



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201235082 A1

(43)公開日：中華民國 101 (2012) 年 09 月 01 日

(21)申請案號：101101481

(22)申請日：中華民國 101 (2012) 年 01 月 13 日

(51)Int. Cl.：

B01D53/02 (2006.01)

B01D53/62 (2006.01)

B01D53/74 (2006.01)

(30)優先權：2011/01/14

歐洲專利局

11150940.2

(71)申請人：亞斯通科技有限公司 (瑞士) ALSTOM TECHNOLOGY LTD (CH)

瑞士

(72)發明人：史杜曼 歐拉夫 STALLMANN, OLAF (DE)

(74)代理人：陳長文

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：11 項 圖式數：4 共 39 頁

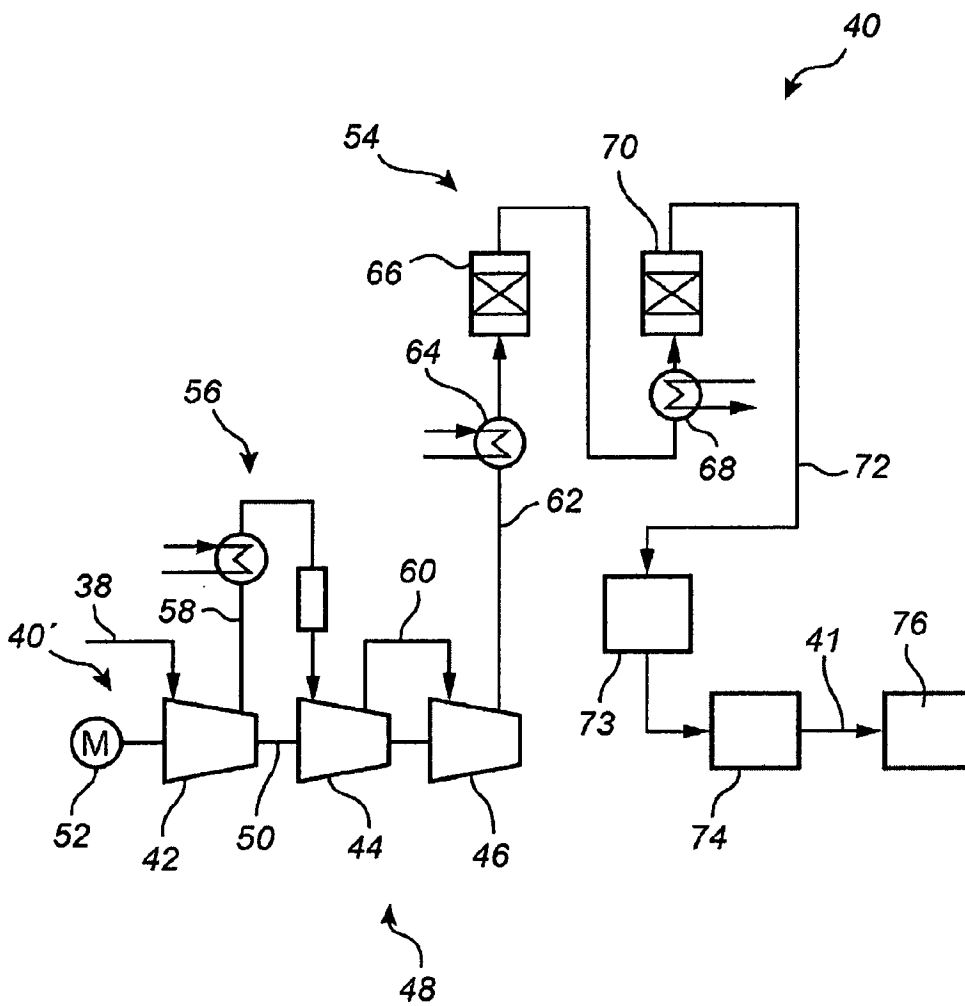
(54)名稱

用於清除包含二氧化碳氣體之方法及二氧化碳純化系統

A METHOD OF CLEANING A CARBON DIOXIDE CONTAINING GAS, AND A CARBON DIOXIDE PURIFICATION SYSTEM

(57)摘要

本發明提供一種氣體純化系統(40)，用於清除在鍋爐中在含氧氣氣體存在下燃燒燃料所產生之富含二氧化碳廢氣，該系統包含：壓縮機(40')，用於壓縮該富含二氧化碳廢氣；第一氣體冷卻器(64)，用於冷卻該壓縮之富含二氧化碳廢氣；水銀吸附器(66)，配置於該第一氣體冷卻器(64)下游，用於移除該冷卻之壓縮富含二氧化碳廢氣中的至少一部分水銀含量；第二氣體冷卻器(68)，配置於該水銀吸附器(66)下游，用於進一步冷卻該壓縮之富含二氧化碳廢氣；及氣體乾燥器(70)，用於移除該進一步冷卻之壓縮富含二氧化碳廢氣中的至少一部分水含量。



- 38：管道
- 40：氣體壓縮及純化單元
- 40'：壓縮機
- 41：管道
- 42：第一壓縮階段
- 44：第二壓縮階段
- 46：第三壓縮階段
- 48：低壓壓縮單元
- 50：共用驅動軸
- 52：馬達
- 54：中間冷卻及水銀吸附單元
- 56：中間冷卻單元
- 58：管道
- 60：管道
- 62：管道
- 64：第一氣體冷卻器
- 66：水銀吸附器
- 68：第二氣體冷卻器
- 70：氣體乾燥器
- 72：管道
- 73：CO₂ 液化單元
- 74：高壓壓縮單元
- 76：CO₂ 封存地點



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201235082 A1

(43)公開日：中華民國 101 (2012) 年 09 月 01 日

(21)申請案號：101101481

(22)申請日：中華民國 101 (2012) 年 01 月 13 日

(51)Int. Cl.：

B01D53/02 (2006.01)

B01D53/62 (2006.01)

B01D53/74 (2006.01)

(30)優先權：2011/01/14

歐洲專利局

11150940.2

(71)申請人：亞斯通科技有限公司 (瑞士) ALSTOM TECHNOLOGY LTD (CH)

瑞士

(72)發明人：史杜曼 歐拉夫 STALLMANN, OLAF (DE)

(74)代理人：陳長文

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：11 項 圖式數：4 共 39 頁

(54)名稱

用於清除包含二氧化碳氣體之方法及二氧化碳純化系統

A METHOD OF CLEANING A CARBON DIOXIDE CONTAINING GAS, AND A CARBON DIOXIDE PURIFICATION SYSTEM

(57)摘要

本發明提供一種氣體純化系統(40)，用於清除在鍋爐中在含氧氣氣體存在下燃燒燃料所產生之富含二氧化碳廢氣，該系統包含：壓縮機(40')，用於壓縮該富含二氧化碳廢氣；第一氣體冷卻器(64)，用於冷卻該壓縮之富含二氧化碳廢氣；水銀吸附器(66)，配置於該第一氣體冷卻器(64)下游，用於移除該冷卻之壓縮富含二氧化碳廢氣中的至少一部分水銀含量；第二氣體冷卻器(68)，配置於該水銀吸附器(66)下游，用於進一步冷卻該壓縮之富含二氧化碳廢氣；及氣體乾燥器(70)，用於移除該進一步冷卻之壓縮富含二氧化碳廢氣中的至少一部分水含量。

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於一種清除在鍋爐中含氧氣氣體存在下燃燒燃料所產生之富含二氧化碳氣體的方法。

本發明進一步關於一種氣體純化系統，用於清除在包含鍋爐之鍋爐系統中含氧氣氣體存在下燃燒燃料所產生之富含二氧化碳氣體。

【先前技術】

在燃燒廠(諸如發電廠)中，燃料(諸如煤、油、泥煤、廢料等)燃燒時產生熱處理氣體，該處理氣體除含其他組分之外亦含二氧化碳 CO_2 。隨著環境需求增強，已開發出自處理氣體移出二氧化碳之多種方法。一種該方法為所謂氧化燃料方法(oxy-fuel process)。在氧化燃料方法中，燃料(諸如上述燃料之一)在貧氮氣氣體存在下燃燒。由氧氣源提供之氧氣供應至鍋爐，在其中氧氣氧化燃料。在氧化燃料燃燒製程中，產生富含二氧化碳廢氣，為了減少二氧化碳排入大氣中，可處置該富含二氧化碳廢氣。

