

(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2004-108367

(P2004-108367A)

(43) 公開日 平成16年4月8日(2004.4.8)

(51) Int.Cl.⁷

F04D 29/56

F01D 5/28

F01D 9/02

F01D 11/00

F01D 17/16

F I

F04D 29/56

F04D 29/56

F01D 5/28

F01D 9/02 104

F01D 11/00

テーマコード (参考)

3G002

3G071

3H022

3H034

3J043

審査請求 未請求 請求項の数 20 O L (全 15 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2003-323819 (P2003-323819)

(22) 出願日 平成15年9月17日 (2003.9.17)

(31) 優先権主張番号 10/246,028

(32) 優先日 平成14年9月18日 (2002.9.18)

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 390041542

ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ
GENERAL ELECTRIC CO
MPANYアメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネ
クタデイ、リバーロード、1 番

(74) 代理人 100093908

弁理士 松本 研一

(74) 代理人 100105588

弁理士 小倉 博

(74) 代理人 100106541

弁理士 伊藤 信和

(72) 発明者 ジャン・クリストファー・シリング

アメリカ合衆国、オハイオ州、ミドルタウ
ン、バハマ・ドライブ、7298番

最終頁に続く

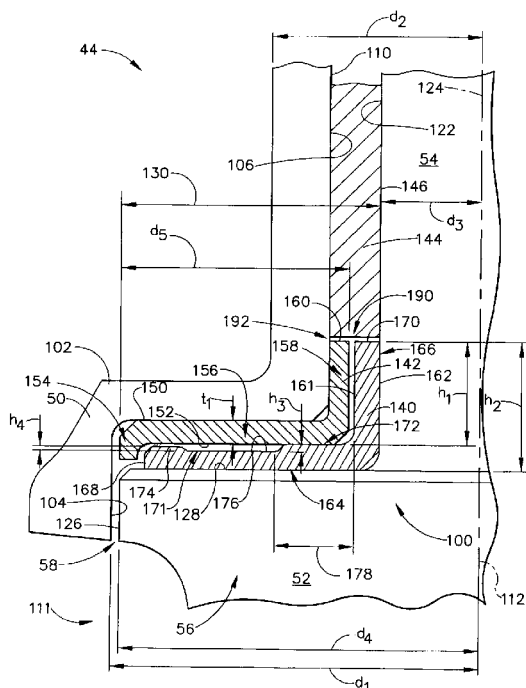
(54) 【発明の名称】 ガスタービンエンジンの可変羽根組立体をシールする方法及び装置

(57) 【要約】

【課題】 本発明は、一般に、ガスタービンエンジンに関し、より具体的には、ガスタービンエンジンと共に用いられる可変ステータ羽根組立体に関する。

【解決手段】 この方法は、ガスタービンエンジン（10）のための可変羽根組立体（44）を、エンジンケーシング（50）に連結することを可能にする。可変羽根組立体は、ブッシュ組立体（100）と、プラットフォーム（56）及び羽根ステム（54）を含む少なくとも1つの可変羽根（52）とを含む。この方法は、第1ブッシュ（142）をエンジンケーシングに圧入させて連結し、第2ブッシュ（140）を可変羽根に連結し、該可変羽根を該エンジンケーシングに連結して、該第1ブッシュの少なくとも一部が、該エンジンケーシングと該第2ブッシュとの間にあるようにし、かつ該第2ブッシュの少なくとも一部が、該第1ブッシュと該羽根ステムとの間にあるようにすることを含む。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ケーシング（５０）を含むガスタービンエンジン（１０）において、ブッシュ組立体（１００）と、プラットフォーム（５６）を含む少なくとも１つの可変羽根（５２）と、羽根ステム（５４）とを含む可変羽根組立体（４４）を連結する方法であって、

第１ブッシュ（１４２）をエンジンケーシングに圧入させて連結し、

第２ブッシュ（１４０）を前記可変羽根に連結し、

前記第１ブッシュの少なくとも一部が前記エンジンケーシングと前記第２ブッシュとの間にあるように、かつ前記第２ブッシュの少なくとも一部が前記第１ブッシュと前記羽根ステムとの間にあるように、前記可変羽根を前記エンジンケーシングに連結する、
ことを含む方法。

10

【請求項 2】

スリーブブッシュ（１４４）を前記羽根ステム（５４）に連結して、前記スリーブブッシュが前記第１及び第２ブッシュ（１４２、１４０）と前記羽根ステムとの間にあるようにすることをさらに含む請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記可変羽根（５２）を前記エンジンケーシング（５０）に連結することが、前記可変羽根を前記エンジンケーシングに連結して、所定の間隙（１９０）が前記第１及び第２ブッシュ（１４２、１４０）との間に定められるようにすることをさらに含む請求項 1 に記載の方法。

20

【請求項 4】

ブッシュキャリア（２０２）を前記可変羽根（５２）に連結して、前記第１及び第２ブッシュ（１４２、１４０）の少なくとも１つが保持されるようにすることをさらに含む請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

耐摩耗性のコーティング（２４０）を、前記第１ブッシュ（１２）、前記第２ブッシュ（１４０）、及び前記羽根ステム（５４）のうちの少なくとも１つに施すことをさらに含む請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】

ケーシング（５０）を含むガスタービンエンジン（１０）のための可変羽根組立体（４４）であって、

30

プラットフォーム（５６）と、前記プラットフォームから外向きに延びる羽根ステム（５４）とを備える可変羽根（５２）と、

外側ブッシュ（１４２）と内側ブッシュ（１４０）とを備えるブッシュ組立体（１００）と、

を備え、前記外側ブッシュは、前記内側ブッシュに対し半径方向外側にあり、前記外側ブッシュの少なくとも一部が前記ガスタービンエンジンのケーシングと前記内側ブッシュとの間にあり、かつ前記内側ブッシュの少なくとも一部が前記外側ブッシュと前記羽根ステムとの間にあることを特徴とする可変羽根組立体（４４）。

【請求項 7】

40

前記ブッシュ組立体（１００）が、さらにスリーブブッシュ（１４４）を備え、前記外側及び内側ブッシュ（１４２、１４０）が前記スリーブブッシュと前記羽根組立体のプラットフォーム（５６）との間にある請求項 6 に記載の可変羽根組立体（４４）。

