



(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 I541473 B

(45)公告日：中華民國 105 (2016) 年 07 月 11 日

(21)申請案號：103145801

(22)申請日：中華民國 103 (2014) 年 12 月 26 日

(51)Int. Cl. : **F22B37/12 (2006.01)**

(30)優先權：2013/12/27	日本	2013-272804
2014/04/11	日本	2014-082139
2014/11/07	日本	2014-227415

(71)申請人：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：中拂博之 NAKAHARAI, HIROYUKI (JP)；金卷裕一 KANEMAKI, YUICHI (JP)；堂本和宏 DOMOTO, KAZUHIRO (JP)；山崎義倫 YAMASAKI, YOSHINORI (JP)

(74)代理人：林志剛

(56)參考文獻：

CN 1764498A	CN 101784484B
CN 101795772B	

審查人員：廖亦翹

申請專利範圍項數：18 項 圖式數：15 共 59 頁

(54)名稱

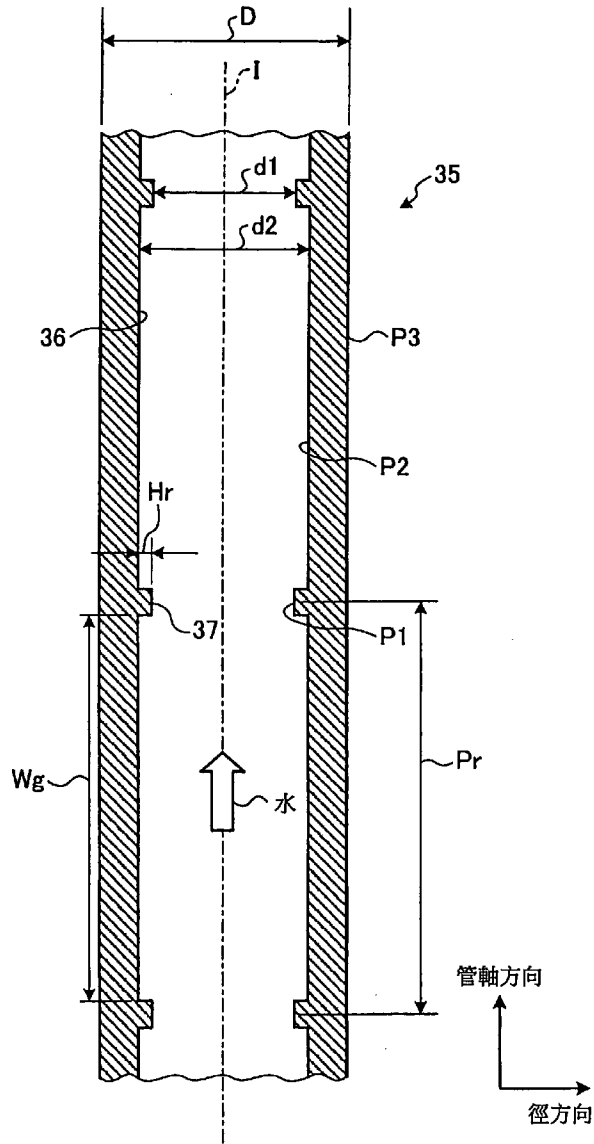
傳熱管、鍋爐以及蒸氣渦輪設備

(57)摘要

火爐壁管(35)係設置在鍋爐，內部形成超臨界壓力且在內部流通熱媒，具備：形成在內周面且朝向管軸方向的螺旋形狀之溝槽部(36)、及藉由螺旋形狀的前述溝槽部(36)而形成為朝徑方向的內側突出的肋部(37)，在沿著前述管軸方向切開的剖面，設前述管軸方向的前述溝槽部(36)的寬度〔mm〕為 W_g ，前述徑方向的前述肋部(37)的高度〔mm〕為 H_r ，管外徑〔mm〕為 D ，則前述溝槽部(36)的寬度 W_g 〔mm〕、前述肋部(37)的高度 H_r 〔mm〕及前述管外徑 D 〔mm〕滿足 $W_g/(H_r \cdot D) > 0.40$ 。

指定代表圖：

第 2 圖



符號簡單說明：

35 . . . 火爐壁管

36 . . . 溝槽部

37 . . . 肋部

D . . . 管外徑

d1 . . . 小內徑

d2 . . . 大內徑

Hr . . . 肋高度

I . . . 中心線

P1、P2 . . . 內周面

P3 . . . 外周面

Pr . . . 間隔

Wg . . . 溝槽寬度

發明摘要

※申請案號：103145801

※申請日：103年12月26日

※IPC分類：F22B37/12 (2006.01)

【發明名稱】(中文/英文)

傳熱管、鍋爐以及蒸氣渦輪設備

【中文】

● 火爐壁管(35)係設置在鍋爐，內部形成超臨界壓力且在內部流通熱媒，具備：形成在內周面且朝向管軸方向的螺旋形狀之溝槽部(36)、及藉由螺旋形狀的前述溝槽部(36)而形成為朝徑方向的內側突出的肋部(37)，在沿著前述管軸方向切開的剖面，設前述管軸方向的前述溝槽部(36)的寬度〔mm〕為 W_g ，前述徑方向的前述肋部(37)的高度〔mm〕為 H_r ，管外徑〔mm〕為 D ，則前述溝槽部(36)的寬度 W_g 〔mm〕、前述肋部(37)的高度 H_r 〔mm〕及前述管外徑 D 〔mm〕滿足 $W_g / (H_r \cdot D) > 0.40$ 。

【英文】

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第(2)圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

35：火爐壁管

36：溝槽部

37：肋部

D：管外徑

d1：小內徑

d2：大內徑

Hr：肋高度

I：中心線

P1、P2：內周面

P3：外周面

Pr：間隔

Wg：溝槽寬度

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：
無

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】(中文/英文)

傳熱管、鍋爐以及蒸氣渦輪設備

【技術領域】

[0001] 本發明係關於內部流通水等熱媒之傳熱管、鍋爐及蒸氣渦輪設備。

【先前技術】

[0002] 以往，已知有內面具有鰭片之管，該內面具有鰭片之管係作為水等熱媒流通的傳熱管，而在內面上具備形成有多螺紋之鰭片（例如，參考專利文獻 1）。該內面具有鰭片之管其內部形成為亞臨界壓力。流通在形成為亞臨界壓力的內面具有鰭片之管的內部之水，由於傳熱管被加熱，有時會有膜沸騰之情形。若產生膜沸騰，則形成在管的內面之蒸氣膜會造成熱傳遞降低，而使之溫度上昇。因此，內面具有鰭片之管為了抑制膜沸騰造成的管之溫度上昇，而將鰭片的形狀形成為既定的形狀。具體而言，內面具有鰭片之管係使鰭片的導角最大為平均管內徑的平方根之 0.9 倍，使鰭片的半徑方向高度最小為平均管內徑之 0.04 倍。

[0003] 又，作為使用於超臨界壓力變壓運轉方式的貫流式蒸氣產生裝置之傳熱管，已知有水冷管壁群的水冷

壁管（來福管）（例如，參考專利文獻 2）。該來福管係在內面設置有螺旋狀突起。貫流式蒸氣產生裝置係於部分負載運轉中進行亞臨界壓力運轉，藉由在來福管的內面設置螺旋狀突起，在亞臨界壓力運轉時，將來福管的管壁溫度維持在容許溫度以下。

[先行技術文獻]

[專利文獻]

[0004]

[專利文獻 1] 日本特開平 5-118507 號公報

[專利文獻 2] 日本特開平 6-137501 號公報

【發明內容】

[發明所欲解決之課題]

[0005] 如此地，專利文獻 1 記載的內面具有鰭片之管等傳熱管在其內部為亞臨界壓力的狀態時，為了抑制膜沸騰造成的管之溫度上昇，將鰭的形狀形成為既定的形狀。同樣地，專利文獻 2 記載的來福管在亞臨界壓力運轉時，為了將來福管的管壁溫度維持在容許溫度以下，而在內面設置螺旋狀突起。

[0006] 另一方面，傳熱管有時是在其內部為超臨界壓力的狀態，讓作為熱媒的水流通。於超臨界壓力下流通的水，即使加熱亦不沸騰（不會變成氣液二相狀態），是在單相的狀態下流通於傳熱管的內部。此處，在形成為超

臨界壓力的傳熱管的內部流通之水，於傳熱管加熱時，若有時是低質量速度(流速低)、有時被賦予高熱流束，則會產生熱傳遞率降低之傳熱劣化現象。若產生傳熱劣化現象，因為從傳熱管到水的熱傳遞降低，傳熱管的溫度變得容易上昇。

[0007] 又，內部形成超臨界壓力的傳熱管於熱傳遞率低之情形，由於從傳熱管到水的熱傳遞降低，因此傳熱管的溫度變得容易上昇。此處，專利文獻 1 中，傳熱管的內部形成亞臨界壓力的狀態時，亦即，以傳熱管的內部形成氣液二相狀態為條件而形成鰭片的形狀。因此，由於不是以傳熱管的內部形成單相狀態作為條件而形成鰭片的形狀，即使應用專利文獻 1 的發明，仍難以抑制傳熱管的溫度上昇。

[0008] 因此，本發明能抑制超臨界壓力時產生傳熱劣化現象，且能抑制管溫度上昇。

[0009] 又，本發明之課題在於提供傳熱管、鍋爐及蒸氣渦輪設備，該傳熱管係抑制超臨界壓力時產生傳熱劣化現象，並且提昇熱傳遞率，藉此能抑制管溫度上昇。

[解決課題之技術手段及對照先前技術之功效]

[0010] 本發明的傳熱管係設置在鍋爐，內部形成超臨界壓力且內部流通熱媒，其特徵在於，具備：形成在內周面且朝向管軸方向的螺旋形狀之溝槽部；及藉由螺旋形狀的前述溝槽部而形成為朝徑方向的內側突出的肋部；在

沿著前述管軸方向切開的剖面，設前述管軸方向的前述溝槽部的寬度〔mm〕為 W_g ，前述徑方向的前述肋部的高度〔mm〕為 H_r ，管外徑〔mm〕為 D ，前述溝槽部的寬度 W_g 〔mm〕、前述肋部的高度 H_r 〔mm〕及前述管外徑 D 〔mm〕滿足「 $W_g / (H_r \cdot D) > 0.40$ 」。

[0011] 根據該構造，在內部形成超臨界壓力時滿足 $W_g / (H_r \cdot D) > 0.40$ ，能抑制產生傳熱劣化現象。因此，在超臨界壓力時，由於能抑制產生傳熱劣化現象，而能抑制管溫度上昇。

[0012] 又，較佳為以額定輸出使鍋爐運轉時，流通在構成火爐壁的傳熱管的內部之前述熱媒的平均質量速度為 $1000 \sim 2000 \text{ kg/m}^2 \text{ s}$ 。

[0013] 根據該構造，在傳熱管的內部流通的水等熱媒，即使有時為低質量速度、有時為賦予高熱流束之情形，仍能抑制產生傳熱劣化現象。

[0014] 又，較佳為設前述管軸方向的前述肋部的間隔〔mm〕為 P_r ，沿與前述管軸方向垂直地切開的剖面內的前述肋部的數量為 N_r ，沿與前述管軸方向垂直地切開的剖面的濕周邊長度〔mm〕為 L ，前述肋部的高度 H_r 〔mm〕、前述肋部的間隔 P_r 〔mm〕、前述肋部的數量 N_r 及濕周邊長度 L 〔mm〕滿足「 $(P_r \cdot N_r) / H_r > 1.25L + 55$ 」。

[0015] 根據該構造，在內部形成超臨界壓力時滿足 $(P_r \cdot N_r) / H_r > 1.25L + 55$ ，能抑制產生傳熱劣化現象。

因此，在超臨界壓力時，由於能抑制產生傳熱劣化現象，而能抑制管溫度上昇。

[0016] 又，較佳為以額定輸出使鍋爐運轉時，流通在構成火爐壁的傳熱管的內部之前述熱媒的平均質量速度為為 $1500\text{kg}/\text{m}^2\text{s}$ 以下。

[0017] 根據該構造，即使降低在傳熱管的內部流通的熱媒之質量速度，仍能抑制產生傳熱劣化現象。

[0018] 又，較佳為前述管外徑 D [mm] 為「 $25\text{mm} \leq D \leq 40\text{mm}$ 」。

[0019] 根據該構造，若管外徑為 25mm 至 40mm 則效果更加顯著。

[0020] 本發明之另一傳熱管係設置在鍋爐，內部形成超臨界壓力且內部流通熱媒，其特徵在於，具備：形成在內周面且朝向管軸方向的螺旋形狀之溝槽部；及藉由螺旋形狀的前述溝槽部而形成為朝徑方向的內側突出的肋部；設前述徑方向的前述肋部的高度 [mm] 為 H_r ，前述管軸方向的前述肋部的間隔 [mm] 為 P_r ，沿與前述管軸方向垂直地切開的剖面內的前述肋部的數量為 N_r ，沿與前述管軸方向垂直地切開的剖面的濕周邊長度 [mm] 為 L ，前述肋部的高度 H_r [mm]、前述肋部的間隔 P_r [mm]、前述肋部的數量 N_r 及濕周邊長度 L [mm] 滿足「 $(P_r \cdot N_r) / H_r > 1.25L + 55$ 」。

[0021] 根據該構造，在內部形成超臨界壓力時滿足 $(P_r \cdot N_r) / H_r > 1.25L + 55$ ，能抑制產生傳熱劣化現象。

因此，在超臨界壓力時，由於能抑制產生傳熱劣化現象，而能抑制管溫度上昇。

[0022] 又，較佳為以額定輸出使鍋爐運轉時，流通在構成火爐壁的傳熱管的內部之前述熱媒的平均質量速度為 $1500\text{kg/m}^2\text{s}$ 以下。

[0023] 根據該構造，即使降低在傳熱管的內部流通之熱媒的質量速度，仍能抑制產生熱劣化現象。

[0024] 又，較佳為在沿著前述管軸方向切開的剖面，設前述管軸方向的前述溝槽部的寬度〔mm〕為 W_g ，管外徑〔mm〕為 D ，前述溝槽部的寬度 W_g 〔mm〕、前述肋部的高度 H_r 〔mm〕及前述管外徑 D 〔mm〕滿足「 $W_g / (H_r \cdot D) > 0.40$ 」。

