



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I710696 B

(45)公告日：中華民國 109 (2020) 年 11 月 21 日

(21)申請案號：108113188

(22)申請日：中華民國 108 (2019) 年 04 月 16 日

(51)Int. Cl. : **F01D5/12 (2006.01)**

(30)優先權：2018/04/17 日本 2018-078907

(71)申請人：日商三菱日立電力系統股份有限公司(日本) MITSUBISHI HITACHI POWER
SYSTEMS, LTD. (JP)

日本

(72)發明人：若園進 WAKAZONO, SUSUMU (JP)；高村啓太 TAKAMURA, KEITA (JP)；羽田
哲 HADA, SATOSHI (JP)

(74)代理人：林志剛

(56)參考文獻：

CN 101550843B

US 5695320

US 2008/0170945A1

審查人員：謝濠全

申請專利範圍項數：14 項 圖式數：9 共 65 頁

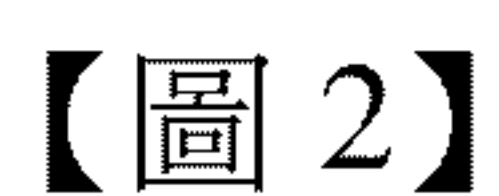
(54)名稱

渦輪葉片及燃氣渦輪機

(57)摘要

一種渦輪葉片，係具備：葉片體；及冷卻通路，其是在前述葉片體之內部沿著葉片高度方向延伸；以及複數個紊流器，其是設置於前述冷卻通路之內壁面，且沿著前述冷卻通路所排列；前述葉片體，係具有作為前述葉片高度方向上之兩端部的第一端部及第二端部；前述第二端部中的前述葉片體之腹背方向上的前述冷卻通路之通路寬度，係比前述第一端部中的前述冷卻通路之前述通路寬度更大；前述複數個紊流器之高度，係在前述葉片高度方向上隨著從前述第一端部側朝向前述第二端部側而變高。

指定代表圖：



102 · · · 第二端部



I710696

【發明摘要】

【中文發明名稱】

渦輪葉片及燃氣渦輪機

【中文】

一種渦輪葉片，係具備：葉片體；及冷卻通路，其是在前述葉片體之內部沿著葉片高度方向延伸；以及複數個紊流器，其是設置於前述冷卻通路之內壁面，且沿著前述冷卻通路所排列；前述葉片體，係具有作為前述葉片高度方向上之兩端部的第一端部及第二端部；前述第二端部中的前述葉片體之腹背方向上的前述冷卻通路之通路寬度，係比前述第一端部中的前述冷卻通路之前述通路寬度更大；前述複數個紊流器之高度，係在前述葉片高度方向上隨著從前述第一端部側朝向前述第二端部側而變高。

【指定代表圖】第(2)圖。

【代表圖之符號簡單說明】

26：轉動葉片

29、31、32：肋條

33：返回流路

34：紊流器

35：前緣側紊流器

36：前緣側通路

37：最終通道紊流器

38、64A、64B：出口開口

40：渦輪葉片

42：葉片體

44：前緣

46：後緣

46a：後緣端面

47：後緣部

48：前端

49：頂板

50：基端

59：冷卻通路

60a至60f：通道

61A、61B：蛇形流路

66：最終通道

70：冷卻孔

80：平台

- 82：葉片根部
- 84A、84B、85：內部流路
- 101：第一端部
- 102：第二端部

【特徵化學式】無

【發明說明書】

【中文發明名稱】

渦輪葉片及燃氣渦輪機

【技術領域】

【0001】本揭示係關於一種渦輪葉片 (turbine blade) 及燃氣渦輪機 (gas turbine)。

【先前技術】

【0002】在燃氣渦輪機等的渦輪葉片中，已知的是使冷卻流體流動至已形成於渦輪葉片之内部的冷卻通路，藉此來冷卻被暴露於高溫之氣體流動等的渦輪葉片。在如此的冷卻通路之內壁面，有時為了促進冷卻通路中的冷卻流體之流動紊流以提高冷卻流體與渦輪葉片之間的熱傳遞係數，而設置有肋條 (rib) 狀的紊流器 (turbulator)。

【0003】例如，在專利文獻1，係已有揭示一種在沿著葉片高度方向延伸的冷卻通路之內壁面，沿著冷卻流體之流動方向設置有複數個紊流器的渦輪葉片。

[先前技術文獻]

[專利文獻]

【0004】

專利文獻1：日本特開2004-225690號公報

【發明內容】

[發明所欲解決之課題]

【0005】可是，近年來，例如在燃氣渦輪機中係有作用於渦輪葉片的負荷會伴隨高輸出化而變大的傾向。如此為了使渦輪葉片具有能承受有增大傾向之負荷的強度，有時會在渦輪機之徑向(亦即渦輪葉片之葉片高度方向)之一側使渦輪葉片之腹背方向的葉片寬度，比另一側還加大。

如此，在徑向之一側加大渦輪葉片之腹背方向的葉片寬度之情況下，有的情況就連形成於渦輪葉片之內部的冷卻通路之寬度(或流路截面積)，也會在徑向上使該一側變大。

【0006】有被期望一種葉片結構，其對應於渦輪葉片之葉片寬度的變化，而選擇適當的紊流器，並具備冷卻通路之內部冷卻已被最佳化的冷卻通路。

【0007】有鑑於上述之情形，本發明之至少一實施形態，其目的在於提供一種能夠進行有效率之冷卻的渦輪葉片及燃氣渦輪機。

[解決課題之手段]

【0008】(1)本發明之至少一實施形態的渦輪葉片，係具備：

葉片體，其是具有作為葉片高度方向上之兩端部的第一端部、和第二端部；及

冷卻通路，其是在前述葉片體之內部沿著前述葉片高度方向延伸；以及

複數個紊流器，其是設置於前述冷卻通路之內壁面，且沿著前述冷卻通路所排列；

前述第二端部中的前述葉片體的前述冷卻通路之通路寬度，係比前述第一端部中的前述冷卻通路之前述通路寬度更大；

前述複數個紊流器之高度，係在前述葉片高度方向上隨著從前述第一端部側朝向前述第二端部側而變高。

【0009】在上述(1)之構成中，由於紊流器之高度，是在葉片高度方向上隨著從冷卻通路之通路寬度比較小的第一端部側接近冷卻通路之通路寬度比較大的第二端部側而變高，所以在第二端部側，可以與第一端部側同程度地獲得藉由紊流器所致的熱傳遞係數之改善效果。又，在上述(1)之構成中，由於在葉片高度方向上之第一端部側的紊流器高度比較低，所以在有冷卻通路之通路寬度比較窄且壓力損失變大之傾向的第一端部側中，可以抑制藉由紊流器之存在所致的壓力損失。因而，依據上述(1)之構成，可以有效率地冷卻在葉片高度方向上冷卻通路之通路寬度變化的渦輪葉片。

【0010】(2)在幾個實施形態中，係如上述(1)之構成，其中，

前述複數個紊流器之高度 e 、與在該複數個紊流器之前述葉片高度方向之位置中的前述冷卻通路之前述腹背方向上的通路寬度 D 之比 (e/D) 、和前述複數個紊流器之前述比 (e/D) 的平均 $(e/D)_{AVE}$ 之關係，係滿足

$$0.5 \leq (e/D)/(e/D)_{AVE} \leq 2.0。$$

【0011】依據上述(2)之構成，由於已設置於冷卻通路的複數個紊流器當中，有關某個紊流器的紊流器之高度 e 與通路寬度 D 之比 (e/D) ，是成為與作為有關已設置於該冷卻通路之複數個紊流器的 (e/D) 之平均的 $(e/D)_{AVE}$ 接近的值，所以可以抑制葉片高度方向上的熱傳遞係數之降低或冷卻流體之壓力損失的增加之極端變化。因而，可以有效地冷卻渦輪葉片。

【0012】(3)在幾個實施形態中，係如上述(1)或(2)之構成，其中，

在前述複數個紊流器當中，將前述葉片高度方向上最位於前述第一端部側的紊流器之位置中的前述冷卻通路之前述通路寬度設為 $D1$ ，將前述葉片高度方向上最位於前述第二端部側的紊流器之位置中的前述冷卻通路之前述通路寬度設為 $D2$ 時，前述通路寬度 $D1$ 與前述通路寬度 $D2$ 之比 $(D2/D1)$ ，係滿足 $1.5 \leq (D2/D1)$ 之關係。

【0013】依據上述(3)之構成，在第二端部側的冷卻通路之通路寬度 $D2$ ，大幅地比第一端部側的冷卻通路之通路寬度 $D1$ 更大的渦輪葉片中，由於冷卻通路之通路寬度較大的第二端部側之葉片高度方向位置中紊流器之高度會變高，所以如上述(1)所述，可以有效率地冷卻渦輪葉片。

【0014】(4)在幾個實施形態中，係如上述(1)至(3)中之任一個構成，其中，

在前述葉片高度方向上相鄰的一對紊流器之前述葉片

高度方向上的間距，係在前述葉片高度方向上隨著從前述第一端部朝向前述第二端部而增大。

【0015】藉由紊流器所致的熱傳遞係數之改善效果，係依照在葉片高度方向上相鄰的紊流器間之間距(pitch)而變化，且存在能獲得較高之熱傳遞係數的紊流器之間距與高度之比。此點，依據上述(4)之構成，由於在葉片高度方向上相鄰的紊流器間之間距，是在葉片高度方向上隨著從第一端部接近第二端部而增大，亦即，隨著紊流器之高度變高而增大，所以可以在冷卻通路內設置有紊流器的葉片高度方向範圍內獲得較高的熱傳遞係數。

【0016】(5)在幾個實施形態中，係如上述(1)至(4)中之任一個構成，其中，前述複數個紊流器當中，在前述葉片高度方向上相鄰的一對紊流器間之間距 P 、與該一對紊流器之高度的平均 ea 之比 (P/ea) 、和前述複數個紊流器中之前述比 (P/ea) 的平均 $(P/ea)_{AVE}$ 之關係，係滿足 $0.5 \leq (P/ea)/(P/ea)_{AVE} \leq 2.0$ 。

【0017】依據上述(5)之構成，由於已設置於冷卻通路的複數個紊流器當中，有關某一對紊流器的 (P/ea) ，是成為與作為有關已設置於該冷卻通路的複數個紊流器的 (P/ea) 之平均的 $(P/ea)_{AVE}$ 接近的值，所以傾向於相鄰的紊流器間之間距，是在葉片高度方向上隨著從第一端部接近第二端部而增大，亦即，隨著紊流器之高度變高而增大。因而，藉由適當設定 (P/ea) 或 $(P/ea)_{AVE}$ ，就可以在冷卻通路內設置有紊流器的葉片高度方向範圍獲得較高的熱傳遞

係數。

【0018】(6)在幾個實施形態中，係如上述(1)至(5)中之任一個構成，其中，

前述冷卻通路，為已形成於前述葉片體之內部之構成蛇形流路(serpentine passage)的複數個通道(pass)當中的一個。

【0019】在上述(6)之構成中，在設置有蛇形流路作為可供冷卻流體流動之內部流路的渦輪葉片中，構成蛇形流路的通道是具有上述(1)所述之構成的冷卻通路。因而，在上述之通道(冷卻通路)的第二端部側，可以與第一端部側同程度地獲得藉由紊流器所致的熱傳遞係數之改善效果，並且在有上述之通道(冷卻通路)的通路寬度比較窄且壓力損失變大之傾向的第一端部側，可以抑制藉由紊流器之存在所致的壓力損失。因而，依據上述(6)之構成，可以有效率地冷卻在葉片高度方向上蛇形流路的通道(冷卻通路)之通路寬度發生變化的渦輪葉片。

【0020】(7)在幾個實施形態中，係如上述(6)之構成，其中，

前述冷卻通路，為構成前述蛇形流路的前述複數個通道當中之最位於後緣側的最終通道以外的通道；

前述渦輪葉片，並具備：複數個最終通道紊流器，其是設置於前述最終通道之背側及腹側的內壁面，且沿著前述葉片高度方向所排列；

在將前述紊流器或前述最終通道紊流器之高度設為

e ，且將該紊流器或最終通道紊流器之前述葉片高度方向之位置中的前述冷卻通路或前述最終通道之前述腹背方向上的通路寬度設為 D 時，

前述複數個紊流器當中，在前述葉片高度方向上最位於前述第一端部側的紊流器中之前述高度與前述通路寬度之比 $(e/D)_{E1}$ 、和前述複數個紊流器中之前述高度與前述通路寬度之比 (e/D) 的平均 $(e/D)_{AVE}$ 、和前述複數個最終通道紊流器當中，在前述葉片高度方向上最位於前述第一端部側的最終通道紊流器中之前述高度與前述通路寬度之比 $(e/D)_{T_E1}$ 、以及前述複數個最終通道紊流器中之前述高度與前述通路寬度之比 $(e/D)_T$ 的平均 $(e/D)_{T_AVE}$ 之關係，係滿足

$$[(e/D)_{E1} / (e/D)_{AVE}] < [(e/D)_{T_E1} / (e/D)_{T_AVE}]。$$

【0021】如上述(1)所述，就已設置於最終通道以外之通道(冷卻通路)的紊流器而言，因紊流器之高度是隨著從冷卻通路之通路寬度比較窄的第一端部側朝向冷卻通路之通路寬度比較寬的第二端部側而變高，故而傾向於紊流器之高度 e 與通路寬度 D 之比 (e/D) 會成為接近固定值(亦即，上述關係式的左邊成為接近 1)。根據此，上述之關係式，係意指最終通道之通路寬度 D 在葉片高度方向上會隨著從第二端部側朝向第一端部側而減少，相對於此，最終通道紊流器之高度 e ，係不減少上述通路寬度 D 。

亦即，依據上述(7)之構成，在蛇形流路之最終通道中，複數個最終通道紊流器之高度 e ，是在葉片高度方向

上不會那麼變化。因而，在蛇形流路中冷卻流體成為比較高溫的最終通道中，係可以使通常位於冷卻流體之流動之下游側的第一端部側中的冷卻流體之流速增大。藉此，可以藉由流動於最終通道的冷卻流體來更有效地冷卻渦輪葉片。

【0022】(8)在幾個實施形態中，係如上述(1)至(7)之構成，其中，

前述冷卻通路，為已形成於前述葉片體之內部之構成蛇形流路的前述複數個通道當中之最位於後緣側的最終通道以外之通道；

前述渦輪葉片，並具備：複數個最終通道紊流器，其是設置於前述最終通道之背側及腹側的內壁面，且沿著前述葉片高度方向所排列；

前述最終通道之以前述第二端部作為基準之葉片高度方向上的前述最終通道紊流器之高度，為位於冷卻流體之流動方向之上游側的另一通道之葉片高度方向之相同位置中的紊流器之高度以下。

