

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5022097号
(P5022097)

(45) 発行日 平成24年9月12日(2012.9.12)

(24) 登録日 平成24年6月22日(2012.6.22)

(51) Int.Cl.

F O I D 5/18 (2006.01)

F I

F O I D 5/18

請求項の数 4 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2007-122351 (P2007-122351)	(73) 特許権者	000006208 三菱重工業株式会社 東京都港区港南二丁目16番5号
(22) 出願日	平成19年5月7日(2007.5.7)	(74) 代理人	100112737 弁理士 藤田 考晴
(65) 公開番号	特開2008-274906 (P2008-274906A)	(74) 代理人	100118913 弁理士 上田 邦生
(43) 公開日	平成20年11月13日(2008.11.13)	(72) 発明者	羽田 哲 兵庫県高砂市荒井町新浜2丁目1番1号 三菱重工業株式会社 高砂製作所内
審査請求日	平成22年2月17日(2010.2.17)	(72) 発明者	橋本 朋子 兵庫県高砂市荒井町新浜2丁目1番1号 三菱重工業株式会社 高砂製作所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 タービン用翼

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数個のフィルム冷却孔が設けられ、かつ、立設方向軸線に対して略直交する断面における前縁と後縁とを結ぶ中心線に対して略直交して設けられた少なくとも1つの板状のリップによって、内部に少なくとも2つのキャビティが形成された翼本体と、

前記各キャビティ内に、自身の外周面と前記翼本体の内周面との間に冷却空間を形成するように配置され、かつ、複数個のインピンジメント冷却孔が設けられた中空のインサートとを具備したタービン用翼であって、

前記翼本体の腹側に位置する内周面をインピンジ冷却した冷却媒体の一部が、前記翼本体の背側に位置する内周面をさらにインピンジ冷却した後、前記翼本体の背側に位置するフィルム冷却孔から吹き出されるように構成されていることを特徴とするタービン用翼。

【請求項2】

複数個のフィルム冷却孔が設けられ、かつ、立設方向軸線に対して略直交する断面における前縁と後縁とを結ぶ中心線に対して略直交して設けられた少なくとも1つの板状のリップによって、内部に少なくとも2つのキャビティが形成された翼本体と、

前記各キャビティ内に、自身の外周面と前記翼本体の内周面との間に冷却空間を形成するように配置され、かつ、複数個のインピンジメント冷却孔が設けられた中空のインサートとを具備したタービン用翼であって、

前記インサートが、前記キャビティの腹側および背側にそれぞれ一つずつ配置されており、腹側に配置されたインサートのインピンジメント冷却孔から前記翼本体の腹側に位置

10

20

する内周面に向かって吹き出された冷却媒体の一部が、前記冷却空間を通過して背側に配置されたインサートの内部に一旦導入された後、背側に配置されたインサートのインピンジメント冷却孔から前記翼本体の背側に位置する内周面に向かって吹き出されるように構成されていることを特徴とするタービン用翼。

【請求項 3】

複数個のフィルム冷却孔が設けられ、かつ、立設方向軸線に対して略直交する断面における前縁と後縁とを結ぶ中心線に対して略直交して設けられた少なくとも1つの板状のリップによって、内部に少なくとも2つのキャビティが形成された翼本体と、

前記各キャビティ内に、自身の外周面と前記翼本体の内周面との間に冷却空間を形成するように配置され、かつ、複数個のインピンジメント冷却孔が設けられた中空のインサートとを具備したタービン用翼であって、

前記キャビティの背側に、前記インサートの背側に位置する外周面と前記翼本体の背側に位置する内周面との間に形成された冷却空間を、前記インサートの背側に位置する外周面および前記翼本体の背側に位置する内周面に沿って二分するとともに、複数個のインピンジメント冷却孔が設けられたインピンジメント板が設けられていることを特徴とするタービン用翼。

【請求項 4】

請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載のタービン用翼を備えてなることを特徴とするガスタービン。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ガスタービンに関し、より詳しくは、ガスタービンのタービン用翼（動翼・静翼）に関するものである。