[0025] 根據該構造，以內部形成超臨界壓力時滿足 $W_g / (H_r \cdot D) > 0.40$ ，能抑制產生傳熱劣化現象。因此，在超臨界壓力時，由於能抑制產生傳熱劣化現象，而能抑制管溫度上昇。

[0026] 又，較佳為以額定輸出使鍋爐運轉時，流通在構成火爐壁的傳熱管的內部之前述熱媒的平均質量速度為 $1000 \sim 2000\text{kg/m}^2\text{s}$ 。

[0027] 根據該構造，在傳熱管的內部流通的水等熱媒，即使有時是低質量速度、有時是被賦予高熱流束之情形，仍能抑制產生傳熱劣化現象。

[0028] 又，較佳為前述管外徑 D 〔mm〕為「 $25\text{mm} \leq D \leq 40\text{mm}$ 」。

[0029] 根據該構造，若管外徑為 25mm 至 40mm 則效果更加顯著。

[0030] 本發明之另一傳熱管係設置在鍋爐，內部形成超臨界壓力且內部流通熱媒，其特徵在於，具備：形成在內周面且朝向管軸方向的螺旋形狀之溝槽部；及藉由螺旋形狀的前述溝槽部而形成為朝徑方向的內側突出的肋部；設前述徑方向的前述肋部的高度〔mm〕為 H_r ，前述管軸方向的前述肋部的間隔〔mm〕為 P_r ，前述內周面的周方向之前述肋部的寬度〔mm〕為 W_r ，沿與前述管軸方向垂直地切開的剖面內的前述肋部的數量為 N_r ，沿與前述管軸方向垂直地切開的剖面的濕周邊長度〔mm〕為 L ，沿著前述管軸方向切開的剖面之前述管軸方向的前述溝槽部的寬度〔mm〕為 W_g ，管外徑〔mm〕為 D ，前述溝槽部的寬度 W_g 〔mm〕、前述肋部的高度 H_r 〔mm〕及前述管外徑 D 〔mm〕滿足「 $W_g / (H_r \cdot D) > 0.40$ 」，並且，前述肋部的高度 H_r 〔mm〕、前述肋部的間隔 P_r 〔mm〕、前述肋部的寬度 W_r 〔mm〕、前述肋部的數量 N_r 及濕周邊長度 L 〔mm〕滿足「 $(P_r \cdot N_r) / (H_r \cdot W_r) > 0.40L + 9.0$ 」。

[0031] 根據該構造，內部形成超臨界壓力時，能抑制產生傳熱劣化現象並且使熱傳遞率提昇。因此，由於在超臨界壓力時，抑制產生傳熱劣化現象並且使熱傳遞率提昇，因此能抑制管溫度上昇。

[0032] 又，較佳為以額定輸出使鍋爐運轉時，流通

在構成火爐壁的傳熱管的內部之前述熱媒的平均質量速度為 $1000 \sim 2000 \text{kg/m}^2\text{s}$ 。

[0033] 根據該構造，流通在傳熱管的內部之水等熱媒，即使有時是低質量速度、有時是被賦予高熱流束之情形，仍能抑制產生傳熱劣化現象並且使熱傳遞率提昇。

[0034] 又，較佳為以額定輸出使鍋爐運轉時，流通在構成火爐壁的傳熱管的內部之前述熱媒的平均質量速度為 $1500 \text{kg/m}^2\text{s}$ 以下。

[0035] 根據該構造，即使降低在傳熱管的內部流通之熱媒的質量速度，仍能抑制產生傳熱劣化現象並且使熱傳遞率提昇。

[0036] 又，較佳為前述管外徑 D [mm] 為「 $25 \text{mm} \leq D \leq 35 \text{mm}$ 」。

[0037] 根據該構造，若管外徑為 25mm 至 35mm ，則能將熱媒的質量流速設為至少上述任一範圍，而能將熱媒的質量流速設為適當的質量流速。此處，將傳熱管應用於鍋爐之情形，在內部流通的熱媒之質量流速成為事先決定的質量流速。於該情形，對於經決定的質量流速，管外徑縮小則質量流速變大，另一方面，管外徑變大則質量流速變小。因此，為了作為適合滿足上述通式的傳熱管之形狀的質量流速，以將管外徑設為 25mm 至 35mm 之範圍，即能成為經決定的質量流速，且能使熱傳遞率之性能成為最適當者。

[0038] 又，設前述肋部的高度 H_r [mm]、前述肋部

的間隔 P_r [mm]、前述肋部的寬度 W_r [mm]、前述肋部的數量 N_r 及濕周邊長度 L [mm] 滿足「 $(P_r \cdot N_r) / (H_r \cdot W_r) < 0.40L + 80$ 」。

[0039] 根據該構造，在「 $(P_r \cdot N_r) / (H_r \cdot W_r) > 0.40L + 9.0$ 」之通式中，若左邊的通式變得極端大時，顯示肋部的間隔 P_r 變大，肋部的數量 N_r 變多，肋部的高度 H_r 變成零，肋部的周方向的寬度 W_r 變成零，不易維持傳熱管的形狀。因此，以滿足「 $(P_r \cdot N_r) / (H_r \cdot W_r) < 0.40L + 80$ 」之通式，才能容易地將傳熱管維持在適當之形狀。

[0040] 本發明之鍋爐，其特徵在於具備上述傳熱管，該傳熱管係於以額定輸出運轉時，用於作為構成以超臨界壓力運轉的前述鍋爐的火爐壁的火爐壁管。

[0041] 根據該構造，可將上述傳熱管應用於作為構成鍋爐的火爐壁的火爐壁管。此外，這種火爐壁管又稱為來福管。

[0042] 本發明之另一鍋爐，其特徵在於以藉由火焰的輻射或高溫氣體將上述傳熱管加熱，而將流通在前述傳熱管的內部的前述熱媒加熱。

[0043] 根據該構造，在超臨界壓力時，能抑制產生傳熱管的傳熱劣化現象，或抑制產生傳熱管的傳熱劣化現象並且使熱傳遞率提昇。因此，能良好地維持從傳熱管對熱媒亦即水的熱傳遞，而能穩定地從水生成蒸氣。此外，作為高溫氣體，例如，藉由使燃料燃燒而產生的燃燒氣體

亦可，從氣體渦輪等設備排出的排氣體亦可。亦即，作為使用內部形成為超臨界壓力的傳熱管之鍋爐，例如，亦可適用藉由火焰的輻射或燃燒氣體將傳熱管加熱之超臨界壓力變壓運轉鍋爐，或超臨界壓力定壓運轉鍋爐等。於該情形，傳熱管係於徑方向排列複數個，構成作為設置在鍋爐的火爐的火爐壁。又，作為使用內部形成為超臨界壓力的傳熱管以外的鍋爐，例如，亦可適用藉由排氣將傳熱管加熱的排熱回收鍋爐等。於該情形，傳熱管構成作為在徑方向排列有複數個的傳熱管群，被收容在排氣流通的容器之內部。如此地，傳熱管只要是內部形成為超臨界壓力的鍋爐，則可適用於任何鍋爐。

[0044] 本發明之蒸氣渦輪設備，其特徵在於，具備：上述鍋爐；及蒸氣渦輪，藉由蒸氣進行動作，該蒸氣係將作為流通於設置在前述鍋爐的前述傳熱管的內部之前述熱媒，即水加熱而生成的。

[0045] 根據該構造，在超臨界壓力時，能抑制產生傳熱管的傳熱劣化現象，或抑制產生傳熱管的傳熱劣化現象並且使熱傳遞率提昇。因此，能良好地維持從傳熱管對水的熱傳遞，而能穩定地生成蒸氣。因此，由於能穩定地向蒸氣渦輪供應蒸氣，因此亦能使蒸氣渦輪的動作穩定。

【圖式簡單說明】

[0046]

第 1 圖係顯示與實施例 1 相關的火力發電設備之概略

構造圖。

第 2 圖係沿著火爐壁管的管軸方向切開時的火爐壁管之剖視圖。

第 3 圖係在與火爐壁管的管軸方向正交之面切開時的火爐壁管之剖視圖。

第 4 圖係與焓對應而變化的火爐壁之管壁面溫度的一例之圖表。

第 5 圖係與焓對應而變化的火爐壁之管壁面溫度的一例之圖表。

第 6 圖係顯示火爐壁管的肋部的形狀之一例，沿著管軸方向切開時的局部剖視圖。

第 7 圖係顯示火爐壁管的肋部的形狀之一例，沿著管軸方向切開時的局部剖視圖。

第 8 圖係顯示火爐壁管的肋部的形狀之一例，沿著管軸方向切開時的局部剖視圖。

第 9 圖係顯示火爐壁管的肋部的形狀之一例，在與管軸方向正交之面切開時的局部剖視圖。

第 10 圖係表示超過階差時的流動（背向階梯（back step）流）和熱傳遞率的關係之說明圖。

第 11 圖係與焓對應而變化的火爐壁之管壁面溫度的一例之圖表。

第 12 圖係與焓對應而變化的火爐壁之管壁面溫度的一例之圖表。

第 13 圖係關於實施例 2 的火爐壁管，顯示與濕周邊

長度 L 對應而變化之肋高度 H_r 、肋間隔 P_r 、肋寬度 W_r 及肋數 N_r 的關係之圖表。

第 14 圖係關於實施例 3 的火爐壁管，顯示與濕周邊長度 L 對應而變化之肋高度 H_r 、肋間隔 P_r 、肋寬度 W_r 及肋數 N_r 的關係之圖表。

第 15 圖係關於實施例 4 的火爐壁管，顯示與濕周邊長度 L 對應而變化之肋高度 H_r 、肋間隔 P_r 、肋寬度 W_r 及肋數 N_r 的關係之圖表。

【實施方式】

[0047] 以下，根據圖式詳細地說明與本發明相關的實施例。此外，本發明並不受該實施例限定。且，下述實施例中的構成要素，包含所屬技術領域具有通常知識者能容易置換者或實質上相同者。進一步，以下記載的構成要素可適當組合，且實施例有複數個時亦可組合各實施例。

[實施例 1]

[0048] 第 1 圖係顯示與實施例 1 相關的火力發電設備之概略構造圖。第 2 圖係沿著火爐壁管的管軸方向切開時的火爐壁管之剖視圖。第 3 圖係在與火爐壁管的管軸方向正交之面切開時的火爐壁管之剖視圖。

[0049] 實施例 1 的火力發電設備，係將粉碎煤炭（煙煤、次煙煤等）後的粉煤作為微粉燃料（固體燃料）使用。該火力發電設備係使粉煤燃燒，藉由由燃燒產生的

熱生成蒸氣，再藉由生成的蒸氣使蒸氣渦輪旋轉，藉此驅動連接於蒸氣渦輪的發電機使電力產生。

[0050] 如第 1 圖所示，火力發電設備 1 具備：鍋爐 10、蒸氣渦輪 11、冷凝器 12、高壓給水加熱器 13 及低壓給水加熱器 14、脫氣器 15、給水泵 16、以及發電機 17。該火力發電設備 1 係具備蒸氣渦輪 11 的蒸氣渦輪設備之一形態。

[0051] 鍋爐 10 係粉煤焚燒鍋爐，作為傳統鍋爐使用，該鍋爐 10 係藉由燃燒器 41 使粉煤燃燒，且能將藉由該燃燒產生的熱，利用作為傳熱管的功能之火爐壁管 35 予以回收。又，該鍋爐 10 係使火爐壁管 35 的內部形成超臨界壓力或亞臨界壓力之超臨界壓力變壓運轉鍋爐。鍋爐 10 具備：火爐 21、燃燒裝置 22、氣水分離器 23、過熱器 24、以及再熱器 25。

[0052] 火爐 21 具有包圍四方的火爐壁 31，藉由四方的火爐壁 31 形成為四角筒形狀。而且，四角筒形狀的火爐 21 其延伸的長度方向為鉛垂方向，對於鍋爐 10 的設置面形成垂直。火爐壁 31 係使用複數個火爐壁管 35 構成，複數個火爐壁管 35 係於徑方向並列配置而形成火爐壁 31 的壁面。

[0053] 各火爐壁管 35 係形成為圓筒形狀，其管軸方向為鉛垂方向，對於鍋爐 10 的設置面形成垂直。又，該火爐壁管 35 係於內部形成螺旋狀的溝槽，即所謂的來福管。在火爐壁管 35 的內部有作為熱媒的水流通。該火爐

壁管 35 其內壓係對應鍋爐 10 的運轉而形成超臨界壓力或亞臨界壓力。火爐壁管 35 的鉛垂方向的下方側為流入側，鉛垂方向的上方側為流出側。如此地，本實施例的鍋爐 10 的火爐 21 係火爐壁管 35 形成垂直的垂直管形火爐方式。此外，火爐壁管 35 的詳細將於後述。

[0054] 燃燒裝置 22 具有裝設在火爐壁 31 的複數個燃燒器 41。此外，第 1 圖中，只圖示 1 個燃燒器 41。複數個燃燒器 41 係使作為燃料的粉煤燃燒而在火爐 21 內形成火焰。此時，複數個燃燒器 41 使粉煤燃燒，且使形成的火焰形成渦漩流。而且，複數個燃燒器 41 係藉由使燃料燃燒而產生的高溫燃燒氣體（高溫氣體），將火爐壁管 35 加熱。複數個燃燒器 41 係例如，以沿著火爐 21 的周圍隔著既定的間隔配設有複數者作為 1 組，將 1 組燃燒器 41 沿著鉛垂方向（火爐 21 的長度方向）隔著既定的間隔配置複數段。

[0055] 過熱器（超熱器）24 設置在火爐 21 內，將從火爐 21 的火爐壁管 35 透過氣水分離器 23 供應的蒸氣予以過熱。已藉由過熱器 24 過熱的蒸氣，係透過主蒸氣配管 46 供應到蒸氣渦輪 11。