【0023】依據上述(8)之構成，針對最終通道紊流器與其他通道之紊流器，係在比較了葉片高度方向之相同位置的紊流器之高度的情況下，由於最終通道紊流器之高度，是成為其他通道的紊流器之高度以下，所以可以一邊維持最終通道紊流器之較高的熱傳遞係數，同時一邊抑制帶給流動於最終通道的冷卻流體之過大的壓力損失之發生。

【0024】(9)在幾個實施形態中，係如上述(1)至(8)中之任一個構成，其中，

前述冷卻通路，為已形成於前述葉片體之內部之構成蛇形流路的前述複數個通道當中之最位於後緣側的最終通道以外之通道；

前述渦輪葉片，並具備：複數個最終通道紊流器，其是設置於前述最終通道之背側及腹側的內壁面，且沿著前述葉片高度方向所排列；

前述最終通道的前述最終通道紊流器之高度，為相對於前述複數個通道當中之前述最終通道而鄰接位於冷卻流體之流動方向之上游側並且與前述最終通道相互地連通之上游側冷卻通路的前述紊流器之高度以下。

【0025】依據上述(9)之構成，由於在蛇形流路中最位於後緣側的最終通道之紊流器(最終通道紊流器)的高度，是成為與該最終通道鄰接而連通的上游側冷卻通路之紊流器的高度以下，所以在構成蛇形流路的複數個通道當中之流路面積比較窄並且冷卻流體成為比較高溫的最終通道中，可以設置更多數的紊流器。藉此，可以藉由流動於最終通道的冷卻流體來更有效地冷卻渦輪葉片。

【0026】(10)在幾個實施形態中，係如上述(1)至(9)中之任一個構成，其中，

前述渦輪葉片，係更具備：

前緣側通路，其是比前述冷卻通路更在前述葉片體之前緣側地設置於前述葉片體之內部，且沿著前述葉片高度

方向延伸；以及

複數個前緣側紊流器，其是設置於前述前緣側通路之內壁面，且沿著前述葉片高度方向所排列；

在將前述紊流器或前述前緣側紊流器之高度設為 e ，且將該紊流器或前緣側紊流器之前述葉片高度方向之位置中的前述冷卻通路或前述前緣側通路之前述腹背方向上的通路寬度設為 D 時，

前述複數個紊流器當中，在前述葉片高度方向上最位於前述第二端部側的紊流器中之前述高度與前述通路寬度之比 $(e/D)_{E2}$ 、和前述複數個紊流器中之前述高度與前述通路寬度之比 (e/D) 的平均 $(e/D)_{AVE}$ 、和前述複數個前緣側紊流器當中，在前述葉片高度方向上最位於前述第二端部側的前緣側紊流器中之前述高度與前述通路寬度之比 $(e/D)_{L_{E2}}$ 、以及前述複數個前緣側紊流器中之前述高度與前述通路寬度之比 $(e/D)_L$ 的平均 $(e/D)_{L_{AVE}}$ 之關係，係滿足

$$[(e/D)_{E2} / (e/D)_{AVE}] > [(e/D)_{L_{E2}} / (e/D)_{L_{AVE}}]。$$

【0027】如上述(1)所述，針對已設置於冷卻通路的紊流器，因紊流器之高度是隨著從冷卻通路之通路寬度比較窄的第一端部側朝向冷卻通路之通路寬度比較寬的第二端部側而變高，故而傾向於紊流器之高度 e 與通路寬度 D 之比 (e/D) 成為接近固定值(亦即，上述關係式的左邊成為接近1)。根據此，上述的關係式，係意指最終通道之通路寬度 D 是在葉片高度方向上隨著從第一端部側朝向第二端部側而增大，相對於此，前緣側紊流器之高度 e ，係不會增

大上述通路寬度 D 。

亦即，依據上述(10)之構成，在前緣側通路中，複數個前緣側紊流器之高度 e ，在葉片高度方向上不會那麼變化。因而，在供給有比較低溫之冷卻流體的前緣側通路中，可以抑制藉由位於冷卻流體之流動之上游側的第二端部側之紊流器所致的熱傳遞係數之改善效果，並抑制朝向第一端部側流動的冷卻流體之溫度上升。藉此，可以更有效地冷卻渦輪葉片。

【0028】(11)在幾個實施形態中，係如上述(1)至(10)中之任一個構成，其中，

前述冷卻通路之流路截面積，係在前述葉片高度方向上隨著從前述第一端部朝向前述第二端部而增大。

【0029】依據上述(11)之構成，由於紊流器之高度是在葉片高度方向上隨著從冷卻通路之流路截面積比較小的第一端部接近冷卻通路之流路截面積比較大的第二端部而變高，所以在第二端部側，可以與第一端部側同程度地獲得藉由紊流器所致的熱傳遞係數之改善效果。又，在上述(11)之構成中，由於在葉片高度方向上第一端部側中的紊流器之高度比較低，所以在有流路截面積比較窄且壓力損失變大之傾向的第一端部側中，可以抑制藉由紊流器之存在所致的壓力損失。因而，依據上述(11)之構成，可以有效地冷卻在葉片高度方向上冷卻通路之流路截面積發生變化的渦輪葉片。

【0030】(12)在幾個實施形態中，係如上述(1)至(11)

中之任一個構成，其中，

前述複數個紊流器相對於前述冷卻通路中的冷卻流體之流動方向的傾斜角 θ 、與前述複數個紊流器中之前述傾斜角的平均 θ_{AVE} 之關係，係滿足 $0.5 \leq \theta/\theta_{AVE} \leq 2.0$ 。

【0031】藉由紊流器所致的熱傳遞係數之改善效果，係依照紊流器相對於冷卻通路中的冷卻流體之流動方向的傾斜角 θ 而變化，且存在可獲得較高之熱傳遞係數的紊流器之傾斜角。此點，依據上述(12)之構成，由於在葉片高度方向上紊流器之傾斜角 θ 是大致成為固定，所以可以在冷卻通路內已設置有紊流器的葉片高度方向範圍獲得較高的熱傳遞係數。

【0032】(13)在幾個實施形態中，係如上述(1)至(12)中之任一個構成，其中，

前述渦輪葉片為轉動葉片；

前述第一端部，係位於前述第二端部之徑向外側。

【0033】依據上述(13)之構成，由於作為渦輪葉片的燃氣渦輪機之轉動葉片是具有上述(1)至(12)中之任一個構成，所以可以有效率地冷卻轉動葉片，故而可以提高燃氣渦輪機之熱效率。

【0034】(14)在幾個實施形態中，係如上述(1)至(12)中之任一個構成，其中，

前述渦輪葉片為固定葉片；

前述第一端部，係位於前述第二端部之徑向內側。

【0035】依據上述(14)之構成，由於作為渦輪葉片的

燃氣渦輪機之固定葉片是具有上述(1)至(12)中之任一個構成，所以可以有效率地冷卻固定葉片，故而可以提高燃氣渦輪機之熱效率。

【0036】(15)本發明之至少一實施形態的燃氣渦輪機，係具備：

上述(1)至(14)中之任一項所述的渦輪葉片；以及
燃燒器，其是用以生成流動於可供前述渦輪葉片設置之燃燒氣體流路的燃燒氣體。

【0037】依據上述(15)之構成，由於渦輪葉片是具有上述(1)至(14)中之任一個構成，所以可以削減為了冷卻渦輪葉片而供給至蛇形流路的冷卻流體之量，故而可以提高燃氣渦輪機之熱效率。

[發明效果]

【0038】依據本發明之至少一實施形態，可謀求渦輪葉片之冷卻通路的最佳化，可減低冷卻流體量，且可提高渦輪機之熱效率。

【圖式簡單說明】

【0039】

圖1係可應用一實施形態之渦輪葉片的燃氣渦輪機之概略構成圖。

圖2係沿著一實施形態的轉動葉片(渦輪葉片)之葉片高度方向的部分剖視圖。

圖 3 係顯示圖 2 之 B-B 剖面的示意圖。

圖 4A 係圖 2 之 A-A 剖面中的轉動葉片之剖視圖。

圖 4B 係圖 2 之 B-B 剖面中的轉動葉片之剖視圖。

圖 4C 係圖 2 之 C-C 剖面中的轉動葉片之剖視圖。

圖 5 係用以說明一實施形態的紊流器之構成的示意圖。

圖 6 係用以說明一實施形態的紊流器之構成的示意圖。

圖 7 係圖 2 至圖 4C 所示的轉動葉片(渦輪葉片)之示意剖視圖。

圖 8 係顯示圖 7 之 D-D 剖面的示意圖。

圖 9 係一實施形態的固定葉片(渦輪葉片)之示意剖視圖。

【實施方式】

【0040】以下，參照附圖來針對本發明之幾個實施形態加以說明。但是，作為實施形態所記載或圖式所示的構成零件之尺寸、材質、形狀、其相對配置等，其趣旨並非是將本發明之範圍限定於此，只不過是簡單的說明例而已。

【0041】首先，針對幾個實施形態之渦輪葉片所應用的燃氣渦輪機加以說明。

【0042】圖 1 係一實施形態之渦輪葉片所應用的燃氣渦輪機之概略構成圖。如圖 1 所示，燃氣渦輪機 1，係具

備：壓縮機2，其是用以生成壓縮空氣；及燃燒器4，其是使用壓縮空氣及燃料用以產生燃燒氣體；以及渦輪機6，其是以藉由燃燒氣體來旋轉驅動的方式所構成。在發電用之燃氣渦輪機1的情況下，在渦輪機6係連結有未圖示的發電機。

【0043】壓縮機2，係包含：複數個固定葉片16，其是固定於壓縮機殼體(compressor casing)10側；以及複數個轉動葉片18，其是以相對於固定葉片16交替地排列的方式植設於轉子8。

在壓縮機2，係輸送有從空氣取入口12所取入的空氣，該空氣，係藉由通過複數個固定葉片16及複數個轉動葉片18並被壓縮而成為高溫高壓的壓縮空氣。

【0044】在燃燒器4，係供給有燃料、和在壓縮機2所生成的壓縮空氣，在該燃燒器4中混合燃料與壓縮空氣，且燃燒，而生成作為渦輪機6之作動流體的燃燒氣體。如圖1所示，燃燒器4，亦可在殼體20內以轉子作為中心沿著周方向配置有複數個。

【0045】渦輪機6，係具有被形成於渦輪機殼體(turbine casing)22內的燃燒氣體流路28，且包含被設置於該燃燒氣體流路28的複數個固定葉片24及轉動葉片26。

固定葉片24係固定於渦輪機殼體22側，而沿著轉子8之周方向所排列的複數個固定葉片24是構成固定葉片列。又，轉動葉片26係植設於轉子8，而沿著轉子8之周方向所排列的複數個轉動葉片26是構成轉動葉片列。固定葉片列

和轉動葉片列，係在轉子8之軸向交替地排列。

在渦輪機6中，轉子8是藉由已流入至燃燒氣體流路28之來自燃燒器4的燃燒氣體通過複數個固定葉片24及複數個轉動葉片26而旋轉驅動，藉此，已連結於轉子8的發電機會被驅動並生成電力。驅動渦輪機6之後的燃燒氣體，係透過排氣室30往外部排出。

【0046】在幾個實施形態中，渦輪機6之轉動葉片26或固定葉片24的至少一方，為以下說明的渦輪葉片40。

以下，雖然主要是一邊參照作為渦輪葉片40的轉動葉片26之圖且一邊加以說明，但是就作為渦輪葉片40的固定葉片24而言，基本上也可以適用同樣的說明。

【0047】圖2係沿著一實施形態的轉動葉片26(渦輪葉片40)之葉片高度方向的部分剖視圖，圖3係顯示圖2之B-B剖面的示意圖。再者，圖中之箭頭，係顯示冷卻流體之流動的方向。又，圖4A至圖4C係分別為在葉片高度方向上不同的三個位置中的轉動葉片26之剖視圖，圖4A係顯示圖2的前端48近旁之A-A剖面的示意圖，圖4B係顯示圖2之葉片高度方向的中間區域近旁之B-B剖面中的示意圖(亦即與第3圖等同的示意圖)，圖4C係顯示圖2的基端50近旁之C-C剖面的示意圖。

【0048】如圖2及圖3所示，作為一實施形態之渦輪葉片40的轉動葉片26，係具備葉片體42、平台(platform)80及葉片根部82。葉片根部82，係埋設於轉子8(參照圖1)；轉動葉片26，係與轉子8一起旋轉。平台80，係與葉片根

部 82 一體地構成。

【0049】葉片體 42，係以沿著轉子 8 之徑向(以下，有時簡稱為「徑向」或「翼展方向(span direction)」)延伸的方式所設置，且具有：基端 50，其是可供平台 80 固定；以及前端 48，其是在葉片高度方向(轉子 8 之徑向)位於基端 50 之相反側(徑向外側)，且由形成葉片體 42 之頂部的頂板 49 所構成。

又，轉動葉片 26 的葉片體 42，係從基端 50 到前端 48 具有前緣 44 及後緣 46，該葉片體 42 之葉片面，係包含：壓力面(腹面)56，其是在基端 50 與前端 48 之間沿著葉片高度方向延伸的葉片面形成凹狀而成；以及負壓面(背面)58，其是葉片面形成凸狀而成。

【0050】在葉片體 42 之內部，係設置有使用以冷卻渦輪葉片 40 的冷卻流體(例如空氣)流動用的冷卻流路。在圖 2 及圖 3 所示之例示的實施形態中，在葉片體 42，係形成有二個蛇形流路(蛇行流路)61A、61B、和比蛇形流路 61A、61B 更位於前緣 44 側的前緣側通路 36，作為冷卻流路。在蛇形流路 61A、61B 及前緣側通路 36，係分別透過內部流路 84A、84B、85 而供給有來自外部的冷卻流體。

如此，藉由對蛇形流路 61A、61B 或前緣側通路 36 等的冷卻流路供應冷卻流體，就能從葉片體 42 之內壁面側對流冷卻被設置於渦輪機 6 之燃燒氣體流路 28 並暴露於高溫之燃燒氣體中的葉片體 42。

【0051】二個蛇形流路，係包含位於前緣 44 側的蛇形

流路 61A、以及位於後緣 46 側的蛇形流路 61B；此等的蛇形流路 61A、61B，係設置於葉片體 42 之內部，且藉由沿著葉片高度方向延伸的肋條(隔壁)31所分隔。