【請求項 8】

所定の間隙（１９０）が前記ブッシュ組立体の内側及び外側ブッシュ間に定められるように、前記内側ブッシュ（１４０）が前記羽根組立体の羽根ステム（５４）に対して位置させられ、前記外側ブッシュ（１４２）が前記エンジンケーシング（５０）に対して位置させられた請求項 6 に記載の可変羽根組立体（４４）。

【請求項 9】

前記内側ブッシュ（１４０）及び前記外側ブッシュ（１４２）の少なくとも１つが、他

50

のブッシュ組立体のブッシュと係合するために、前記内側及び外側ブッシュの少なくとも1つから外向きに延びる少なくとも1つの肩部(172)を備え、前記肩部が前記内側と外側ブッシュとの間の磨耗を低減するのを助長するようになった請求項6に記載の可変羽根組立体(44)。

【請求項10】

前記内側及び前記外側ブッシュ(140、142)の少なくとも1つの少なくとも一部が、耐磨耗性のコーティング(240)で被覆された請求項6に記載の可変羽根組立体(44)。

【請求項11】

前記ブッシュ組立体(100)が、前記内側及び外側ブッシュ(140、142)の少なくとも1つを保持するように構成されたブッシュキャリア(202)をさらに備える請求項6に記載の可変羽根組立体(44)。

【請求項12】

所定の間隙(364)が前記ケーシング(50)と前記内側及び外側ブッシュ(140、142)の少なくとも1つとの間に定められるように、前記ブッシュ組立体(100)が前記可変羽根(52)の周りに連結された請求項6に記載の可変羽根組立体(44)。

【請求項13】

ガスタービンエンジン(10)のための圧縮機(12)であって、
ロータシャフト(24)と複数列のロータブレード(40)とを備えたロータ(46)と、

複数の貫通開口部(58)を備え、前記複数列のロータブレードの周りに周方向に延びるケーシング(50)と、

複数のブッシュ組立体(100)を通して前記ケーシングに回転可能に連結された少なくとも1列の可変羽根(52)と、

を備え、前記可変羽根が、前記複数列のロータブレードの隣接する列の間に延び、かつプラットフォーム(56)と、前記プラットフォームから外向きに延びる羽根ステム(54)とを備え、

前記ブッシュ組立体の各々が内側ブッシュ(140)と外側ブッシュ(142)とを備え、

前記外側ブッシュが前記内側ブッシュに対し半径方向外側にあり、前記外側ブッシュの一部が前記ケーシングと前記内側ブッシュとの間にあり、かつ前記内側ブッシュの少なくとも一部が前記外側ブッシュと各々の羽根ステムのそれぞれとの間にあることを特徴とする圧縮機(12)。

【請求項14】

前記可変羽根の内側ブッシュ(140)と前記外側ブッシュ(142)の少なくとも1つが、他の各々の前記内側及び外側ブッシュのそれぞれと係合するために、外向きに延びる肩部(172)を備える請求項13に記載の圧縮機(12)。

【請求項15】

前記可変羽根の内側及び外側ブッシュ(140、142)が、前記燃焼器内に連結されて、所定の間隙(190)が各々の前記内側ブッシュと前記外側ブッシュとの間に定められるようになった請求項13に記載の圧縮機(12)。

【請求項16】

各々の前記可変羽根のブッシュ組立体(100)が、前記羽根ステム(54)の周りに周方向に延びるスリーブブッシュ(144)をさらに備える請求項13に記載の圧縮機(12)。

【請求項17】

各々の前記可変羽根の内側ブッシュ及び外側ブッシュ(140、142)の少なくとも1つの一部が、耐磨耗性のコーティング(240)で被覆された請求項13に記載の圧縮機(12)。

【請求項18】

各々の前記可変羽根のブッシュ組立体（１００）が、各々の前記可変羽根の内側及び外側ブッシュ（１４０、１４２）の少なくとも１つを保持するように位置させられたブッシュキャリア（２０２）をさらに備える請求項１３に記載の圧縮機（１２）

【請求項１９】

前記可変羽根の内側及び外側ブッシュ（１４０、１４２）が、所定の間隙（１９０）が各々の前記内側ブッシュと前記外側ブッシュとの間に定められるように前記燃焼器内で連結され、前記間隙が前記ブッシュ組立体内のシールを助長するようになった請求項１３に記載の圧縮機（１２）。

【請求項２０】

前記可変羽根の内側及び外側ブッシュ（１４０、１４２）の少なくとも１つが前記エンジンケーシング（５０）に圧入された請求項１３に記載の圧縮機（１２）。 10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、一般に、ガスタービンエンジンに関し、より具体的には、ガスタービンエンジンと共に用いられる可変ステータ羽根組立体に関する。

【背景技術】

【０００２】

少なくとも幾つかの公知のガスタービンエンジンは、直流配列で、ファン組立体と、コアエンジンに流入する空気流を圧縮する高圧圧縮機と、燃料と空気の混合物を燃焼する燃焼器と、該燃焼器から出る空気流から回転エネルギーを抽出する複数のロータブレードをそれぞれ含む低圧タービン及び高圧タービンを有するコアエンジンを含む。少なくとも幾つかの公知の高圧圧縮機は、周方向に離間された複数列のロータブレードを含み、該ロータブレードの隣接する列は、可変ステータ羽根（ＶＳＶ）組立体の列により分離される。より具体的には、複数の可変ステータ羽根組立体は、各々のＶＳＶ組立体が、隣接するロータブレードの間に延びる翼型部を含む圧縮機のケーシングに固定される。圧縮機のロータブレードに対するＶＳＶ翼型部の向きは、該圧縮機を通る空気流を制御できるように可変である。 20

【０００３】

少なくとも１つの公知の可変ステータ羽根組立体は、部分的にジャケット内に位置させられたトラニオンブッシュを含むものである。翼型部の一部がトラニオンブッシュを貫通し、ＶＳＶ組立体は、圧縮機のステータケーシングにボルト留めされる。少なくとも幾つかの公知のＶＳＶ組立体においては、ポリマーブッシュ又はカーボンブッシュのいずれかを用いて低い摩擦係数がもたらされ、該ＶＳＶ組立体に対する摩擦及び磨耗が最小になるようにされる。 30