處置之前，必須清除二氧化碳氣體。WO 2010/021053揭示一種氣體清除系統，在該系統中，鍋爐中產生之熱處理氣體經受氮氧化物、灰塵及二氧化硫之移除。熱處理氣體(為富含二氧化碳氣體)隨後經受水銀移除步驟以在處置其之前清除富含二氧化碳氣體。

【發明內容】

本發明之一目標為提供一種清除在鍋爐中含氧氣氣體

存在下燃燒燃料所產生之富含二氧化碳廢氣之方法，該方法比先前技術方法更高效。

此目標係藉助於清除在鍋爐中在含氧氣氣體存在下燃燒燃料所產生之富含二氧化碳廢氣之方法達成，該方法包含

壓縮富含二氧化碳廢氣，

冷卻壓縮之富含二氧化碳廢氣至第一溫度，

輸送冷卻之壓縮富含二氧化碳廢氣通過水銀吸附器以移除冷卻之壓縮富含二氧化碳廢氣中的至少一部分水銀含量，

進一步冷卻壓縮之富含二氧化碳廢氣至第二溫度，其低於第一溫度，及

輸送進一步冷卻之壓縮富含二氧化碳廢氣通過乾燥器以移除進一步冷卻之壓縮富含二氧化碳廢氣中的至少一部分水含量。

此方法之一優勢為水銀吸附及水蒸氣移除皆可在各別操作之有效溫度下達成。此外，兩次操作之間不需要加熱氣體，因此降低功率消耗。

根據一個實施例，冷卻壓縮之富含二氧化碳廢氣至第一溫度之步驟包含冷卻至高於壓縮之富含二氧化碳廢氣中的水蒸氣的露點溫度之第一溫度。此實施例之一優勢為避免水蒸氣在水銀吸附器中冷凝。該冷凝可能對水銀吸附器及其中所用活性材料之效率及壽命有害。

根據一個實施例，冷卻氣體至第一溫度之步驟包含冷卻氣體至高於壓縮之富含二氧化碳廢氣中的水蒸氣的露點溫

度 5°C 至 30°C 之第一溫度。冷卻至高於露點溫度不到 5°C 之溫度因水蒸氣冷凝之風險增加而不太具吸引力。冷卻至高於露點溫度超過 30°C 之溫度因水銀吸附效率降低而亦不太具吸引力。

根據一個實施例，進一步冷卻壓縮之富含二氧化碳廢氣至第二溫度(其低於第一溫度)之步驟包含冷卻至低於壓縮之富含二氧化碳廢氣中的水蒸氣的露點溫度之第二溫度。此實施例之一優勢為一些水蒸氣發生冷凝，其增加下游乾燥器之效率。

根據一個實施例，進一步冷卻壓縮之富含二氧化碳廢氣之步驟包含冷卻至高於壓縮之富含二氧化碳廢氣的二氧化碳水合物形成溫度 0°C 至 40°C 之第二溫度。冷卻至低於二氧化碳水合物形成溫度之溫度不太具吸引力，因為固態二氧化碳水合物之形成可對冷卻器中進行進一步冷卻壓縮之富含二氧化碳廢氣之步驟之操作有害。冷卻至高於二氧化碳水合物形成溫度超過 40°C 之溫度亦不太具吸引力，因為氣體乾燥器中水蒸氣吸附效率變得不夠高效，導致所需要的乾燥器不必要地大及昂貴。

根據一個實施例，壓縮富含二氧化碳廢氣之步驟包括藉助於氣體之壓縮來加熱壓縮之富含二氧化碳廢氣至高於第一溫度之溫度。此實施例之一優勢為利用壓縮熱獲得起始溫度，氣體可自該起始溫度冷卻至第一及第二溫度。因此，在正常操作期間不需要另外加熱。

根據一個實施例，壓縮富含二氧化碳廢氣包括藉助於氣

體之壓縮來加熱壓縮之富含二氧化碳廢氣至 60°C 至 270°C 之溫度。此實施例之一優勢為 60 至 270°C 之溫度通常可藉由壓縮機高效作功以壓縮富含二氧化碳廢氣、作為壓縮之結果獲得。壓縮之後不到 60°C 之溫度通常意謂壓縮已產生壓力相當低的壓縮氣體。因此，將需要更多壓縮階段。壓縮之後超過 270°C 之溫度通常意謂壓縮能效較低，導致過量熱損失。

本發明之另一目標為提供一種純化系統，用於清除在鍋爐中在含氧氣氣體存在下燃燒燃料所產生之富含二氧化碳廢氣，該純化系統比先前技術系統更高效。

此目標係藉助於清除在鍋爐中在含氧氣氣體存在下燃燒燃料所產生之富含二氧化碳廢氣之氣體純化系統達成，該氣體純化系統包含：

壓縮機，用於壓縮富含二氧化碳廢氣，

第一氣體冷卻器，如富含二氧化碳廢氣之流向所示，其配置於壓縮機下游，用於冷卻壓縮之富含二氧化碳廢氣，

水銀吸附器，其配置於第一氣體冷卻器下游，用於移除冷卻之壓縮富含二氧化碳廢氣中的至少一部分水銀含量，

第二氣體冷卻器，其配置於水銀吸附器下游，用於進一步冷卻壓縮之富含二氧化碳廢氣，及

氣體乾燥器，其配置於第二氣體冷卻器下游，用於移除進一步冷卻之壓縮富含二氧化碳廢氣中的至少一部分水含量。

此純化系統之一優勢為其在投資及操作成本方面極為高

效。不需要包括各別加熱器，且加熱功率需求得到限制。

根據一個實施例，純化系統進一步包含控制系統，其包含在第一氣體冷卻器下游量測冷卻之壓縮富含二氧化碳廢氣之溫度之感測器，控制系統進一步包含根據所測溫度控制第一氣體冷卻器之控制裝置。此實施例之一優勢為可極準確地控制水銀吸附器之操作溫度。

根據一個實施例，純化系統包含配置於第二氣體冷卻器與氣體乾燥器之間用於自進一步冷卻之壓縮富含二氧化碳廢氣收集液態水的聚水器。此實施例之一優勢為可降低氣體乾燥器之水負載。因此，氣體乾燥器尺寸可最小化，同時仍可使離開氣體乾燥器之富含二氧化碳廢氣中的殘餘水含量相同。

根據一個實施例，氣體純化系統包含加熱系統，用於在氣體純化系統起動之前促進加熱之氣體通過水銀吸附器。此實施例之一優勢為水銀吸附器內之水蒸氣在起動期間冷凝之風險降低。

本發明之其他目標及特徵自說明書及申請專利範圍將顯而易見。

【實施方式】

現將參考隨附圖式更詳細描述本發明。

圖1為鍋爐系統1之示意性側視圖。鍋爐系統1包含鍋爐2(在此實施例中為氧化燃料鍋爐)、如4示意性所示之蒸汽渦輪機發電系統、及氣體清除系統6作為主要組件。氣體清除系統6包含微粒移除裝置，其可為例如織物過濾器或

靜電除塵器8；及二氧化硫移除系統，其可為濕式洗氣器10。

燃料(諸如煤、油或泥煤)含於燃料庫12中且可經由供給管14供應至鍋爐2。氧氣源16以本身已知之方式有效提供氧氣。氧氣源16可為自空氣有效分離氧氣之空氣分離裝置、氧氣分離膜、儲罐或任何其他向鍋爐系統1提供氧氣之來源。供給管18有效輸送所產生之氧氣(通常包含90體積%至99.9體積%之氧氣 O_2)至鍋爐2。管道20有效輸送含有二氧化碳之再循環廢氣至鍋爐2。如圖1所指示，供應管18在鍋爐2上游連接管道20，使得氧氣與含有二氧化碳之再循環廢氣可在鍋爐2上游彼此混合而形成氣體混合物，其通常含有約20體積%至50體積%之氧氣、其餘部分主要為二氧化碳及水蒸氣。因為幾乎無空氣進入鍋爐2，所以幾乎無氮氣供應至鍋爐2。在實際操作中，供應至鍋爐2之氣體體積中，空氣體積小於3%，其主要以空氣洩漏形式經由例如鍋爐2及氣體清除系統6進入鍋爐系統1。鍋爐2有效地使經由供給管14供應之燃料在經由管道20供應之與再循環廢氣(含有二氧化碳)混合的氧氣存在下燃燒。蒸汽管22有效地將鍋爐2中由於燃燒產生之蒸汽輸送至有效產生呈電功率形式之功率的蒸汽渦輪機發電系統4。