又，位於前緣側的蛇形流路 61A、和前緣側通路 36，係設置於葉片體 42 之內部，且藉由沿著葉片高度方向延伸的肋條 29 所分隔。

【0052】又，二個蛇形流路 61A、61B，係分別具有沿著葉片高度方向延伸的複數個通道 60(通道 60a 至 60c、通道 60d 至 60f)。

【0053】在各個蛇形流路 61A、61B 中互為相鄰的通道 60，係設置於葉片體 42 之內部，且藉由沿著葉片高度方向延伸的肋條 32 所分隔。

又，在各個蛇形流路 61A、61B 中互為相鄰的通道 60，係在前端 48 側或基端 50 側相互地連接，且在該連接部，形成有冷卻流路之流動的方向在葉片高度方向上逆向折返的返回流路 33，且蛇形流路 61A、61B 整體具有朝向徑向蛇行的形狀。亦即，複數個通道 60a 至 60c 及複數個通道 60d 至 60f，係分別相互地透過返回流路 33 而連通並形成蛇形流路 61A、61B。

【0054】在圖 2 及圖 3 所示之例示的實施例中，前緣側的蛇形流路 61A，係包含三條通道 60a 至 60c，此等的通道 60a 至 60c 係從後緣 46 側朝向前緣 44 側依此順序所排列。又後緣側的蛇形流路 61B，係包含三條通道 60d 至 60f，此等的通道 60d 至 60f 係從前緣 44 側朝向後緣 46 側依此順序所排

列。

【0055】形成蛇形流路61A、61B的複數個通道60，係包含位於冷卻流路之流動之最下游側的最終通道66。亦即，在蛇形流路61A中，最位於前緣44側的通道60c為最終通道66；在蛇形流路61B中，最位於後緣46側的通道60f為最終通道66。

【0056】在具有上面所述之蛇形流路61A、61B的渦輪葉片40中，冷卻流體，係透過例如已形成於葉片根部82之內部的內部流路84A、84B而導入於蛇形流路61A、61B之最上游側的通道(在圖2及圖3所示之例中為通道60a及通道60d)，且朝向下流側依順序地流動於構成蛇形流路61A、61B之各個的複數個通道60。然後，流動於複數個通道60當中之冷卻流體流動方向的最下游側之最終通道66的冷卻流體，係透過已設置於葉片體42之前端48側的出口開口64A、64B而流出至渦輪葉片40之外部的燃燒氣體流路28。出口開口64A、64B為形成於頂板49的開口。流動於最終通道66的冷卻流體之至少一部分，是從出口開口64B所排出。藉由在後緣46側之最終通道66設置出口開口64B，就會在最終通道66之頂板49附近的空間產生冷卻流體之停滯空間，可以抑制頂板49之內壁面過熱。

【0057】再者，蛇形流路61A、61B之形狀，並非被限定於圖2及圖3所示的形狀。例如，形成於一個渦輪葉片40之葉片體42之內部的蛇形流路之數目，係未被限定於二個，也可為一個或三個以上。或是，蛇形流路，也可在該

蛇形流路上之分歧點分歧成複數個流路。無論是哪一個情況，構成蛇形流路的通道當中之最位於後緣側的通道，通常是該蛇形流路之最終通道。

【0058】又，前緣側通路36，為最鄰近於前緣44所配置的冷卻通路59，且為熱負荷變成最高的通路。前緣側通路36，係在基端50側連通至內部流路85，且連通至已形成於前端48側之頂板49的出口開口38。已透過內部流路85供給至前緣側通路36的冷卻流體，係沿著作為單向通路的前緣側通路36從基端50側流動至前端48側，且從出口開口38排出至燃燒氣體流路28。冷卻流體，係在流動於前緣側通路36的過程中，對流冷卻前緣側通路36之內壁面。

【0059】在幾個實施形態中，如圖2所示在葉片體42之後緣部47(包含後緣46的部分)，係以沿著葉片高度方向排列的方式形成有複數個冷卻孔70。複數個冷卻孔70，係連通至已形成於葉片體42之內部的冷卻流路(在圖示之例中係作為後緣側的蛇形流路61B之最終通道66的通道60f)，並且開口於葉片體42之後緣部47中之作為表面的後緣端面46a。再者，在圖3中，係省略了冷卻孔70之圖示。

【0060】流動於冷卻流路的冷卻流體之一部分，係通過與該冷卻流路連通的上述之冷卻孔70，並從葉片體42之後緣部47的後緣端面46a之開口，流出至渦輪葉片40之外部的燃燒氣體流路28。如此藉由冷卻流體通過冷卻孔70，就能對流冷卻葉片體42之後緣部47。

【0061】轉動葉片26之葉片體42，係具有作為葉片高

度方向上之兩端部的第一端部 101 及第二端部 102。此中，第一端部 101，為葉片體 42 之前端 48 側的端部；第二端部 102，為葉片體 42 之基端 50 側的端部。亦即，在轉動葉片 26 中，第一端部 101，係位於第二端部 102 之徑向外側。

【0062】如圖 4A 至圖 4C 所示，葉片體 42 之腹背(背面 58-腹面 56)方向上的葉片寬度，係在第二端部 102 側(基端 50 側)，成為比第一端部 101 側(前端 48 側)更大。亦即，在葉片體 42 中，第二端部 102 之腹背方向的葉片寬度，是成為比第一端部之腹背方向的葉片寬度還大。

【0063】又，如圖 4A 至圖 4C 所示，在轉動葉片 26 中，第二端部 102(即基端 50 側)中的葉片體 42 之腹背方向上的蛇形流體 61A、61B 之各個通道 60 以及前緣側通路 36 之通路寬度 D2(圖 4C 所示之 DL2、Da2、Db2... 等；以下，也歸納表記為「D2」)，係比第一端部 101(即前端 48 側)中的冷卻流路之通路寬度 D1(圖 4A 所示之 DL1、Da1、Db1... 等；以下，也歸納表記為「D1」)更大。

【0064】在此，葉片體 42 之腹背方向上的冷卻流路之通路寬度 D(DL、Da、Db... 等；以下，也歸納表記為「D」)，係被定義作為：在各個通路(各個通道 60 及前緣側通路 36)中，從葉片體 42 之壓力面 56 側的內壁面 63P(參照圖 4B)所計測到的該內壁面 63P 與負壓面 58 側之內壁面 63S(參照圖 4B)之間的距離之最大值。

【0065】再者，冷卻流路之通路寬度 D，並非為矩形狀剖面，例如也有的情況是考慮如菱形狀剖面、梯形狀剖

面、三角形狀剖面變形後的通路形狀之情況，並藉由下述數學式(I)所示之等效直徑ED來表示。等效直徑ED，是相當於上述之通路寬度D。

【0066】

$$ED=4A/L \quad \dots (I)$$

在上述數學式(I)中，ED係表示等效直徑，A係表示通路截面積，L係表示通路剖面之潤濕長度(一個通路剖面之全周的長度)。從而，在以下之說明中，通路寬度D，也可改寫為等效直徑ED。

【0067】例如，在著眼於已設置於葉片體42的複數個通路(蛇形流路61A、61B之各個通道60及前緣側通路36)當中之作為從前緣44側數起第三個通路的通道60b之情況下，第一端部101側(前端48側)之通路寬度Db1、與第二端部102側(基端50側)之通路寬度Db2，係滿足 $Db1 < Db2$ 之關係。又，就其他的通路而言也成立同樣的關係。

【0068】再者，通路寬度D，也可在葉片高度方向上隨著從第一端部101側朝向第二端部102側而慢慢地增大。

又，通道60之各個流路截面積，也可在葉片高度方向上隨著從前述第一端部接近前述第二端部而增大。

【0069】在構成蛇形流路61A、61B的複數個通道60當中之至少幾個內壁面63(壓力面56側之內壁面63P及/或負壓面58側之內壁面63S)，係設置有肋條狀的紊流器34。在圖2至圖4C所示之例示的實施形態中，係在複數個通道60之各自的壓力面56側之內壁面63P及負壓面58側之內壁

面 63S，沿著葉片高度方向設置有複數個紊流器 34。

【0070】又，在幾個實施形態中，如圖 2 至圖 4C 所示，在前緣側通路 36 之內壁面，也是沿著葉片高度方向設置有複數個紊流器 35(前緣側紊流器 35)。

【0071】在此，圖 5 及圖 6 係分別用以說明一實施形態的紊流器 34 之構成的示意圖，圖 5 係沿著包含圖 2 至圖 4C 所示的渦輪葉片 40 之葉片高度方向(轉子 8 之徑向)及腹背方向(大致轉子 8 之周方向)的平面之局部的剖面之示意圖，圖 6 係沿著包含圖 2 至圖 4C 所示的渦輪葉片 40 之葉片高度方向(轉子 8 之徑向)及轉子 8 之軸向的平面之局部的剖面之示意圖。

【0072】如圖 5 所示，各個紊流器 34，係設置於通道 60 之內壁面 63，該紊流器 34 之以該內壁面 63 作為基準的高度為 e 。又，如圖 5 及圖 6 所示，在通道 60 中，複數個紊流器 34，係以間距 P 之間隔所設置。又，如圖 6 所示，通道 60 中的冷卻流體之流動方向(圖 6 之箭頭 LF)、與各個紊流器 34 之間所成的角度(但是為銳角，以下也稱為「傾斜角」)，為傾斜角 θ 。

【0073】當在通道 60 設置有上述之紊流器 34，且冷卻流體流動於通道 60 時，就會在紊流器 34 近旁促進漩渦產生等的流動之紊流。亦即，越過紊流器 34 的冷卻流體，係在已配置於下游側的鄰接之紊流器 34 之間形成渦流。藉此，在冷卻流體之流動方向上相鄰的紊流器 34 彼此之中間位置附近，形成冷卻流體之紊流的渦流會接觸於通道 60 之內壁

面 63，可以使冷卻流體、與葉片體 42 之間的熱傳遞係數增大，且可以有效地冷卻渦輪葉片 40。

【0074】亦即，由於施加於渦輪葉片的熱負荷是伴隨燃氣渦輪機之高輸出而增大，所以有的情況會想要一邊加大支撐渦輪葉片的基端 50 側之第二端部 102 中的腹背方向之葉片寬度，且一邊使前端 48 側之第一端部 101 小型化。在該情況下，為了選定減小第一端部 101 側之葉片寬度，且加大第二端部 102 側之葉片寬度的葉片形狀，已配置於葉片體之內部的冷卻流路，就要選定較小的第一端部 101 側之冷卻流路的流路截面積，且較大的第二端部 102 側之冷卻流路的流路截面積。紊流器 34，為用以使冷卻流路之內壁面的熱傳遞增大的紊流促進構件，且重要的是依照冷卻流路之流路截面積的變化，來選擇適當的紊流器之高度 e 、間距 P 、傾斜角 θ ，以對葉片體發揮最大限的冷卻性能。

【0075】藉由紊流器 34 所致的熱傳遞係數之改善效果，係依照紊流器之高度 e 、間距 P 、傾斜角 θ 及通道(通路)之通路寬度 D 而變化。

例如，藉由紊流器 34 之傾斜角 θ ，冷卻流體之渦流的產生狀態會變化，且影響與葉片內壁之間的熱傳遞係數。又，與紊流器 34 之間距 P 相較，在紊流器之高度 e 過高的情況下，有的情況渦流不會接觸到內壁面 63。從而，在熱傳遞係數與紊流器 34 之傾斜角 θ 、以及熱傳遞係數與間距 P 和高度 e 之比率 (P/e) 之間，係如後述般地存在適當的範圍。

又，當紊流器 34 之高度 e 與通路寬度 D 相較而過高時，就會使冷卻流體之壓力損失增大。另一方面，當與紊流器 34 之高度 e 相較腹背方向上的通道(通路)之通路寬度 D 過寬時，就無法期待藉由渦流所致的熱傳遞係數之增大效果，且造成使熱傳遞係數降低，使冷卻性能降低的原因。亦即，存在依照冷卻流路之形狀的變化，可獲得較高之熱傳遞係數的紊流器 34 之適當的高度 e 、間距 P 、傾斜角 θ 。

【0076】再者，藉由設置於前緣側通路 36 的紊流器 35(前緣側紊流器 35)所致的熱傳遞係數之改善效果，也與上述之紊流器 34 的情況同樣，會依照紊流器 35 之傾斜角、間距、高度、以及腹背方向上的前緣側通路 36 之通路寬度而變化。

【0077】以下，雖然是參照圖 2 至圖 4C、及圖 7 至圖 9，針對幾個實施形態的渦輪葉片 40 之特徵，也包含紊流器 34 之特徵做更加詳細說明，但是在此之前，是參照圖 9，針對一實施形態的固定葉片 24(渦輪葉片 40)之構成加以說明。

在此，圖 7 係圖 2 至圖 4C 所示的轉動葉片 26(渦輪葉片 40)之示意剖視圖，圖 8 係顯示圖 7 之 D-D 剖面的示意圖。又，圖 9 係一實施形態的固定葉片 24(渦輪葉片 40)之示意剖視圖。圖中之箭頭，係顯示冷卻流體 LF 之流動的方向。

【0078】如圖 9 所示，一實施形態的固定葉片 24(渦輪葉片 40)，係具備：葉片體 42；及內側圍板(shroud)86，其是相對於葉片體 42 而位於徑向內側；以及外側圍板 88，其

是相對於葉片體42而位於徑向外側。外側圍板88係支撐於渦輪機殼體22(參照圖1)，固定葉片24係透過外側圍板88而支撐於渦輪機殼體22。固定葉片24，係具有：位於外側圍板88側(即徑向外側)的外側端52；以及位於內側圍板86側(即徑向內側)的內側端54。

【0079】固定葉片24之葉片體42，係從外側端52至內側端54具有前緣44及後緣46；葉片體42之葉片面，係在外側端52與內側端54之間，包含沿著葉片高度方向延伸的壓力面(腹面)56和負壓面(背面)58。

【0080】在固定葉片24之葉片體42的內部，係形成有藉由複數個通道60所形成的蛇形流路61。在圖9所示之例示的實施形態中，係藉由五條通道60a至60e而形成有蛇形流路61。通道60a至60e，係從前緣44側朝向後緣46側依此順序所排列。

【0081】在圖9所示的固定葉片24(渦輪葉片40)中，冷卻流體，係透過已形成於外側圍板88之內部的內部流路(未圖示)而導入至蛇形流路61，且朝向下游側依順序地流動於複數個通道60。然後，流動於複數個通道60當中的冷卻流體之流動方向的最下游側之最終通道66(通道60e)的冷卻流體，係透過已設置於葉片體42之內側端54側(內側圍板86側)的出口開口64而流出至固定葉片24(渦輪葉片40)之外部的燃燒氣體流路28，或是從後面所述的後緣部47之冷卻孔70排出至燃燒氣體中。