[0056] 再熱器 25 設置在火爐 21 內，將在蒸氣渦輪 11（的高壓渦輪 51）利用過的蒸氣予以加熱。從蒸氣渦輪 11（的高壓渦輪 51）透過低溫再熱蒸氣配管 47 流入到再熱器 25 的蒸氣，係藉由再熱器 25 加熱，加熱後的蒸氣係從再熱器 25 透過高溫再熱蒸氣配管 48 而再度流入到蒸

氣渦輪 11 (的中壓渦輪 52) 。

[0057] 蒸氣渦輪 11 具有：高壓渦輪 51、中壓渦輪 52、以及低壓渦輪 53，該等渦輪 51、52、53 係藉由作為旋轉軸的轉子 54 而能一體旋轉地連結著。高壓渦輪 51 係於其流入側連接著主蒸氣配管 46，於其流出側連接著低溫再熱蒸氣配管 47。高壓渦輪 51 係藉由從主蒸氣配管 46 供應的蒸氣而旋轉，且將使用後的蒸氣排出至低溫再熱蒸氣配管 47。中壓渦輪 52 係於其流入側連接著高溫再熱蒸氣配管 48，於其流出側連接著低壓渦輪 53。中壓渦輪 52 係藉由從高溫再熱蒸氣配管 48 供應的再熱後的蒸氣而旋轉，使用後的蒸氣係朝向低壓渦輪 53 排出。低壓渦輪 53 係於其流入側連接著中壓渦輪 52，於其流出側連接著冷凝器 12。低壓渦輪 53 係藉由從中壓渦輪 52 供應的蒸氣而旋轉，使用後的蒸氣朝冷凝器 12 排出。轉子 54 連接在發電機 17，高壓渦輪 51 係藉由中壓渦輪 52 及低壓渦輪 53 的旋轉，使發電機 17 旋轉驅動。

[0058] 冷凝器 12 係藉由設置在內部的冷卻線路 56，凝集從低壓渦輪 53 排出的蒸氣且恢復成水（冷凝）。凝集後的水係從冷凝器 12 朝低壓給水加熱器 14 供應。低壓給水加熱器 14 將藉由冷凝器 12 凝集後的水，於低壓之狀態加熱。加熱後的水係從低壓給水加熱器 14 朝脫氣器 15 供應。脫氣器 15 將從低壓給水加熱器 14 供應的水脫氣。脫氣後的水係從脫氣器 15 朝高壓給水加熱器 13 供應。高壓給水加熱器 13 將藉由脫氣器 15 脫氣後的水，於高壓之

狀態加熱。加熱後的水係從高壓給水加熱器 13 朝鍋爐 10 的火爐壁管 35 供應。此外，在脫氣器 15 和高壓給水加熱器 13 之間設置給水泵 16，將水從脫氣器 15 朝高壓給水加熱器 13 供應。

[0059] 發電機 17 連接在蒸氣渦輪 11 的轉子 54，藉由轉子 54 旋轉驅動而產生電力。

[0060] 此外，火力發電設備 1 不圖示，但設置有脫硝裝置、電氣集塵機、引導送風機、脫硫裝置，下游端部設置有煙囪。

[0061] 在如此地構成之火力發電設備 1，流通在鍋爐 10 的火爐壁管 35 內之水，係藉由鍋爐 10 的燃燒裝置 22 加熱。藉由燃燒裝置 22 加熱後的水，係於通過氣水分離器 23 到流入過熱器 24 之期間變成蒸氣，蒸氣依序通過過熱器 24 及主蒸氣配管 46，供應到蒸氣渦輪 11。供應到蒸氣渦輪 11 的蒸氣，依序通過高壓渦輪 51、低溫再熱蒸氣配管 47、再熱器 25、高溫再熱蒸氣配管 48、中壓渦輪 52、以及低壓渦輪 53，流入冷凝器 12。此時，蒸氣渦輪 11 係藉由流通過的蒸氣而旋轉，透過轉子 54 使發電機 17 旋轉驅動，而在發電機 17 產生電力。流入冷凝器 12 的蒸氣係藉由冷卻線路 56 凝集而恢復成水。以冷凝器 12 凝集的水，依序通過低壓給水加熱器 14、脫氣器 15、給水泵 16、以及高壓給水加熱器 13，再度供應到火爐壁管 35 內。如此地，本實施例的鍋爐 10 為貫流鍋爐。

[0062] 接著，參考第 2 圖及第 3 圖，說明關於火爐

壁管 35。如第 2 圖及第 3 圖所示，火爐壁管 35 形成為以中心線 I 為中心之圓筒形狀。如上述，火爐壁管 35 其管軸方向設置成為鉛垂方向，在內部，水係從鉛垂方向的下方側朝上方側流通。又，以夾福管構成的火爐壁管 35 係於其內周面 P1 形成有溝槽部 36，該溝槽部 36 係朝管軸方向形成螺旋形狀。又，火爐壁管 35 藉由螺旋形狀的溝槽部 36，使朝徑方向的內側突出之肋部 37 形成為朝管軸方向的螺旋形狀。此處，在火爐壁管 35 的管外徑，亦即在外周面 P3，以通過中心線 I 的直徑作為管外徑 D。此外，管外徑 D 為數十毫米等級的長度。因此，管外徑 D 的單位為 [mm]。

[0063] 在與管軸方向正交之面切開的第 3 圖所示之剖面，溝槽部 36 係於內周面 P1 的周方向隔著既定的間隔形成有複數條。實施例 1 中，在第 3 圖所示之剖面形成有 6 條溝槽部 36。因此，在第 3 圖所示之剖面，肋部 37 亦形成 6 條。此外，實施例 1 中，將形成在火爐壁管 35 的溝槽部 36 之數量設為 6 條，但溝槽部 36 形成為複數條即可，未有特別限定。

[0064] 又，由於各溝槽部 36 是沒入徑方向的外側而形成，各溝槽部 36 的底面（亦即，溝槽部 36 的徑方向外側的面）成為內周面 P2，該內周面 P2 位於比內周面 P1 更靠徑方向外側。該內周面 P2 在第 3 圖所示之剖面，形成為以中心線 I 為中心之圓形。亦即，內周面 P1 和內周面 P2 係形成在同心圓上，內周面 P1 位於徑方向內側，內

周面 P2 位於徑方向外側。此處，將火爐壁管 35 內的內周面 P1 的直徑設為小內徑 d_1 ，將火爐壁管 35 外側的內周面 P2 的直徑設為大內徑 d_2 。

[0065] 又，由於各溝槽部 36 係朝管軸方向形成為螺旋形狀，在沿著管軸方向切開的第 2 圖所示之剖面，於內周面 P1 的管軸方向隔著既定的間隔形成有複數條。

[0066] 在與管軸方向正交之面切開的第 3 圖所示之剖面，肋部 37 係於內周面 P1 的周方向隔著既定的間隔形成有複數條。實施例 1 中，由於溝槽部 36 形成有 6 條，因此，形成在溝槽部 36 之間的肋部 37 形成 6 條。此外，實施例 1 中，將形成在火爐壁管 35 的肋部 37 之數量設為 6 條，但與溝槽部 36 同樣地，肋部 37 形成為複數條即可，未有特別限定。

[0067] 又，各肋部 37 形成為從溝槽部 36 的底面（亦即內周面 P2）朝徑方向內側突出。又，由於肋部 37 係朝管軸方向形成為螺旋形狀，在沿著管軸方向切開的第 2 圖所示之剖面，沿管軸方向隔著既定的間隔在內周面 P2 形成有複數條。

[0068] 此處，如第 2 圖所示，將肋部 37 的徑方向之高度設為肋高度 H_r 。具體而言，肋高度 H_r 係從內周面 P2 到肋部 37 位於徑方向的最內側之位置的部位（亦即頂部）之高度。又，在第 3 圖所示之剖面，將肋部 37 周方向的寬設為肋寬度 W_r 。具體而言，肋寬度 W_r 係肋部 37 周方向之一方側的內周面 P2 的交界，與肋部 37 周方向之

另一方側的內周面 P2 的交界之間的寬度。

[0069] 又，在第 2 圖所示之剖面，將溝槽部 36 管軸方向的寬度設為溝槽寬度 W_g ，將與管軸方向相鄰的肋部 37 之間隔設為肋間隔 P_r 。具體而言，溝槽寬度 W_g 係溝槽部 36 管軸方向之一方側的內周面 P2 和肋部 37 之交界，與溝槽部 36 管軸方向的另一方側的內周面 P2 和肋部 37 之交界之間的寬度。又，間隔 P_r 係肋部 37 的管軸方向的中心彼此之間的距離。

[0070] 進一步，在第 3 圖所示之剖面，將火爐壁管 35 和流通於內部的水接觸之長度設為濕周邊長度 L ，將肋部 37 的數量設為肋數 N_r 。此外，在第 3 圖為了方便圖示，濕周邊長度 L 看起來記載成像是圓周，但如前述是在流路剖面與流體相接的壁面之總長度。此時，管外徑 D 為數十毫米等級之長度。因此，肋高度 H_r 為毫米等級之高度。同樣地，肋寬度 W_r 、溝槽寬度 W_g 、肋間隔 P_r 及濕周邊長度 L 亦為毫米等級之長度。因此，肋高度 H_r 、肋寬度 W_r 、溝槽寬度 W_g 、肋間隔 P_r 及濕周邊長度 L ，單位為 [mm]。

[0071] 接著，說明關於火爐壁管 35 的形狀。如上述，火爐壁管 35 係於其內部形成超臨界壓力之狀態下，讓水流通。於該情形，在藉由燃燒裝置 22 加熱的火爐壁管 35，會有產生熱傳遞率降低之傳熱劣化現象之情形。因此，火爐壁管 35 之上述小內徑 d_1 、大內徑 d_2 、管外徑 D 、溝槽寬度 W_g 、肋寬度 W_r 、間隔 P_r 、肋數 N_r 及肋高

度 H_r 、濕周邊長度 L ，係形成為如滿足下述關係式之形狀。

[0072] 在火爐壁管 35、溝槽寬度 W_g 、肋高度 H_r 及管外徑 D 滿足「 $W_g / (H_r \cdot D) > 0.40$ 」之關係式。此處，若設為「 $W_g / (H_r \cdot D) = F$ 」，則「 $F > 0.40$ 」。此時，肋高度 H_r 為「 $H_r > 0$ 」，肋部 37 為朝徑方向的內側突出之構造。又，肋高度 H_r 、肋間隔 P_r 、肋數 N_r 及濕周邊長度 L 滿足「 $(P_r \cdot N_r) / H_r > 1.25L + 55$ 」之關係式。詳細將於後述，但以將火爐壁管 35 的形狀設為滿足上述關係式之形狀，能抑制產生傳熱劣化現象。此時，若管外徑 D 為「 $25\text{mm} \leq D \leq 40\text{mm}$ 」，則效果更為顯著。

[0073] 形成螺旋形狀之肋部 37 的導角係形成為如滿足上述關係式之角度。此外，導角是相對於管軸方向的角度，若是肋部 37 的導角為 0° ，則成為沿著管軸方向之方向，若是肋部 37 的導角為 90° ，則成為沿著周方向之方向。此處，肋部 37 的導角也對應肋部 37 的數量而被適當變更。亦即，肋部 37 的數量愈多，肋部 37 的導角愈成為緩和的角度（近於 0° ）另一方面，肋部 37 的數量愈少，肋部 37 的導角愈成為急角度（近於 90° ）。

[0074] 接著，參考第 4 圖及第 5 圖，說明關於與焓對應而變化之火爐壁的管壁面溫度之變化。第 4 圖及第 5 圖係與焓對應而變化之火爐壁的管壁面溫度的一例之圖表。此處，第 4 圖及第 5 圖，其橫軸係賦予火爐壁 31（火爐壁管 35）之焓，其縱軸係管壁面溫度（火爐壁管

35 的溫度)。

[0075] 如第 4 圖及第 5 圖所示， F_1 為顯示「 $F = 0.35$ 」時的管壁面溫度的變化之圖表，且其係不滿足本實施例的關係式之以往的火爐壁管 35 的形狀。又， F_2 為顯示「 $F > 0.40$ 」時的管壁面溫度的變化之圖表，且其係滿足本實施例的關係式之火爐壁管 35 的形狀。進一步， F_3 為顯示滿足「 $(Pr \cdot Nr) / Hr > 1.25L + 55$ 」之關係式時的管壁面溫度的變化之圖表，且其係滿足本實施例的關係式之其他的火爐壁管 35 的形狀。此外， T_w 係顯示在火爐壁管 35 的內部流通的水之溫度（流體溫度）的變化之圖表， T_{mas} 係火爐壁管 35 能容許的限制管溫度。

[0076] 此處，第 4 圖中，在火爐壁管 35 的內部流通之水的質量速度，係能確保火爐壁管 35 的內部之水的流動穩定性之低質量速度，火爐壁管 35 的內部為超臨界壓力。具體而言，低質量速度會因為管外徑 D 、小內徑 d_1 及大內徑 d_2 之大小而不同，但例如以額定輸出使鍋爐 10 運轉時，火爐壁管 35 的平均質量速度在 $1000 \text{ (kg/m}^2\text{s)}$ 以上 $2000 \text{ (kg/m}^2\text{s)}$ 以下之範圍。此外，只要是能確保火爐壁管 35 的內部之水的流動穩定性之質量速度，則不限定於上述範圍。又，本實施例中，額定輸出係火力發電設備 1 的發電機之額定電輸出。

[0077] 如第 4 圖所示， F_1 之情形，當焓變大時，亦即賦予火爐壁管 35 的熱量變多時，看到管壁面溫度過渡性上昇。亦即， F_1 之情形，當賦予火爐壁管 35 的熱量變

多時，確認在超臨界壓力時會產生熱傳遞率降低之傳熱劣化現象。

[0078] 另一方面，如第 4 圖所示， F_2 及 F_3 之情形比 F_1 之情形，當焓變大時，亦即賦予火爐壁管 35 的熱量變多時，看到管壁面溫度緩緩地上昇。亦即， F_2 及 F_3 之情形，確認即使賦予火爐壁管 35 的熱量變多，但超臨界壓力時的熱傳遞率之降低被抑制，而能抑制火爐壁管 35 產生傳熱劣化現象。