【０００４】

作動中、ガス流に曝されることにより、ＶＳＶブッシュの侵食が引き起こされることがある。さらに、ブッシュ部品が摩滅するのに伴って、ガス流の漏れ経路が羽根組立体内に生成されることがある。こうした漏れ経路の１つは、ＶＳＶ翼型部の外径とブッシュの内径との間に生成されることがある。ガス流がＶＳＶブッシュを通して漏出している状態における連続作動は、エンジン性能に悪影響を及ぼす。 40

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００５】

ポリマーブッシュの摩滅の阻止を促進するために、少なくとも幾つかの他の公知のＶＳＶ組立体は金属ブッシュを用いており、ここでは、嵌合部品は同じ金属材料から製造される。しかしながら、金属ブッシュは、ポリマーブッシュよりも高い摩擦係数を有し、ＶＳＶ組立体内の高い摩擦力が、さらに、ＶＳＶ部品の劣化を招くこともある。或いは、ブッシュが磨耗すると、磨耗したブッシュは交換される。しかしながら、ＶＳＶ組立体の構造は、ブッシュの交換を、エンジンの大部分の分解を含む可能性がある時間のかかるプロセ 50

スにするものである。

【課題を解決するための手段】

【0006】

一態様において、ケーシングを含むガスタービンエンジンのための可変羽根組立体を連結する方法が提供される。可変羽根組立体は、ブッシュ組立体と、プラットフォームと羽根ステムとを含む少なくとも1つの可変羽根とを含む。この方法は、第1ブッシュをエンジンケーシングに圧入させて連結し、第2ブッシュを可変羽根に連結し、該第1ブッシュの少なくとも一部が該エンジンケーシングと該第2ブッシュとの間にあるように、かつ該第2ブッシュの少なくとも一部が該第1ブッシュと羽根ステムとの間にあるように、該可変羽根をエンジンケーシングに連結することを含む。

10

【0007】

本発明の別の態様において、ケーシングを含むガスタービンエンジンのための可変羽根組立体が提供される。可変羽根組立体は、可変羽根とブッシュ組立体とを備える。可変羽根は、プラットフォームと、該プラットフォームから外向きに延びる羽根ステムとを含む。ブッシュ組立体は、外側ブッシュと内側ブッシュとを含む。外側ブッシュは、内側ブッシュから半径方向外側にあり、該外側ブッシュの少なくとも一部が、ガスタービンエンジンのケーシングと該内側ブッシュとの間にあり、かつ該内側ブッシュの少なくとも一部が、該外側ブッシュと羽根ステムとの間にあるようにされる。

【0008】

さらに、別の態様において、ガスタービンエンジンのための圧縮機が提供される。圧縮機は、ロータと、ケーシングと、複数のブッシュ組立体を通して該ケーシングに回転可能に連結された少なくとも1列の可変羽根とを含む。ロータは、ロータシャフトと、複数のロータブレードとを含む。ケーシングは、該ケーシングを貫通する複数の開口部を含み、複数のロータブレードの周りに周方向に延びる。可変羽根の各列は、隣接するロータブレードの列の間に延びる。各々の可変羽根は、プラットフォームと、該プラットフォームから外向きに延びる羽根ステムとを含む。各々のブッシュ組立体が、内側ブッシュと、外側ブッシュとを備える。各々の外側ブッシュは、内側ブッシュから半径方向外側にあり、該外側ブッシュの少なくとも一部が、ケーシングと該内側ブッシュとの間にあり、かつ該内側ブッシュの少なくとも一部が、該外側ブッシュと各々の羽根ステムのそれぞれとの間にあるようにされる。

20

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0009】

図1は、低圧圧縮機12と、高圧圧縮機14と、燃焼器16とを含むガスタービンエンジン10の概略図である。エンジン10はさらに、高圧タービン18と、低圧タービン20とを含む。圧縮機12及びタービン20は、第1シャフト24により連結され、圧縮機14及びタービン18は、第2シャフト26により連結される。一実施形態において、ガスタービンエンジンは、オハイオ州シンシナティ所在のゼネラル・エレクトリック社から入手可能なGE90である。

【0010】

作動において、空気は、低圧圧縮機12を通して流れ、圧縮された空気は、該低圧圧縮機12から高圧圧縮機14に供給される。高度に圧縮された空気は、燃焼器16に供給される。燃焼器16からの空気流はタービン18及び20を駆動した後、ガスタービンエンジン10を出る。

40

【0011】

図2は、ガスタービンエンジンの圧縮機14の概略的な部分拡大図である。圧縮機14は複数の段を含み、各段は、ロータブレード40の列と、可変羽根組立体44の列とを含む。例示的な実施形態において、ロータブレード40は、ロータディスク46により支持され、ロータシャフト26に連結される。ロータシャフト26は、圧縮機14の周りに周方向に延びるケーシング50により囲まれ、可変羽根組立体44を支持する。

【0012】

50

可変羽根組立体 44 の各々が、可変羽根 52 と、羽根プラットフォーム 56 からほぼ垂直に延びる羽根ステム 54 とを含む。より具体的には、羽根プラットフォーム 56 は、可変羽根 52 と羽根ステム 54 との間に延びる。各々の羽根ステム 54 が、ケーシング 50 内に形成されたそれぞれの開口部 58 を貫通する。ケーシング 50 は、複数の開口部 58 を含む。可変羽根組立体 44 はさらに、各々の可変羽根 52 から延びるレバーアーム 60 を含み、該レバーアームは、該可変羽根 52 の向きを圧縮機 14 を通る流路に対して変化させるために、該可変羽根 52 を選択的に回転させて、該圧縮機 14 を通る空気流の制御が高められるように利用される。

【0013】

図 3 は、可変羽根 52 と、ケーシング開口部 58 内で該可変羽根 52 をエンジンケーシング 50 に回転可能に連結するのに用いられるブッシュ組立体 100 とを含む可変羽根組立体 44 の部分的な組立分解図である。ケーシング 50 は、各々の可変羽根 52 を支持し、エンジン 10 (図 1 に示す) の周りに周方向に間隔を置いて配設された複数のケーシングタワー 102 を含む。各々のケーシングタワー 102 が、凹部 104 と、該凹部 104 から延びるほぼ円筒形の部分 106 とを含む。代替的な実施形態においては、ケーシングタワー 102 は、付加的な凹部 (図 2 には図示せず) を含む。ケーシングタワーの部分 104 及び 106 は、同様に開口部 58 を定める内壁 110 により定められ、該開口部 58 が可変羽根組立体 44 の半径方向内側 111 と該可変羽根組立体 44 の半径方向外側 (図 2 には図示せず) との間に延びる。