【背景技術】

【0002】

ガスタービンのタービン部におけるタービン用翼（例えば、第二段静翼）としては、例えば、特許文献 1 に開示されたものが知られている。

【特許文献 1】特開平 3 - 253701 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

しかしながら、上記特許文献 1 に開示されたタービン用翼では、翼本体の内壁面（内周面）を効率よく冷却するため、インピンジメント孔が翼本体の内壁面にできるだけ近い位置にくるようにインサートの壁面を配置しなければならない。そのため、インサートの流路断面積が必然的に大きくなり、冷却空気量が多くなって、ガスタービンの性能が低下してしまうといった問題点があった。

また、インサートの内部に導入された冷却空気は、インサートに形成された複数個のインピンジメント孔を通過して翼本体の内壁をインピンジメント冷却した後、翼本体に形成された複数個のフィルム冷却孔から吹き出されるようになっている。すなわち、インサートの内部に導入された冷却空気はすべて、インピンジメント冷却を 1 回だけ行ってフィルム冷却孔から翼本体の外部に流出するようになっている。そのため、温度の低い冷却空気がフィルム冷却孔から吹き出され、ガスタービンのガス温度を下げ、ガスタービンの熱効率を低下させてしまうおそれもあった。

【0004】

本発明は、上記の事情に鑑みてなされたもので、冷却空気（冷却媒体）量を低減させることができ、かつ、フィルム冷却孔から温度の低い冷却空気が吹き出されることを防止することができるタービン用翼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】

【0005】

10

20

30

40

50

本発明は、上記課題を解決するため、以下の手段を採用した。

本発明に係るタービン用翼は、複数個のフィルム冷却孔が設けられ、かつ、立設方向軸線に対して略直交する断面における前縁と後縁とを結ぶ中心線に対して略直交して設けられた少なくとも1つの板状のリブによって、内部に少なくとも2つのキャビティが形成された翼本体と、前記各キャビティ内に、自身の外周面と前記翼本体の内周面との間に冷却空間を形成するように配置され、かつ、複数個のインピンジメント冷却孔が設けられた中空のインサートとを具備したタービン用翼であって、前記翼本体の腹側に位置する内周面をインピンジメント冷却した冷却媒体の一部が、前記翼本体の背側に位置する内周面をさらにインピンジメント冷却した後、前記翼本体の背側に位置するフィルム冷却孔から吹き出されるように構成されている。

10

【0006】

本発明に係るタービン用翼によれば、キャビティ内におけるインサートの流路断面積が低減することとなるので、全体の冷却空気量（冷却空気の消費量）を低減させることができる。

また、インサートの内部に導入された冷却空気の一部が、インサートの内部に導入されて、翼本体の背側の内壁面をインピンジメント冷却するとともに、翼本体の背側の外壁面（外周面）をフィルム冷却するのに利用されることとなる。

これにより、インサートの内部に導入される冷却空気量を低減させる、あるいは極少量とすることができ、全体の冷却空気量をさらに（従来よりも、10%程度）低減させることができるとともに、温度の低い冷却空気がフィルム冷却孔から吹き出されるのを防止することができる。

20

【0007】

本発明に係るタービン用翼は、複数個のフィルム冷却孔が設けられ、かつ、立設方向軸線に対して略直交する断面における前縁と後縁とを結ぶ中心線に対して略直交して設けられた少なくとも1つの板状のリブによって、内部に少なくとも2つのキャビティが形成された翼本体と、前記各キャビティ内に、自身の外周面と前記翼本体の内周面との間に冷却空間を形成するように配置され、かつ、複数個のインピンジメント冷却孔が設けられた中空のインサートとを具備したタービン用翼であって、前記インサートが、前記キャビティの腹側および背側にそれぞれ一つずつ配置されており、腹側に配置されたインサートのインピンジメント冷却孔から前記翼本体の腹側に位置する内周面に向かって吹き出された冷却媒体の一部が、前記冷却空間を通過して背側に配置されたインサートの内部に一旦導入された後、背側に配置されたインサートのインピンジメント冷却孔から前記翼本体の背側に位置する内周面に向かって吹き出されるように構成されている。