[0079] 接著，第 5 圖中，在火爐壁管 35 的內部流通的水之質量速度，變成比第 4 圖慢，成為能運轉鍋爐 10 的最低限（下限）之質量速度。此外，火爐壁管 35 的內部與第 4 圖同樣地形成超臨界壓力。具體而言，最低限的質量速度會因為管外徑 D 、小內徑 d_1 及大內徑 d_2 之大小而不同，但例如以額定輸出使鍋爐 10 運轉時，火爐壁管 35 的平均質量速度在 $1500 \text{ (kg/m}^2\text{s)}$ 以下之範圍。此外，只要是鍋爐 10 能運轉的最低限質量速度，則不限定於上述範圍，一般而言下限為 $700\text{kg/m}^2\text{s}$ 左右。

[0080] 如第 5 圖所示， F_1 之情形，當焓變大時，亦即賦予火爐壁管 35 的熱量變多時，看到管壁面溫度過渡性上昇。亦即， F_1 之情形，當熱媒在火爐壁管 35 的內部以變成最低限的質量速度流通，賦予火爐壁管 35 的熱量變多時，確認在超臨界壓力時會產生熱傳遞率降低之傳熱劣化現象。

[0081] 另一方面，如第 5 圖所示， F_2 之情形比 F_1 之

情形，當焓變大時，亦即賦予火爐壁管 35 的熱量變多時，看到管壁面溫度緩緩地上昇，但超過限制管溫度 T_{mas} 。相對於此， F_3 之情形比 F_2 之情形，當焓變大時，亦即賦予火爐壁管 35 的熱量變多時，管壁面溫度緩緩地上昇。亦即， F_3 之情形，換言之，確認於火爐壁管 35 的形狀滿足「 $(Pr \cdot Nr) / Hr > 1.25L + 55$ 」之關係式時，熱媒在火爐壁管 35 的內部以成為最低限的質量速度流通，即使賦予火爐壁管 35 的熱量變多，但超臨界壓力時的熱傳遞率之降低被抑制，而能抑制火爐壁管 35 產生傳熱劣化現象。

[0082] 如以上，根據實施例 1 之構造，在內部形成為超臨界壓力的火爐壁管 35 中，即使在火爐壁管 35 的內部流通的水為低質量速度或被賦予高熱流束之情形，如第 4 圖所示，以滿足 $Wg / (Hr \cdot D) > 0.40$ 的方式，仍能抑制產生傳熱劣化現象。因此，在超臨界壓力時，由於能抑制產生傳熱劣化現象，而能抑制火爐壁管 35 的管溫度（火爐壁 31 的管壁面溫度）上昇。

[0083] 又，根據實施例 1 的構造，由於在火爐壁管 35 的內部流通的水，即使是變成下限的質量速度仍能滿足 $(Pr \cdot Nr) / Hr > 1.25L + 55$ ，因此如第 5 圖所示能抑制產生傳熱劣化現象。因此，在超臨界壓力時，即使水在火爐壁管 35 的內部以變成下限的質量速度流通，由於能抑制產生傳熱劣化現象，因此能抑制火爐壁管 35 的管溫度（火爐壁 31 的管壁面溫度）上昇。

[0084] 又，根據實施例 1 的構造，能將滿足上述關係式的火爐壁管 35，應用於垂直管形火爐式的超臨界壓力變壓運轉鍋爐。因此，在超臨界壓力時，能抑制火爐壁管 35 產生傳熱劣化現象，故能良好地維持從火爐壁管 35 對水的熱傳遞，而能穩定地生成蒸氣。

[0085] 又，根據實施例 1 的構造，可將具有火爐壁管 35 的鍋爐 10，應用於使用蒸氣渦輪 11 的火力發電設備 1。因此，能在鍋爐 10 穩定地生成蒸氣，故能穩定地向蒸氣渦輪 11 供應蒸氣，而能使蒸氣渦輪 11 的動作也穩定。

[0086] 此外，實施例 1 中，將作為傳熱管之功能的火爐壁管 35 應用於傳統鍋爐、將傳統鍋爐應用於火力發電設備 1，但不限定於此構造。例如，亦可將滿足上述關係式的傳熱管應用於排熱回收鍋爐、將排熱回收鍋爐應用於煤炭氣體化複合發電（IGCC）設備。亦即，只要是傳熱管的內部形成為超臨界壓力的貫流鍋爐，則可應用於任何鍋爐。

[0087] 又，實施例 1 中，在 F_2 是設定為滿足「 $F > 0.40$ 」之關係式的火爐壁管 35 之形狀，在 F_3 是設定為滿足「 $(Pr \cdot Nr) / Hr > 1.25L + 55$ 」之關係式的火爐壁管 35 之形狀，但火爐壁管 35 的形狀不限定於 F_2 或 F_3 之形狀。亦即，火爐壁管 35 的形狀也可以是將 F_2 的形狀和 F_3 的形狀組合之形狀。

[0088] 又，實施例 1 中，火爐壁管 35 的肋部 37 之

形狀未有特別限定，例如也可以是第 6 圖所示之形狀。第 6 圖係顯示火爐壁管的肋部的形狀之一例，沿著管軸方向切開時的局部剖視圖。

[0089] 如第 6 圖所示，火爐壁管 35 的肋部 37 之沿著管軸方向切開時的剖面形狀係形成為梯形狀，該梯形狀係以內周面 P2 作為底面（下底）、以內周面 P1 作為上面（上底）。此外，於該情形，與實施例 1 同樣地，肋部 37 的肋高度 H_r 係從內周面 P2 到肋部 37 位於徑方向的最內側部位（亦即內周面 P1）之高度。又，溝槽寬度 W_g 係以下兩部位之間的寬度，即溝槽部 36 的管軸方向之一方側的內周面 P2 和肋部 37 之交界的彎折部位，與溝槽部 36 的管軸方向之另一方側的內周面 P2 和肋部 37 之交界的彎折部位。

[0090] 以上，如第 6 圖所示，火爐壁管 35 的肋部 37 亦可設定為對於內周面 P1 及內周面 P2 具有既定的角度的彎折部之形狀。此外，在第 6 圖，肋部 37 係形成為梯形狀，但也可以是矩形狀或三角形狀，未有特別限定。

[0091] 又，火爐壁管 35 的肋部 37 之形狀也可以是第 7 圖所示之形狀。第 7 圖係顯示火爐壁管的肋部的形狀之一例，沿著管軸方向切開時的局部剖視圖。

[0092] 如第 7 圖所示，火爐壁管 35 的肋部 37 之沿著管軸方向切開時的剖視形狀，係形成為與內周面 P2 連續並且朝徑方向內側呈凸狀之彎曲形狀。此外，與實施例 1 同樣地，於該情形，肋部 37 的肋高度 H_r 係從內周面 P2

到肋部 37 位於徑方向的最內側部位（亦即頂部）之高度。又，溝槽寬度 W_g 係以下兩交界之間的寬度，即溝槽部 36 的管軸方向之一方側的平坦的內周面 P2 和彎曲的肋部 37 之交界，與溝槽部 36 的管軸方向之另一方側的平坦的內周面 P2 和彎曲的肋部 37 之交界。

[0093] 以上，如第 7 圖所示，火爐壁管 35 的肋部 37 也可以是對於內周面 P1 及內周面 P2 具有形成既定的曲率半徑之連續的曲面之形狀。此外，在第 7 圖，肋部 37 設為朝徑方向內側 T 呈凸狀之彎曲形狀，但肋部 37 的徑方向內側之頂部成為平坦面亦可，只要是對於內周面 P1 及內周面 P2 為連續的曲面，則未有特別限定。

[0094] 又，火爐壁管 35 的肋部 37 之形狀也可以是第 8 圖及第 9 圖所示之形狀。第 8 圖係顯示火爐壁管的肋部的形狀之一例，沿著管軸方向切開時的局部剖視圖，第 9 圖係顯示火爐壁管的肋部的形狀之一例，在與管軸方向正交之面切開時的局部剖視圖。

[0095] 如第 8 圖所示，火爐壁管 35 的肋部 37 之沿著管軸方向切開時的剖視形狀，係形成為以內周面 P2 作為底面之三角形狀。此時，肋部 37 與內周面 P2 形成的角度，在水的流通方向之上游側和下游側不同。亦即，肋部 37 在流通方向的上游側與內周面 P2 形成的角度，比在流通方向的下游側與內周面 P2 形成的角度，為較小的角度。亦即，肋部 37 對於水的流通方向，係上游側部位的坡度陡急，而下游側部位的坡度緩和。

[0096] 又，如第 9 圖所示，火爐壁管 35 的肋部 37 之在與管軸方向正交之面切開時的剖面形狀，係形成為以內周面 P2 作為底面之三角形狀。此時，肋部 37 與內周面 P2 形成的角度，在水的迴旋方向之上游側與下游側不同。亦即，肋部 37 在迴旋方向的上游側與內周面 P2 形成的角度，比在迴旋方向的下游側與內周面 P2 形成的角度，為較小的角度。亦即，肋部 37 相對水的迴旋方向，係上游側部位的坡度陡急，而下游側部位的坡度緩和。

[實施例 2]

[0097] 接著，參考第 10 圖至第 13 圖，說明關於與實施例 2 相關的火爐壁管 35。第 10 圖係表示超過階差時的流動（背向階梯（back step）流）和熱傳遞率的關係之說明圖。第 11 圖係與焓對應而變化的火爐壁之管壁面溫度的一例之圖表。第 12 圖係與焓對應而變化的火爐壁之管壁面溫度的一例之圖表。第 13 圖係關於實施例 2 的火爐壁管，顯示與濕周邊長度 L 對應而變化之肋高度 H_r 、肋間隔 P_r 、肋寬度 W_r 及肋數 N_r 的關係之圖表。此外，實施例 2 中，為了避免重複記載，針對與實施例 1 不同的部分進行說明，並且針對與實施例 1 同樣的構造部分，賦予相同的符號。以下，針對與實施例 2 相關的火爐壁管 35 的形狀進行說明。

[0098] 火爐壁管 35 的內部形成超臨界壓力之狀態，水在該狀態下流通。此時，藉由燃燒裝置 22 加熱的實施

例 2 的火爐壁管 35，抑制傳熱劣化現象並且形成熱傳遞率高的形狀。

[0099] 另外，由於火爐壁管 35 的內部為超臨界壓力，水是以單相的狀態流通。又，因為水是沿管軸方向流動，所以形成邊藉由肋部 37 賦予迴旋力，邊超過肋部 37 流動。此時，超過肋部 37 的流動就是所謂的背向階梯流。以下，參考第 10 圖說明關於背向階梯流和熱傳遞率的關係。

[0100] 第 10 圖係表示超過階差時的流動（背向階梯流）和熱傳遞率的關係之說明圖。第 10 圖所示之流體流動的流路 100，係階差部 101 從底面 P4 突出之流路。又，底面 P4 形成的部位成為溝槽部 102。此處，流路 100 相當於火爐壁管 35 的內部流路。而且，階差部 101 相當於火爐壁管 35 的肋部 37。又，溝槽部 102 相當於火爐壁管 35 的溝槽部 36。再者，在流路 100 流動的流體相當於作為熱媒之水。此外，流體流動的既定之流動方向相當於水流通的管軸方向。

[0101] 此處，在流路 100，流體朝既定的流動方向流動時，流體會流過階差部 101 上之後，在階差部 101 的角部剝離。剝離後的流體在附著點 O 附著於溝槽部 102 的底面 P4。然後，附著於溝槽部 102 的底面 P4 之水，沿著底面 P4 流到下游側。

[0102] 此時，在既定的流動方向，底面 P4 的熱傳遞率如第 10 圖所示，在附著點 O 熱傳遞率最高，隨著從附

著點 O 離開而朝上游側及下游側熱傳遞率變低。因此，為了提昇火爐壁管 35 的熱傳遞率，必須適當地調整附著點 O 的位置。

[0103] 此處，附著點 O 的位置可藉由使肋高度 H_r 和肋寬度 W_r 變化來調整。亦即，藉由將肋高度 H_r 和肋寬度 W_r 設為最適當之形狀，能將附著點 O 的位置設為火爐壁管 35 的熱傳遞率高之位置。

[0104] 因此，火爐壁管 35 的上述小內徑 d_1 、大內徑 d_2 、管外徑 D 、溝槽寬度 W_g 、肋寬度 W_r 、間隔 P_r 、肋數 N_r 及肋高度 H_r 、濕周邊長度 L ，係形成為滿足下述關係式之形狀。

[0105] 在火爐壁管 35，溝槽寬度 W_g 、肋高度 H_r 及管外徑 D 滿足「 $W_g / (H_r \cdot D) > 0.40$ 」之關係式（以下，稱為（1）式）。此處，若是「 $W_g / (H_r \cdot D) = F$ 」，則「 $F > 0.40$ 」。此時，肋高度 H_r 為「 $H_r > 0$ 」，肋部 37 構成朝徑方向的內側突出。又，肋高度 H_r 、肋間隔 P_r 、肋寬度 W_r 、肋數 N_r 及濕周邊長度 L 滿足「 $(P_r \cdot N_r) / (H_r \cdot W_r) > 0.40L + 9.0$ 」之關係式（以下，稱為（2）式）。詳細將於後述，但將火爐壁管 35 的形狀設為滿足上述 2 個關係式之形狀，能抑制產生傳熱劣化現象並且提昇熱傳遞率。

[0106] 成為螺旋形狀之肋部 37 的導角為滿足上述關係式之角度。此外，導角係相對於管軸方向之角度，只要肋部 37 的導角為 0° 即為沿著管軸方向之方向，只要肋部

37 的導角為 90° 即為沿著周方向之方向。此處，肋部 37 的導角會與肋部 37 的數量對應而適當變更。亦即，肋部 37 的數量愈多，肋部 37 的導角變成緩和的角度（近於 0° ），而肋部 37 的數量愈少，肋部 37 的導角變成陡急的角度（近於 90° ）。

[0107] 接著，參考第 11 圖及第 12 圖，針對與焓對應而變化的火爐壁的管壁面溫度之變化進行說明。第 11 圖及第 12 圖係與焓對應而變化的火爐壁的管壁面溫度之一例的圖表。此處，第 11 圖及第 12 圖係其橫軸為賦予火爐壁 31（火爐壁管 35）之焓，其縱軸為管壁面溫度（火爐壁管 35 的溫度）。