【0082】在固定葉片24中，於複數個通道60當中之至

少幾個內壁面，係設置有上面所述的紊流器34。在圖9所示之例示的實施形態中，係在複數個通道60之各自的內壁面，設置有複數個紊流器34。

【0083】在固定葉片24中，於葉片體42之後緣部47，也能以沿著葉片高度方向而排列的方式，形成有複數個冷卻孔70。

【0084】固定葉片24之葉片體42，係具有作為葉片高度方向上之兩端部的第一端部101及第二端部102。此中，第一端部101，為葉片體42之內側端54側的端部，第二端部102，為葉片體42之外側端52側的端部。亦即，在固定葉片24中，第一端部101，係位於第二端部102之徑向內側。

【0085】固定葉片24(渦輪葉片40)中的葉片體42之腹背方向的葉片寬度，係在外側端52側(第二端部102側)，成為比內側端54側(第一端部101側)更大。亦即，在葉片體42中，第二端部102之葉片寬度是成為比第一端部101之葉片寬度還大。

【0086】又，雖然未特別圖示，但是就通道60之通路寬度D而言，係與上面所述的轉動葉片26之情況同樣，第二端部102(即外側端52側)中的葉片體42之腹背方向上的蛇形流體61之各個通道60的通路寬度D2，係比第一端部101(即內側端54側)中的通路寬度D1更大。

通路寬度D，也可在葉片高度方向上隨著從第一端部101側朝向第二端部102側而慢慢地增大。

又，通道60之各自的流路截面積，也可在葉片高度方向上隨著從前述第一端部101側朝向前述第二端部102側而增大。再者，前面所述的等效直徑ED之想法，也可以適用於固定葉片24之通路寬度D。

【0087】其次，參照圖2至圖4C、及圖7至圖9來針對幾個實施形態的渦輪葉片40之更具體的特徵加以說明。

【0088】在幾個實施形態的渦輪葉片40(轉動葉片26或固定葉片24)中，其特徵在於：已設置於作為通道60a至60f的至少一個之冷卻通路59上的複數個紊流器34之高度，係在葉片高度方向上隨著從第一端部101側(轉動葉片26中的前端48側、固定葉片24中的內側端54側)朝向第二端部102(轉動葉片26中的基端50側、固定葉片24中的外側端52側)側而變高。亦即，冷卻通路59之通路寬度D，是在葉片高度方向上，隨著從第一端部101側朝向第二端部102側而增大，隨之，紊流器34之高度e會變高。或是，冷卻通路59之流路截面積，是在葉片高度方向上，隨著從第一端部101側朝向第二端部102側而增大，隨之，紊流器34之高度e(冷卻通路59之以內壁面63作為基準的高度)會變高。

【0089】複數個紊流器34之高度，也可在葉片高度方向上，依每一紊流器34而慢慢地變化。亦即，也可以葉片高度方向位置不同的任意二個紊流器34當中之離第二端部102較近之一方的紊流器34之高度e，成為比另一方的紊流器34(即離第一端部101較近的紊流器34)之高度更高的方式，來設定已設置於該冷卻通路59的複數個紊流器34之各

自的高度 e 。

【0090】或是，複數個紊流器34之高度，也可依每一葉片高度方向之區域而階段性地變化。亦即，也可將冷卻通路59區分成葉片高度方向之複數個區域，並在屬於各個葉片高度方向區域的紊流器34成為同一高度 e 之後，以屬於離第二端部102更近之葉片高度方向區域的紊流器34之高度 e ，與之相較成為比屬於離第一端部101更近之葉片高度方向區域的紊流器34之高度 e 更高的方式，來設定複數個紊流器34之各自的高度 e 。

【0091】如此，參照圖8來說明複數個紊流器34之高度依每一葉片高度方向之區域而變化的情況之一例。在此，圖8係顯示構成蛇形流路61的冷卻通路59當中的一個(在此為轉動葉片26的蛇形流路61A之通道60b)的剖面之示意圖。

【0092】圖8所示之例示的冷卻通路59，係在葉片高度方向上被區分成三個區域。然後，已設置於該冷卻通路59的複數個紊流器34，係包含：上述三個區域當中之屬於離第一端部101最近之區域(前端48側之區域)的紊流器34a；及屬於離第二端部102最近之區域(基端50側之區域)的紊流器34c；以及屬於此等二個之間之區域(中間區域)的紊流器34b。

【0093】所謂屬於前端48側之區域的紊流器34a之位置中的冷卻通路59之腹背方向上作為代表的通路寬度 D_a 、屬於中間區域的紊流器34b之位置中的冷卻通路59之腹背

方向上作為代表的通路寬度 D_b 、以及屬於基端 50 側之區域的紊流器 34c 之位置中的冷卻通路 59 之腹背方向上作為代表的通路寬度 D_c ，係滿足 $D_a < D_b < D_c$ 之關係。

再者，所謂各個區域中的冷卻通路 59 之腹背方向上作為代表的通路寬度 D ，也可為屬於該區域的紊流器 34 之各自的葉片高度方向之位置中的冷卻通路 59 之通路寬度 D 的平均值。

【0094】又，屬於各個葉片高度方向之區域的複數個紊流器 34a、34b、34c，係分別具有相同的高度，且滿足屬於前端 48 側之區域的紊流器 34a 之高度 e_a 、屬於中間區域的紊流器 34b 之高度 e_b 、以及屬於基端 50 側之區域的紊流器 34c 之高度 e_c ，係滿足 $e_a < e_b < e_c$ 之關係。

【0095】如此，已設置於冷卻通路 59 的複數個紊流器 34 之高度 e ，也可依每一葉片高度方向之區域而階段性地變化。

再者，在圖 7 所示的渦輪葉片 40 (轉動葉片 26) 及圖 9 所示的渦輪葉片 40 (固定葉片 24) 中，就構成蛇形流路 61 的通道 60a 至 60f 當中之最終通道 66 (圖 7 中的通道 60f 及圖 9 中的通道 60e) 以外的冷卻通路 59，與圖 8 之例同樣，複數個紊流器 34，係依每一葉片高度方向之區域而階段性地變化。

【0096】再者，在圖 8 所示之例中，雖然冷卻通路 59 係在葉片高度方向上被區分成三個區域，且紊流器 34 之高度係以三階段來變化，但是在其他之例中 (在其他之冷卻通路 59 中)，冷卻通路 59 也可在葉片高度方向上被區分成 n

個區域，紊流器 34 之高度也可以 n 階段來變化(其中， n 為 2 以上之整數)。

再者，圖 7 所示之轉動葉片 26 中的通道 60a 至 60e (冷卻通路)、及圖 9 所示之固定葉片 24 中的通道 60a 至 60d (冷卻通路)，係分別在葉片高度方向上被區分成 n 個(其中， n 為 2 以上 5 以下)區域；紊流器 34 之高度，係在葉片高度方向上以 n 階段來變化。

【0097】藉由在冷卻通路 59 之內壁面 63 設置紊流器 34，就可以比該內壁面 63 為沒有紊流器 34 之平滑面的情況更提高冷卻流體與渦輪葉片 40 之間的熱傳遞係數。然而，在冷卻通路 59 之通路寬度 D 在葉片高度方向上變化的情況下，當紊流器 34 之高度 e 設為固定且設為相同的高度時，在冷卻通路 59 之通路寬度 D 比較寬的葉片高度方向之位置使熱傳遞係數提高的效果，就會比冷卻通路 59 之通路寬度 D 比較窄的葉片高度方向之位置使熱傳遞係數提高的效果更降低。此理由在於：當紊流器 34 之高度比冷卻通路 59 之通路寬度 D 相對變低時，就變得難以有效地生成在流動於相對寬幅之冷卻通路 59 的冷卻流體中形成紊流的渦流。

【0098】此點，在上面所述的實施形態中，即便冷卻通路 59 之通路寬度 D ，在葉片高度方向上變化，仍期望選定紊流器 34 之高度 e ，以便能維持葉片面中的熱傳遞係數。為了能維持葉片面中的熱傳遞係數，紊流器 34 之高度，是在葉片高度方向上隨著從冷卻通路 59 之通路寬度 D 比較小的第一端部 101 接近冷卻通路 59 之通路寬度 D 比較大

的第二端部 102 而變高。結果，在第二端部 102 側，可以藉由紊流器 34 有效地生成渦流，且可以與第一端部 101 側同程度地獲得藉由紊流器 34 所致的熱傳遞係數之改善效果。

另一方面，與通路寬度 D 較大之第二端部 102 側相較，比適當的高度還提高通路寬度 D 較小之第一端部 101 側的紊流器高度 e ，從冷卻流體之壓力損失的增大之點來看並不佳。在上面所述的實施形態中，冷卻通路 59 之通路寬度 D 是在葉片高度方向之第一端部 101 側變小，並且設定較低的紊流器 34 之高度 e 。為此，從流動於冷卻流路的冷卻流體之壓力損失之點來看，在有因冷卻通路 59 之通路寬度 D 變得比較窄故而壓力損失會變大之傾向的第一端部 101 側中，係可以抑制藉由紊流器 34 之存在所致的壓力損失之增加。

因而，依據上述之實施形態，可以有效率地冷卻冷卻通路 59 之通路寬度 D 在葉片高度方向上變化的渦輪葉片 40。

【0099】在幾個實施形態中，已設置於上述之冷卻通路(通道 60a 至 60f 之至少一個)的複數個紊流器 34 當中，任意一個紊流器 34 之高度 e 、與在該紊流器 34 的葉片高度方向之位置中的該冷卻通路 59 之腹背方向上的通路寬度 D 之比 (e/D) 、和已設置於該冷卻通路 59 的複數個紊流器 34 (亦即，已設置於該冷卻通路 59 的全部紊流器 34) 中之前述比 (e/D) 的平均 $(e/D)_{AVE}$ ，係滿足 $0.5 \leq (e/D)/(e/D)_{AVE} \leq 2.0$ 之關係。

又，在幾個實施形態中，上述之 (e/D) 和 $(e/D)_{AVE}$ ，也可滿足 $0.9 \leq (e/D)/(e/D)_{AVE} \leq 1.1$ 。

或是，在幾個實施形態中，上述之 (e/D) 和 $(e/D)_{AVE}$ ，也可滿足 $(D1/D2) \leq (e/D)/(e/D)_{AVE} \leq (D2/D1)$ 。在此， $D1$ ，為複數個紊流器34當中，在葉片高度方向上最位於第一端部101的紊流器34之位置中的冷卻通路59之通路寬度。 $D2$ ，為複數個紊流器34當中，在葉片高度方向上最位於第二端部102的紊流器34之位置中的冷卻通路59之通路寬度。

再者，有關已設置於上述之冷卻通路59的複數個紊流器34之各個(全部)，也可成立上述關係式之關係。

【0100】在上述之實施形態中，係設定如下：有關已設置於冷卻通路59的複數個紊流器34當中之任意紊流器34的 (e/D) ，是成為與作為已設置於該冷卻通路的全部複數個紊流器之 (e/D) 之平均的 $(e/D)_{AVE}$ 接近的值。或是，設定如下：在葉片高度方向上從第一端部101朝向第二端部102，上述 (e/D) 之變化成為比冷卻通路之通路寬度 D 的變化更小。從而，可以抑制葉片高度方向上的熱傳遞係數之極端的降低或壓力損失之極端的增大，可以一邊抑制葉片壁之金屬溫度的不均一分布，且一邊有效地冷卻渦輪葉片40。

【0101】在幾個實施形態中，係在已設置於上述之冷卻通路59(通道60a至60f之至少一個)的複數個紊流器34當中，將在葉片高度方向上最位於第一端部101側的紊流器34之位置中的冷卻通路59之通路寬度 D 設為 $D1$ ，將在葉片

高度方向上最位於第二端部 102 側的紊流器 34 之位置中的冷卻通路 59 之通路寬度 D 設為 D_2 時，前述通路寬度 D_1 與前述通路寬度 D_2 之比 (D_2/D_1) ，係滿足 $1.5 \leq (D_2/D_1)$ 之關係。

或是，前述通路寬度 D_1 與前述通路寬度 D_2 ，也可滿足 $2.0 \leq (D_2/D_1)$ 之關係。

或是，前述通路寬度 D_1 與前述通路寬度 D_2 ，也可滿足 $2.5 \leq (D_2/D_1)$ 之關係。

【0102】在上述之實施形態中，係在第二端部 102 側的冷卻通路 59 之通路寬度 D_2 ，大幅地比第一端部 101 側的冷卻通路 59 之通路寬度 D_1 更大的渦流葉片 40 中，由於紊流器 34 之高度是在冷卻通路 59 之通路寬度 D 較大的第二端部 102 側之葉片高度方向的位置中變高，所以可以有效率地冷卻冷卻通路 59 之通路寬度 D 在葉片高度方向上變化的渦流葉片 40。

【0103】在幾個實施形態中，已設置於上述之冷卻通路 59 (通道 60a 至 60f 之至少一個) 的複數個紊流器 34 當中，在葉片高度方向上相鄰的一對紊流器 34 之葉片高度方向上的間距 P ，係在葉片高度方向上隨著從第一端部 101 接近第二端部 102 而增大。

【0104】藉由紊流器 34 所致的熱傳遞係數之改善效果，係依照在葉片高度方向上相鄰的紊流器 34 間之間距 P 而變化，且存在能獲得較高之熱傳遞係數的紊流器 34 之間距 P 與高度 e 之比 (P/e) 。此點，依據上述之實施形態，在葉

片高度方向上相鄰的紊流器 34 間之間距 P ，是在葉片高度方向上隨著從第一端部 101 接近第二端部 102 而增大，亦即隨著紊流器 34 之高度 e 變高而增大。為此，在從該冷卻通路 59 內已設置有紊流器 34 的葉片高度方向之第一端部 101 至第二端部 102 為止的全部範圍可以獲得較高的熱傳遞係數。

【0105】再者，在上述之實施形態中，在葉片高度方向上相鄰的一對紊流器 34 之葉片高度方向上的間距 P ，也可在葉片高度方向上，依每一對紊流器 34 而慢慢地變化。亦即，也可以葉片高度方向位置不同的任意二組之一對紊流器 34 當中之離第二端部 102 較近的一方之一對紊流器 34 的間距 P ，成為比另一方之一對紊流器 34 (亦即離第一端部 101 較近的一對紊流器 34) 的間距 P 更大的方式，來設定已設置於該冷卻通路 59 的複數個紊流器 34 之各自的間距 P 。

【0106】或是，在葉片高度方向上相鄰的一對紊流器 34 之葉片高度方向上的間距 P ，也可依每一葉片高度方向之區域而階段性地變化。亦即，也可在將冷卻通路 59 區分成葉片高度方向之複數個區域，並針對屬於各個葉片高度方向區域的複數個紊流器 34 成為同一間距 P 之後，以屬於離第二端部 102 更近之葉片高度方向區域的複數個紊流器 34 之間距 P ，與之相較成為比屬於離第一端部 101 更近之葉片高度方向區域的紊流器 34 之間距 P 更大的方式，來設定已設置於該冷卻通路 59 的複數個紊流器 34 之各自的間距 P 。