30

【0008】

本発明に係るタービン用翼によれば、例えば、図2に示すように、キャビティ内におけるインサートの流路断面積が低減することとなるので、全体の冷却空気量（冷却空気の消費量）を低減させることができる。

また、インサートの内部に導入された冷却空気の一部が、インサートの内部に導入されて、翼本体の背側の内壁面をインピンジメント冷却するとともに、翼本体の背側の外壁面（外周面）をフィルム冷却するのに利用されることとなる。

40

これにより、インサートの内部に導入される冷却空気量を低減させる、あるいは極少量とすることができ、全体の冷却空気量をさらに（従来よりも、10%程度）低減させることができるとともに、温度の低い冷却空気がフィルム冷却孔から吹き出されるのを防止することができる。

【0009】

本発明に係るタービン用翼は、複数個のフィルム冷却孔が設けられ、かつ、立設方向軸線に対して略直交する断面における前縁と後縁とを結ぶ中心線に対して略直交して設けられた少なくとも1つの板状のリブによって、内部に少なくとも2つのキャビティが形成された翼本体と、前記各キャビティ内に、自身の外周面と前記翼本体の内周面との間に冷却空間を形成するように配置され、かつ、複数個のインピンジメント冷却孔が設けられた中

50

空のインサートとを具備したタービン用翼であって、前記キャビティの背側に、前記インサートの背側に位置する外周面と前記翼本体の背側に位置する内周面との間に形成された冷却空間を、前記インサートの背側に位置する外周面および前記翼本体の背側に位置する内周面に沿って二分するとともに、複数のインピンジメント冷却孔が設けられたインピンジメント板が設けられている。

【 0 0 1 0 】

本発明に係るタービン用翼によれば、例えば、図 3 に示すように、キャビティ内におけるインサートの流路断面積が低減することとなるので、全体の冷却空気量（冷却空気の消費量）を低減させることができる。

また、インサートの内部に導入された冷却空気の一部が、インピンジメント板に形成されたインピンジメント孔から冷却空間内に吹き出して、翼本体の背側の内壁面をインピンジメント冷却するとともに、翼本体の背側の外壁面（外周面）をフィルム冷却するのに利用されることとなるので、温度の低い冷却空気がフィルム冷却孔から吹き出されるのを防止することができる。

【 0 0 1 1 】

本発明に係るガスタービンは、全体の冷却空気量を低減させることができるとともに、温度の低い冷却空気がフィルム冷却孔から吹き出されるのを防止することができるタービン用翼を備えている。

【 0 0 1 2 】

本発明に係るガスタービンによれば、全体の冷却空気量が低減されることとなるので、ガスタービンの性能を向上させることができるとともに、フィルム冷却孔からの温度の低い冷却空気の吹き出しが防止されることとなるので、ガスタービンの熱効率を向上させることができる。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 3 】

本発明によれば、冷却空気（冷却媒体）量を低減させることができ、かつ、フィルム冷却孔から温度の低い冷却空気が吹き出されることを防止することができるという効果を奏する。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 1 4 】

以下、本発明に係るタービン用翼の一実施形態について、図 1 および図 2 を参照しながら説明する。

図 1 は本発明に係るタービン用翼 10 を具備したガスタービン 1 を示す図であって、車室上半部を取り外した状態を示す概略斜視図、図 2 は本実施形態に係るタービン用翼 10 の略中央部を、その立設方向軸線に対して略直交する面で切った要部断面図である。

【 0 0 1 5 】

図 1 に示すように、ガスタービン 1 は、燃焼用空気を圧縮する圧縮部 2 と、この圧縮部 2 から送られてきた高圧空気中に燃料を噴射して燃焼させ、高温燃焼ガスを発生させる燃焼部 3 と、この燃焼部 3 の下流側に位置し、燃焼部 3 を出た燃焼ガスにより駆動されるタービン部 4 とを主たる要素とするものである。