[0108] 如第 11 圖及第 12 圖所示， F_1 係顯示「 $F = 0.35$ 」時的管壁面溫度之變化的圖表，形成為不滿足實施例 1 之關係式的以往之火爐壁管 35 的形狀。又， F_2 係顯示「 $F > 0.40$ 」時的管壁面溫度之變化的圖表，形成為滿足實施例 2 的（1）式之火爐壁管 35 的形狀。進一步， F_4 係顯示滿足「 $F > 0.40$ 」及「 $(Pr \cdot Nr) / (Hr \cdot Wr) > 0.40L + 9.0$ 」兩個關係式時的管壁面溫度之變化的圖表，形成為滿足實施例 2 的兩個關係式之火爐壁管 35 的形狀。此外， T_w 係顯示在火爐壁管 35 的內部流通的水的溫度（流體溫度）之變化的圖表， T_{mas} 係火爐壁管 35 可容許的限制管溫度。

[0109] 此處，第 11 圖中，在火爐壁管 35 的內部流通的水的質量速度，形成為能確保火爐壁管 35 的內部的

水的流動穩定性之低質量速度，火爐壁管 35 的內部形成超臨界壓力。具體而言，低質量速度根據管外徑 D 、小內徑 d_1 及大內徑 d_2 之大小而不同，但例如以額定輸出使鍋爐 10 運轉時，火爐壁管 35 的平均質量速度在 1000 ($\text{kg}/\text{m}^2\text{s}$) 以上 2000 ($\text{kg}/\text{m}^2\text{s}$) 以下之範圍。此外，只要是能確保火爐壁管 35 的內部的水的流動穩定性之質量速度，則不限定於上述範圍。又，實施例 2 中，額定輸出為火力發電設備 1 的發電機之額定電輸出。

[0110] 如第 11 圖所示，在 F_1 之情形，當焓變大時，亦即賦予火爐壁管 35 的熱量變多時，看到管壁面溫度過度上昇。亦即， F_1 之情形，確認當賦予火爐壁管 35 的熱量變多時，在超臨界壓力時產生熱傳遞率降低之傳熱劣化現象。

[0111] 另一方面，如第 11 圖所示，在 F_2 之情形，當焓變大時，亦即賦予火爐壁管 35 的熱量變多時，比起 F_1 之情形其管壁面溫度上昇較緩和。亦即， F_2 之情形，即使賦予火爐壁管 35 的熱量變多，仍確認到超臨界壓力時的熱傳遞率降低被抑制，而能抑制火爐壁管 35 產生傳熱劣化現象。亦即，確認到滿足 (1) 式的火爐壁管 35 之形狀能抑制產生傳熱劣化現象。

[0112] 進一步，如第 11 圖所示，從小的焓到大的焓， F_4 之情形比 F_2 之情形看到管壁面溫度變低。亦即， F_4 之情形，不拘賦予火爐壁管 35 的熱量之大小，皆比 F_2 之情形提昇火爐壁管 35 的熱傳遞率，且即使賦予火爐壁

管 35 的熱量變多之情形，仍確認到超臨界壓力時的熱傳遞率降低被抑制，而能抑制火爐壁管 35 產生傳熱劣化現象。亦即，確認到滿足 (1) 式及 (2) 式的火爐壁管 35 之形狀，能抑制產生傳熱劣化現象並且提昇熱傳遞率。

[0113] 接著，第 12 圖中，在火爐壁管 35 的內部流通的水的質量速度，變成比第 11 圖慢，成為能運轉鍋爐 10 的最低限（下限）之質量速度。此外，與第 11 圖同樣地，火爐壁管 35 的內部形成超臨界壓力。具體而言，最低限的質量速度雖根據管外徑 D 、小內徑 d_1 及大內徑 d_2 之大小而不同，但例如以額定輸出使鍋爐 10 運轉時，火爐壁管 35 的平均質量速度在 $1500 \text{ (kg/m}^2\text{s)}$ 以下之範圍。此外，只要是能運轉鍋爐 10 的最低限之質量速度，則不限定於上述範圍，一般而言下限為 $700\text{kg/m}^2\text{s}$ 左右。

[0114] 如第 12 圖所示， F_1 之情形，當焓變大時，亦即賦予火爐壁管 35 的熱量變多時，看到管壁面溫度過度上昇。亦即，在 F_1 之情形確認到，當熱媒在火爐壁管 35 的內部以成為最低限的質量速度流通，而賦予火爐壁管 35 的熱量變多時，在超臨界壓力時產生熱傳遞率降低之傳熱劣化現象。

[0115] 另一方面，如第 12 圖所示，在 F_2 之情形，當焓變大時，亦即賦予火爐壁管 35 的熱量變多時，比起 F_1 之情形管壁面溫度上昇較緩和，但超過限制管溫度 T_{\max} 。

[0116] 相對於此，如第 12 圖所示，從小的焓到大的焓， F_4 之情形比 F_2 之情形看到管壁面溫度變低。亦即，

不拘賦予火爐壁管 35 的熱量之大小， F_4 之情形皆比 F_2 之情形確認到提昇火爐壁管 35 的熱傳遞率。又確認到，即使熱媒在火爐壁管 35 的內部以成為最低限的質量速度流通，使得賦予火爐壁管 35 的熱量變多，仍可抑制超臨界壓力時的熱傳遞率降低，而能抑制火爐壁管 35 產生傳熱劣化現象。亦即，確認到滿足 (1) 式及 (2) 式的火爐壁管 35 之形狀，能抑制產生傳熱劣化現象並且提昇熱傳遞率。

[0117] 接著，參考第 13 圖，說明關於顯示與濕周邊長度 L 對應而變化之肋高度 H_r 、肋間隔 P_r 、肋寬度 W_r 及肋數 N_r 的關係之圖表，與上述 F_4 相關的區域之關係。第 13 圖係關於實施例 2 的火爐壁管，顯示與濕周邊長度 L 對應而變化之肋高度 H_r 、肋間隔 P_r 、肋寬度 W_r 及肋數 N_r 的關係之圖表。此外，在第 13 圖之圖表，橫軸為濕周邊長度 L ，縱軸為「 $(P_r \cdot N_r) / (H_r \cdot W_r)$ 」。

[0118] 第 13 圖所示之 $S1$ 為「 $(P_r \cdot N_r) / (H_r \cdot W_r) = 0.40L + 9.0$ 」的線條，與上述 F_4 相關的區域係「 $(P_r \cdot N_r) / (H_r \cdot W_r)$ 」之值比 $S1$ 更大的區域。亦即，實施例 2 的火爐壁管 35，藉由將肋高度 H_r 、肋間隔 P_r 、肋寬度 W_r 、肋數 N_r 、濕周邊長度 L 設定成可位在 F_4 之區域內的形狀，而能設為抑制產生傳熱劣化現象並且能提昇熱傳遞率之形狀。

[0119] 如以上，根據實施例 2 的構造，在內部形成為超臨界壓力的火爐壁管 35，藉由滿足「 $W_g / (H_r \cdot D)$ 」

> 0.40」並且滿足「 $(Pr \cdot Nr) / (Hr \cdot Wr) > 0.40L + 9.0$ 」，能抑制產生傳熱劣化現象並且提昇熱傳遞率。因此，在超臨界壓力時，藉由抑制產生傳熱劣化現象並且提昇熱傳遞率，從小的焓到大的焓都能將管溫度（火爐壁 31 的管壁面溫度）的上昇予以抑制。

[0120] 又，根據實施例 2 的構造，即使在火爐壁管 35 的內部流通的水為低質量速度（平均質量速度為 $1000 \sim 2000\text{kg/m}^2\text{s}$ ）、或被賦予高熱流束，使得在火爐壁管 35 的內部流通的水的質量速度下降（平均質量速度變成 $1500\text{kg/m}^2\text{s}$ 以下）之情形，在超臨界壓力時，仍能抑制產生傳熱劣化現象並且提昇熱傳遞率。

[0121] 又，根據實施例 2 的構造，可將滿足上述關係式的火爐壁管 35，應用於垂直管形火爐式的超臨界壓力變壓運轉鍋爐。因此，在超臨界壓力時，由於能抑制火爐壁管 35 產生傳熱劣化現象，而能良好地維持從火爐壁管 35 對水的熱傳遞，而能穩定地生成蒸氣。

[0122] 又，根據實施例 2 的構造，可將具有火爐壁管 35 的鍋爐 10，應用於使用蒸氣渦輪 11 的火力發電設備 1。因此，能在鍋爐 10 穩定地生成蒸氣，故能穩定地向蒸氣渦輪 11 供應蒸氣，而能使蒸氣渦輪 11 的動作也穩定。

[0123] 此外，實施例 2 中，將發揮傳熱管之功能的火爐壁管 35 應用於傳統鍋爐、將傳統鍋爐應用於火力發電設備 1，但不限定於此構造。例如，亦可將滿足上述關

係式的傳熱管應用於排熱回收鍋爐、將排熱回收鍋爐應用於煤炭氣化複合發電（IGCC）設備。亦即，只要是傳熱管的內部形成為超臨界壓力的貫流式鍋爐，則可應用於任何鍋爐。

[0124] 又，實施例 2 中，火爐壁管 35 的肋部 37 的形狀未有特別限定，但例如與實施例 1 同樣地，亦可設為第 6 圖至第 9 圖所示之形狀。

[實施例 3]

[0125] 接著，參考第 14 圖，說明關於與實施例 3 相關的火爐壁管 35。第 14 圖係關於實施例 3 的火爐壁管，顯示與濕周邊長度 L 對應而變化之肋高度 H_r 、肋間隔 P_r 、肋寬度 W_r 及肋數 N_r 的關係之圖表。此外，實施例 3 也是為了避免重複記載，而針對實施例 1 及 2 不同的部分進行說明，並且針對實施例 1 及 2 同樣的構造部分附加相同的符號。實施例 2 中，未特別提及管外徑 D ，但實施例 3 中，將火爐壁管 35 的管外徑 D 形成為「 $25\text{mm} \leq D \leq 35\text{mm}$ 」。以下，針對與實施例 3 相關的火爐壁管 35 進行說明。

[0126] 如實施例 2 記載，在火爐壁管 35 的內部流通的水之平均質量速度，係 $1000 (\text{kg}/\text{m}^2\text{s})$ 以上 $2000 (\text{kg}/\text{m}^2\text{s})$ 以下之範圍，或 $1500 (\text{kg}/\text{m}^2\text{s})$ 以下且係鍋爐 10 可運轉的最低限質量速度以上。如此地，在火爐壁管 35 的內部流通的水之質量速度為事先決定的質量速度。

其係為了將滿足 (1) 式及 (2) 式的火爐壁管 35 的熱傳遞率最佳化，在上述質量速度之範圍內，將第 10 圖所示之附著點 O 的位置設為最佳位置。此時，若火爐壁管 35 的管外徑 D 變小則質量流速變大，另一方面，若管外徑 D 變大則質量流速變小。此處，若火爐壁管 35 的管外徑 D 之大小過大或過小，則會超出上述之質量流速的範圍，且因此有可能使第 10 圖所示之附著點 O 的位置從最佳位置產生變化。因此，為了獲得滿足 (1) 式及 (2) 式的火爐壁管 35 之形狀的質量流速，火爐壁管 35 的管外徑 D 為下述範圍。

[0127] 實施例 3 中，火爐壁管 35 的管外徑 D 成為「 $25\text{mm} \leq D \leq 35\text{mm}$ 」。此處，如第 14 圖所示，藉由在「 $25\text{mm} \leq D \leq 35\text{mm}$ 」之範圍的管外徑 D 所規定的區域，成為由 2 條線條 S2 包夾的區域。亦即，濕周邊長度 L 係由以管外徑 D 作為因數的函數所定義，若管外徑 D 變大則濕周邊長度 L 變大，若管外徑 D 變小則濕周邊長度 L 變小。而且，2 條線條 S2 當中，第 14 圖的左側之線條 S2 為管外徑「 $D = 25\text{mm}$ 」之線條，第 14 圖的右側之線條 S2 為管外徑「 $D = 35\text{mm}$ 」之線條。而且，實施例 3 的火爐壁管 35 係將肋高度 H_r 、肋間隔 P_r 、肋寬度 W_r 、肋數 N_r 、濕周邊長度 L 設為位在重複區域內之形狀，該重複區域係由線條 S1 所規定的 F_4 之區域和夾在 2 條線條 S2 間之區域兩者重疊的區域。

[0128] 如以上，根據實施例 3 的構造，藉由將管外

徑 D 設為「 $25\text{mm} \leq D \leq 35\text{mm}$ 」，能使水的質量流速在上述範圍，而能使水的質量流速為適當之質量流速。因此，能成為滿足（1）式及（2）式的火爐壁管 35 之形狀的質量流速，因此能使附著點 O 的位置為最佳位置，而能使熱傳遞率之性能為最佳者。

[實施例 4]

[0129] 接著，參考第 15 圖，說明與實施例 4 相關的火爐壁管 35。第 15 圖係關於實施例 4 的火爐壁管，顯示與濕周邊長度 L 對應而變化之肋高度 H_r 、肋間隔 P_r 、肋寬度 W_r 及肋數 N_r 的關係之圖表。此外，實施例 4 亦為了避免重複的記載，針對與實施例 1 至 3 不同的部分進行說明，並且針對與實施例 1 至 3 同樣的構造部分附加相同的符號。實施例 4 中，對於（2）式設定有上限值。以下，說明關於與實施例 4 相關的火爐壁管 35。

[0130] 在實施例 4 的火爐壁管 35，肋高度 H_r 、肋間隔 P_r 、肋寬度 W_r 、肋數 N_r 及濕周邊長度 L 除了滿足（1）式及（2）式以外，還滿足「 $(P_r \cdot N_r) / (H_r \cdot W_r) < 0.40L + 80$ 」之關係式（以下，稱為（3）式）。亦即，若實施例 3 的火爐壁管 35 與（2）式和（3）式組合，則為「 $0.40L + 9.0 < (P_r \cdot N_r) / (H_r \cdot W_r) < 0.40L + 80$ 」之範圍。