管道24有效地將鍋爐2中產生之富含二氧化碳廢氣輸送至除塵裝置8。「富含二氧化碳廢氣」意謂經由管道24離開鍋爐2之廢氣將含有至少40體積%之二氧化碳 CO_2 。通常離開鍋爐2之廢氣中超過50體積%將為二氧化碳。通常，

離開鍋爐2之廢氣將含有50體積%至80體積%之二氧化碳。

「富含二氧化碳廢氣」之其餘部分將為約15體積%至40體積%之水蒸氣(H_2O)、2體積%至7體積%之氧氣(O_2)(因為在鍋爐2中氧氣稍微過量通常為較佳)及共計約0至10體積%之其他氣體(主要包括氮氣(N_2)及氬氣(Ar), 因為很少可完全避免一些空氣洩漏)。

鍋爐2中產生之富含二氧化碳廢氣通常可包含呈例如粉塵粒子形式之污染物氫氯酸 HCl 、硫氧化物 SO_x 及重金屬(包括水銀 Hg)，該等污染物應在處置二氧化碳之前自富含二氧化碳廢氣至少部分移除。

除塵裝置8自富含二氧化碳廢氣移除大部分粉塵粒子。管道26有效地自織物過濾器8輸送富含二氧化碳廢氣至氣體清除系統6之濕式洗氣器10。濕式洗氣器10包含循環泵28，其有效地使吸收液(包含例如石灰石)在漿液循環管30中循環，自濕式洗氣器10底部循環至一組配置於濕式洗氣器10上部之噴嘴32。漿液噴嘴32有效地將吸收液精細分佈於濕式洗氣器10中以達成吸收液與廢氣(經由管道26送至濕式洗氣器10且在濕式洗氣器10內實質上垂直地向上流動)之間之良好接觸，以實現自富含二氧化碳廢氣高效移除二氧化硫 SO_2 及其他酸性氣體。

至少部分清除之富含二氧化碳廢氣經由管道34離開濕式洗氣器10，該管道將廢氣送至氣體分流點36，其中至少部分清除之富含二氧化碳廢氣被分成兩個流，亦即經由管道20再循環回到鍋爐2之第一流及經由管道38送至呈鍋爐系

統1之氣體壓縮及純化單元(GPU)40形式的氣體純化系統之第二流。在GPU 40中，清除之富含二氧化碳廢氣經進一步清除且壓縮供處置。壓縮之二氧化碳因此經由管道41離開GPU 40且送去處置，其有時稱為「CO₂封存」。經由管道20再循環回到鍋爐2之第一流在離開濕式洗氣器10之部分清除之富含二氧化碳廢氣之總流量中通常佔50體積%至75體積%。因此，離開濕式洗氣器10之部分清除之富含二氧化碳廢氣之總流量中通常佔25體積%至50體積%之第二流經由管道38送至GPU 40，其將在下文中更詳細描述。

圖2更詳細地說明GPU 40。應理解圖2之說明具示意性且GPU可包含其他用於氣體純化之裝置等。

GPU 40包含至少一個具有至少一個且通常兩個至十個壓縮階段之壓縮機用於壓縮清除之富含二氧化碳廢氣。各壓縮階段可配置為獨立單元。作為替代方案，且如圖2中所說明，若干壓縮階段可藉由共用驅動裝置來操作。圖2之GPU 40包含具有第一壓縮階段42、第二壓縮階段44及第三壓縮階段46之壓縮機40'。第一至第三壓縮階段42、44、46一起形成GPU 40之低壓壓縮單元48。壓縮階段42、44、46與由壓縮機40'之馬達52驅動之共用驅動軸50連接。

GPU 40包含至少一個配置於壓縮階段42、44、46中之一者下游的氣體純化系統中間冷卻及水銀吸附單元54。在圖2之實施例中，中間冷卻及水銀吸附單元54係配置於第三壓縮階段46之下游，亦即低壓壓縮單元48之下游。應理解中間冷卻及水銀吸附單元54亦可配置於第一壓縮階段42之

下游或第二壓縮階段44之下游。亦可在GPU中配置一個以上中間冷卻及水銀吸附單元54，例如第二壓縮階段44下游的一個中間冷卻及水銀吸附單元及第三壓縮階段46下游的一個中間冷卻及水銀吸附單元54。另外，亦可在下游未配置中間冷卻及水銀吸附單元54之一些或所有彼等壓縮階段之下游配置中間冷卻單元56，其具有中間冷卻及水銀吸附單元54之中間冷卻功能、但沒有其水銀吸附功能。因此，中間冷卻單元56可配置於圖2之GPU 40之第一壓縮階段42及第二壓縮階段44之下游。所說明的一個該視情況選用之中間冷卻單元56位於第一壓縮階段42之下游。

清除之富含二氧化碳廢氣經由管道38進入GPU 40且引入第一壓縮階段42中。管道58輸送來自第一壓縮階段42之壓縮氣體，視情況經由中間冷卻單元56，至第二壓縮階段44。管道60輸送來自第二壓縮階段44之壓縮氣體，視情況經由未圖示之中間冷卻單元，至第三壓縮階段46。管道62輸送來自第三壓縮階段46之壓縮氣體至中間冷卻及水銀吸附單元54。

中間冷卻及水銀吸附單元54之主要部件為第一氣體冷卻器64、水銀吸附器66、第二氣體冷卻器68及氣體乾燥器70。水銀吸附器66有效地移除壓縮氣體中之至少一部分水銀含量。氣體乾燥器70用來移除壓縮氣體中之至少一部分水蒸氣含量。中間冷卻及水銀吸附單元54之部件將在下文中參考圖3更詳細描述。

管道72自中間冷卻及水銀吸附單元54輸送其中已移除至

少一部分水銀及水蒸氣含量的壓縮氣體至GPU 40之視情況選用之其他單元。GPU 40之該等視情況選用之其他單元之實例包括不冷凝氣體移除單元，例如CO₂液化單元73，其中氣體在熱交換器(通常稱為冷箱)中經冷卻，以促使二氧化碳液化，使得二氧化碳可與在二氧化碳之液化溫度下不液化之氣體(諸如氮氣)分離。此外，如根據二氧化碳之輸送方向可見，GPU 40可包含配置於CO₂液化單元73下游且包含一或多個壓縮階段的高壓壓縮單元74，用於壓縮二氧化碳至適合壓力以封存。在高壓壓縮單元74中壓縮氣體之後，可呈超臨界狀態或液態的壓縮二氧化碳經由管道41送至CO₂封存地點76。

圖3更詳細地描述中間冷卻及水銀吸附單元54。在第三壓縮階段46中壓縮之富含二氧化碳廢氣經由流體連通管道62進入中間冷卻及水銀吸附單元54。剛好位於第三壓縮階段46下游之壓縮之富含二氧化碳廢氣可具有10巴至60巴絕對壓力之壓力及通常60°C至270°C之溫度，該溫度為中間冷卻及水銀吸附單元54進行其操作時氣體之起始溫度。在一個實例中，離開第三壓縮階段46之壓縮之富含二氧化碳廢氣可具有120°C之起始溫度及35巴絕對壓力之壓力。

壓縮之富含二氧化碳廢氣經由流體連通管道62進入第一氣體冷卻器64。冷卻介質迴路78與第一氣體冷卻器64連接用於循環第一氣體冷卻器64中之冷卻介質，諸如冷卻空氣、冷卻水、冷卻油或另一適合冷卻劑。作為另一替代方案，第一氣體冷卻器64可為空氣冷卻型。冷卻之壓縮富含