【0014】

ケーシングタワーの凹部 104 は、ケーシング開口部 58 を貫通する中心線 112 に対して測定された直径 d_1 を有し、これは、該中心線 112 に対して測定されたケーシングタワーの円筒形部分 106 の直径 d_2 よりも大きい。例示的な実施形態においては、円筒形部分 106 は、凹部 104 からほぼ垂直に外向きに延びる。

【0015】

可変羽根ステム 54 は、可変羽根組立体 44 の外面 122 に対して、かつ該羽根組立体 44 を通る中心対称軸 124 に対して測定された外径 d_3 を有する。可変羽根ステムの直径 d_3 は、ケーシングタワーの円筒形部分の直径 d_2 よりも小さい。可変羽根プラットフォーム 56 は、可変羽根ステムの直径 d_3 よりも大きく、かつケーシングタワーの凹部の直径 d_1 よりも小さい外径 d_4 を有する。より具体的には、羽根プラットフォーム 56 の半径方向外面 128 の外縁部 126 は、羽根ステム 54 から外向きに距離 130 だけ延びる。従って、ケーシングタワーの円筒形部分 106 は、可変羽根ステム 54 をその中に受けるような大きさにされ、ケーシングタワーの凹部 104 は、可変羽根プラットフォーム 56 をその中に受けるような大きさにされる。

【0016】

ブッシュ組立体 100 は、半径方向内側ブッシュ 140 と、半径方向外側ブッシュ 142 と、スリーブブッシュ 144 とを含む。スリーブブッシュ 144 は、可変羽根ステム 54 の周りに周方向に延びて、該スリーブブッシュ 144 の内面 146 が、羽根ステムの外面 122 及びケーシングタワーの円筒形部分 106 に対してシール接触するようにされる。スリーブブッシュ 144 は、ブッシュ 140 及び 142 を製造する際に用いられる材料に関連した摩擦係数よりも低い摩擦係数を有する材料から製造される。一実施形態において、スリーブブッシュ 144 は、高分子材料から製造される。別の実施形態においては、スリーブブッシュ 144 は、非高分子材料から製造される。

【0017】

半径方向外側ブッシュ 142 は、外面 150 と内面 152 とを含む。ブッシュ 142 はさらに、リテーナ 154 と、ほぼ平坦部分 156 と、ほぼ円筒形の部分 158 とを含む。平坦部分 156 は、リテーナ 154 と円筒形部分 158 との間に延び、例示的な実施形態においては、円筒形部分 158 は、該平坦部分 156 からほぼ垂直に延びる。ブッシュ 142 の半径方向の高さ h_1 は、平坦部分 156 から円筒形部分 158 の端面 160 までを測定したものである。

10

20

30

40

50

【0018】

ブッシュの半径方向の高さ h_1 は、可変羽根組立体44内で誘起されることがあるヘルツの接触応力に基づいて可変に選択される。円筒形部分158に沿った半径方向内側ブッシュ140の外側面161と外側ブッシュの内面152が磨耗すると、リテーナ154が、羽根52の二次的な位置合わせを行う。

【0019】

ブッシュ142はさらに、外径 d_5 を有する。ブッシュの外径 d_5 は、可変羽根組立体44が完全に組立てられたときに、ブッシュのリテーナの外側面150が可変羽根プラットフォームの外側面128の底面積範囲内に残るように選択される。例示的な実施形態においては、ブッシュ142は、それを通してほぼ一定の厚さ t_1 を有する。

10

【0020】

半径方向内側ブッシュ140は、半径方向外側面161と、半径方向内側面162とを含む。ブッシュ140はさらに、プラットフォーム部分164と、ほぼ円筒形の部分166とを含む。プラットフォーム部分164は、ブッシュ140の外縁部168から円筒形部分166まで延び、該円筒形部分166は、該プラットフォーム部分164からほぼ垂直に延びる。ブッシュ140の半径方向高さ h_2 は、プラットフォーム部分164から円筒形部分166の端面170までを測定したものである。ブッシュの半径方向の高さ h_2 は、可変羽根組立体44内で誘起されることがあるヘルツの接触応力に基づいて可変に選択される。

【0021】

20

半径方向内側ブッシュのプラットフォーム部分164は凹部171を含み、一対の環状肩部172及び174が、該凹部171により定められるようになる。より具体的には、肩部172は、肩部174とブッシュの円筒形部分166との間にあり、凹部171の下面176に対して測定された半径方向の高さ h_3 を有し、これは表面176に対して測定された該肩部174の半径方向の高さ h_4 よりも高い。肩部172の幅178は、一定の荷重の下でブッシュ140及び142の間の半径方向の接触量が与えられるように選択される。より具体的には、半径方向の接触量は、内部圧力荷重とブッシュ組立体44に誘起された力の量との関数である。

【0022】

ブッシュ140及び142は、磨耗に強い材料から製造される。例示的な実施形態においては、ブッシュ140及び142は、例えば、トリバロイのような耐磨耗性材料から製造されるが、これに限定されるものではない。

30

【0023】

可変羽根組立体44の組み立て中、スリーブブッシュ144は、羽根ステム54及びケーシング50の周りに周方向に連結され（ブッシュ144は、主にケーシング50によって保持され、表面122よりも表面110に、より緊密な嵌合を有する）、半径方向外側ブッシュ142は、エンジンケーシング50に連結され、半径方向内側ブッシュ140は、可変羽根52に連結される。具体的には、半径方向外側ブッシュ142は、エンジンケーシング50に連結されて、ブッシュの平坦部分156の外側面150が、ケーシングの凹部104内のケーシングの内壁110に対して位置させられ、ブッシュの円筒形部分158が、ケーシングの円筒形部分106内の該ケーシングの内壁110に対して位置させられるようになる。さらに、半径方向内側ブッシュ140は、可変羽根52に対して連結されて、内側ブッシュの円筒形部分166が、羽根ステム54に対して位置させられ、かつ内側ブッシュのプラットフォーム部分164が、羽根プラットフォーム56に対して位置させられるようになる。例示的な実施形態においては、内側ブッシュ140は羽根52に圧入され、外側ブッシュ142はケーシング50に圧入される。