【 0 0 1 6 】

図 2 に示すように、本実施形態に係るタービン用翼 10 は、例えば、タービン部 4 における第二段静翼に適用され得るものであり、翼本体 11 と、複数のインサート 12a, 12b, 12c, … とを備えている。

翼本体 11 には、複数のフィルム冷却孔 13 と、翼本体 11 の立設方向軸線に対して略直交する断面における前縁 L・E と後縁（図示せず）とを結ぶ中心線（図示せず）に対して略直交して設けられ、翼本体 11 の内部を複数のキャビティ C1, C2, … に区画する板状のリブ 14 と、最も後縁側に位置するキャビティ内の冷却空気（冷却媒体）を翼本体 11 の外部に導くとともに複数のピンフィン（図示せず）を有する空気孔（図示せず）とが設けられている。

10

20

30

40

50

【0017】

インサート12a, 12b, 12cはそれぞれ、複数個のインピンジメント冷却孔15が設けられた中空状のものであり、最も前縁側に位置するキャビティC1内には2つのインサート12a, 12bが設けられており、その他のキャビティC2内にはそれぞれ1つのインサート12cが設けられている。

インサート12aはキャビティC1内の腹側に配置され、インサート12bはキャビティC1内の背側に配置されており、インサート12a, 12bの外周面16と翼本体11の内壁面(内周面)17との間、インサート12a, 12bの外周面16とリップ14の壁面18との間、およびインサート12aの外周面16とインサート12bの外周面16との間にはそれぞれ、冷却空間、すなわち、冷却空気の通路が形成されている。

一方、その他のキャビティC2内に配置されたインサート12cの外周面16と翼本体11の内壁面17との間、およびインサート12cの外周面16とリップ14の壁面18との間にもそれぞれ、冷却空間、すなわち、冷却空気の通路が形成されている。

【0018】

このように構成されたタービン用翼10では、冷却空気が図示していない手段によってインサート12a, 12b, 12cの内部に導入され、複数個のインピンジメント孔15を通して冷却空間内に吹き出して、翼本体11の内壁面17がインピンジメント冷却されるようになっている。

また、翼本体11の内壁面17をインピンジメント冷却した冷却空気は、翼本体11の複数個のフィルム冷却孔13から吹き出して、翼本体11のまわりに冷却空気によるフィルム層を形成し、翼本体11がフィルム冷却されるようになっている。

さらに、翼本体11の後縁からは、空気孔(図示せず)を通して冷却空気が噴出され、この際にピンフィン(図示せず)を冷却して翼本体11の後縁近傍が冷却されるようになっている。

【0019】

さらにまた、本実施形態に係るタービン用翼10では、図2に実線矢印で示すように、インサート12aの内部に導入され、翼本体11の腹側の内壁面17に向かって開口するインピンジメント孔15から冷却空間内に吹き出して翼本体11の腹側の内壁面17をインピンジメント冷却した冷却空気の一部が、インサート12aの外周面16と翼本体11の内壁面17との間に形成された冷却空間を通過してインサート12aの外周面16とインサート12bの外周面16との間に形成された冷却空間に流れ込むようになっている。そして、インサート12aの外周面16とインサート12bの外周面16との間に形成された冷却空間に流れ込んだ冷却空気は、インサート12a(より詳しくは、インサート12aの背側に位置する壁面)に向かって開口するインピンジメント孔15からインサート12bの内部に流入し、図示していない手段によってインサート12bの内部に導入された冷却空気とともに、翼本体11の背側の内壁面17に向かって開口するインピンジメント孔15から冷却空間内に吹き出して翼本体11の背側の内壁面17をインピンジメント冷却した後、フィルム冷却孔13から吹き出されるようになっている。

【0020】

本実施形態に係るタービン用翼10によれば、キャビティC1内におけるインサート12a, 12bの流路断面積が低減することとなるので、全体の冷却空気量(冷却空気の消費量)を低減させることができる。