[0131] 此處，（2）式，亦即，「 $(P_r \cdot N_r) / (H_r \cdot W_r) > 0.40L + 9.0$ 」之式中，未設定「 $(P_r \cdot N_r) /$

($H_r \cdot W_r$)」的上限值，因此若左邊之式極端地變大則肋間隔 P_r 變寬、肋數 N_r 變多、肋高度 H_r 變成零，肋寬度 W_r 變成成為零的方向。於該情形，不容易維持火爐壁管 35 的形狀。

[0132] 因此，實施例 4 中，在 (3) 式設有上限值。此處，如第 15 圖所示，線路 S3 為「 $(P_r \cdot N_r) / (H_r \cdot W_r) = 0.40L + 80$ 」。而且，實施例 4 的火爐壁管 35 係將肋高度 H_r 、肋間隔 P_r 、肋寬度 W_r 、肋數 N_r 、濕周邊長度 L 收納在重複區域內之形狀，該重複區域係由線條 S1 所規定的 F_4 區域、夾在 2 條線條 S2 間之區域、以及比線條 S3 小的區域三者重疊的區域。亦即，實施例 4 的火爐壁管 35 係成為由線條 S1、2 條線條 S2 及線條 S3 所包圍之區域內的肋高度 H_r 、肋間隔 P_r 、肋寬度 W_r 、肋數 N_r 、濕周邊長度 L 。

[0133] 如以上，根據實施例 4 的構造，由於藉由 (3) 式規定上限值，使肋高度 H_r 、肋間隔 P_r 、肋寬度 W_r 、肋數 N_r 、濕周邊長度 L 不會發散，能容易將火爐壁管 35 維持於適當形狀。

[0134] 此外，實施例 1 至 4 中，螺旋形狀的溝槽部 36 及肋部 37 的迴旋方向未有特別限定，迴旋方向可以是順時鐘旋轉方向，也可以是逆時鐘旋轉方向，未有特別限定。

【符號說明】

[0135]

1：火力發電設備

10：鍋爐

11：蒸氣渦輪

21：火爐

22：燃燒裝置

31：火爐壁

35：火爐壁管

36：溝槽部

37：肋部

100：流路

101：階差部

102：溝槽部

D：管外徑

d1：小內徑

d2：大內徑

Hr：肋高度

L：濕周邊長度

O：附著點

P1、P2：內周面

P3：外周面

P4：底面

Wg：溝槽寬度

Wr：肋寬度

申請專利範圍

1. 一種傳熱管，係設置在鍋爐，內部形成超臨界壓力且內部流通熱媒，其特徵在於，

具備：形成在內周面且朝向管軸方向的螺旋形狀之溝槽部；及

藉由螺旋形狀的前述溝槽部朝徑方向的內側突出形成的肋部，

在沿著前述管軸方向切開的剖面，設前述管軸方向的前述溝槽部的寬度〔mm〕為 W_g ，前述徑方向的前述肋部的高度〔mm〕為 H_r ，管外徑〔mm〕為 D ，

前述溝槽部的寬度 W_g 〔mm〕、前述肋部的高度 H_r 〔mm〕及前述管外徑 D 〔mm〕滿足「 $W_g / (H_r \cdot D) > 0.40$ 」。

2. 如申請專利範圍第 1 項之傳熱管，其中，以額定輸出使鍋爐運轉時，流通在構成火爐壁的傳熱管的內部之前述熱媒的平均質量速度為 $1000 \sim 2000 \text{ kg/m}^2\text{s}$ 。

3. 如申請專利範圍第 1 或 2 項之傳熱管，其中，

前述管軸方向的前述肋部的間隔〔mm〕為 P_r ，沿與前述管軸方向垂直地切開的剖面內的前述肋部的數量為 N_r ，沿與前述管軸方向垂直地切開的剖面的濕周邊長度〔mm〕為 L ，

前述肋部的高度 H_r 〔mm〕、前述肋部的間隔 P_r 〔mm〕、前述肋部的數量 N_r 及濕周邊長度 L 〔mm〕滿足「 $(P_r \cdot N_r) / H_r > 1.25L + 55$ 」。

4. 如申請專利範圍第 3 項之傳熱管，其中，以額定輸出使鍋爐運轉時，流通在構成火爐壁的傳熱管的內部之前述熱媒的平均質量速度為 $1500\text{kg}/\text{m}^2\text{s}$ 以下。

5. 如申請專利範圍第 1 或 2 項之傳熱管，其中，前述管外徑 D [mm] 為「 $25\text{mm} \leq D \leq 40\text{mm}$ 」。

6. 一種傳熱管，係設置在鍋爐，內部形成超臨界壓力且內部流通熱媒，其特徵在於，

具備：形成在內周面且朝向管軸方向的螺旋形狀之溝槽部；及

藉由螺旋形狀的前述溝槽部而形成為朝徑方向的內側突出的肋部，

設前述徑方向的前述肋部的高度 [mm] 為 H_r ，前述管軸方向的前述肋部的間隔 [mm] 為 P_r ，沿與前述管軸方向垂直地切開的剖面內的前述肋部的數量為 N_r ，沿與前述管軸方向垂直地切開的剖面的濕周邊長度 [mm] 為 L ，

前述肋部的高度 H_r [mm]、前述肋部的間隔 P_r [mm]、前述肋部的數量 N_r 及濕周邊長度 L [mm] 滿足「 $(P_r \cdot N_r) / H_r > 1.25L + 55$ 」。

7. 如申請專利範圍第 6 項之傳熱管，其中，以額定輸出使鍋爐運轉時，流通在構成火爐壁的傳熱管的內部之前述熱媒的平均質量速度為 $1500\text{kg}/\text{m}^2\text{s}$ 以下。

8. 如申請專利範圍第 6 或 7 項之傳熱管，其中，在沿著前述管軸方向切開的剖面，設前述管軸方向的前述溝

槽部的寬度〔mm〕為 W_g ，管外徑〔mm〕為 D ，

前述溝槽部的寬度 W_g 〔mm〕、前述肋部的高度 H_r 〔mm〕及前述管外徑 D 〔mm〕滿足「 $W_g / (H_r \cdot D) > 0.40$ 」。

9. 如申請專利範圍第 8 項之傳熱管，其中，以額定輸出使鍋爐運轉時，流通在構成火爐壁的傳熱管的內部之前述熱媒的平均質量速度為 $1000 \sim 2000 \text{kg/m}^2\text{s}$ 。

10. 如申請專利範圍第 8 項之傳熱管，其中，前述管外徑 D 〔mm〕為「 $25 \text{mm} \leq D \leq 40 \text{mm}$ 」。

11. 一種傳熱管，係設置在鍋爐，內部形成超臨界壓力且內部流通熱媒，其特徵在於，

具備：形成在內周面且朝向管軸方向的螺旋形狀之溝槽部；及

藉由螺旋形狀的前述溝槽部而形成為朝徑方向的內側突出的肋部，

設前述徑方向的前述肋部的高度〔mm〕為 H_r ，前述管軸方向的前述肋部的間隔〔mm〕為 P_r ，前述內周面的周方向之前述肋部的寬度〔mm〕為 W_r ，沿與前述管軸方向垂直地切開的剖面內的前述肋部的數量為 N_r ，沿與前述管軸方向垂直地切開的剖面的濕周邊長度〔mm〕為 L ，沿著前述管軸方向切開的剖面之前述管軸方向的前述溝槽部的寬度〔mm〕為 W_g ，管外徑〔mm〕為 D ，

前述溝槽部的寬度 W_g 〔mm〕、前述肋部的高度 H_r 〔mm〕及前述管外徑 D 〔mm〕滿足「 $W_g / (H_r \cdot D) >$

0.40」，

並且，前述肋部的高度 H_r [mm]、前述肋部的間隔 P_r [mm]、前述肋部的寬度 W_r [mm]、前述肋部的數量 N_r 及濕周邊長度 L [mm] 滿足「 $(P_r \cdot N_r) / (H_r \cdot W_r) > 0.40L + 9.0$ 」。

12. 如申請專利範圍第 11 項之傳熱管，其中，以額定輸出使鍋爐運轉時，流通在構成火爐壁的傳熱管的內部之前述熱媒的平均質量速度為 $1000 \sim 2000 \text{ kg/m}^2\text{s}$ 。

13. 如申請專利範圍第 11 或 12 項之傳熱管，其中，以額定輸出使鍋爐運轉時，流通在構成火爐壁的傳熱管的內部之前述熱媒的平均質量速度為 $1500 \text{ kg/m}^2\text{s}$ 以下。

14. 如申請專利範圍第 12 項之傳熱管，其中，前述管外徑 D [mm] 為「 $25 \text{ mm} \leq D \leq 35 \text{ mm}$ 」。

15. 如申請專利範圍第 11 或 12 項之傳熱管，其中，設前述肋部的高度 H_r [mm]、前述肋部的間隔 P_r [mm]、前述肋部的寬度 W_r [mm]、前述肋部的數量 N_r 及濕周邊長度 L [mm] 滿足「 $(P_r \cdot N_r) / (H_r \cdot W_r) < 0.40L + 80$ 」。

16. 一種鍋爐，其特徵在於，具備如申請專利範圍第 1、6 或 11 項之傳熱管，於以額定輸出運轉時，該傳熱管係用於作為構成以超臨界壓力運轉的前述鍋爐的火爐壁的火爐壁管。