40

【0024】

次に、内側ブッシュ140と、スリーブブッシュ144とを含む可変羽根52は、それぞれのケーシング開口部58及びレバーアーム60（図3には図示せず）を通して挿入された後、ファスナ（図示せず）によってケーシング50に連結される。より具体的には、

50

ケーシング 50 に完全に連結されると、内側ブッシュの肩部 172 は外側ブッシュ 142 に接触して、所定の間隙 190 が、外側ブッシュの円筒形部分 158 と内側ブッシュの円筒形部分 166 との間に形成されるようになる。間隙 190 により、ブッシュ 140 及び 142 の間の初期ブッシュの磨耗並びに嵌合する該ブッシュ 140 及び 142 の間の熱膨張に対処することが可能になる。さらに、可変羽根 52 が、ケーシング 50 に完全に連結されると、スリーブ軸受 144 は、ケーシングの内壁 110 にシール接触で接触して、可変羽根組立体 44 を通る空気の漏れが阻止されるようになる。

【0025】

さらに、一定の荷重の下で、半径方向の接触肩部 174 により、半径方向の組立体の積層間隙 192 を、ブッシュ 140 及び 142 とスリーブブッシュ 144 との間に形成することが助長される。より具体的には、肩部 172 は、ブッシュのプラットフォーム部分 164 全体に沿って延びていないので、該肩部 172 は、肩部 174 及び内側ブッシュの縁部 168 において点荷重となることを助長し、これにより、ブッシュの部分 164 がほぼ平坦な他のブッシュと比較すると、可変羽根組立体 44 内で生じる摩擦荷重量が削減されるようになる。従って、摩擦荷重の削減により、スリーブブッシュ 144 が、ブッシュ 140 及び 142 の材料とは異なる材料から製造することができるようになり、その結果、可変羽根組立体 44 に誘起された内部荷重が、ブッシュ組立体 100 を介して分散されるようになる。さらに、スリーブブッシュ 144 は、低い摩擦係数を有する材料から製造することができるので、金属成分しか含まない他の組立体と比較すると、可変羽根組立体 44 内で誘起される全体の摩擦力が削減されたレベルで維持することができる。

【0026】

作動中、肩部 174 は、圧力荷重がかかっている間は、外側ブッシュ 142 に接触して、可変羽根組立体 44 を通る空気の漏れを低減することを助長する。しかしながら、比較的小さな肩部 174 の大きさは、作動中にブッシュ 140 及び 142 の間で誘起されたトルクを最小限に抑えることを助長する。さらに、肩部 174 は、半径方向内側ブッシュの外表面 161 及び外側ブッシュの内面 152 が磨耗するにつれてブッシュ 142 に接触することができるため、羽根の傾斜の削減が促進される。さらに、作動中、肩部 174 は、内側ブッシュ 140 よりもブッシュ 142 を磨耗させることを助長する。その結果、ブッシュ組立体 100 は、多部品からなる組立体であるので、ブッシュの交換は、エンジンを全体を分解することなく行うことができ、これにより該ブッシュ組立体 100 は、保守費用の削減をもたらす。

【0027】

図 4 は、ブッシュ組立体 200 の別の実施形態を含む可変羽根組立体 44 の部分的な組立分解図である。ブッシュ組立体 200 は、図 3 に示すブッシュ組立体 100 とほぼ同様であり、ブッシュ組立体 100 の部品と同一のブッシュ組立体 200 における部品は、図 3 において用いられたものと同じ参照符合を用いて図 4 で表される。これによれば、ブッシュ組立体 200 は、半径方向内側ブッシュ 140 と、スリーブブッシュ 144 とを含む。ブッシュ組立体 200 はさらに、ブッシュキャリア 202 と、半径方向外側ブッシュ 204 とを含む。

【0028】

半径方向外側ブッシュ 204 は、外面 210 と、内面 212 とを含む。ブッシュ 204 はさらに、ほぼ平坦部分 216 からほぼ垂直に延びるリテーナ 214 を含む。より具体的には、平坦部分 216 は、リテーナ 214 と内側縁部 218 との間に延び、該リテーナ 214 は、該平坦部分 216 から距離 220 だけ延びる。羽根組立体 44 が完全に組み立てられると、リテーナの距離 220 により、外側ブッシュ 204 は羽根プラットフォーム 56 とエンジンケーシング 50 との間のケーシングの凹部 104 から延びることが可能になる。

【0029】

ブッシュキャリア 202 は、スリーブブッシュ 144 の第 1 端（図示せず）に隣接する第 1 端（図示せず）から、羽根プラットフォーム 56、ブッシュ 140 及びブッシュの内

10

20

30

40

50

側縁部 218 に隣接する第 2 端 230 まで延びる。肩部 232 は、ブッシュキャリア 202 の内面 236 からほぼ垂直に距離 234 だけ延びる。具体的には、完全に組み立てられたとき、肩部 232 は、スリーブブッシュ 144 と半径方向内側ブッシュ 140 との間に、羽根ステム 54 の方向に延びる。一実施形態において、羽根ステム 54 はさらに、肩部 232 が、距離 234 よりも長く、ブッシュキャリアの内面 236 から延びることを可能にするリリースカット（図示せず）を含む。

【0030】

半径方向内側ブッシュ 140 は、耐摩耗性材料 240 で被覆される。具体的には、内側ブッシュの円筒形部分 166 にわたって延びるブッシュの外面 161 の一部が、耐摩耗性材料 240 で被覆される。一実施形態において、材料 240 は、セラミック被覆材である 10

【0031】

可変羽根組立体 44 の組み立て中、半径方向外側ブッシュ 204 は、エンジンケーシング 50 に連結され、半径方向内側ブッシュ 140 は、可変羽根 52 に連結される。具体的には、半径方向外側ブッシュ 204 は、エンジンケーシング 50 に連結されて、ブッシュの平坦部分 216 の外面 210 が、ケーシングの凹部 104 内のケーシングの内壁 110 に対して位置させられ、かつブッシュの内側縁部 218 が、該ケーシングの凹部 104 の底面積範囲内に残るようにされる。半径方向内側ブッシュ 140 は、上述のように、可変羽根 52 に対して連結される。例示的な実施形態において、内側ブッシュ 140 は羽根 52 に圧入され、外側ブッシュ 204 はケーシング 50 に圧入される。 20