【0107】例如，如上面所述，圖8所示之例示的冷卻通路59，係在葉片高度方向上被區分成三個區域，且已設置於該冷卻通路59的複數個紊流器34，係包含：屬於離第一端部101最近之區域(前端48側之區域)的紊流器34a；及屬於離第二端部102最近之區域(基端50側之區域)的紊流器34c；以及屬於此等二個之間之區域(中間區域)的紊流器34b。

【0108】屬於前端48側之區域的複數個紊流器34a之間距 P_a 、屬於中間區域的複數個紊流器34b之間距 P_b 、以及屬於基端50側之區域的複數個紊流器34c之間距 P_c ，係滿足 $P_a < P_b < P_c$ 之關係。

【0109】如此，已設置於冷卻通路59的複數個紊流器34之間距 P ，也可依每一葉片高度方向之區域而階段性地變化。

亦即，在某個冷卻通路59中，該冷卻通路59也可在葉片高度方向上被區分成 n 個區域，紊流器34之間距 P 也可以 n 階段來變化(其中， n 為2以上之整數)。

【0110】在幾個實施形態中，已設置於上述之冷卻通路59(通道60a至60f之至少一個)的複數個紊流器34當中，在葉片高度方向上相鄰的任意一對紊流器34間之間距 P 、與該一對紊流器34之高度的平均 e_a 之比 (P/e_a) 、和複數個紊流器34之前述比 (P/e_a) 的平均 $(P/e_a)_{AVE}$ ，係滿足 $0.5 \leq (P/e_a)/(P/e_a)_{AVE} \leq 2.0$ 之關係。

又，在幾個實施形態中，上述之 (P/e_a) 和 $(P/e_a)_{AVE}$ ，

也可滿足 $0.9 \leq (P/ea)/(P/ea)_{AVE} \leq 1.1$ 。

【0111】在上述之實施形態中，由於已設置於冷卻通路59的複數個紊流器34當中，有關任意一對紊流器34的 (P/ea) ，是成為與作為有關已設置於該冷卻通路59的複數個紊流器34(全部的紊流器34)的 (P/ea) 之平均 $(P/ea)_{AVE}$ 接近的值，所以傾向於相鄰的紊流器34間之間距 P ，是在葉片高度方向上隨著從第一端部101接近第二端部102而增大，亦即隨著紊流器34之高度 e 變高而增大。因而，藉由適當設定 (P/ea) 或 $(P/ea)_{AVE}$ ，就可以在該冷卻通路59內已設置有紊流器34的葉片高度方向範圍內獲得較高的熱傳遞係數。

【0112】在幾個實施形態中，任意的紊流器34相對於上述之冷卻通路59(通道60a至60f之至少一個)中的冷卻流體之流動方向的傾斜角 θ 、與複數個紊流器(已設置於該冷卻通路59的全部紊流器)中之傾斜角 θ 的平均 θ_{AVE} ，係滿足 $0.5 \leq \theta/\theta_{AVE} \leq 2.0$ 之關係。

【0113】藉由紊流器34所致的熱傳遞係數之改善效果，係依照紊流器34相對於冷卻通路59中的冷卻流體之流動方向的傾斜角 θ 而變化，且存在能獲得較高之熱傳遞係數的紊流器34之傾斜角。此點，依據上述之實施形態，由於在葉片高度方向上紊流器34之傾斜角 θ 是大致成為固定，所以在冷卻通路59內設置有紊流器34的葉片高度方向之範圍內可以獲得較高的熱傳遞係數。

【0114】在幾個實施形態中，上述之冷卻通路59，為

構成蛇形流路61的複數個通道60a至60f當中之最終通道(轉動葉片26中的通道60f(參照圖7)、固定葉片24中的通道60e(參照圖9))以外的通道60之至少一個。在最終通道(圖7的通道60f、圖9的通道60e)之背側(負壓面58)及腹側(正壓面56)的內壁面63，係設置有沿著葉片高度方向所排列的複數個最終通道紊流器37。

然後，在將紊流器34或最終通道紊流器37之高度設為 e ，且將該紊流器34或最終通道紊流器37葉片高度方向之位置中的冷卻通路59或最終通道66之腹背方向上的通路寬度設為 D 時，係成立下述數學式(II)之關係。

$$[(e/D)_{E1} / (e/D)_{AVE}] < [(e/D)_{T_{E1}} / (e/D)_{T_{AVE}}] \quad \dots (II)$$

在上述數學式(II)中， $(e/D)_{E1}$ ，為在複數個紊流器34當中，葉片高度方向上最位於第一端部101側的紊流器34T(參照圖7及圖9)中之前述高度與前述通路寬度的比； $(e/D)_{AVE}$ ，為複數個紊流器34中之前述高度與前述通路寬度的比 (e/D) 之平均； $(e/D)_{T_{E1}}$ ，為複數個最終通道紊流器37當中，在葉片高度方向上最位於第一端部101側的最終通道紊流器37T(參照圖7及圖9)中之前述高度與前述通路寬度的比； $(e/D)_{T_{AVE}}$ ，為複數個最終通道紊流器37中之前述高度與前述通路寬度的比 $(e/D)_T$ 之平均。

【0115】如已述般，有關已設置於作為最終通道66以外之通道60的冷卻通路59之紊流器34，因紊流器34之高度 e 是隨著從冷卻通路59之通路寬度 D 比較窄的第一端部101側朝向冷卻通路59之通路寬度 D 比較寬的第二端部102側而

變高，故而會傾向於紊流器 34 之高度 e 與通路寬度 D 的比 (e/D) 成為接近固定值 (亦即，上述關係式之左邊成為接近 1)。根據此，上述之關係式，係意指在最終通道 66 中，最終通道 66 之通路寬度 D 是在葉片高度方向上隨著從第二端部 102 側朝向第一端部 101 側而減少，相對於此，最終通道紊流器 37 之高度 e ，係不會減少上述通路寬度 D 。

【0116】亦即，在上述之實施形態的蛇形流路 61 之最終通道 66 中，複數個最終通道紊流器 37 之高度 e ，是與其他的通道 60 相較在葉片高度方向上不會那麼大地變化。換句話說，在後緣部 47 近旁之最終通道 66 中，最終通道 66 之通路寬度 D 會變窄，且難以選定與前述的冷卻通路 59 之通路寬度 D 對應的紊流器高度 e 。亦即，有的情況最終通道紊流器 37 之高度 e 相對於最終通道 66 之通路寬度 D 會變得過小，且使紊流器之加工變得困難。於是，有的情況是在流動於最終通道 66 的冷卻流體之壓力損失所容許的範圍內，選定高度 e 比紊流器 34 對通路寬度 D 之適當的高度 e 還相對大的最終通道紊流器 37。雖然形成於最終通道 66 的最終通道紊流器 37 之高度 e ，係成為比最終通道 66 以外之其他的通道 60 的紊流器 34 之高度 e 還小，但是高度 e 與通路寬度 D 之比 (e/D)，係成為比適用於其他的通道 60 之高度 e 與通路寬度 D 的比 (e/D) 還大。又，如前述，最終通道紊流器 37 之間距 P 與高度 e 的比 (P/e)，係以在葉片高度方向上成為固定的方式所選定。由於最終通道通道 37 之高度 e ，係成為比其他的通道 60 還小，所以所配置的最終通道紊流器 37 之數

目的是成為比其他的通道還多。從而，從高度 e 與通路寬度 D 的比(e/D)、和間距 P 與高度 e 的比(P/e)之二個方面來看，最終通道66之熱傳遞係數係成為比其他的通道60之熱傳遞係數還高。

【0117】更且，在蛇形流路61中冷卻流體成為比較高溫的最終通道66中，可以從第二端部102朝向第一端部101，並且減小最終通道66之流路截面積，以使冷卻流體之流速比其他的通道60還增大。藉此，在最終通道66中，流動於冷卻通路59的冷卻流體之流速的增大效果、和最終通道紊流器37之高度 e 與通路寬度 D 之比(e/D)及最終通道紊流器37之設置數目的增大效果就會重疊作用，而可形成熱傳遞係數比其他的通道60更高之冷卻通路59。從而，可以藉由流動於熱負荷較嚴格的最終通道66之冷卻流體更有效地冷卻渦輪葉片40。

【0118】在幾個實施形態中，已設置於最終通道66的最終通道紊流器37之高度 e ，為相對於複數個通道66當中之最終通道66而鄰接位於冷卻流體之流動方向的上游側並且與最終通道66相互地連通之上游側冷卻通路的紊流器34之高度以下。

【0119】例如，在圖7所示的轉動葉片26之實施形態中，相對於最終通道66(通道60f)而鄰接位於冷卻流體之流動方向的上游側，且與最終通道66相互地連通的上游側冷卻通路，為通道60a。然後，已設置於最終通道66(通道60f)的最終通道紊流器37之高度，為已設置於作為上游

側冷卻通路之通道60e的紊流器34之高度以下。

又，例如在圖9所示的固定葉片24之實施形態中，相對於最終通道66(通道60e)而鄰接位於冷卻流體之流動方向的上游側，且與最終通道66相互地連通的上游側冷卻通路，為通道60d。然後，已設置於最終通道66(通道60e)的最終通道紊流器37之高度，為已設置於作為上游側冷卻通路之通道60d的紊流器34之高度以下。

【0120】又，在以第二端部102中的基端50作為基準，葉片高度方向上直至第一端部101之前端48為止之間的高度，比較相同位置中的各個通道60之紊流器高度e的情況下，最終通道66之最終通道紊流器37的高度e，係以成為位於冷卻流體之流動方向的上游側之其他的通道60之相同的葉片高度之位置中的紊流器34之高度e以下的方式來選定。結果，可以一邊維持最終通道紊流器之較高的熱傳遞係數，同時一邊抑制提供給流動於最終通道的冷卻流體之過大的壓力損失之發生。

【0121】依據上述之實施形態，由於在蛇形流路61中最位於後緣側的最終通道66之紊流器(最終通道紊流器37)的高度，是以成為與該最終通道66鄰接而連通之上游側冷卻通路的紊流器之高度以下的方式來選定，所以在構成蛇形流路61的複數個通道60當中之流路面積比較窄且冷卻流體成為比較高溫的最終通道66中，可以設置更多數的紊流器(最終通道紊流器37)。藉此，可以藉由流動於最終通道66的冷卻流體更有效地冷卻渦輪葉片40。

【0122】在幾個實施形態中，係在將已設置於冷卻通路59的紊流器34或已設置於前緣側通路36的前緣側紊流器35之高度設為 e ，且將該紊流器34或前緣側紊流器35之葉片高度方向之位置中的冷卻通路59或前緣側通路36之腹背方向上的通路寬度設為 D 時，就成立下述數學式(III)。

$$[(e/D)_{E2} / (e/D)_{AVE}] > [(e/D)_{L_E2} / (e/D)_{L_AVE}] \quad \dots (III)$$

在上述數學式(III)中， $(e/D)_{E2}$ ，為複數個紊流器34當中，在葉片高度方向上最位於第二端部102側的紊流器34H(參照圖7)中之前述高度與前述通路寬度的比； $(e/D)_{AVE}$ ，為複數個紊流器34中之前述高度 e 與前述通路寬度 D 的比之平均； $(e/D)_{L_E2}$ ，為複數個前緣側紊流器35當中，在葉片高度方向上最位於第二端部102側的前緣側紊流器35H中之前述高度 e 與前述通路寬度 D 的比； $(e/D)_{L_AVE}$ ，為複數個前緣側紊流器35中之前述高度 e 與前述通路寬度 D 的比 $(e/D)_L$ 之平均。

【0123】如已述般，有關已設置於冷卻通路59的紊流器34，因紊流器之高度 e 是隨著從冷卻通路59之通路寬度 D 比較窄的第一端部101側朝向冷卻通路59之通路寬度 D 比較寬的第二端部102側而變高，故而傾向於紊流器34之高度 e 與通路寬度 D 的比 (e/D) 成為接近固定值(亦即，上述關係式之左邊成為接近1)。根據此，上述之關係式，係意指最終通道66之通路寬度 D 是在葉片高度方向上隨著從第一端部101側朝向第二端部102側而增大，相對於此，前緣側紊

流器 35 之高度 e ，係不會增大上述通路寬度 D 。

亦即，依據上述之實施形態，在前緣側通路 36 中，複數個前緣側紊流器 35 之高度 e ，係在葉片高度方向上不那麼地變化。因而，在供給有比較低溫之冷卻流體的前緣側通路 36 中，可以抑制藉由在位於冷卻流體之流動之上游側的第二端部 102 側之紊流器 (前緣側紊流器 35) 所致的熱傳遞係數之改善效果，並抑制朝向第一端部 101 側而流動的冷卻流體之溫度上升。藉此，可以更有效地冷卻渦輪葉片 40。

【0124】以上，雖然已針對本發明之實施形態加以說明，但是本發明並未被限定於上面所述的實施形態，而是也包含對上面所述的實施形態施加變化後的形態、或適當組合此等之形態所得的形態。

【0125】在本說明書中，表示「朝向某個方向」、「沿著某個方向」、「平行」、「正交」、「中心」、「同心」或「同軸」等之相對的或絕對的配置之表現，係不僅嚴格表示該種的配置，也以公差、或是能獲得相同功能之程度的角度或距離來表示相對地位移的狀態。

例如，表示「相同」、「相等」及「均質」等之事物為相等的狀態之表現，係不僅嚴格表示相等的狀態，也表示存在公差、或是能獲得相同功能之程度的差之狀態。

又，在本說明書中，表示四角形狀或圓筒形狀等之形狀的表現，係不僅表示幾何學上嚴格之意義的四角形狀或圓筒形狀等之形狀，也表示在能獲得相同之效果的範圍

內，包含凹凸部或倒角部等的形狀。

又，在本說明書中，「具備」、「包含」或「具有」一構成要素的表現，並非是將其他的構成要素之存在排除在外的排他性表現。

【符號說明】

【0126】

1：燃氣渦輪機

2：壓縮機

4：燃燒器

6：渦輪機

8：轉子

10：壓縮機殼體

12：空氣取入口

16、24：固定葉片

18、26：轉動葉片

20：殼體

22：渦輪機殼體

28：燃燒氣體流路

29、31、32：肋條

30：排氣室

33：返回流路

34、34a至34c、34H、34T：紊流器

35、35H：前緣側紊流器

- 36：前緣側通路
- 37、37T：最終通道紊流器
- 38、64、64A、64B：出口開口
- 40：渦輪葉片
- 42：葉片體
- 44：前緣
- 46：後緣
- 46a：後緣端面
- 47：後緣部
- 48：前端
- 49：頂板
- 50：基端
- 52：外側端
- 54：內側端
- 56：壓力面(腹面)
- 58：負壓面(背面)
- 59：冷卻通路
- 60、60a至60f：通道
- 61、61A、61B：蛇形流路
- 63、63P、63S：內壁面
- 66：最終通道
- 70：冷卻孔
- 80：平台
- 82：葉片根部

