9.24)

(51) Int.Cl.

F01D 5/08 (2006.01)  
F02C 7/18 (2006.01)

F 1

F01D 5/08  
F02C 7/18

E

請求項の数 5 外国語出願 (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平11-338907  
 (22) 出願日 平成11年11月30日(1999.11.30)  
 (65) 公開番号 特開2000-282802(P2000-282802A)  
 (43) 公開日 平成12年10月10日(2000.10.10)  
 審査請求日 平成18年11月29日(2006.11.29)  
 (31) 優先権主張番号 09/218230  
 (32) 優先日 平成10年12月22日(1998.12.22)  
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 390041542  
 ゼネラル・エレクトリック・カンパニー  
 GENERAL ELECTRIC COMPANY  
 アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネクタディ、リバーロード、1番  
 (74) 代理人 100137545  
 弁理士 荒川 聰志  
 (72) 発明者 マーク・クリストファー・シュミット  
 アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ニスカユナ、クリフトン・パーク・ロード、14  
 49番

審査官 藤原 弘

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】熱媒体によるタービンロータ部品間の熱的不整合の調整

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

相異なる温度が加わると過渡的な熱的不整合を生じる1対の部品(18, 42)を有し、該部品はパケット(18a)を支持するタービンロータホイール(18)とさねはぎ(40)を備える隣接ホイール(42)とからなりその間に整合する面を形成するガスタービンにおいて、前記両部品(18, 42)間の前記熱的不整合を、前記さねはぎ(40)を形成している要素の相対変位を防止するための所定の熱的不整合以内に保つ方法であつて、前記タービンロータホイール(18)が最終段ホイール(18)であつて、前記隣接ホイール(42)が後軸ホイール(42)であり、

流体媒体を、前記隣接ホイール(42)の、前記タービンロータホイール(18)から軸方向に遠い方の表面に沿って流して前記熱的不整合を前記所定の熱的不整合以内に減らすことを含む方法。

## 【請求項2】

前記さねはぎ(40)は両ホイール(18, 42)の整合した軸方向面間に形成されており、そして前記流体媒体を前記隣接ホイール(42)の前記タービンロータホイールから軸方向に遠い方の表面に沿って流す段階を含む請求項1記載の方法。

## 【請求項3】

高温燃焼ガスを前記タービンを通るように流すことにより前記タービンを始動し、こうして前記部品(18, 42)間の熱的不整合の増大を起こし、そして冷却媒体を前記表面に沿って流して両部品(18, 42)間の前記熱的不整合を前記所定の熱的不整合以内に

10

20

保つことを含む請求項 1 記載の方法。

【請求項 4】

前記タービンを通る高温燃焼ガスの流れを終わらせることにより前記タービンを停止し、こうして前記部品(18, 42)間の熱的不整合の増大を起こし、そして加熱媒体を前記表面に沿って流して両部品(18, 42)間の前記熱的不整合を前記所定の熱的不整合以内に保つことを含む請求項 1 又は請求項 3 に記載の方法。

【請求項 5】

高温燃焼ガスを前記タービンを通るように流すことにより前記タービンを始動し、こうして前記部品(18, 42)間の熱的不整合の増大を起こし、そしてタービン始動中冷却媒体を前記表面に沿って流して両部品(18, 42)間の前記熱的不整合を前記所定の熱的不整合以内に保ち、前記タービンを定常状態で運転し、そして前記タービンを通る高温燃焼ガスの流れを終わらせることにより前記タービンを停止し、こうして両部品(18, 42)間の熱的不整合の増大を起こし、そしてタービン停止中加熱媒体を前記表面に沿って流して両部品(18, 42)間の前記熱的不整合を前記所定の熱的不整合以内に保つことを含む請求項 3 記載の方法。

10

【発明の詳細な説明】

【0001】

【技術分野】

本発明は一般的にはタービンに関し、特に、発電用の陸上ガスタービンに関する。さらに詳しくは、本発明は、ロータ部品、例えば、タービンホイールとスペーサまたは後軸との間の熱的不整合を調整するために、タービン部品の一つの外面上の熱媒体の流れを制御することに関し、こうして熱的不整合を実質的に除去しあるいはそれを所定の熱的不整合以内に保ち得る。

