



(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 I599657 B

(45)公告日：中華民國 106 (2017) 年 09 月 21 日

(21)申請案號：104142475

(22)申請日：中華民國 104 (2015) 年 12 月 17 日

(51)Int. Cl. : C22B5/12 (2006.01)

C01B3/32 (2006.01)

C21B13/02 (2006.01)

(71)申請人：米德瑞克斯科技股份有限公司 (美國) MIDREX TECHNOLOGIES, INC. (US)
美國(72)發明人：米提斯 蓋瑞 E METIUS, GARY E. (US)；休斯 葛列格里 D HUGHES, GREGORY
D. (US)；麥可里蘭 小詹姆斯 M MCCLELLAND, JAMES M., JR. (US)

(74)代理人：王彥評；賴碧宏

(56)參考文獻：

CN 102232119A

審查人員：李明達

申請專利範圍項數：18 項 圖式數：2 共 26 頁

(54)名稱

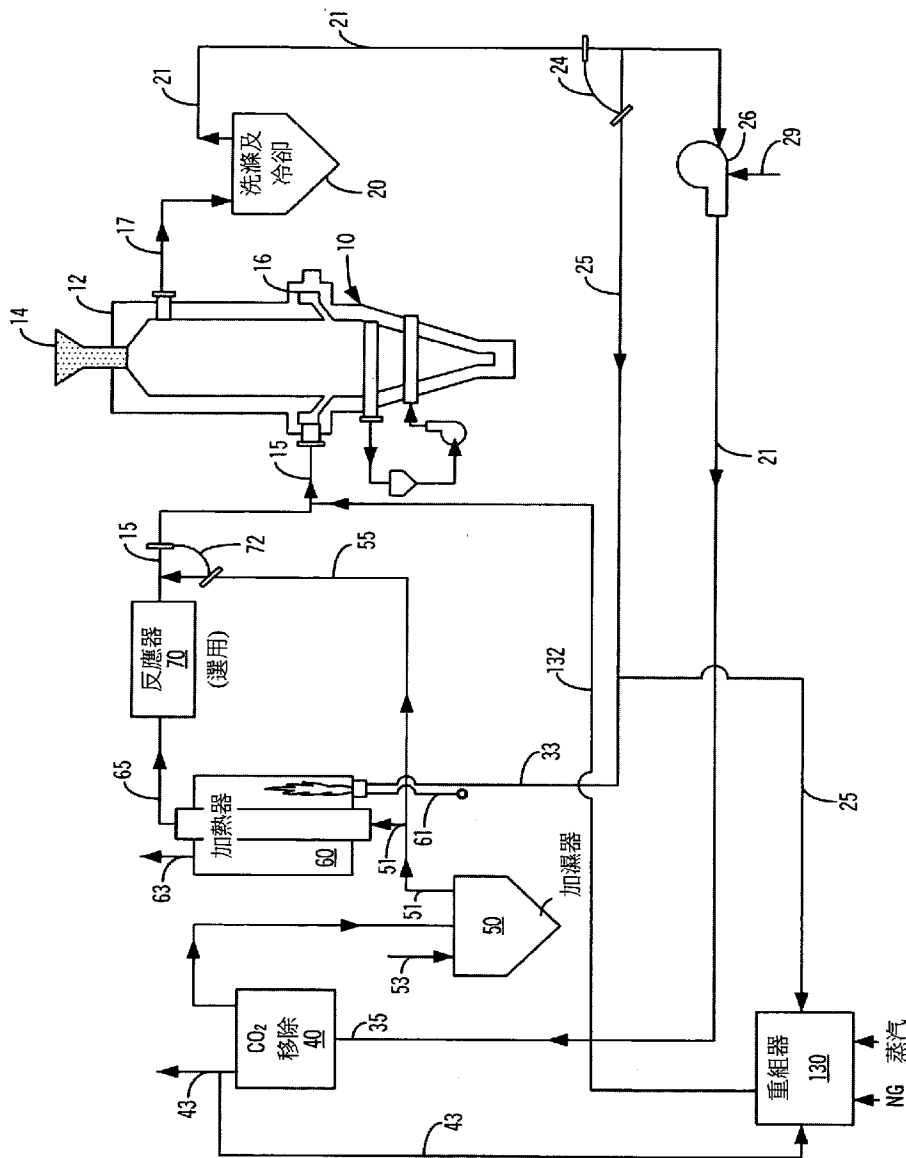
結合藉由饋入回收之二氧化碳的二氧化碳及蒸汽重組器之直接還原鐵之製造方法及製造系統
METHODS AND SYSTEMS FOR PRODUCING DIRECT REDUCED IRON INCORPORATING A
CARBON DIOXIDE AND STEAM REFORMER FED BY RECOVERED CARBON DIOXIDE