84A、84B、85：內部流路

86：內側圍板

88：外側圍板

101：第一端部

102：第二端部

D、Da至Dc：通路寬度

e、ea至ec：紊流器高度

ED：等效直徑

LF：冷卻流體

P：紊流器間距

θ ：傾斜角

【發明申請專利範圍】

【第 1 項】

一種渦輪葉片，其特徵為，具備：

葉片體，其是具有作為葉片高度方向上之兩端部的第一端部、和第二端部；及

冷卻通路，其是在前述葉片體之內部沿著前述葉片高度方向延伸且構成蛇形流路；以及

複數個紊流器，其是設置於前述冷卻通路之內壁面，且沿著前述冷卻通路所排列；

前述第二端部中的前述葉片體之腹背方向上的前述冷卻通路之通路寬度，係比前述第一端部中的前述冷卻通路之前述通路寬度更大；

前述複數個紊流器之高度，係在前述葉片高度方向上隨著從前述第一端部側朝向前述第二端部側而變高。

【第 2 項】

如申請專利範圍第 1 項之渦輪葉片，其中，前述複數個紊流器之高度 e 、與在該複數個紊流器之前述葉片高度方向之位置中的前述冷卻通路之前述腹背方向上的通路寬度 D 之比 (e/D) 、和前述複數個紊流器之前述比 (e/D) 的平均 $(e/D)_{AVE}$ 之關係，係滿足 $0.5 \leq (e/D)/(e/D)_{AVE} \leq 2.0$ 。

【第 3 項】

如申請專利範圍第 1 或 2 項之渦輪葉片，其中，在前述複數個紊流器當中，將前述葉片高度方向上最位於前述第一端部側的紊流器之位置中的前述冷卻通路之前述通路寬

度設為 $D1$ ，將前述葉片高度方向上最位於前述第二端部側的紊流器之位置中的前述冷卻通路之前述通路寬度設為 $D2$ 時，前述通路寬度 $D1$ 與前述通路寬度 $D2$ 之比 $(D2/D1)$ ，係滿足 $1.5 \leq (D2/D1)$ 之關係。

【第4項】

如申請專利範圍第1或2項之渦輪葉片，其中，在前述葉片高度方向上相鄰的一對紊流器之前述葉片高度方向上的間距，係在前述葉片高度方向上隨著從前述第一端部朝向前述第二端部而增大。

【第5項】

如申請專利範圍第1或2項之渦輪葉片，其中，前述複數個紊流器當中，在前述葉片高度方向上相鄰的一對紊流器間之間距 P 、與該一對紊流器之高度的平均 ea 之比 (P/ea) 、和前述複數個紊流器中之前述比 (P/ea) 的平均 $(P/ea)_{AVE}$ 之關係，係滿足 $0.5 \leq (P/ea)/(P/ea)_{AVE} \leq 2.0$ 。

【第6項】

如申請專利範圍第1或2項之渦輪葉片，其中，前述冷卻通路，為構成前述蛇形流路的前述複數個通道當中之最位於後緣側的最終通道以外的通道；

並具備：複數個最終通道紊流器，其是設置於前述最終通道之背側及腹側的內壁面，且沿著前述葉片高度方向所排列；

在將前述紊流器或前述最終通道紊流器之高度設為 e ，且將該紊流器或最終通道紊流器之前述葉片高度方向

之位置中的前述冷卻通路或前述最終通道之前述腹背方向上的通路寬度設為 D 時，

前述複數個紊流器當中，在前述葉片高度方向上最位於前述第一端部側的紊流器之前述高度與前述通路寬度之比 $(e/D)_{E1}$ 、和前述複數個紊流器之前述高度與前述通路寬度之比 (e/D) 的平均 $(e/D)_{AVE}$ 、和前述複數個最終通道紊流器當中，在前述葉片高度方向上最位於前述第一端部側的最終通道紊流器之前述高度與前述通路寬度之比 $(e/D)_{T_E1}$ 、以及前述複數個最終通道紊流器之前述高度與前述通路寬度之比 $(e/D)_T$ 的平均 $(e/D)_{T_AVE}$ 之關係，係滿足

$$[(e/D)_{E1} / (e/D)_{AVE}] < [(e/D)_{T_E1} / (e/D)_{T_AVE}]。$$

【第 7 項】

一種渦輪葉片，其特徵為，具備：

葉片體，其是具有作為葉片高度方向上之兩端部的第一端部、和第二端部；及

冷卻通路，其是在前述葉片體之內部沿著前述葉片高度方向延伸；以及

複數個紊流器，其是設置於前述冷卻通路之內壁面，且沿著前述冷卻通路所排列；

前述第二端部中的前述葉片體之腹背方向上的前述冷卻通路之通路寬度，係比前述第一端部中的前述冷卻通路之前述通路寬度更大；

前述複數個紊流器之高度，係在前述葉片高度方向上

隨著從前述第一端部側朝向前述第二端部側而變高；

前述冷卻通路，為已形成於前述葉片體之內部之構成蛇形流路的複數個通道當中之最位於後緣側的最終通道以外之通道；

並具備：複數個最終通道紊流器，其是設置於前述最終通道之背側及腹側的內壁面，且沿著前述葉片高度方向所排列；

前述最終通道之以前述第二端部作為基準之葉片高度方向上的前述最終通道紊流器之高度，為位於冷卻流體之流動方向之上游側的另一通道之葉片高度方向之相同位置中的紊流器之高度以下。

【第8項】

一種渦輪葉片，其特徵為，具備：

葉片體，其是具有作為葉片高度方向上之兩端部的第一端部、和第二端部；及

冷卻通路，其是在前述葉片體之內部沿著前述葉片高度方向延伸；以及

複數個紊流器，其是設置於前述冷卻通路之內壁面，且沿著前述冷卻通路所排列；

前述第二端部中的前述葉片體之腹背方向上的前述冷卻通路之通路寬度，係比前述第一端部中的前述冷卻通路之前述通路寬度更大；

前述複數個紊流器之高度，係在前述葉片高度方向上隨著從前述第一端部側朝向前述第二端部側而變高；

前述冷卻通路，為已形成於前述葉片體之內部之構成蛇形流路的複數個通道當中之最位於後緣側的最終通道以外之通道；

並具備：複數個最終通道紊流器，其是設置於前述最終通道之背側及腹側的內壁面，且沿著前述葉片高度方向所排列；

前述最終通道的前述最終通道紊流器之高度，為相對於前述複數個通道當中之前述最終通道而鄰接位於冷卻流體之流動方向之上游側並且與前述最終通道相互地連通之上游側冷卻通路的前述紊流器之高度以下。

【第9項】

一種渦輪葉片，其特徵為，具備：

葉片體，其是具有作為葉片高度方向上之兩端部的第一端部、和第二端部；及

冷卻通路，其是在前述葉片體之內部沿著前述葉片高度方向延伸；以及

複數個紊流器，其是設置於前述冷卻通路之內壁面，且沿著前述冷卻通路所排列；

前述第二端部中的前述葉片體之腹背方向上的前述冷卻通路之通路寬度，係比前述第一端部中的前述冷卻通路之前述通路寬度更大；

前述複數個紊流器之高度，係在前述葉片高度方向上隨著從前述第一端部側朝向前述第二端部側而變高；

更具備：

前緣側通路，其是比前述冷卻通路更在前述葉片體之前緣側地設置於前述葉片體之內部，且沿著前述葉片高度方向延伸；以及

複數個前緣側紊流器，其是設置於前述前緣側通路之內壁面，且沿著前述葉片高度方向所排列；

在將前述紊流器或前述前緣側紊流器之高度設為 e ，且將該紊流器或前緣側紊流器之前述葉片高度方向之位置中的前述冷卻通路或前述前緣側通路之前述腹背方向上的通路寬度設為 D 時，

前述複數個紊流器當中，在前述葉片高度方向上最位於前述第二端部側的紊流器中之前述高度與前述通路寬度之比 $(e/D)_{E2}$ 、和前述複數個紊流器中之前述高度與前述通路寬度之比 (e/D) 的平均 $(e/D)_{AVE}$ 、和前述複數個前緣側紊流器當中，在前述葉片高度方向上最位於前述第二端部側的前緣側紊流器中之前述高度與前述通路寬度之比 $(e/D)_{L_E2}$ 、以及前述複數個前緣側紊流器中之前述高度與前述通路寬度之比 $(e/D)_L$ 的平均 $(e/D)_{L_AVE}$ 之關係，係滿足

$$[(e/D)_{E2} / (e/D)_{AVE}] > [(e/D)_{L_E2} / (e/D)_{L_AVE}]。$$

【第10項】

如申請專利範圍第1或2項之渦輪葉片，其中，前述冷卻通路之流路截面積，係在前述葉片高度方向上隨著從前述第一端部朝向前述第二端部而增大。

【第11項】

如申請專利範圍第1或2項之渦輪葉片，其中，前述複

數個紊流器相對於前述冷卻通路中的冷卻流體之流動方向的傾斜角 θ 、與前述複數個紊流器中之前述傾斜角的平均 θ_{AVE} 之關係，係滿足 $0.5 \leq \theta/\theta_{AVE} \leq 2.0$ 。