【0032】

次に、ブッシュキャリア 202 が、エンジンケーシング 50 に連結されて、該ブッシュキャリア 202 が、ケーシングの円筒形部分 106 内のケーシングの内壁 110 に対して押しつけられるようになる。ブッシュキャリア 202 は、内側ブッシュ 140、外側ブッシュ 204 及びスリーブブッシュ 144 を配置状態で保持することを助長する。次に、内側ブッシュ 140 を含む可変羽根 52 が、それぞれのケーシング開口部 58 を通して挿入される。より具体的には、ケーシング 50 に完全に連結されると、内側ブッシュの肩部 172 は、外側ブッシュの縁部 218 に隣接する外側ブッシュ 204 に接触する。スリーブブッシュ 144 は、羽根ステム 54 の周りに周方向に連結されて、スリーブ軸受 144 が、シール接触でブッシュキャリアの内面 206 に接触して、可変羽根組立体 44 を通る空気の漏れが阻止されることが助長され、スリーブブッシュ 144 の半径方向内端 254 が、ブッシュキャリアの肩部 232 に対して位置させられるようになる。 30

【0033】

羽根組立体 44 が完全にケーシング 50 に連結されたとき、さらに、一定の荷重の下で、半径方向の接触肩部 172 により、半径方向の組立体の積層間隙 260 をブッシュキャリアの肩部 232 と半径方向内側ブッシュ 140 との間に形成することが助長される。

【0034】

作動中、肩部 174 は、肩部 172 と表面 212 との間の極限状態の接触においてのみ、外側ブッシュ 204 に接触して、可変羽根組立体 44 を通る空気の漏れが減らされるのを助長するようになる。しかしながら、比較的小さな肩部 172 の大きさは、作動中にブッシュ 140 及び 204 の間で誘起されたトルクを最小限に抑えることを助長する。さらに、肩部 174 はブッシュ 142 に接触することができるため、羽根の傾斜の低減が促進される。ブッシュキャリア 202 は、エンジン全体を分解することなく、外側ブッシュの交換を可能にし、その結果、ブッシュ組立体 200 が、保守費用の削減をもたらす。 40

【0035】

図 5 は、ブッシュ組立体 300 の別の実施形態を含む可変羽根組立体 44 の部分的な組立分解図である。より具体的には、ブッシュ組立体 300 は、別のケーシングタワー 302 と共に用いるためのものである。ケーシングタワー 302 は、ケーシングタワー 102（図 3 に示す）とほぼ同様であり、ケーシングタワー 102 の部品と同一のケーシングタワー 302 における部品は、図 3 において用いられたものと同じ参照符号を用いて図 5 で 50

表される。これによれば、ケーシングタワー 302 は、ケーシングタワーの円筒形部分の内壁 110 から該ケーシングタワー 302 の方向に半径方向外向きに延びる付加的な凹部 304 を含み、凹部 104 から及び該凹部の中に延びるように軸方向に位置させられる。ケーシングタワーの凹部 304 は、ケーシング開口部の中心線 112 に対して測定された直径 d_6 を有し、これは、ケーシングタワーの円筒形部分の直径 d_2 よりも大きく、かつケーシングタワーの凹部の直径 d_1 よりも小さい。

【0036】

ブッシュ組立体 300 は、図 3 に示すブッシュ組立体 100 とほぼ同様であり、該ブッシュ組立体 100 の部品と同一の該ブッシュ組立体 300 における部品は、図 3 において用いられたものと同じ参照符号を用いて図 5 で表される。従って、ブッシュ組立体 300 は、半径方向内側ブッシュ 310 と、半径方向外側ブッシュ 312 と、環状のプラットフォームシール 314 とを含む。

10

【0037】

半径方向内側ブッシュ 310 は、外面 320 と、内面 322 とを含む。ブッシュ 310 はさらに、ほぼ円筒形の部分 324 と、該円筒形部分 324 から半径方向外向きに延びるプラットフォーム部分 326 とを含む。例示的な実施形態においては、円筒形部分 324 は、プラットフォーム部分 326 とほぼ垂直である。ブッシュ 310 の半径方向の高さ h_6 は、プラットフォーム部分 326 から円筒形部分 324 の端面 328 までを測定したものである。

【0038】

ブッシュのプラットフォーム部分 326 は、ブッシュの内面 322 からブッシュの外面 320 の方向に延びる凹部領域 330 を含む。凹部領域 330 が、ブッシュのプラットフォーム部分 326 から可変羽根プラットフォーム 56 の方向に外向きに延びる一对の突起 332 を定める。凹部領域 330 は、突起 332 の間で測定された幅 334 と、該突起 332 に対して測定された深さ 333 とを有する。プラットフォームシール 314 は、凹部領域の深さ 333 よりも大きい高さ h_5 と、凹部領域の幅 334 よりも僅かに少ない幅 336 とを有する。従って、可変羽根組立体 44 が完全に組み立てられたとき、プラットフォームシール 314 の一部が、突起 332 の間で、シール接触で凹部領域 330 内に受けられるようになる。

20

【0039】

半径方向外側ブッシュ 312 は、内面 340 と、外面 342 とを含む。ブッシュ 312 はさらに、ほぼ円筒形の部分 344 と、該円筒形部分 344 から半径方向外向きに延びるリテーナ部分 346 とを含む。より具体的には、例示的な実施形態においては、リテーナ部分 346 は、ブッシュの円筒形部分 344 からほぼ垂直にブッシュ 312 の外端面 350 まで延び、該円筒形部分 344 は、該ブッシュ 312 の内端面 352 から軸方向にブッシュのリテーナ部分 346 まで延びる。ブッシュ 312 の半径方向の高さ h_7 は、リテーナ部分 346 からブッシュの内端面 352 までを測定したものである。ブッシュの半径方向の高さ h_7 は、可変羽根組立体 44 内で誘起されることがあるヘルツの接触応力に基づいて可変に選択される。ブッシュ 312 及び 310 はそれぞれ、ケーシング 50 と適合性のある材料から製造される。