20

【0002】

【発明の背景】

代表的なガスタービンでは、タービンロータはロータホイールとスペーサとを重ね合わせることによって形成され、重ね合わせた複数のホイールとスペーサは互いにボルト止めされる。さねはぎが通例スペーサとホイールとの間に設けられる。さらに進んだガスタービンでは、ロータを通る冷却回路が設けられてバケットを冷却する。例えば、冷却蒸気が、ロータアセンブリの一部分を構成する後軸に通され、ロータのリムに沿って流れてタービン段の1段以上のバケットに達してバケットを冷却し得る。使用済み冷却蒸気も、バケットから戻り通路内をロータのリムに沿って流れそして後軸を通流する。

30

【0003】

【発明の概要】

ロータホイールとスペーサとが重ね合わされており、そしてタービン運転中の異なる時点、すなわち、始動、定常運転および停止時に、様々なロータ要素に相異なる温度が与えられると、本発明によって発見されたように、タービンロータ要素間の熱的不整合が、特定のタービン運転段階中に次のような大きさ、すなわち、これらのタービン要素の相対移動が生じてさねはぎを開きそして下記の有害な結果をひき起こすほどの大きさになり得る。この不整合は特に現在の進んだガスタービン設計において発生する。なぜなら、蒸気冷却回路が、最終タービン段例えは第4段のホイールと係合する後軸に設けられるからである。タービンの定常運転中、タービンロータの要素間、特に後軸と最終段ホイール間の熱的不整合は所定の容認し得る範囲内にあることを認識されたい。従って、ホイールとスペーサ間または後軸と最終段ホイール間の相対移動は実質上発生せず、さねはぎが移行したり開いたりすることはない。すなわち、ロータがバランスを失うおそれがあり、従って高振動が発生しそして再釣合せまたはロータ交換が必要になってかなりの費用がかかるおそれがある、タービンロータ部品の相対移動は定常運転では起らない。

40

【0004】

しかし、タービン停止中は、高温燃焼ガスがもはや高温ガス通路を通流せず、そして比較的短い時間、すなわち、約1時間で、タービンは3000 rpmから7 rpmまで減速す

50

る。この低い回転速度ではタービンを通る流れはごくわずかであり、蒸気冷却回路は閉ざされ、そしてタービンホイールの質量は比較的大きいので、タービンホイールの温度は後軸の温度低下よりかなり緩やかに低下し、両要素間の熱的不整合をひき起こすということを認識されたい。両要素間の  $280^{\circ}\text{F}$  もの大きな熱的不整合がタービン停止中に示された。このような大きな熱的不整合はさねはぎを無荷重にして両要素間の相対移動をひき起こすおそれがある。もちろん、時間の経過とともに熱的不整合は減少し、結局両要素間に実質的な熱平衡が生じる。

#### 【0005】

同様に、タービンの始動時に、熱的不整合が様々なロータ要素間に発生する。例えば、始動時には、タービンの高温ガス通路を通流する高温ガスが最終段タービンホイールを非常にゆっくり加熱する。なぜならその質量が大きいからである。逆に、冷却媒体として最初は空気そしてその後は蒸気を導く後軸はかなり急速に加熱され、後軸と最終段ホイール間の熱的不整合をひき起こす。これによっても、これらの要素間のさねはぎが開き、その結果ロータの不釣合いが発生するおそれがある。

10

#### 【0006】

前述の熱的不整合の問題を解決するために、熱的に不整合になる 1 対の要素の少なくとも一方を、タービン停止中かタービン始動中かによって、優先的に加熱するか冷却する。例えば、停止中、加熱された流体媒体、例えば高温空気が、後軸ホイール表面と前側閉板との間の空洞内に送給される。従って、この加熱された空気は後軸ホイールの表面と熱伝達関係にあって後軸ホイールの急速な冷却を防止する。この加熱空気流は、後軸ホイールと最終段タービンホイールとの間の熱的不整合を所定の容認し得る熱的不整合以内の値、例えば、 $70$  または  $80^{\circ}\text{F}$  程度の差に減らす。同様に、始動中、冷却用媒体例えば空気が同じ空洞内に供給されて後軸ホイールの温度増加速度を最終段ホイールの温度増加と実質的に合致するように保ち、従って、始動時の両ホイール間の熱的不整合は所定の容認し得る限度内に保たれる。加熱または冷却媒体は適当な管路を通じて前側閉板空洞内に送給され得る。