【0021】

また、インサート12aの内部に導入された冷却空気の一部が、インサート12bの内部に導入されて、翼本体11の背側の内壁面17をインピンジメント冷却するとともに、翼本体11の背側の外壁面(外周面)をフィルム冷却するのに利用されることとなる。

これにより、インサート12bの内部に導入される冷却空気量を低減させる、あるいは極少量とすることができ、全体の冷却空気量をさらに(従来よりも、10%程度)低減させることができるとともに、温度の低い冷却空気がフィルム冷却孔13から吹き出されるのを防止することができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 2 】

また、本実施形態に係るタービン用翼 1 0 を備えたガスタービン 1 によれば、全体の冷却空気量が低減されることとなるので、ガスタービンの性能を向上させることができるとともに、フィルム冷却孔 1 3 からの温度の低い冷却空気の吹き出しが防止されることとなるので、ガスタービンの熱効率を向上させることができる。

【 0 0 2 3 】

本発明に係るタービン用翼の他の実施形態について、図 3 を参照しながら説明する。

図 3 は本実施形態に係るタービン用翼 2 0 の略中央部を、その立設方向軸線に対して略直交する面で切った要部断面図である。

本実施形態に係るタービン用翼 2 0 は、インサート 1 2 a の代わりにインサート 2 1 が設けられ、インサート 1 2 b の代わりにインピンジメント板 2 2 が設けられているという点で前述した第 1 実施形態のものと異なる。その他の構成要素については前述した第 1 実施形態のものと同じであるので、ここではそれら構成要素についての説明は省略する。

【 0 0 2 4 】

インサート 2 1 は、複数個のインピンジメント冷却孔 1 5 が設けられた中空状のものであり、インピンジメント板 2 2 は、複数個のインピンジメント冷却孔 1 5 が設けられた板状のものであって、これらインサート 2 1 およびインピンジメント板 2 2 は、最も前縁側に位置するキャビティ C 1 内に収められて（収容されて）いる。

インピンジメント板 2 2 は、その内壁面（内周面）2 3 がインサート 2 1 の背側に位置する外壁面（外周面）2 4 と対向し、かつ、その外壁面（外周面）2 5 が翼本体 1 1 の背側に位置する内壁面 1 7 と対向するように配置されている。

そして、インサート 2 1 の外壁面 2 4 と翼本体 1 1 の腹側に位置する内壁面 1 7 との間、インサート 2 1 の外壁面 2 4 とリップ 1 4 の壁面 1 8 との間、インサート 2 1 の外壁面 2 4 とインピンジメント板 2 2 の内壁面 2 3 との間、およびインピンジメント板 2 2 の外壁面 2 5 と翼本体 1 1 の背側に位置する内周面 1 7 との間にはそれぞれ、冷却空間、すなわち、冷却空気の通路が形成されている。

【 0 0 2 5 】

このように構成されたタービン用翼 2 0 では、冷却空気が図示していない手段によってインサート 2 1 , 1 2 c の内部に導入され、複数個のインピンジメント孔 1 5 を通って冷却空間内に吹き出して、翼本体 1 1 の内壁面 1 7 がインピンジメント冷却されるようになっている。

また、翼本体 1 1 の内壁面 1 7 をインピンジメント冷却した冷却空気は、翼本体 1 1 の複数個のフィルム冷却孔 1 3 から吹き出して、翼本体 1 1 のまわりに冷却空気によるフィルム層を形成し、翼本体 1 1 がフィルム冷却されるようになっている。

さらに、翼本体 1 1 の後縁からは、空気孔（図示せず）を通して冷却空気が噴出され、この際にピンフィン（図示せず）を冷却して翼本体 1 1 の後縁近傍が冷却されるようになっている。