二氧化碳廢氣經由流體連通管道80離開第一氣體冷卻器64。溫度感測器82係配置於管道80中以量測冷卻之壓縮富含二氧化碳廢氣之溫度。阻尼器或閥84係配置於冷卻液迴路78中用於控制冷卻介質向第一氣體冷卻器64之流動。溫度感測器82控制閥84以供應適量之冷卻介質。通常，溫度感測器82控制冷卻介質向第一氣體冷卻器64之流動以使得經冷卻之壓縮富含二氧化碳廢氣具有高於壓縮之富含二氧化碳廢氣中的水的露點溫度 5°C 至 30°C 的第一溫度。露點溫度為氣體混合物中之水蒸氣開始冷凝成液態水的溫度。液態水將對下游水銀吸附器66之功能有害，且因此，冷卻之壓縮富含二氧化碳廢氣較佳冷卻至高於露點溫度之第一溫度。水銀吸附器66傾向於溫度愈低操作愈高效，且因此較佳冷卻至高於壓縮之富含二氧化碳廢氣中的水的露點溫度不超過 30°C 的第一溫度。在一個實例中，離開第一氣體冷卻器64的冷卻之壓縮富含二氧化碳廢氣具有 60°C 之第一溫度，該溫度比所討論之冷卻之壓縮富含二氧化碳廢氣中之水之 50°C 露點溫度高 10°C 。

冷卻之壓縮富含二氧化碳廢氣經由流體連通管道80送至水銀吸附器66。水銀吸附器66具備填料86，填料86包含對水銀具有親和力之水銀吸附劑。吸附劑可為例如浸漬有硫之活性炭或本身已知對水銀具有親和力的其他材料。因此，當冷卻之壓縮富含二氧化碳廢氣通過填料86時，氣體中之至少一部分水銀含量將吸附於填料86之水銀吸附劑上。

其中已移除至少一部分水銀含量之冷卻之壓縮富含二氧化碳廢氣經由流體連通管道88送至第二氣體冷卻器68。通常，水銀吸附器66與第二氣體冷卻器68之間不配置壓縮機或其他氣體加熱裝置。冷卻液迴路90與第二氣體冷卻器68連接用於循環第二氣體冷卻器68中之冷卻介質，諸如乙二醇-水混合物、氨-水混合物、有機致冷劑或其他適合冷卻劑。冷卻液迴路90之冷卻劑具有比冷卻之壓縮富含二氧化碳廢氣低之溫度。因此，在第二氣體冷卻器68中實現冷卻之壓縮富含二氧化碳廢氣的進一步冷卻。進一步冷卻之壓縮富含二氧化碳廢氣經由流體連通管道92離開第二氣體冷卻器68。溫度感測器94係配置於管道92中以量測進一步冷卻之壓縮富含二氧化碳廢氣之溫度。閥96係配置於冷卻液迴路90中用於控制冷卻劑向第二氣體冷卻器68之流動。溫度感測器94控制閥96以供應適量之冷卻劑。通常，溫度感測器94控制冷卻劑向第二氣體冷卻器68之流動以使得進一步冷卻之壓縮富含二氧化碳廢氣具有低於上述第一溫度且高於壓縮之富含二氧化碳廢氣之二氧化碳水合物形成溫度 0°C 至 40°C 的第二溫度。二氧化碳水合物形成溫度為包含二氧化碳及水蒸氣之氣體混合物中之二氧化碳及水開始形成固態水合物的溫度，參見例如Tamman, G.及Krige, G. J. (1925): 「*Equilibrium pressures of gas hydrates.*」 *Zeit. Anorg. und Algem. Chem.*, 146, 第179頁至第195頁。形成固態二氧化碳水合物將對第二氣體冷卻器68之功能有害，且因此，進一步冷卻之壓縮富含二氧化碳廢氣較佳冷卻至

高於二氧化碳水合物形成溫度之第二溫度。更佳，進一步冷卻之壓縮富含二氧化碳廢氣係冷卻至高於二氧化碳水合物形成溫度且低於富含二氧化碳廢氣中之水露點溫度的第二溫度。藉由促使一些水蒸氣冷凝且較佳如在下文中所述在氣液分離器中移除藉此所形成之液體，可降低須由氣體乾燥器70移除之殘餘水蒸氣負載。溫度愈低，須由氣體乾燥器70移除之殘餘水蒸氣負載則進一步降低，從而乾燥設備愈小。因此，較佳冷卻至比進一步冷卻之壓縮富含二氧化碳廢氣之二氧化碳水合物形成溫度高不超過40°C的第二溫度。在一個實例中，進一步冷卻之壓縮富含二氧化碳廢氣具有15°C之第二溫度，該溫度比所討論之進一步冷卻之壓縮富含二氧化碳廢氣之6°C二氧化碳水合物形成溫度高9°C。

進一步冷卻之壓縮富含二氧化碳廢氣經由流體連通管道92送至視情況選用之氣液分離器98。氣液分離器98將第二氣體冷卻器68中進一步冷卻氣體所引起之冷凝作用所產生的水滴與剩餘氣體分離。水滴收集於氣液分離器98之下部100中。液位計102量測氣液分離器98中之液體量。配置於氣液分離器98之下部100中之排水管104具備閥106。液位計102控制閥106，且當氣液分離器98中之液位太高時命令閥106打開。當打開閥106時，液體經由排水管104自氣液分離器98排向水處理裝置108。

進一步冷卻之壓縮富含二氧化碳廢氣經由流體連通管道110自氣液分離器98進一步送至氣體乾燥器70。氣體乾燥

器 70 具備填料 112，填料 112 包含對水蒸氣具有親和力之水蒸氣吸附劑(亦稱為乾燥劑)。乾燥劑可為例如矽膠、硫酸鈣、氯化鈣、高嶺土、分子篩或本身已知用作乾燥劑的其他材料。因此，當進一步冷卻之壓縮富含二氧化碳廢氣通過填料 112 時，氣體中之至少一部分水蒸氣含量將吸附於填料 112 之乾燥劑上。

其中已移除至少一部分水蒸氣含量的進一步冷卻之壓縮富含二氧化碳廢氣經由流體連通管道 114 送至視情況選用之過濾器 116。過濾器 116 具備過濾插入件 118，其可具有織物袋、金屬過濾網、陶瓷管及本身已知可自氣體高效移除固體粒子的其他裝置形式。該等粒子可例如來源於水銀吸附器 66 之填料 86 之吸附劑材料及/或來自氣體乾燥器 70 之填料 112 之乾燥劑。微粒材料可導致壓縮階段磨損或阻塞 CO₂ 液化單元，且因此，在如圖 2 所說明將氣體經由流體連通管道 72 送至 CO₂ 液化單元 73 及高壓壓縮單元 74 之前藉助於過濾器 116 自氣體移除任何微粒材料可為適合的。

在一個實例中，經由管道 72 離開中間冷卻及水銀吸附單元 54 的進一步冷卻之壓縮富含二氧化碳廢氣具有 15°C 之溫度及恰好低於 30 巴絕對壓力之絕對壓力，因為當氣體通過單元 54 時存在微小壓降為正常的。氣體中之水銀及水蒸氣含量亦降低。如圖 2 中所說明，該氣體適用於在 CO₂ 液化單元 73 及高壓壓縮單元 74 中進一步處理，且最終經由管道 41 送至二氧化碳封存 76。舉例而言，CO₂ 液化單元 73 之熱交換器(亦稱為冷箱)通常可由鋁製成。鋁可與水銀以不期望

的方式反應。藉由CO₂液化單元73上游之吸附器66自富含二氧化碳廢氣中移除水銀，可避免或至少最小化該等問題。此外，在一些情況下亦需要自二氧化碳移除水銀以符合CO₂封存76所需之規格。