20

#### 【0007】

本発明による好適実施例では、異なる所与温度に応じて過渡的な熱的不整合を生じる 1 対の部品を有するガスタービンにおいて、両部品間の熱的不整合を所定の熱的不整合以内に保つ方法が提供され、この方法は、流体媒体を両部品の一方の一表面に沿って流してこの一方の部品を、両部品の熱的不整合の大きさを所定熱的不整合以内にとどめ得る温度まで加熱または冷却する段階を含む。

30

#### 【0008】

本発明による他の好適実施例では、相互に固定されかつ相互に軸方向に整合しているタービンホイールと後ろ側ホイールとを有し、両ホイールは相互間にさねはぎを有しそして異なる所与温度に応じて相互間に過渡的な熱的不整合を生じるようなタービンにおいて、所定の熱的不整合を超える両ホイール間の熱的不整合の結果としての両ホイール間の相対移動を防止する方法が提供され、この方法は、流体媒体を両ホイールの一方の一表面に沿って流してこの一方のホイールを前記熱的不整合を所定の熱的不整合以内の値に減らす温度まで加熱または冷却する段階を含む。

40

#### 【0009】

従って、本発明の主目的は、一つのタービンロータ要素の表面への加熱媒体または冷却媒体の供給を制御することによってタービンロータ要素間の熱的不整合を所定の熱的不整合以内に保つ装置と方法を提供することである。

#### 【0010】

##### 【発明の詳述】

図 1 は、総体的に 10 で表されたタービンロータを含むタービンの一部分を示し、タービンロータ 10 は重ね合わせた複数の要素、例えば、4 段タービンロータを部分的に構成するロータホイール 12、14、16、18 と、これらのホイールと交互に配置されたスペーサ 20、22、24 とで構成されている。ロータにおいてホイールおよびスペーサ要素

50

は1本だけ26で示した複数本の周方向に相隔たる細長いボルトによって合体されていることを認識されたい。ホイール12、14、16、18はそれぞれ複数の周方向に相隔たるタービンパケット12a、14a、16a、18aを支持している。ノズル30、32、34、36がそれぞれパケット12a、14a、16a、18aとともに段をなしている。ホイールとスペーサは互いに軸方向に整合しておりそしてさねはぎがホイールとスペーサとの間に設けられていることに注意されたい。さねはぎの一例40が最終段ホイール18と、後軸44の一部分を構成する後軸ホイール42との間に示されている。それぞれのさねはぎはタービンの全運転範囲にわたって互いに係止された状態に保たれる。図示のように、後軸44は後ろ側軸受46内でロータ10とともに回転し得る。

## 【0011】

10

本発明の譲受人（本件出願人）の先進ガスタービン設計では、後軸44は、同時係属米国特許出願に詳細に説示されているボアチューブアセンブリを内蔵している。

## 【0012】

ボアチューブアセンブリは一般に外管48と内管50を含み、両管は環状蒸気冷却通路52と使用済み蒸気冷却戻り通路54とを画成している。通路52、54により蒸気がロータの外側リムにそして同リムから複数組の半径方向延在ボアまたは導流路56、58それぞれを通って流れ、ボア56、58は、ロータのリムの周沿いに相隔たる複数の長手方向延在管と連通している。蒸気通路52とボア56を通って供給される蒸気は第1および第2段のパケットに冷却蒸気を供給するのに対し、ボア58と戻り通路54はパケットから戻る使用済み冷却蒸気を受入れると言えば十分である。

20

## 【0013】

前述のように、ロータの様々な要素間の熱的不整合がタービンの運転中、特にタービンの停止と始動中に発生する。タービンの定常運転中、様々なタービン要素間の温度分布は、タービンの運転に悪影響を及ぼさない熱的不整合の所定範囲内にある。しかし、過渡的運転中、すなわち、停止と始動中、熱的不整合はかなり大きく、対処が必要である。例えば、後軸ホイール42と、最終段例えば第4段のホイール18との間のさねはぎ40は、容認し得る熱的不整合をかなり超える大きな熱的不整合を起こす。このような大きな熱的不整合によりさねはぎは開くか無荷重になるおそれがある。このような状態により、当該要素は相互に対して移動するのでロータがバランスを失うおそれがあり、その場合、高振動が発生し、そして費用のかかる再釣合せまたはロータ交換が必要になる。