【 0 0 2 6 】

さらにまた、本実施形態に係るタービン用翼 2 0 では、図 3 に実線矢印で示すように、インサート 2 1 の内部に導入され、翼本体 1 1 の腹側の内壁面 1 7 に向かって開口するインピンジメント孔 1 5 から冷却空間内に吹き出して翼本体 1 1 の腹側の内壁面 1 7 をインピンジメント冷却した冷却空気の一部が、インサート 2 1 の外壁面 2 4 と翼本体 1 1 の内壁面 1 7 との間に形成された冷却空間、およびインサート 2 1 の外壁面 2 4 とリップ 1 4 の壁面 1 8 との間に形成された冷却空間を通過してインサート 2 1 の外壁面 2 4 とインピンジメント板 2 2 の内壁面 2 3 との間に形成された冷却空間に流れ込むようになっている。そして、インサート 2 1 の外壁面 2 4 とインピンジメント板 2 2 の内壁面 2 3 との間に形成された冷却空間に流れ込んだ冷却空気は、翼本体 1 1 の背側の内壁面 1 7 に向かって開口するインピンジメント孔 1 5 から冷却空間内に吹き出して翼本体 1 1 の背側の内壁面 1 7 をインピンジメント冷却した後、フィルム冷却孔 1 3 から吹き出されるようになっている。

。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 7 】

本実施形態に係るタービン用翼 2 0 によれば、キャビティ C 1 内におけるインサート 2 1 の流路断面積が低減することとなるので、全体の冷却空気量（冷却空気の消費量）を低減させることができる。

【 0 0 2 8 】

また、インサート 2 1 の内部に導入された冷却空気の一部が、インピンジメント板 2 2 に形成されたインピンジメント孔 1 5 から冷却空間内に吹き出して、翼本体 1 1 の背側の内壁面 1 7 をインピンジメント冷却するとともに、翼本体 1 1 の背側の外壁面（外周面）をフィルム冷却するのに利用されることとなるので、温度の低い冷却空気がフィルム冷却孔 1 3 から吹き出されるのを防止することができる。

10

【 0 0 2 9 】

また、本実施形態に係るタービン用翼 2 0 を備えたガスタービン 1 によれば、全体の冷却空気量が低減されることとなるので、ガスタービンの性能を向上させることができるとともに、フィルム冷却孔 1 3 からの温度の低い冷却空気の吹き出しが防止されることとなるので、ガスタービンの熱効率を向上させることができる。