回到圖3，中間冷卻及水銀吸附單元54具備間歇再生氣體乾燥器70之水蒸氣吸附能力的再生及加熱系統120。再生及加熱系統120亦用於在起動時預熱水銀吸附器66。供給管122經配置以向系統120供應再生氣體。再生氣體較佳為不與填料86及112反應之惰性氣體。適合氣體之實例包括氮氣、來自例如管道41之清潔二氧化碳或較佳具有少量水銀及水蒸氣的其他惰性氣體。較佳，在CO₂液化單元73中自二氧化碳分離的通常包含氮氣為其主要成分之一的惰性廢氣用作再生氣體。再生系統120包含適合於加熱再生氣體之加熱器124。加熱迴路126與加熱器124連接用於循環加熱器124中之加熱介質，諸如蒸汽。加熱之再生氣體經由流體連通管道128離開加熱器124。溫度感測器130係配置於管道128中以量測加熱之再生氣體之溫度。閥132係配置於加熱迴路126中用於控制加熱介質向加熱器124之流動。溫度感測器130控制閥132以供應適量之加熱介質。為了在起動時預熱水銀吸附器66之填料86之材料，加熱器124通常可加熱再生氣體至約40°C至80°C之溫度。為了再生氣體乾燥器70之填料112之材料，加熱器124通常可加熱再生氣體至約120°C至300°C之溫度。

水銀吸附器隔離閥134、136分別配置於管道88、80上。

在預熱程序期間，關閉閥134、136以隔離水銀吸附器66，且加熱之再生氣體係經由與管道128流體連通之管道138自再生及加熱系統120供應至水銀吸附器66。再生氣體加熱填料86之材料。水銀穩固結合至填料86之材料，此意謂在其預熱期間無或幾乎無水銀自填料86釋放。廢再生氣體經由管道140離開水銀吸附器66。不含有水銀或含有極低濃度水銀之廢再生氣體可釋放至大氣中。

當填料86已根據其吸附能力吸附水銀時，關閉閥134、136且用新鮮填料86置換廢填料86。

氣體乾燥器隔離閥142、144分別配置於管道114、110上。在再生程序期間，關閉閥142、144以隔離氣體乾燥器70，且加熱之再生氣體係經由與管道128流體連通之管道146自再生及加熱系統120供應至氣體乾燥器70。再生氣體加熱填料112之材料且促使水蒸氣解吸附。含有解吸附之水蒸氣之廢再生氣體經由管道148離開氣體乾燥器70。因為水銀吸附器66係安裝於氣體乾燥器70之上游，所以無水銀或僅極少量之水銀吸附於氣體乾燥器70之填料112之材料中。因此，無水銀或幾乎無水銀在氣體乾燥器70之再生期間解吸附。就水銀而論，來自氣體乾燥器70之廢再生氣體極為清潔，且因此可釋放至大氣中。

應理解當閥134、136關閉時，沒有富含二氧化碳氣體可通過水銀吸附器66。根據一個實施例，GPU 40可具備兩個並聯水銀吸附器66，彼等並聯吸附器之一66處於操作狀態，而另一個並聯吸附器經歷填料86之置換。根據另一實

施例，富含二氧化碳廢氣可在置換填料86期間排放至大氣中。

亦應理解當閥142、144關閉時，沒有富含二氧化碳氣體可通過氣體乾燥器70。根據一個實施例，GPU 40可具備兩個並聯氣體乾燥器70，彼等並聯氣體乾燥器之一70處於操作狀態，而另一個並聯氣體乾燥器70經歷再生。根據另一實施例，富含二氧化碳廢氣可在氣體乾燥器70之填料112再生期間排放至大氣中。

在圖1所說明之鍋爐系統1起動時，鍋爐系統1之大多數部件(包括中間冷卻及水銀吸附單元54之大多數部件)為冷的，此意謂其視周圍溫度而定通常具有約0°C至25°C之溫度。該等低溫造成水銀吸附器66內之氣體溫度在起動期間有低於水之露點溫度之風險，其可導致在填料86內發生不期望的液態水冷凝。為避免該水冷凝，如上文所述利用再生及加熱系統120，以在GPU 40起動開始之前預熱水銀吸附器66。此預熱可如下達成：利用再生及加熱系統120將例如40°C至80°C溫度之加熱氣體(諸如加熱氮氣、加熱之清潔二氧化碳氣體或加熱廢氣(例如含有諸如氮氣及氧之不冷凝氣體之廢氣))經由管道128及138送至水銀吸附器66以達成填料86之預熱，以避免在起動期間填料86中形成任何水滴。

圖4根據替代實施例說明呈二氧化碳分離單元240形式之氣體純化系統。二氧化碳分離單元240之許多特徵與氣體壓縮及純化單元40之特徵類似，且給圖4之彼等類似特徵

指定之參考編號與圖1之參考編號相同。二氧化碳分離單元240與圖1中所說明之氣體壓縮及純化單元40不同之處在於二氧化碳係藉助於低溫方法與其他氣體(諸如空氣及氮氣)分離。在低溫方法中，富含二氧化碳廢氣經壓縮且冷卻至使得二氧化碳液化之低溫。隨後可達成與其他氣體的分離，該等其他氣體的沸騰溫度比二氧化碳低且有時稱為「不冷凝氣體」。不冷凝氣體之實例包括氮氣、氧氣及氫氣。用於分離及回收二氧化碳之低溫方法之實例揭示於US 2008/0173584及US 2010/0215566中。

回到圖4，二氧化碳分離單元240包含以壓縮階段246說明之氣體壓縮機240'、中間冷卻及水銀吸附單元254及低溫分離單元243作為其主要單元。氣體壓縮機240'可與在上文中參考圖2所述壓縮機40'相當類似，且係由馬達52驅動。壓縮氣體經由管道262送至中間冷卻及水銀吸附單元254之第一氣體冷卻器64。第一氣體冷卻器64以如上文中參考圖3所述類似方式冷卻氣體至第一溫度，冷卻之壓縮氣體隨後經由管道80送至水銀吸附器66。水銀吸附器66以如上文中參考圖3所述類似方式吸附氣體中的水銀。冷卻之壓縮氣體隨後經由管道88送至第二氣體冷卻器68。第二氣體冷卻器68以如上文中參考圖3所述類似方式進一步冷卻氣體至第二溫度。進一步冷卻之壓縮氣體隨後經由管道92送至氣體乾燥器70。氣體乾燥器70以如上文中參考圖3所述類似方式吸附氣體中的水蒸氣。中間冷卻及水銀吸附單元254視情況可進一步包含圖3中所揭示類型之氣液分離器及

/或過濾器及/或再生系統。

氣體經由管道272離開氣體乾燥器70且進入低溫分離單元243。在低溫分離單元243中，二氧化碳與不冷凝氣體分離。因此，通常包含液化二氧化碳的富含二氧化碳流經由管道241離開低溫分離單元243且可送往二氧化碳封存。不冷凝氣體流經由管道245離開低溫分離單元243且可釋放至大氣中。

低溫分離單元243通常可包含所謂的冷箱247。冷箱247可為可由鋁製成之多通道熱交換器，低溫分離單元243之各種流可於其中加熱及冷卻。根據一個方案，冷卻液迴路290與第二氣體冷卻器68連接用於冷卻氣體至第二溫度。如圖4中所示，冷卻液迴路290可與冷箱247連接，以便將冷卻液迴路290中循環之冷卻劑冷卻時利用冷箱247之冷卻能力。

可作為冷箱247結構之一部分所包括的鋁可以不期望的方式與水銀反應。藉由低溫分離單元243之冷箱247上游之吸附器66自富含二氧化碳廢氣移除水銀，可避免或至少最小化該等問題。此外，在一些情況下亦需要自二氧化碳移除水銀以符合二氧化碳封存所需之規格。

應理解上述實施例之眾多變化形式可屬於隨附申請專利範圍之範疇內。

上文已描述包括壓縮機40'、240'、第一氣體冷卻器64、水銀吸附器66、第二氣體冷卻器68及氣體乾燥器70之氣體純化系統可如何整合為GPU 40之部件，如圖2至3中所說

明，或可如何與低溫分離單元243組合，如圖4中所說明。應理解，需要時，此類型之氣體純化系統及其操作方法亦可與其他類型的製程整合，以便自富含二氧化碳廢氣移除水銀及水蒸氣。此外，上述類型之氣體純化系統亦可整合於GPU 40之其他部件中且以除上文所述以外之方式與低溫分離單元243組合。