30

## 【0014】

さらに詳述すると、停止中、様々なタービン段の高温ガス通路を通流する高温ガスと、ボアチューブ冷却回路アセンブリを通る蒸気の流れは消滅する。ホイール18は非常に大きな質量を有しそしてタービンの定常運転中に高温に加熱されているので、ホイール18は後軸ホイール42における熱の消失と比べて非常に緩やかな速度で熱を失い、さねはぎ40における大きな熱的不整合をひき起こす。前述のように、熱的不整合は280°Fほど大きくなり得るので、さねはぎが開くおそれがある。同様に、大きな熱的不整合が始動時に発生する。始動時には、ホイール18は低温であり、そして通路52、54とボアチューブ56、58を通る冷却媒体、例えば、最初は空気そしてその後は冷却蒸気の流れによる後軸ホイール42に吸収される熱の増加の速度と比べて、高温ガス通路から熱を比較的緩やかに奪う。このように、過渡的状態中、かなりの熱勾配または熱的不整合が両要素間に発生する。すなわち、停止中はホイール18が後軸ホイール42と比べて高い温度を有するのに対し、始動中は後軸ホイール42がホイール18の温度より高い温度を有する。

40

## 【0015】

これらの過渡的なタービン運転段階中の熱的不整合を減らすために、熱媒体が前側閉板62と後軸ホイール42の後面との間の空洞60に供給される。熱媒体は、軸受空洞66内に延在しつつ前側閉板62を貫通している一連の管70によって供給可能である。空洞60は最終段の後方で高温ガス通路と連通している。

## 【0016】

管70を通って空洞60に供給される熱媒体は、任意の適当な供給源から送給することが

50

できる。停止中、後軸と後軸ホイールを加熱して後軸ホイール42と第4段ホイール18との熱的不整合を容認し得る所定の熱的不整合以内に保つことが望ましいということを認識されたい。例えば、さねはぎ40に悪影響を及ぼさない容認し得る熱的不整合は約80°F以下である。すなわち、このような大きさの熱的不整合は、さねはぎを開くおそれのあるような後軸44と第4段ホイール18との相対移動を引き起こさない。従って、停止中後軸ホイール42の表面を加熱することにより、後軸ホイールと第4段ホイール18との間の熱的不整合が所定限度内に保たれる。

#### 【0017】

逆に、始動中は、冷却媒体を管70によって空洞60内に送給し得る。後軸ホイール42を冷却することにより、その温度を後軸ホイールと第4段ホイール18との間の容認し得る熱的不整合の範囲内に保つことができる。なぜなら、ホイール18は高温ガス通路内を流れる高温ガスにより比較的緩やかに加熱されるからである。ひとたび定常運転に達しそしてホイール18と後軸44との間の実質的な温度均衡によって熱的不整合を容認し得る限度内に保つことができると、後軸44への冷却媒体の供給を終わらせることができる。

10

#### 【0018】

以上、本発明の最適実施例と考えられるものについて説明したが、本発明は開示した実施例に限定されるものではなく、本発明の範囲内で様々な改変および均等な構成が可能であることを理解されたい。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】1対のタービン要素の熱応答を調整する方式を例示するタービンの一部分の部分断面図である。

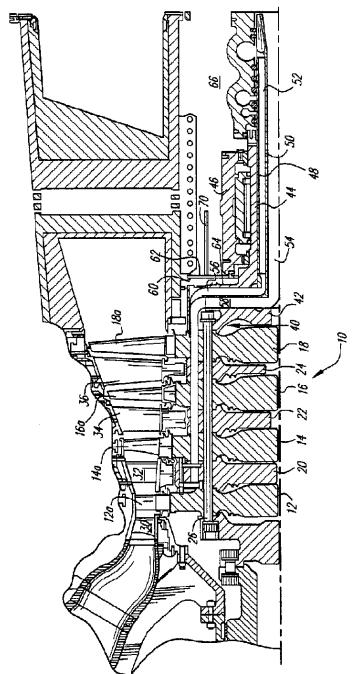
20

#### 【符号の説明】

- 10 タービンロータ
- 18 最終段ホイール
- 18 a 最終段バケット
- 40 さねはぎ
- 42 後軸ホイール
- 44 後軸
- 60 空洞
- 62 前側閉板
- 70 管

30

【 図 1 】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 国際公開第98/023851(WO, A1)  
特開平10-266802(JP, A)  
特開平04-232335(JP, A)  
特開昭62-206290(JP, A)  
特開昭56-034931(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F01D 5/08

F02C 7/18