17. 一種鍋爐，其特徵在於，以藉由火焰的輻射或高溫氣體將如申請專利範圍第 1、6 或 11 項之傳熱管加熱，

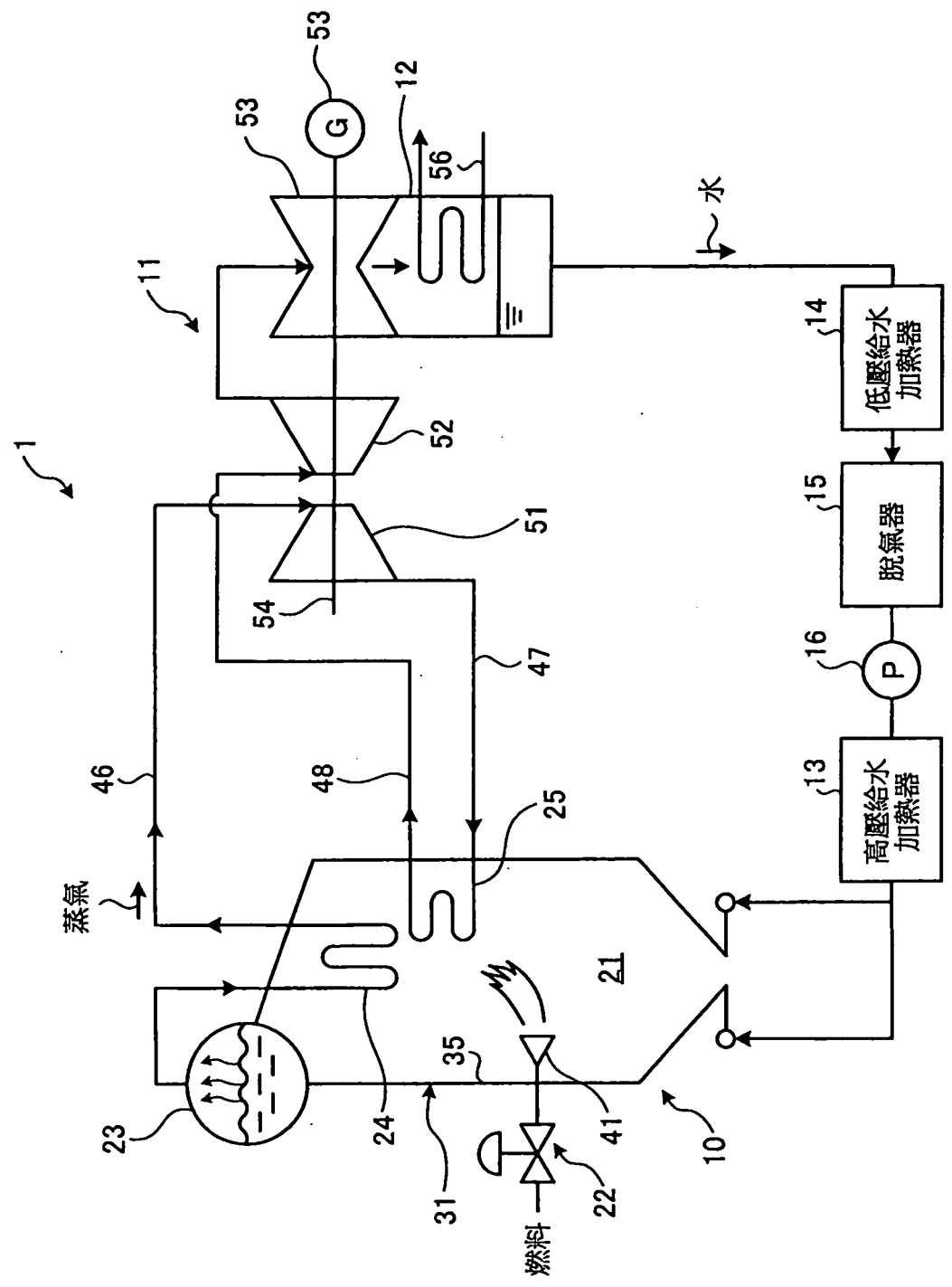
而將流通在前述傳熱管的內部的前述熱媒加熱。

18. 一種蒸氣渦輪設備，其特徵在於，

具備：如申請專利範圍第 16 項之鍋爐；及

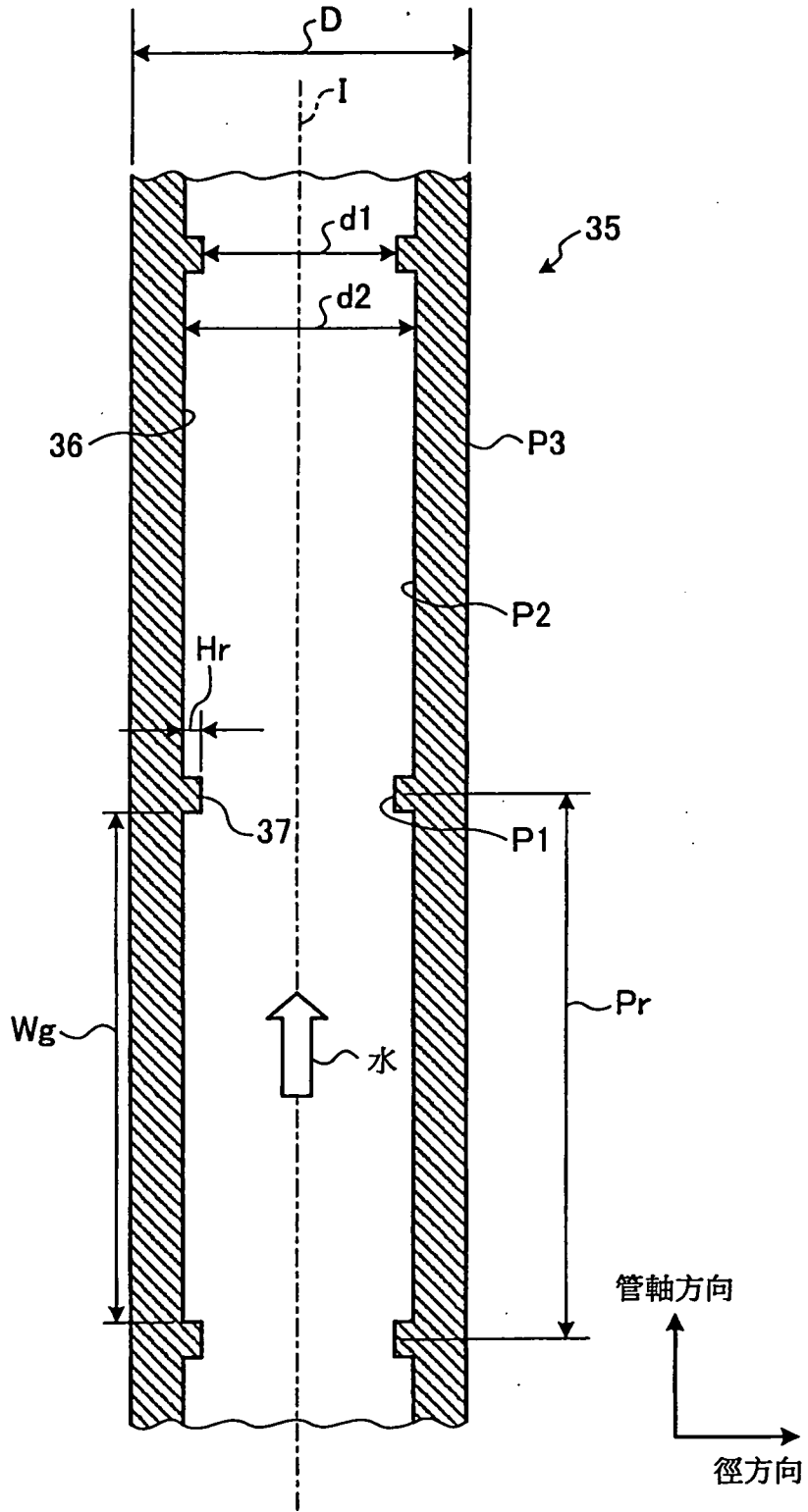
蒸氣渦輪，藉由蒸氣進行動作，該蒸氣係將作為流通於設置在前述鍋爐的前述傳熱管的內部之前述熱媒，即水加熱而生成的。