概括而言，清除在鍋爐中在含氧氣氣體存在下燃燒燃料所產生之富含二氧化碳廢氣的氣體純化系統40包含：

壓縮機40'，用於壓縮富含二氧化碳廢氣，

第一氣體冷卻器64，用於冷卻壓縮之富含二氧化碳廢氣，

水銀吸附器66，配置於第一氣體冷卻器64下游，用於移除冷卻之壓縮富含二氧化碳廢氣中之至少一部分水銀含量，

第二氣體冷卻器68，配置於水銀吸附器66下游，用於進一步冷卻壓縮之富含二氧化碳廢氣，及

氣體乾燥器70，用於移除進一步冷卻之壓縮富含二氧化碳廢氣中之至少一部分水含量。

雖然本發明已參考大量較佳實施例加以描述，但熟習此項技術者應瞭解在不悖離本發明之範疇的情況下可進行各種變化且可用相等物替代其元件。此外，可在不悖離本發明之主要範疇的情況下進行多處修改以使特定情況或材料適應本發明之教示。因此，希望本發明不限於作為本發明之最佳實施方式所揭示的特定實施例，而且本發明將包括

屬於隨附申請專利範圍之範疇內的所有實施例。此外，使用術語第一、第二等不表示任何次序或重要性，而是術語第一、第二等用來區別一個元件與另一個。

【圖式簡單說明】

圖1為鍋爐系統之示意性側視圖。

圖2為氣體壓縮及純化單元之示意性側視圖。

圖3為中間冷卻及水銀吸附單元之示意性側視圖。

圖4為低溫二氧化碳分離方法之示意性側視圖。

【主要元件符號說明】

1	鍋爐系統
2	鍋爐
4	蒸汽渦輪機發電系統
6	氣體清除系統
8	靜電除塵器/除塵裝置/織物過濾器
10	濕式洗氣器
12	燃料庫
14	供給管
16	氧氣源
18	供給管
20	管道
22	蒸汽管
24	管道
26	管道
28	循環泵

30	漿液循環管
32	噴嘴
34	管道
36	氣體分流點
38	管道
40	氣體壓縮及純化單元
40'	壓縮機
41	管道
42	第一壓縮階段
44	第二壓縮階段
46	第三壓縮階段
48	低壓壓縮單元
50	共用驅動軸
52	馬達
54	中間冷卻及水銀吸附單元
56	中間冷卻單元
58	管道
60	管道
62	管道
64	第一氣體冷卻器
66	水銀吸附器
68	第二氣體冷卻器
70	氣體乾燥器
72	管道

73	CO ₂ 液化單元
74	高壓壓縮單元
76	CO ₂ 封存地點
78	冷卻介質迴路/冷卻液迴路
80	管道
82	溫度感測器
84	阻尼器/閥
86	填料
88	管道
90	冷卻液迴路
92	管道
94	溫度感測器
96	閥
98	氣液分離器
100	氣液分離器98之下部
102	液位計
104	排水管
106	閥
108	水處理裝置
110	管道
112	填料
114	管道
116	過濾器
118	過濾插入件

120	再生及加熱系統
122	供給管
124	加熱器
126	加熱迴路
128	管道
130	溫度感測器
132	閥
134	水銀吸附器隔離閥
136	水銀吸附器隔離閥
138	管道
140	管道
142	氣體乾燥器隔離閥
144	氣體乾燥器隔離閥
146	管道
148	管道
240	二氧化碳分離單元
240'	氣體壓縮機
241	管道
243	低溫分離單元
245	管道
246	壓縮階段
247	冷箱
254	中間冷卻及水銀吸附單元
262	管道

272	管 道
290	冷 卻 液 迴 路

發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號：| 0 1 1 0 1 4 8 1

※ 申請日：101. 1. 13

※IPC 分類：B01D^{53/62} (2006.01)
^{53/62} (2006.01)
^{53/74} (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

用於清除包含二氧化碳氣體之方法及二氧化碳純化系統

A METHOD OF CLEANING A CARBON DIOXIDE CONTAINING
 GAS, AND A CARBON DIOXIDE PURIFICATION SYSTEM

二、中文發明摘要：

本發明提供一種氣體純化系統(40)，用於清除在鍋爐中在含氧氣氣體存在下燃燒燃料所產生之富含二氧化碳廢氣，該系統包含：壓縮機(40')，用於壓縮該富含二氧化碳廢氣；第一氣體冷卻器(64)，用於冷卻該壓縮之富含二氧化碳廢氣；水銀吸附器(66)，配置於該第一氣體冷卻器(64)下游，用於移除該冷卻之壓縮富含二氧化碳廢氣中的至少一部分水銀含量；第二氣體冷卻器(68)，配置於該水銀吸附器(66)下游，用於進一步冷卻該壓縮之富含二氧化碳廢氣；及氣體乾燥器(70)，用於移除該進一步冷卻之壓縮富含二氧化碳廢氣中的至少一部分水含量。

三、英文發明摘要：

A gas purification system (40) for cleaning a carbon dioxide rich flue gas generated in a boiler combusting a fuel in the presence of a gas containing oxygen gas comprises: a compressor (40') for compressing the carbon dioxide rich flue gas, a first gas cooler (64) for cooling the compressed carbon dioxide rich flue gas, a mercury adsorber (66) arranged downstream of the first gas cooler (64) for removing at least a portion of a mercury content of the cooled compressed carbon dioxide rich flue gas, a second gas cooler (68) arranged downstream of the mercury adsorber (66) for further cooling the compressed carbon dioxide rich flue gas, and a gas drier (70) for removing at least a portion of a water content of the further cooled compressed carbon dioxide rich flue gas.

七、申請專利範圍：

1. 一種清除在鍋爐(2)中含氧氣氣體存在下燃燒燃料所產生之富含二氧化碳廢氣之方法，該方法包含
壓縮該富含二氧化碳廢氣，
冷卻該壓縮之富含二氧化碳廢氣至第一溫度，
輸送該冷卻之壓縮富含二氧化碳廢氣通過水銀吸附器(66)以移除該冷卻之壓縮富含二氧化碳廢氣中的至少一部分水銀含量，
進一步冷卻該壓縮之富含二氧化碳廢氣至第二溫度，其低於該第一溫度，及
輸送該進一步冷卻之壓縮富含二氧化碳廢氣通過乾燥器(70)以移除該進一步冷卻之壓縮富含二氧化碳廢氣中的至少一部分水含量。
2. 如請求項1之方法，其中冷卻該壓縮之富含二氧化碳廢氣至第一溫度之該步驟包含冷卻至高於該壓縮之富含二氧化碳廢氣中之水蒸氣的露點溫度的第一溫度。
3. 如請求項1之方法，其進一步包含冷卻至高於該壓縮之富含二氧化碳廢氣中之水蒸氣的露點溫度 5°C 至 30°C 的第一溫度。
4. 如請求項1之方法，其中進一步冷卻該壓縮之富含二氧化碳廢氣至低於該第一溫度之第二溫度的該步驟包含冷卻至低於該壓縮之富含二氧化碳廢氣中之水蒸氣的露點溫度的第二溫度。
5. 如請求項1之方法，其進一步包含冷卻至高於該壓縮之

富含二氧化碳廢氣之二氧化碳水合物形成溫度 0°C 至 40°C 的第二溫度。

6. 如請求項1之方法，其中壓縮該富含二氧化碳廢氣之該步驟包括藉助於該氣體之壓縮來加熱該壓縮之富含二氧化碳廢氣至高於該第一溫度之溫度。
7. 如請求項1之方法，其進一步包含藉助於該氣體之壓縮來加熱該壓縮之富含二氧化碳廢氣至 60°C 至 270°C 之溫度。
8. 一種氣體純化系統，用於清除在鍋爐(2)中含氧氣氣體存在下燃燒燃料所產生之富含二氧化碳廢氣，該氣體純化系統之特徵在於包含：