【第12項】

如申請專利範圍第1或2項之渦輪葉片，其中，前述渦輪葉片為轉動葉片；

前述第一端部，係位於前述第二端部之徑向外側。

【第13項】

如申請專利範圍第1或2項之渦輪葉片，其中，前述渦輪葉片為固定葉片；

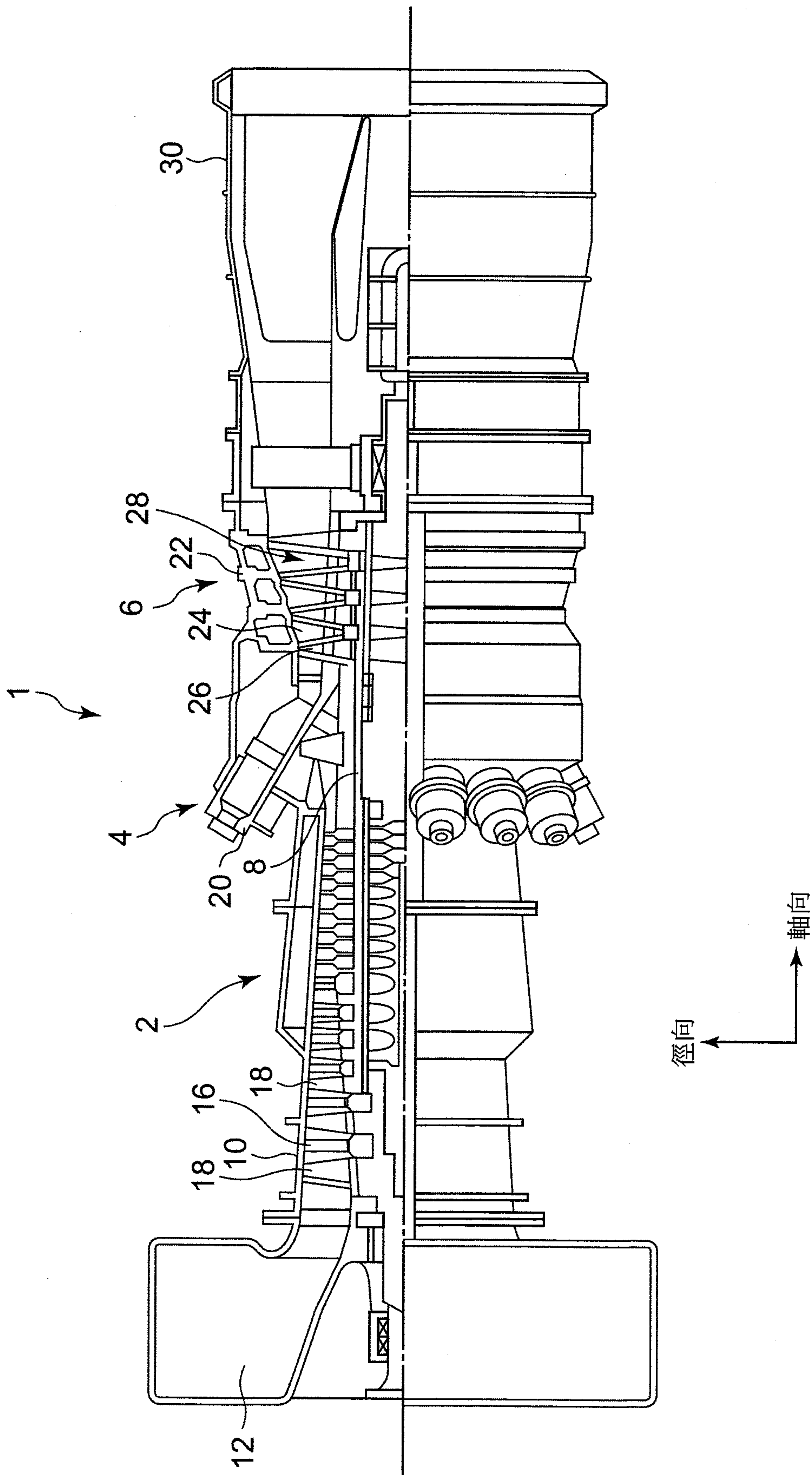
前述第一端部，係位於前述第二端部之徑向內側。

【第14項】

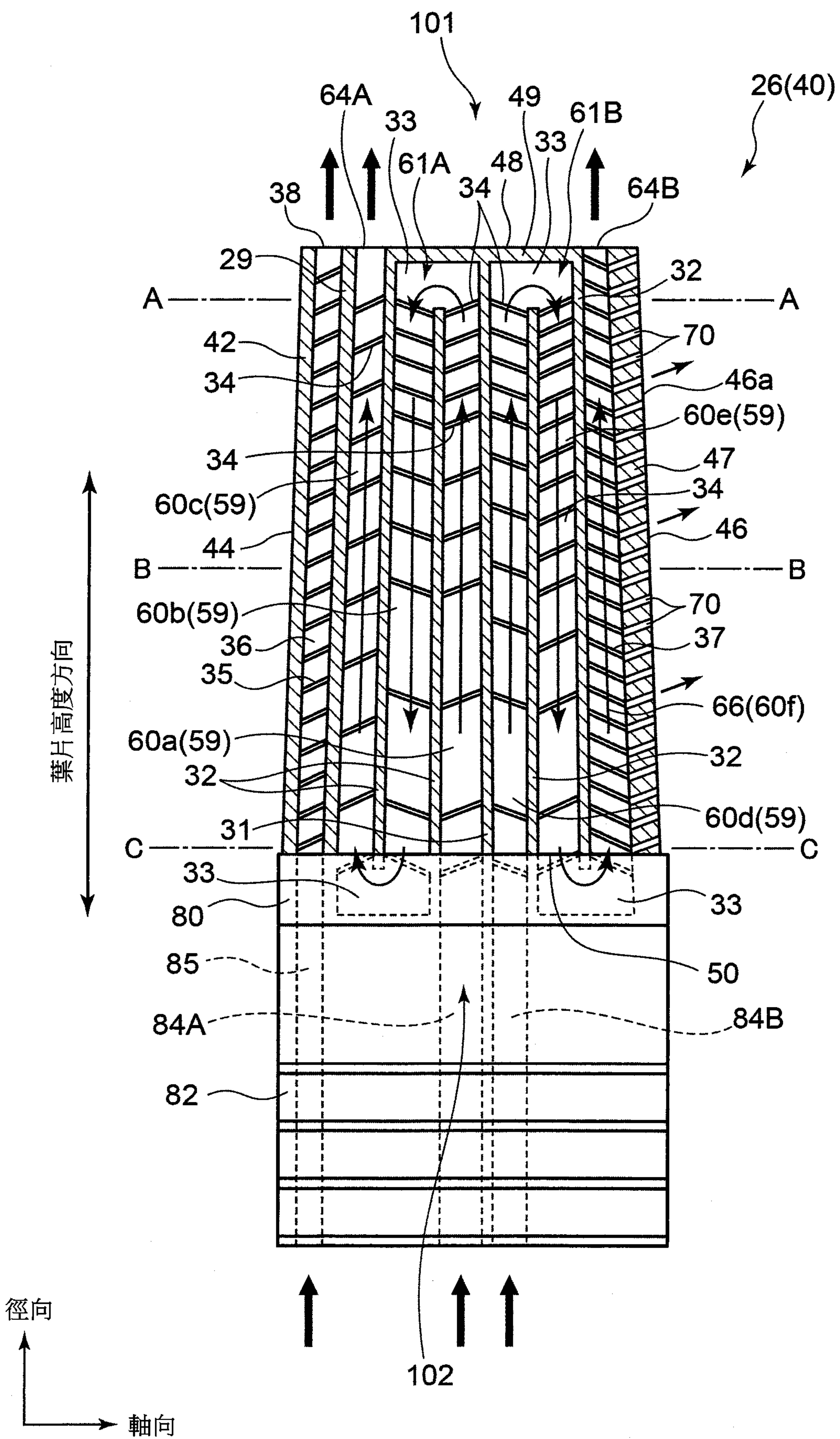
一種燃氣渦輪機，其特徵為，具備：

申請專利範圍第1至13項中之任一項所述的渦輪葉片；以及

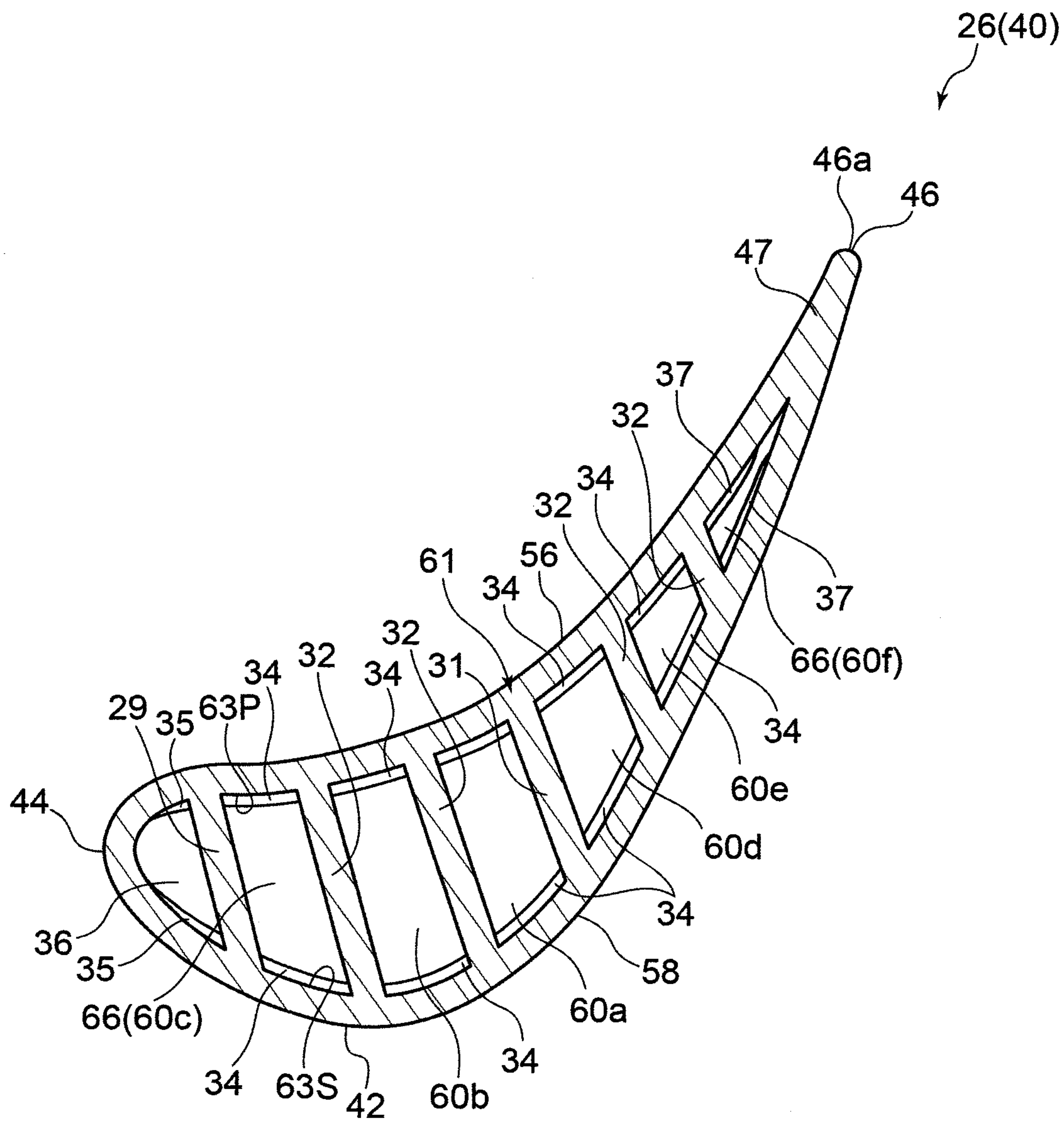
燃燒器，其是用以生成流動於可供前述渦輪葉片設置之燃燒氣體流路的燃燒氣體。