【 0 0 3 0 】

なお、本発明は第二段静翼のみに適用され得るものではなく、その他の段の静翼、あるいは動翼にも適用可能である。

【 0 0 3 1 】

また、本発明は最も前縁側に位置するキャビティ C 1 内のみに適用され得るものではなく、その他のキャビティ C 2 内にも適用可能である。

20

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 3 2 】

【 図 1 】本発明に係るタービン用翼を具備したガスタービンを示す図であって、車室上半部を取り外した状態を示す概略斜視図である。

【 図 2 】本発明の一実施形態に係るタービン用翼の略中央部を、その立設方向軸線に対して略直交する面で切った要部断面図である。

【 図 3 】本発明の他の実施形態に係るタービン用翼の略中央部を、その立設方向軸線に対して略直交する面で切った要部断面図である。

【 符号の説明 】

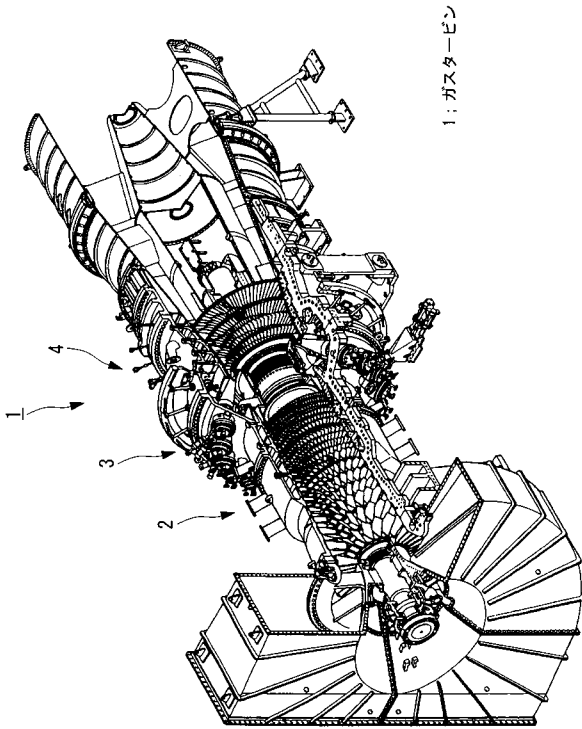
30

【 0 0 3 3 】

- 1 ガスタービン
- 1 0 タービン用翼
- 1 1 翼本体
- 1 2 a インサート
- 1 2 b インサート
- 1 2 c インサート
- 1 3 フィルム冷却孔
- 1 4 リブ
- 1 5 インピンジメント冷却孔
- 1 6 外壁面（外周面）
- 1 7 内壁面（内周面）
- 2 0 タービン用翼
- 2 1 インサート
- 2 2 インピンジメント板
- 2 4 外壁面（外周面）
- C 1 キャビティ
- C 2 キャビティ
- L . E . 前縁

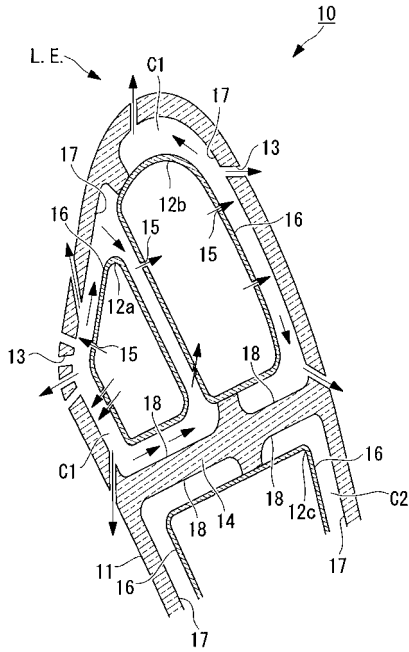
40

【図1】



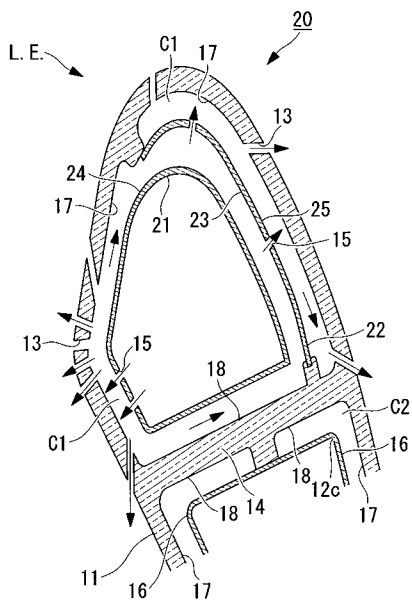
1: ガスタービン

【図2】



- 10: タービン用翼
- 11: 翼本体
- 12a: インサート
- 12b: インサート
- 12c: インサート
- 13: フィルム冷却孔
- 14: リブ
- 15: インピンジメント冷却孔
- 16: 外壁面 (外周面)
- 17: 内壁面 (内周面)
- C1: キャビティ
- C2: キャビティ
- L.E.: 前縁

【図3】



- 11: 翼本体
- 12c: インサート
- 13: フィルム冷却孔
- 14: リブ
- 15: インピンジメント冷却孔
- 17: 内壁面 (内周面)
- 20: タービン用翼
- 21: インサート
- 22: インピンジメント板
- 24: 外壁面 (外周面)
- C1: キャビティ
- C2: キャビティ
- L.E.: 前縁

フロントページの続き

(72)発明者 由里 雅則

兵庫県高砂市荒井町新浜2丁目1番1号 三菱重工業株式会社 高砂製作所内

(72)発明者 桑原 正光

兵庫県高砂市荒井町新浜2丁目1番1号 三菱重工業株式会社 高砂製作所内

審査官 寺町 健司

(56)参考文献 特開2001-214706(JP,A)

特開2001-098905(JP,A)

実開平04-123301(JP,U)

特開2000-161004(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F01D 1/00-11/10