壓縮機(40'；240')，用於壓縮該富含二氧化碳廢氣，

第一氣體冷卻器(64)，如該富含二氧化碳廢氣之流向所示，其配置於該壓縮機(40'；240')下游，用於冷卻該壓縮之富含二氧化碳廢氣，

水銀吸附器(66)，配置於該第一氣體冷卻器(64)下游，用於移除該冷卻之壓縮富含二氧化碳廢氣中之至少一部分水銀含量，

第二氣體冷卻器(68)，配置於該水銀吸附器(66)下游，用於進一步冷卻該壓縮之富含二氧化碳廢氣，及

氣體乾燥器(70)，配置於該第二氣體冷卻器(68)下游，用於移除該進一步冷卻之壓縮富含二氧化碳廢氣中的至少一部分水含量。

9. 如請求項8之氣體純化系統，其進一步包含控制系統

(82、84)，該控制系統包含量測該第一氣體冷卻器(64)下游之該冷卻之壓縮富含二氧化碳廢氣之溫度的感測器(82)，該控制系統進一步包含根據該所測溫度控制該第一氣體冷卻器(64)之控制裝置(84)。

10. 如請求項8之氣體純化系統，其進一步包含聚水器(98)，其配置於該第二氣體冷卻器(68)與該氣體乾燥器(70)之間，用於自該進一步冷卻之壓縮富含二氧化碳廢氣收集液態水。
11. 如請求項8之氣體純化系統，其進一步包含加熱系統(120)，用於在該氣體純化系統起動之前輸送加熱之氣體通過該水銀吸附器(66)。