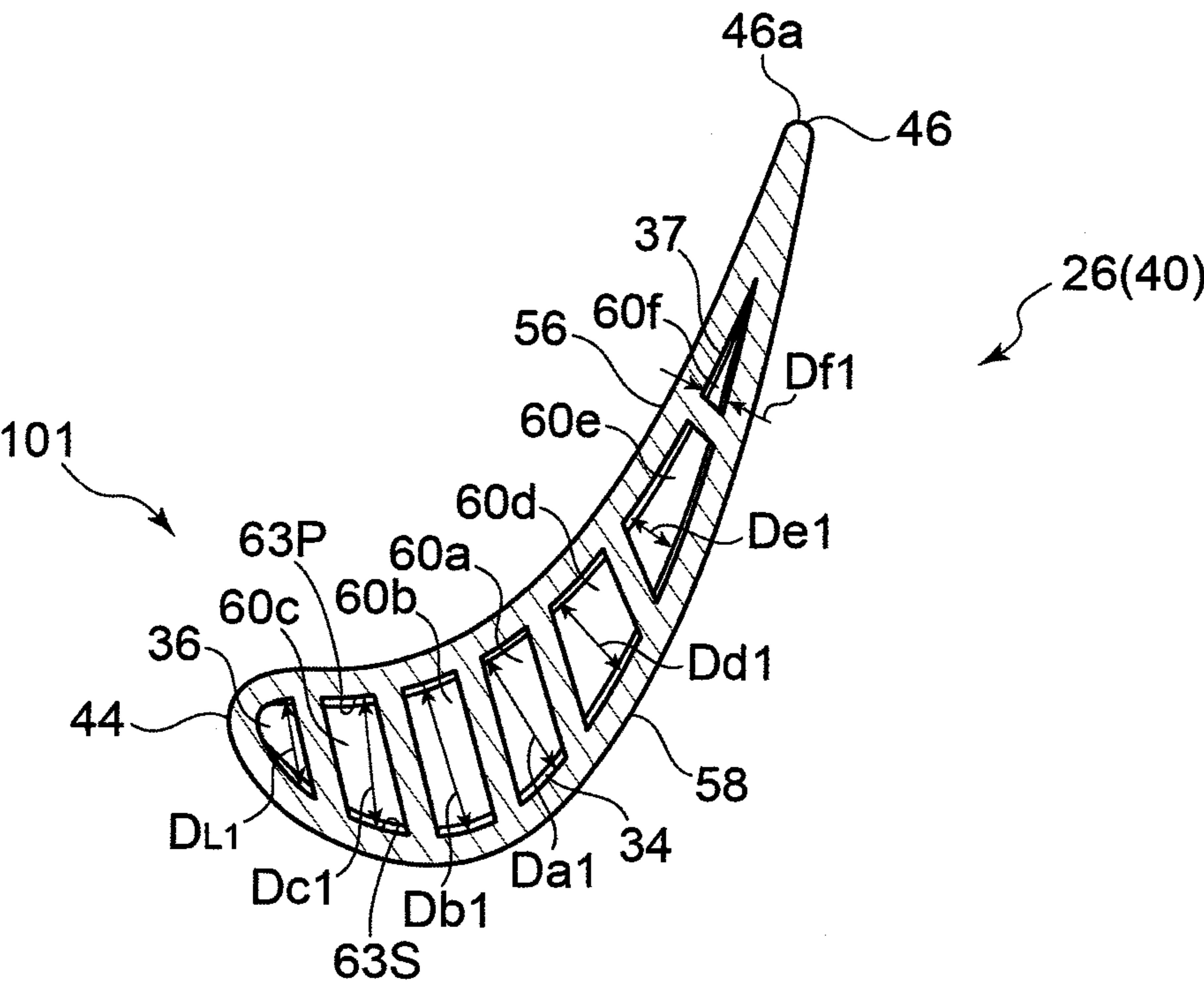
【圖 1】



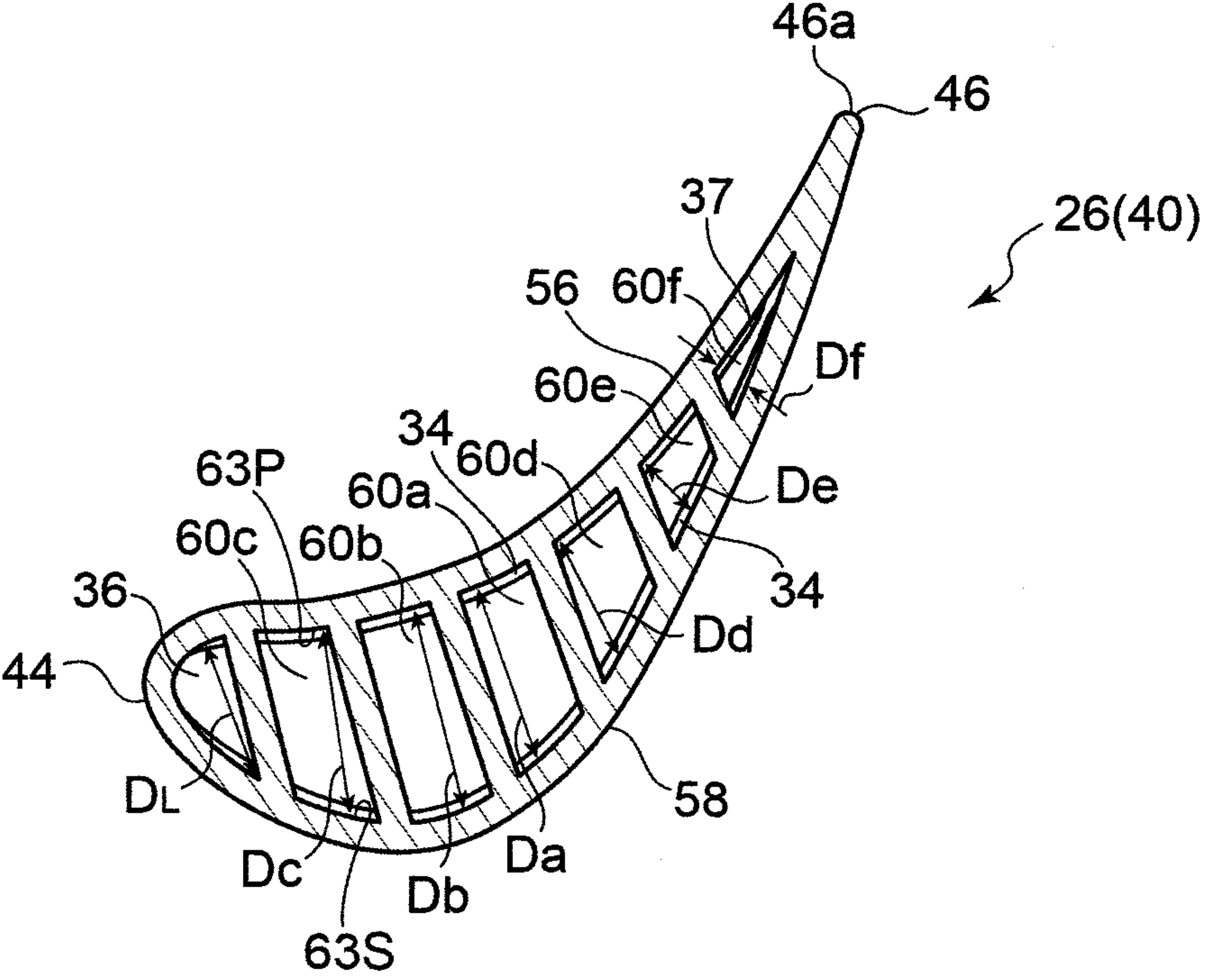
【圖 2】



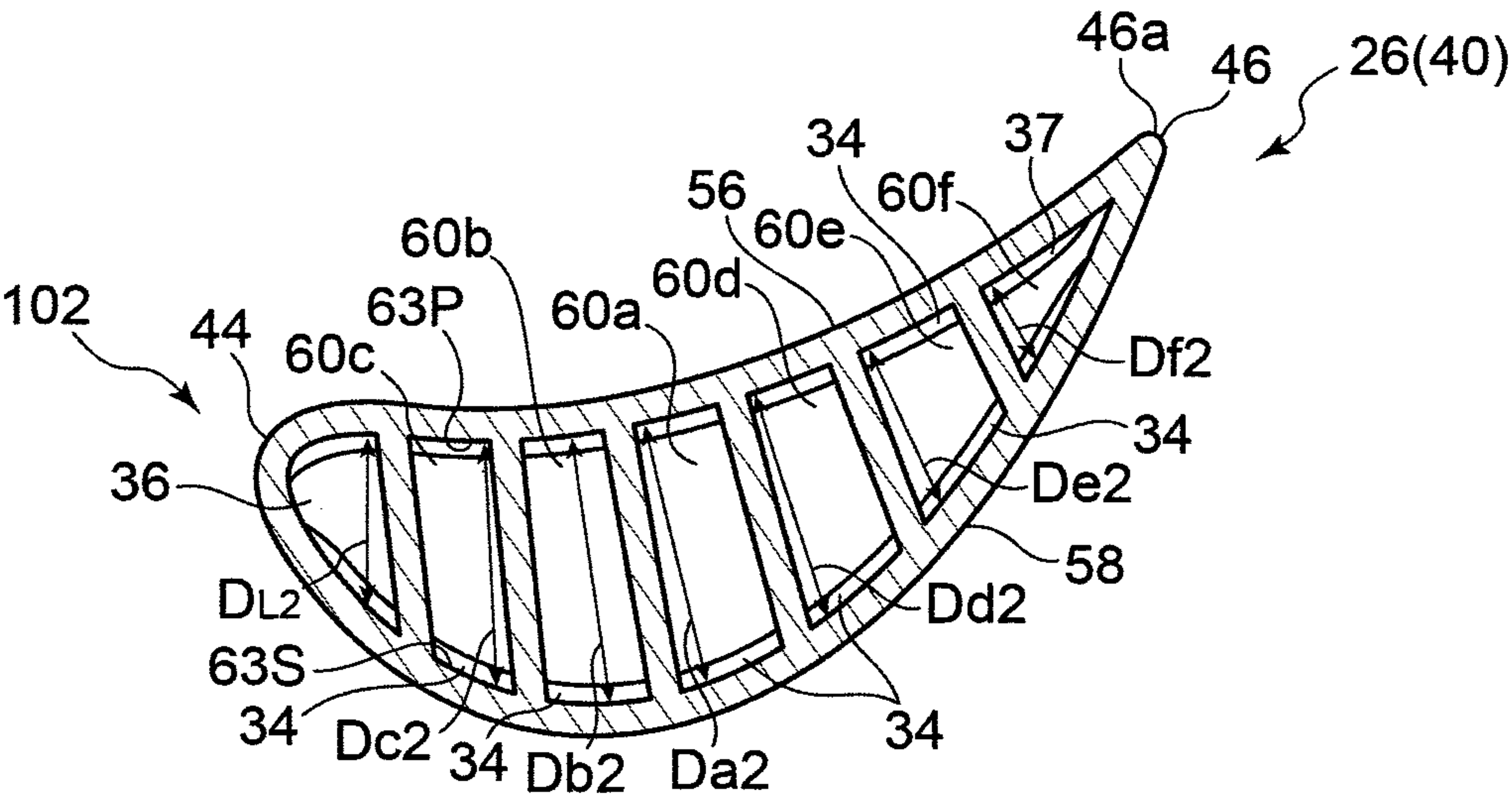
【圖 3】



【圖 4A】

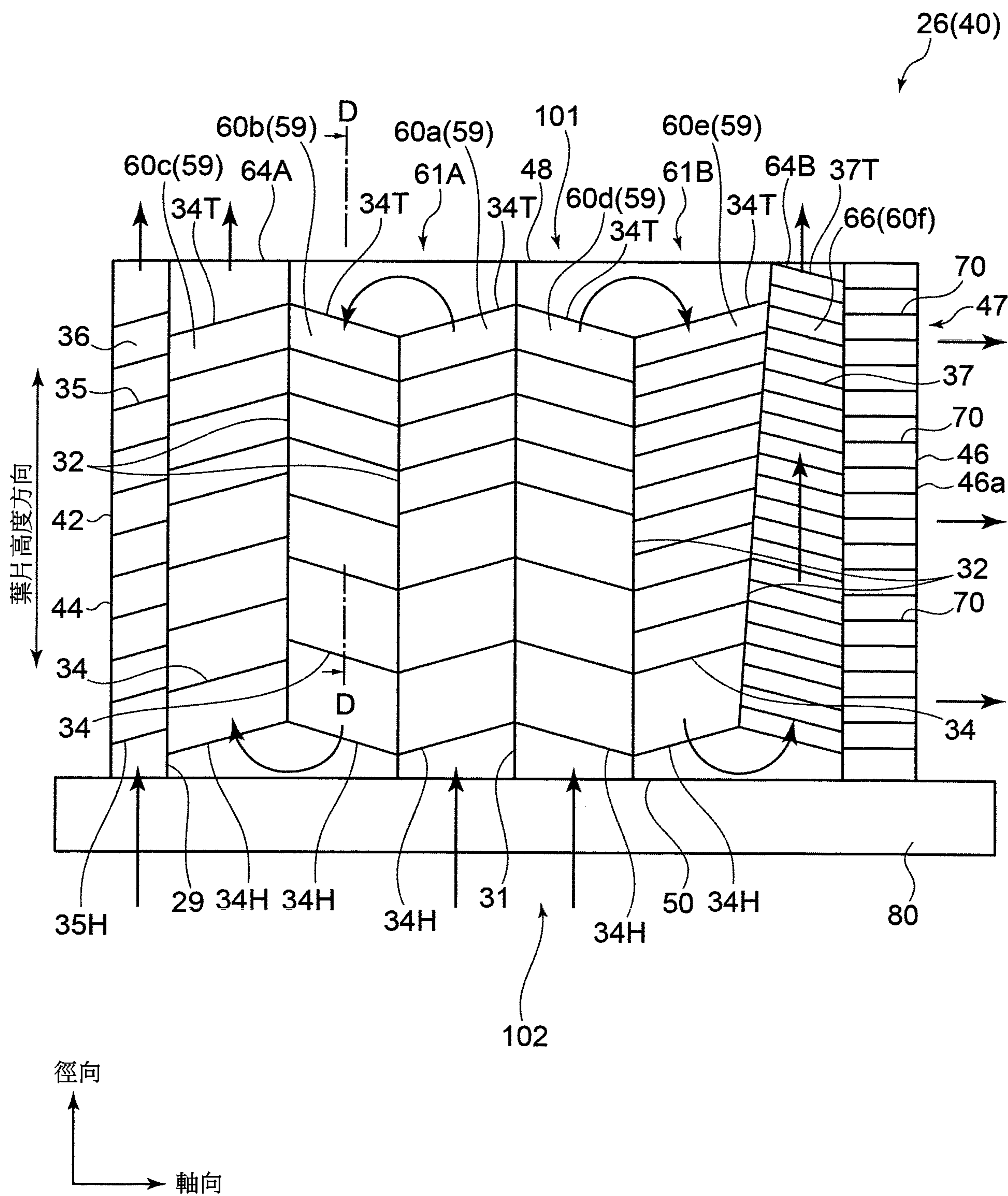


【圖 4B】

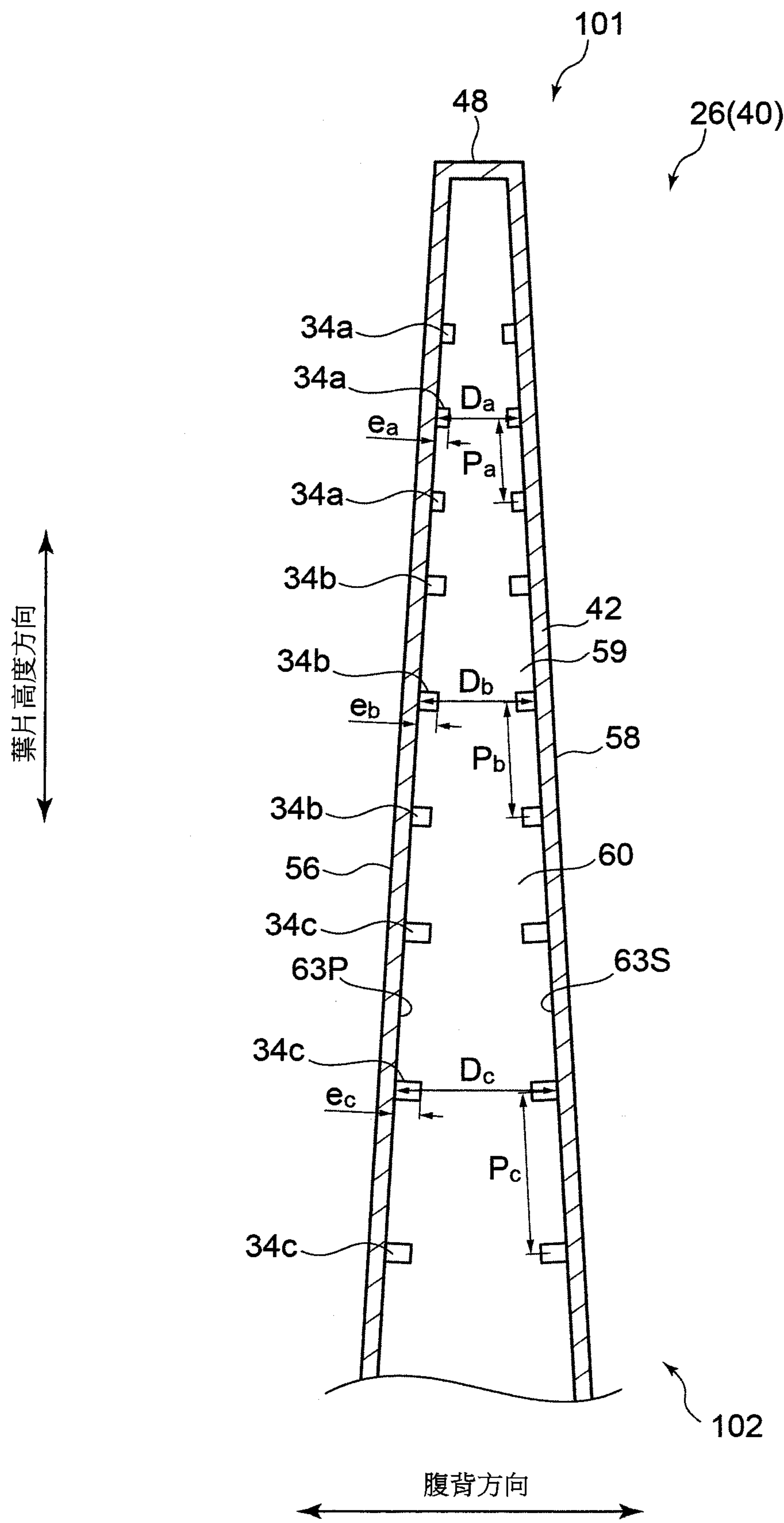


【圖 4C】

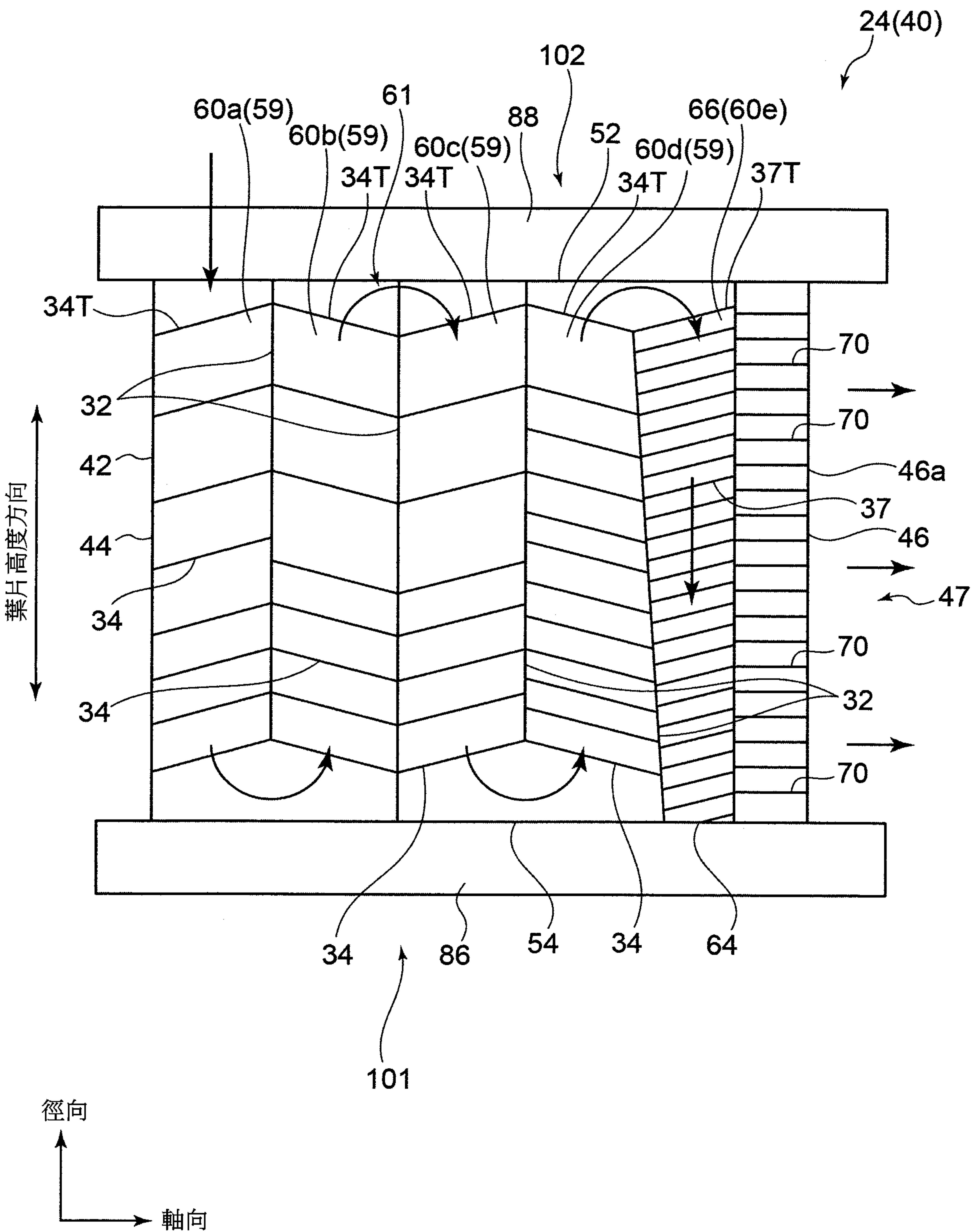




【圖 7】



【圖 8】



【圖 9】