30

40

【0040】

可変羽根組立体 44 の組み立て中、外側ブッシュの外面 340 は、ブッシュ 310 及び 312 の製造に用いられる材料と比較すると比較的低い摩擦係数を有する耐磨耗性材料 360 で被覆される。半径方向内側ブッシュ 310 は、エンジンケーシング 50 に連結され、半径方向外側ブッシュ 312 は、ケーシング 50 に連結される。具体的には、半径方向内側ブッシュ 310 はエンジンケーシング 50 に連結されて、半径方向内側ブッシュの外面 320 が、ケーシングの凹部 104 内のケーシングの内壁 110 に対して位置させられ、かつブッシュの円筒形部分 324 が、ケーシングの凹部 304 内のケーシングの内壁 110 に対して位置させられるようになる。

【0041】

50

半径方向外側ブッシュ 312 は、エンジンケーシング 50 に連結されて、外側ブッシュの円筒形部分 344 が、ケーシングの円筒形部分 106 内のケーシングの内壁 110 に少なくとも部分的に接するようにされ、外側ブッシュ 312 の一部が、滑り嵌合で半径方向内側ブッシュ 310 に重なるようにされる。例示的な実施形態においては、内側ブッシュ 310 及び外側ブッシュ 312 の両方がケーシング 50 に圧入される。さらに、半径方向外側ブッシュ 312 は、エンジンケーシング 50 に連結されて、積層間隙として知られる所定の間隙 364 が、半径方向外側ブッシュのリテーナ部分 346 とエンジンのケーシングタワー 302 の半径方向外縁部 368 との間に定められるようになる。間隙 364 により、内側ブッシュ 310、ケーシングタワー 302 及びブッシュ 312 の積層が助長されて、レバーアーム 60 と外側ブッシュのリテーナ部分 346 との間に定められる間隙 376 が最小になるようにされる。間隙 376 を最小限に抑えることにより、可変羽根組立体 44 を通る空気の漏れを最小限に抑えることが助長される。さらに、間隙 364 により、エンジン全体を分解することなく、ブッシュ 312 の交換が可能になり、その結果、ブッシュ組立体 300 が、保守費用の削減をもたらす。

10

20

30

40

50

【0042】

次に、プラットフォームシール 314 が、可変羽根 52 上に位置させられる。次に、可変羽根 52 が、それぞれのケーシング開口部 58 及びレバーアーム 60 を通して挿入された後、ファスナ 370 によってケーシング 50 に連結されて、プラットフォームシール 314 が、内側ブッシュの凹部領域 330 内にシール接触で受けられるようになる。より具体的には、ケーシング 50 に完全に連結されると、外側ブッシュの耐磨耗性材料 360 は、外側ブッシュの円筒形部分 344 及びリテーナ部分 346 に沿って、並びに表面 371 に沿ってシール接触で羽根ステム 54 に接触して、可変羽根組立体 44 内の空気の漏れが阻止されるように助長される。

【0043】

さらに、可変羽根 52 がケーシング 50 に連結されると、所定の組立間隙／分解間隙 376 が、レバーアーム 60 と外側ブッシュのリテーナ部分 346 との間に定められる。

【0044】

図 6 は、ブッシュ組立体 400 のさらに別の実施形態を含む可変羽根組立体 44 の部分的な組立分解図である。より具体的には、ブッシュ組立体 400 は、ケーシングタワー 302 と共に用いるためのものである。ブッシュ組立体 400 は、図 5 に示すブッシュ組立体 300 とほぼ同様であり、該ブッシュ組立体 300 の部品と同一の該ブッシュ組立体 400 における部品は、図 5 において用いられたものと同じ参照符号を用いて図 6 で表される。これによれば、ブッシュ組立体 400 は、半径方向内側ブッシュ 310 と、環状のプラットフォームシール 314 とを含む。ブッシュ組立体 400 はさらに、ブッシュキャリア 402 と、環状の外側半径方向座金 404 と、外側ジャーナル・ブッシュ 406 と、内側ジャーナル・ブッシュ 408 とを含む。外側半径方向座金 404 は、プラットフォームシール 314 とほぼ同様であり、外側ジャーナル軸受 406 及びブッシュキャリア 402 の両方とレバーアーム 60 との間で、羽根ステム 54 の周りに延びる。

【0045】

ブッシュキャリア 402 は、外面 410 と、内面 412 とを含む。ブッシュキャリア 402 はさらに、ほぼ円筒形の部分 414 と、該円筒形部分 414 から半径方向外向きに延びるリテーナ部分 416 とを含む。より具体的には、例示的な実施形態においては、リテーナ部分 416 は、レバーアーム 60 に隣接するブッシュの円筒形部分 414 からほぼ垂直に延びる。ブッシュキャリアの円筒形部分 414 は、リテーナ部分 416 から、羽根プラットフォーム 56 に隣接する円筒形部分 414 から半径方向内向きに延びる内部保持装置 420 まで延びる。

【0046】

外側ジャーナル・ブッシュ 406 及び内側ジャーナル・ブッシュ 408 の各々は、可変羽根ステム 54 の周りに周方向に延びて、各々のブッシュ 406 及び 408 の内面 430 及び 432 のそれぞれが、羽根ステムの外面 122 対してシール接触されるようになる。

より具体的には、外側ジャーナル・ブッシュ４０６は、ほぼ円筒形であり、半径方向外端４４０と半径方向内端４４２との間でほぼ一定の外径 d_{10} を有する。内側ジャーナル・ブッシュ４０８もまた、ほぼ円筒形であり、半径方向外端４４６と半径方向内端４４８との間でほぼ一定の外径 d_{11} を有する。シール４５０は、外側ジャーナル・ブッシュ４０６と内側ジャーナル・ブッシュ４０８とのそれぞれの間で羽根ステム５４の周りに延びる。

【００４７】

可変羽根組立体４４の組み立て中、半径方向内側ブッシュ３１０は、上述のようにエンジンケーシング５０に連結され、ブッシュキャリア４０２は、該エンジンケーシング５０及び半径方向内側ブッシュ３１０に連結される。具体的には、ブッシュキャリア４０２は、ブッシュキャリアのリテーナ部分４１６に隣接するブッシュキャリアの円筒形部分４１４の一部内のエンジンケーシングに圧入される。上述のように圧入されると、半径方向内側ブッシュ３１０に隣接するブッシュキャリア４０２の一部は、半径方向内側ブッシュ３１０と滑り嵌合するようになる。外側ジャーナル・ブッシュ４０６及び内側ジャーナル・ブッシュ４０８は、それぞれ羽根ステム５４に連結されて、シール４５０が、ブッシュ４０６と４０８との間にあるようにされる。