八、圖式：

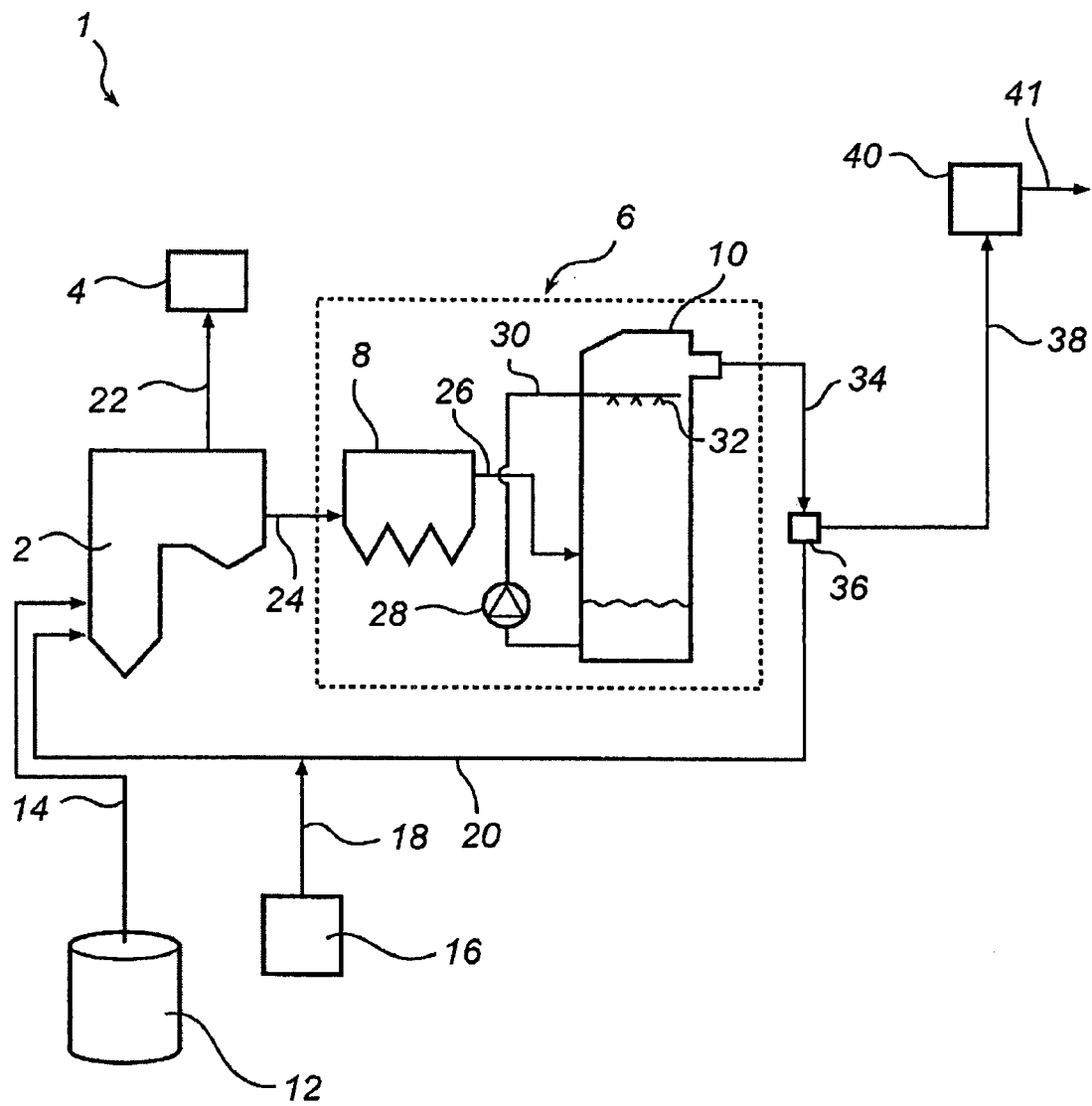


圖1

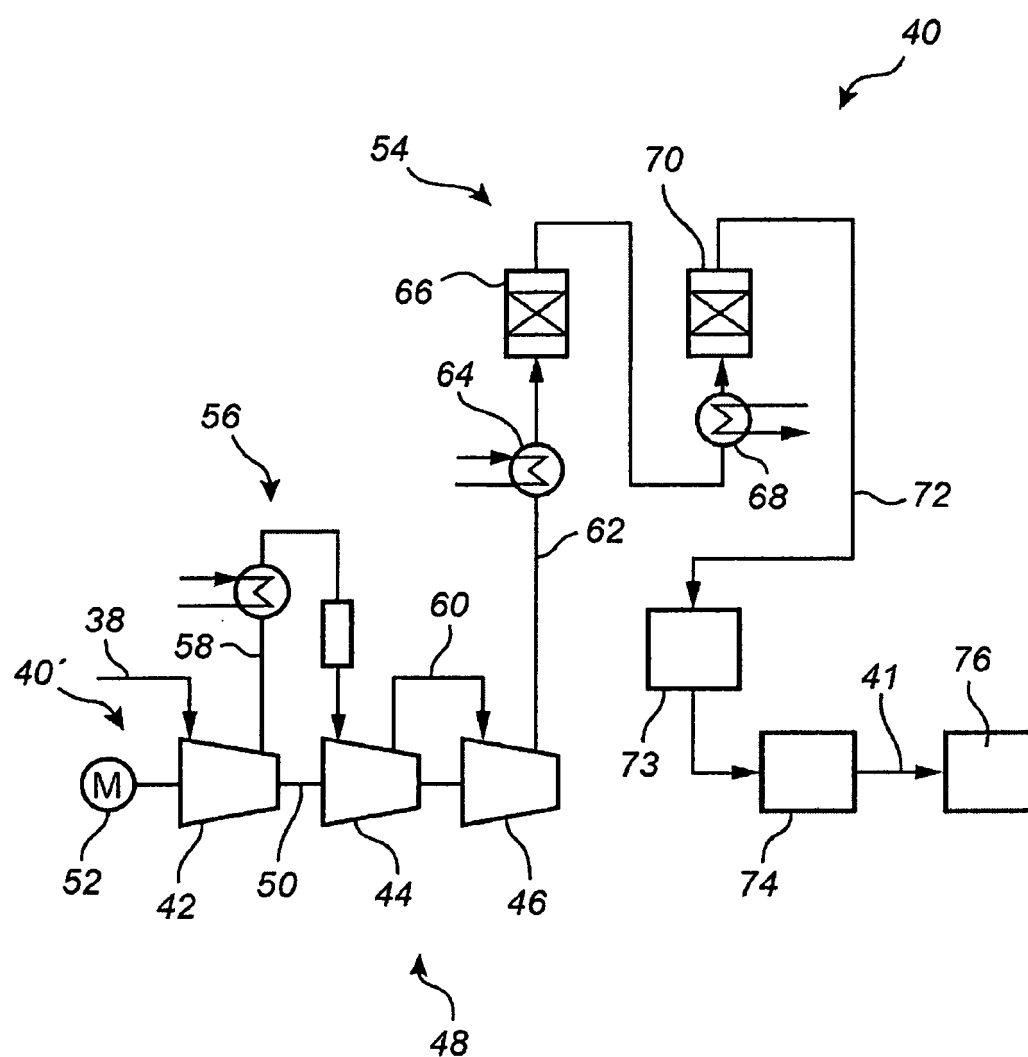


圖 2

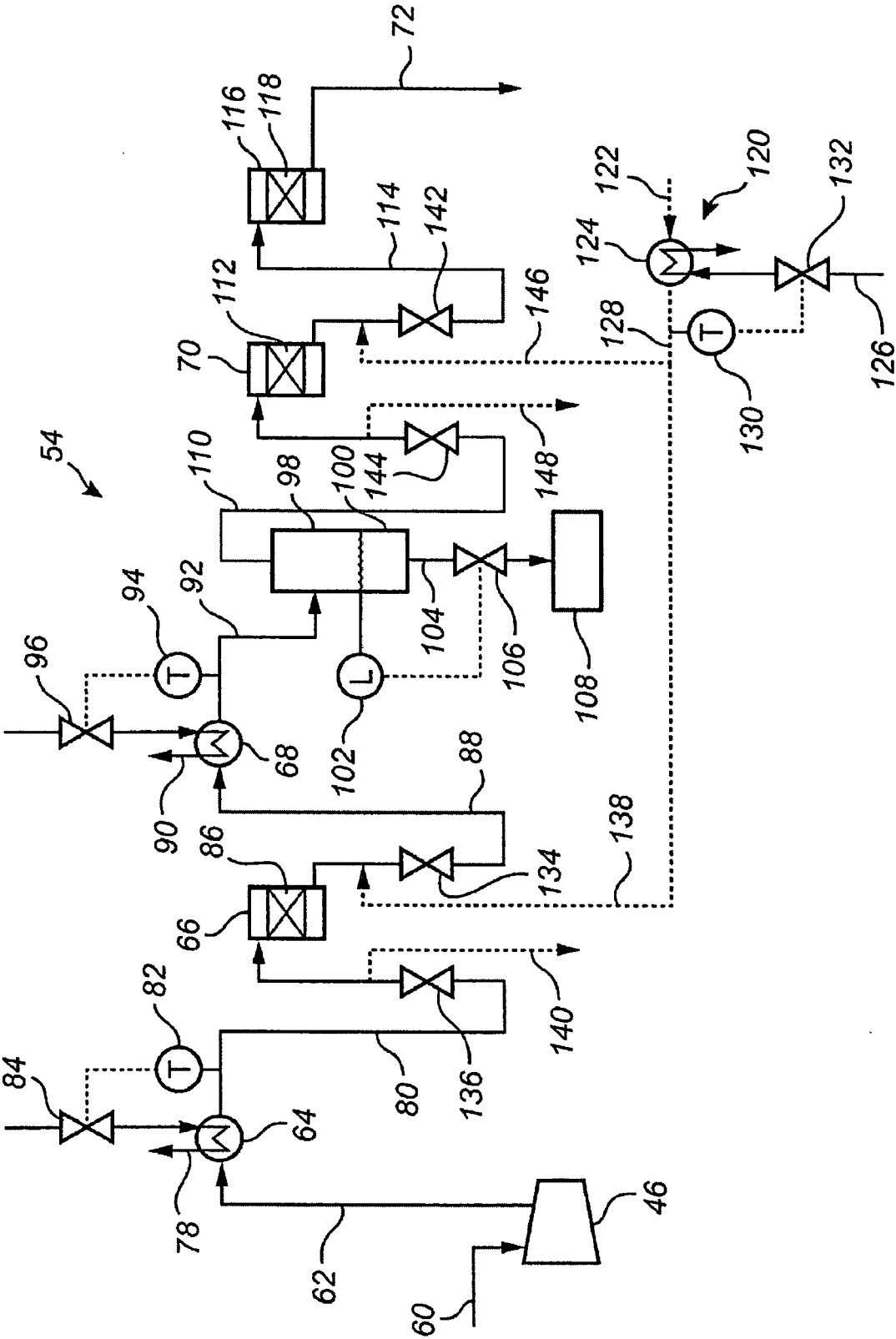


圖3

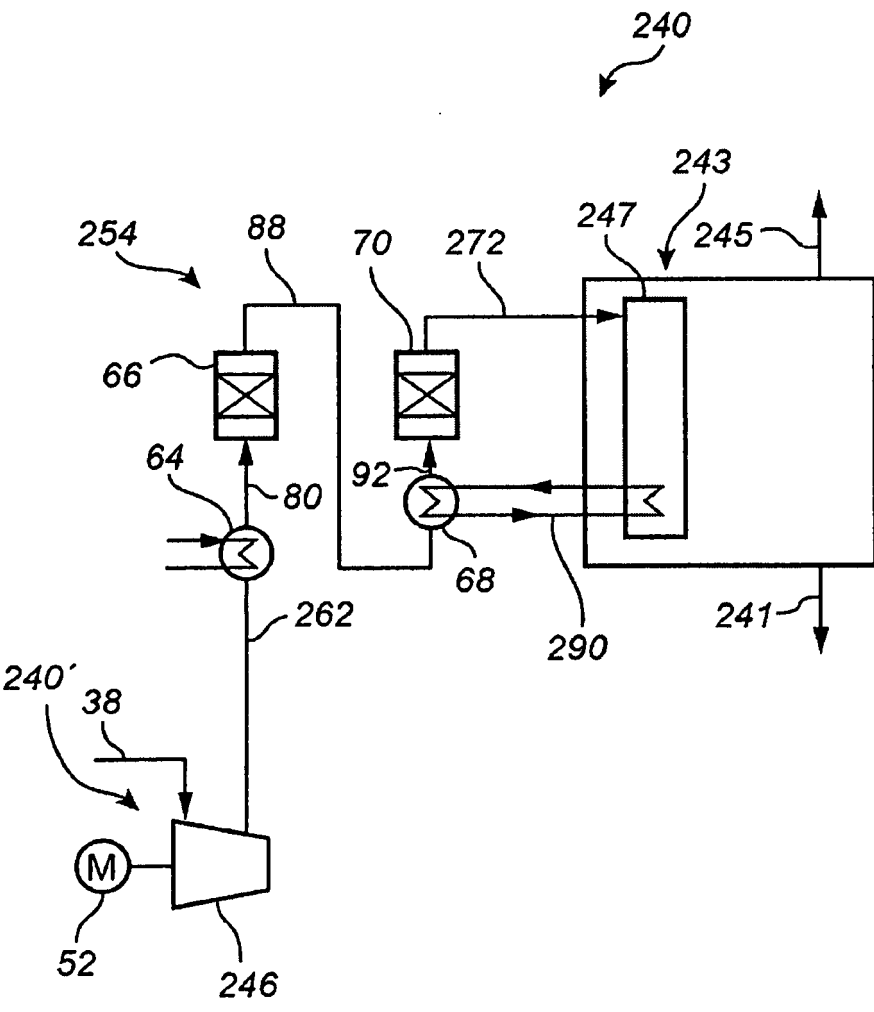


圖4

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第（ 2 ）圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

38	管道
40	氣體壓縮及純化單元
40'	壓縮機
41	管道
42	第一壓縮階段
44	第二壓縮階段
46	第三壓縮階段
48	低壓壓縮單元
50	共用驅動軸
52	馬達
54	中間冷卻及水銀吸附單元
56	中間冷卻單元
58	管道
60	管道
62	管道
64	第一氣體冷卻器
66	水銀吸附器
68	第二氣體冷卻器
70	氣體乾燥器
72	管道
73	CO ₂ 液化單元

74 高壓壓縮單元

76 CO₂封存地點

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

(無)