圖式

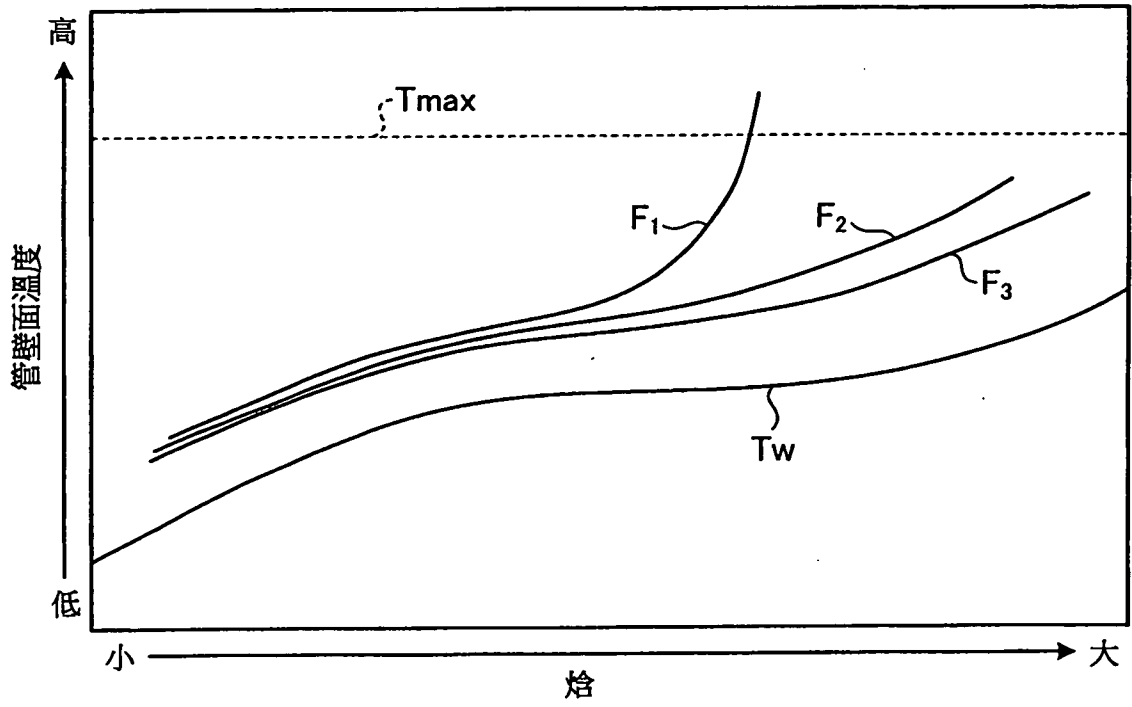


第1圖

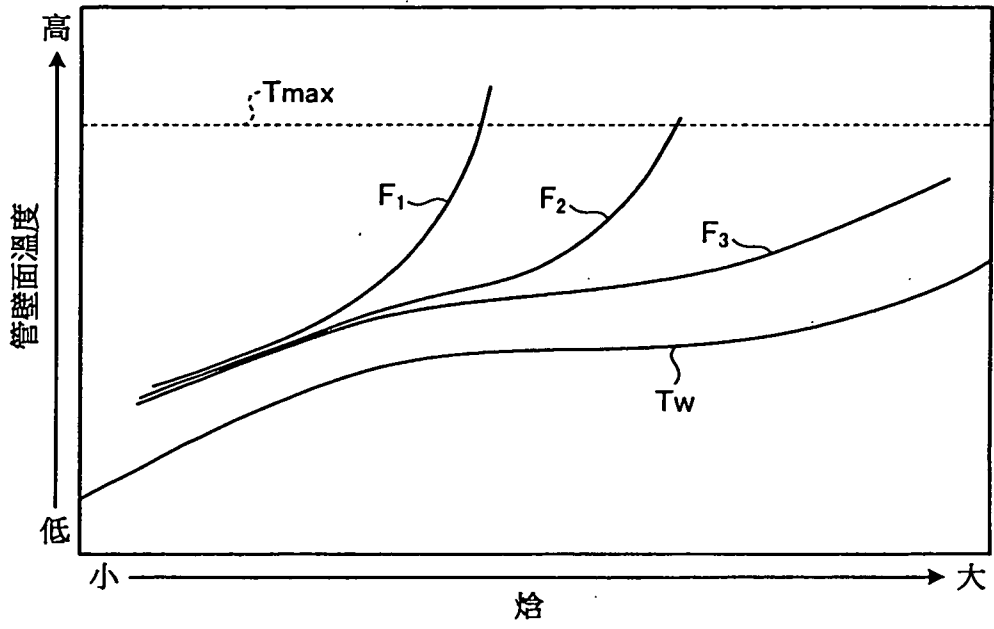
第 2 圖



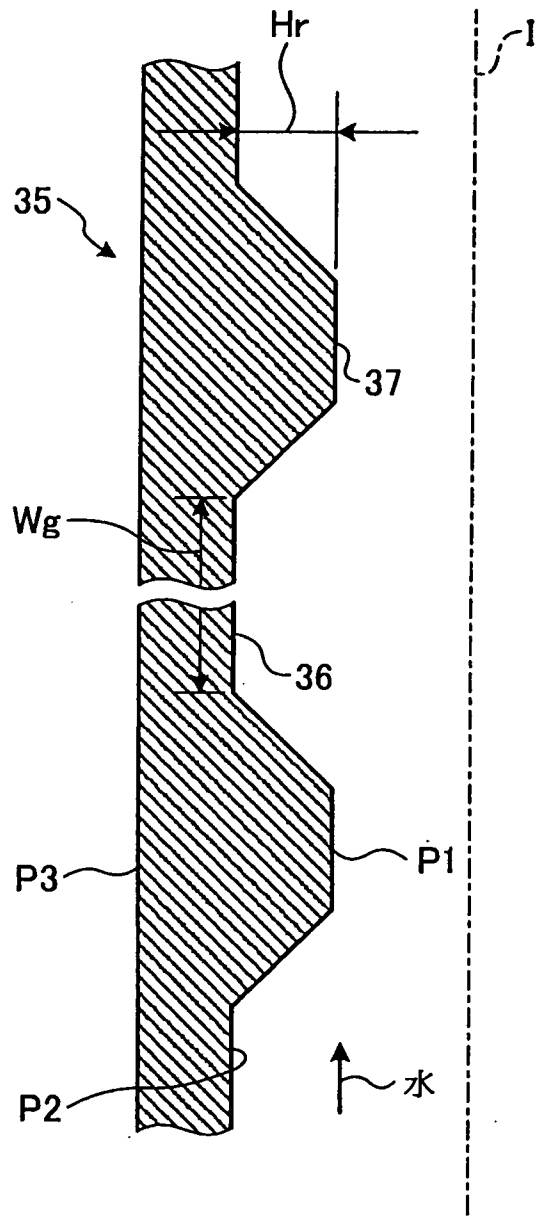
第 4 圖



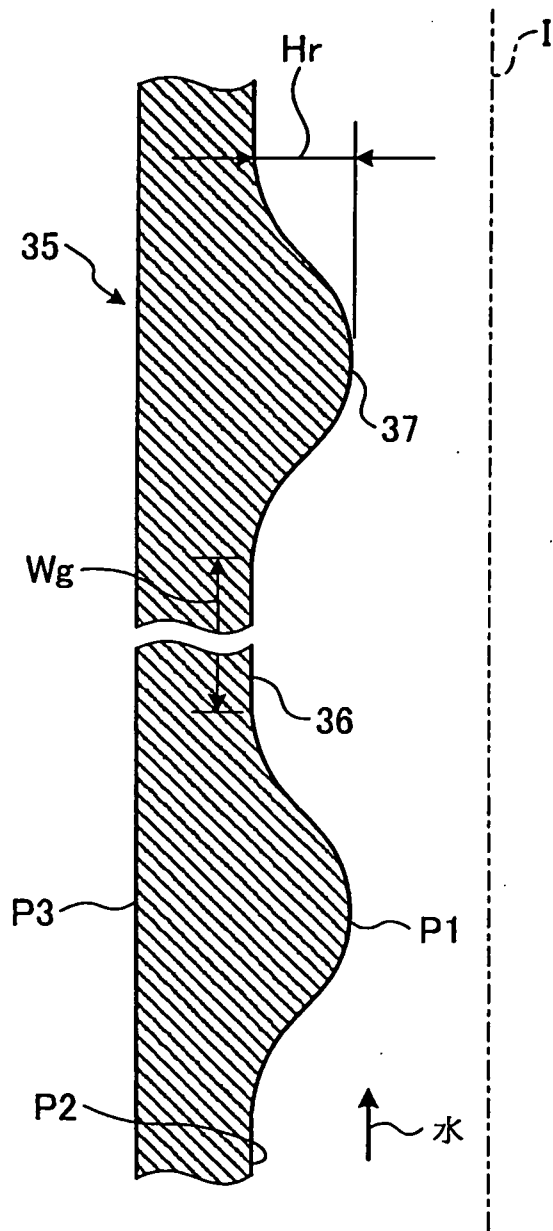
第 5 圖



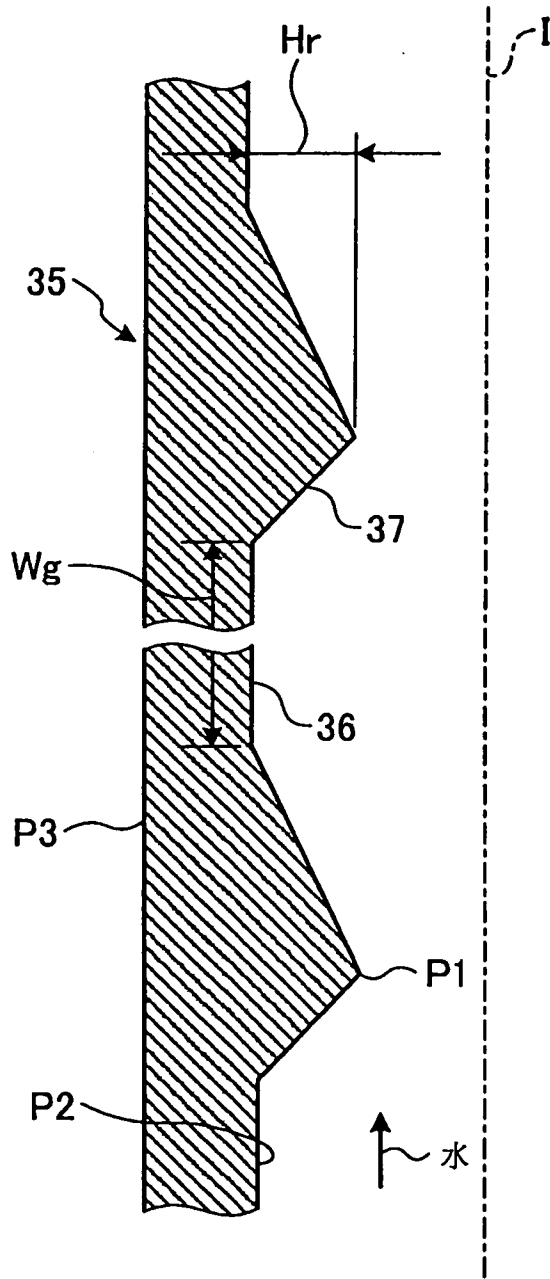
第 6 圖



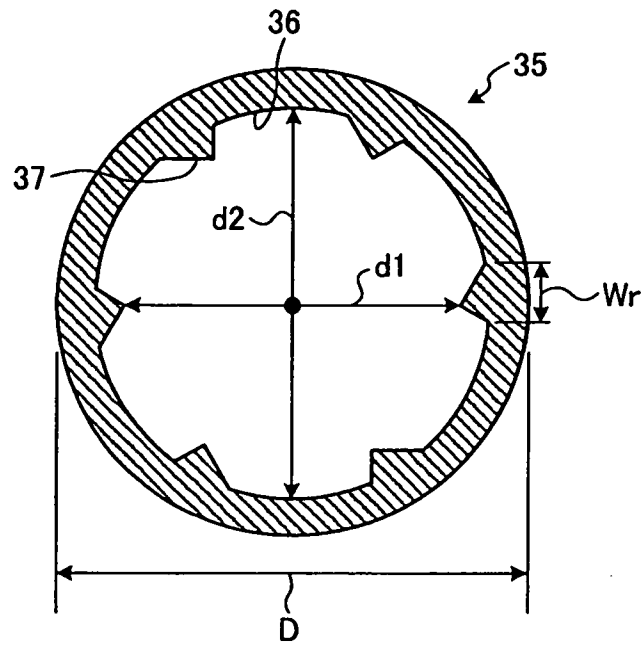
第 7 圖



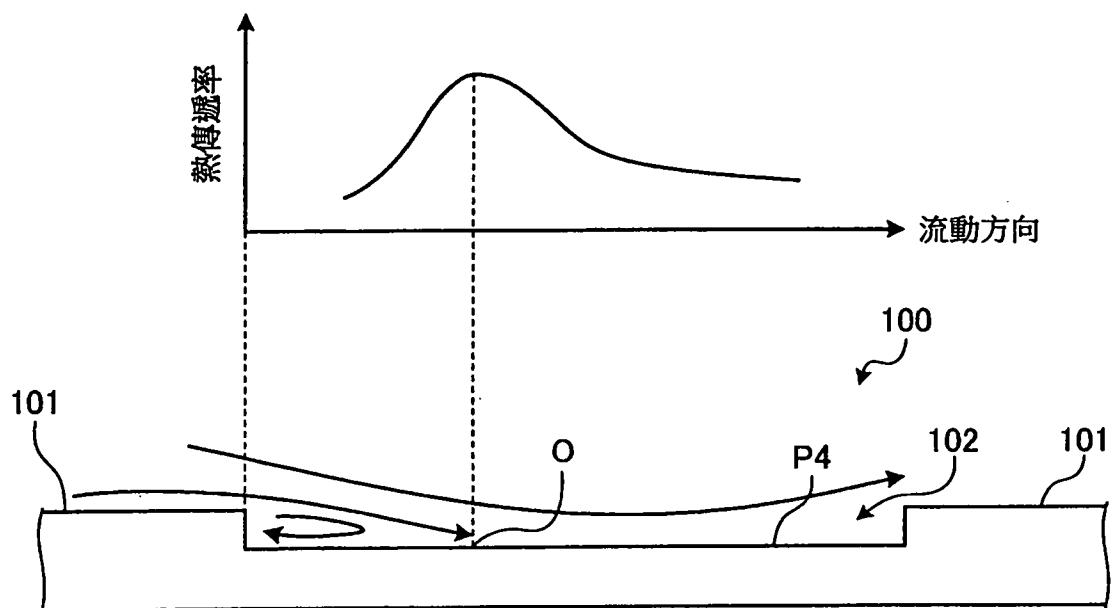
第 8 圖



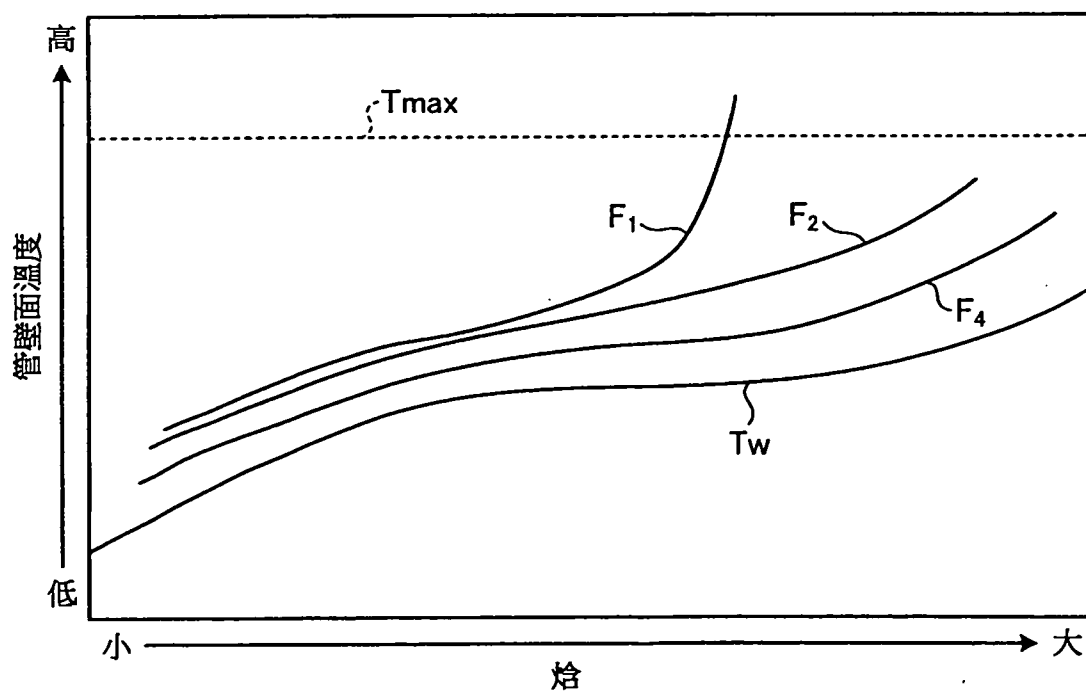
第 9 圖



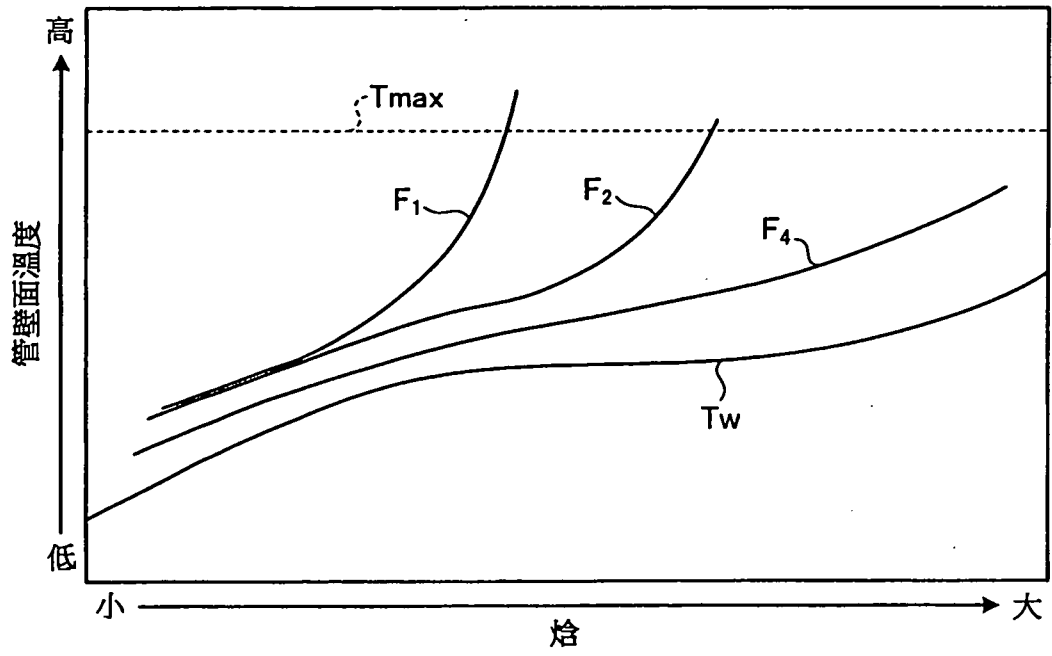
第 10 圖



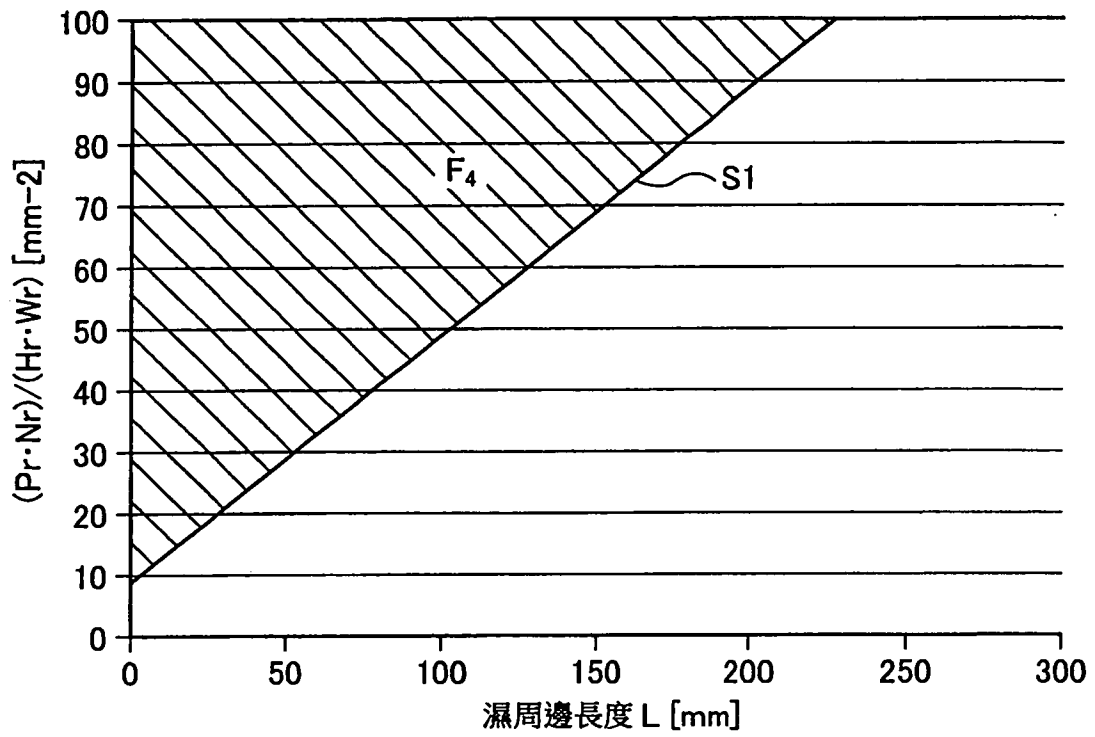
第 11 圖



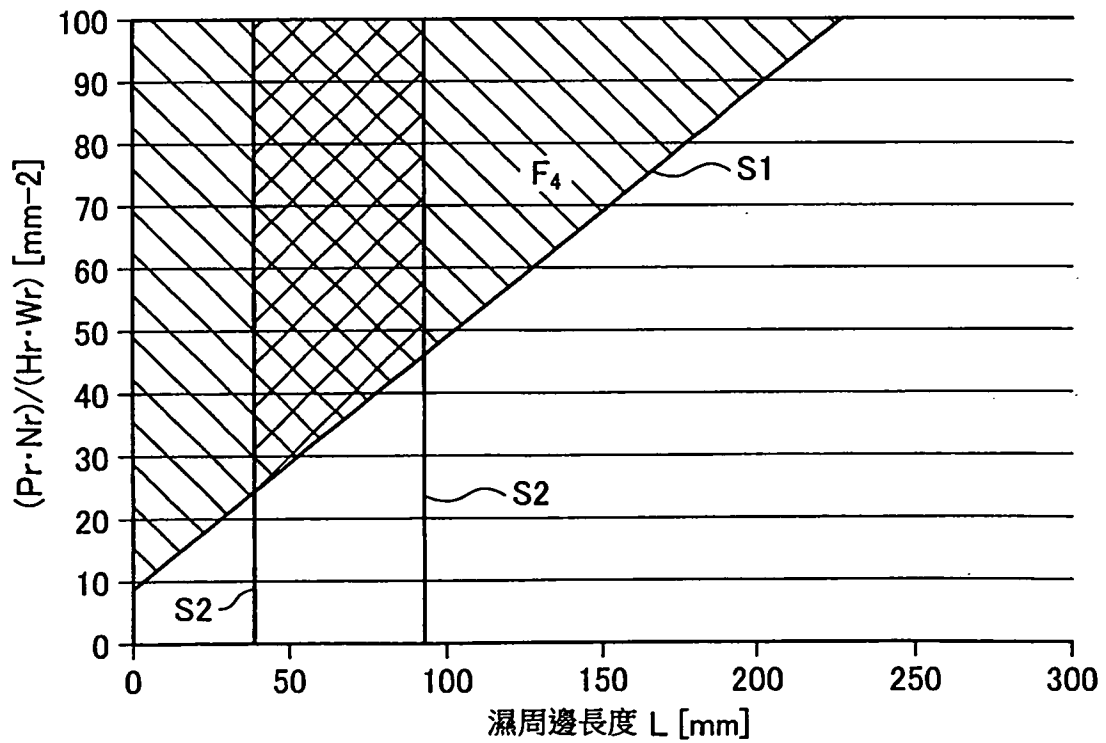
第 12 圖



第 13 圖



第 14 圖



第 15 圖