10

【００４８】

次に、可変羽根５２が、それぞれのケーシング開口部５８及びレバーアーム６０を通して挿入された後、ファスナ３７０によってケーシング５０に連結される。ケーシング５０に完全に連結されると、ジャーナル・ブッシュ４０６及び４０８は、ブッシュキャリア４０２とシール状態で接触して、ＶＳＶ組立体４４を通る空気の漏れが阻止されるように助長される。さらに、ケーシング５０に完全に連結されると、ブッシュキャリアの保持装置２０が外側ジャーナル・ブッシュの端部４１０に対して連結され、所定の間隙４７６がブッシュキャリア４０２とエンジンケーシング５０との間に定められる。間隙４７６により、エンジン全体を部無きすることなく、ブッシュの交換が可能になり、従ってブッシュ組立体４００は、保守費用の削減をもたらす。

20

【００４９】

上述の可変羽根組立体は、費用効率が高くかつ非常に信頼性がある。ＶＳＶ組立体は、ＶＳＶを通るガス漏れが低減されるように助長するブッシュ組立体を含み、従って、該ＶＳＶ組立体内のブッシュの磨耗が低減されるようになる。ブッシュ組立体は、エンジンケーシングに圧入される第１ブッシュと、ＶＳＶ組立体に連結される第２ブッシュとを含み、ブッシュ組立体が、エンジン全体を分解することなく、外部から交換できるようにされる。さらに、ブッシュ組立体は異なる材料から製造することができるので、ＶＳＶ組立体は、可変羽根とケーシングとの間で、効率的な低い摩擦荷重の伝達を可能にする。その結果、ブッシュ組立体は、費用効率が高くかつ信頼性のある方法により、ＶＳＶ組立体のシャフトの耐用年数が延長されることを助長する。

30

【００５０】

ＶＳＶ組立体の例示的な実施形態が、上記で詳細に説明されている。このシステムは、ここに説明された特定の実施形態に限定されるものではなく、むしろ、各々の組立体の部品を、ここに説明された他の部品から独立して別々に用いることができる。また、各々のＶＳＶ組立体の部品をさらに他のＶＳＶ組立体と組み合わせて用いることもできる。

40

【００５１】

本発明を様々な特定の実施形態に関して説明してきたが、当業者であれば、本発明を特許請求の範囲の技術思想及び技術的範囲内にある変更と共に実施することができることを理解するであろう。なお、特許請求の範囲に記載された符号は、理解容易のためであってなんら発明の技術的範囲を実施例に限縮するものではない。

【図面の簡単な説明】

【００５２】

【図１】 ガスタービンエンジンの概略図。

【図２】 ガスタービンエンジンの圧縮機の部分概略図。

【図３】 ブッシュ組立体を含む、図２に示される可変羽根組立体の部分的な組立分解図。

50

【図 4】ブッシュ組立体の代替的な実施形態を含む、図 2 に示される可変羽根組立体の部分的な組立分解図。

【図 5】ブッシュ組立体の別の代替的な実施形態を含む、図 2 に示される可変羽根組立体の部分的な組立分解図。

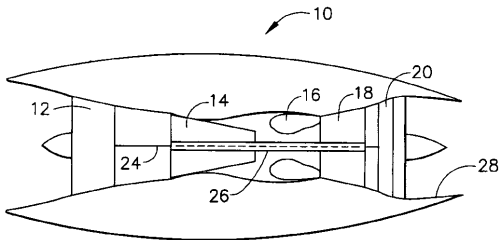
【図 6】ブッシュ組立体のさらに別の代替的な実施形態を含む、図 2 に示される可変羽根組立体の部分的な組立分解図。

【符号の説明】

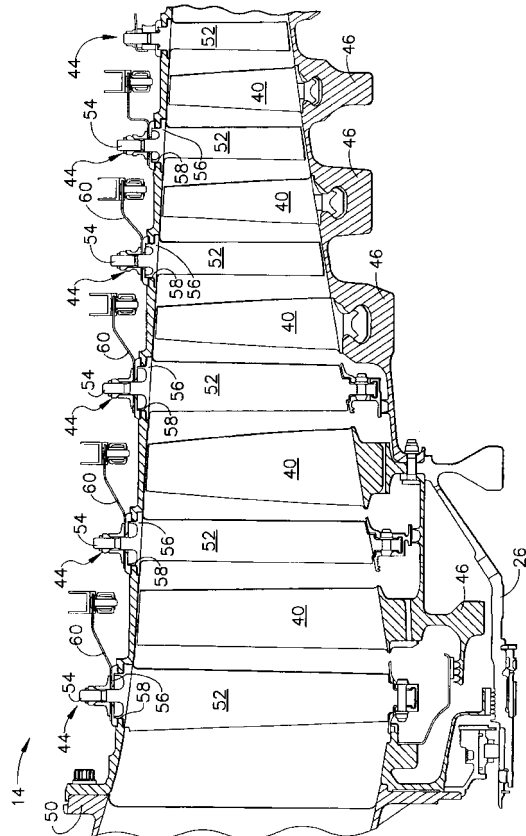
【0053】

- 10 ガスタービンエンジン
- 44 可変羽根組立体
- 50 ケーシング
- 52 可変羽根
- 54 羽根ステム
- 56 プラットフォーム
- 100 ブッシュ組立体
- 140 第 2 ブッシュ
- 142 第 1 ブッシュ
- 144 スリーブブッシュ

【図 1】



【図 2】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
F 0 4 D 29/12	F 0 1 D 17/16	F
F 1 6 J 15/16	F 0 4 D 29/12	Z
	F 1 6 J 15/16	B

(72)発明者 トマス・ジョージ・ウェイクマン

アメリカ合衆国、オハイオ州、リーディング、レインボー・リッジ、209番

(72)発明者 スチュワード・ジョセフ・クライン

アメリカ合衆国、インディアナ州、ギルフォード、ヨーク・リッジ・ロード、6312番

Fターム(参考) 3G002 EA05 EA08 GA07 GB00 GB04 HA01

3G071 BA00 BA26 DA16

3H022 AA03 BA01 CA23 CA53 DA14

3H034 AA02 AA16 BB03 BB08 CC03 DD07 DD24 EE11 EE13

3J043 AA16 CA03 DA02 DA09