(57)摘要

一種製造直接還原鐵(direct reduced iron)(DRI)之方法及系統，其包含：在二氧化碳(CO₂)及蒸汽重組器中產生合成氣流；及對直接還原(DR)直爐提供該合成氣流作為還原氣流。該方法及系統亦包含將該合成氣流組合來自 DR 直爐的再循環廢氣流而形成還原氣流。該方法及系統進一步包含在將來自 DR 直爐的再循環廢氣流組合合成氣流而形成還原氣流之前，從來自 DR 直爐的再循環廢氣流移除二氧化碳(CO₂)。該方法及系統又進一步包含將從來自 DR 直爐的再循環廢氣流移除的 CO₂ 饋入 CO₂ 及蒸汽重組器。該方法及系統又進一步包含將從來自 DR 直爐的再循環廢氣流之再循環廢氣饋入 CO₂ 及蒸汽重組器。

Methods and systems for producing direct reduced iron (DRI), comprising: generating a syngas stream in a carbon dioxide (CO₂) and steam reformer; and providing the syngas stream to a direct reduction (DR) shaft furnace as a reducing gas stream. The methods and systems also comprise combining the syngas stream with a recycled off-gas stream from the DR shaft furnace to form the reducing gas stream. The methods and systems further comprise removing carbon dioxide (CO₂) from the recycled off-gas stream from the DR shaft furnace prior to combining it with the syngas stream to form the reducing gas stream. The methods and systems still further comprise feeding CO₂ removed from the recycled off-gas stream from the DR shaft furnace to the CO₂ and steam reformer. The methods and systems still further comprise feeding recycled off-gas from the recycled off-gas stream from the DR shaft furnace to the CO₂ and steam reformer.

指定代表圖：



第 2 圖

10 . . . 立式直爐
12 . . . 上端
14 . . . 含氧化鐵之
氧化物粒
15 . . . 還原氣體入
口管路
16 . . . 爐腹風管-風
口裝置
17 . . . 氣體排除管
線
20 . . . 冷卻器-洗滌
器設施
21 . . . 離開管線
24 . . . 壓力控制器
25 . . . 氮排放管線
26 . . . 壓縮機
29 . . . 管線
33 . . . 加熱管線
35 . . . 胺吸收器入
口管線
40 . . . CO₂ 移除設
施
43 . . . 排氣管線
50 . . . 加濕器
51 . . . 管線
53 . . . 管線
55 . . . 冷卻管線
60 . . . 加熱器
61 . . . 空氣管線
63 . . . 煙道管線
65 . . . 管線
70 . . . 反應器
72 . . . 溫度控制器
130 . . . CO₂ 及蒸
汽重組器
132 . . . 合成氣

發明摘要

※ 申請案號：104142475

※ 申請日：104/12/17

※IPC 分類：C22B 5/12 (2006.01)
C01B 3/32 (2006.01)
C21B 13/02 (2006.01)

【發明名稱】(中文/英文)

結合藉由饋入回收之二氧化碳的二氧化碳及蒸汽重組器之直接還原鐵之製造方法及製造系統

METHODS AND SYSTEMS FOR PRODUCING DIRECT REDUCED IRON INCORPORATING A CARBON DIOXIDE AND STEAM REFORMER FED BY RECOVERED CARBON DIOXIDE

【中文】

一種製造直接還原鐵(direct reduced iron)(DRI)之方法及系統，其包含：在二氧化碳(CO₂)及蒸汽重組器中產生合成氣流；及對直接還原(DR)直爐提供該合成氣流作為還原氣流。該方法及系統亦包含將該合成氣流組合來自 DR 直爐的再循環廢氣流而形成還原氣流。該方法及系統進一步包含在將來自 DR 直爐的再循環廢氣流組合合成氣流而形成還原氣流之前，從來自 DR 直爐的再循環廢氣流移除二氧化碳(CO₂)。該方法及系統又進一步包含將從來自 DR 直爐的再循環廢氣流移除的 CO₂ 饋入 CO₂ 及蒸汽重組器。該方法及系統又進一步包含將從來自 DR 直爐的再循環廢氣流之再循環廢氣饋入 CO₂ 及蒸汽重組器。

【英文】

Methods and systems for producing direct reduced iron (DRI), comprising: generating a syngas stream in a carbon dioxide (CO₂) and steam reformer; and providing the syngas stream to a direct reduction (DR) shaft furnace as a reducing gas stream. The methods and systems also comprise combining the syngas stream with a recycled off-gas stream from the DR shaft furnace to form the reducing gas stream. The methods and systems further comprise removing carbon dioxide (CO₂) from the recycled off-gas stream from the DR shaft furnace prior to combining it with the syngas stream to form the reducing gas stream. The methods and systems still further comprise feeding CO₂ removed from the recycled off-gas stream from the DR shaft furnace to the CO₂ and steam reformer. The methods and systems still further comprise feeding recycled off-gas from the recycled off-gas stream from the DR shaft furnace to the CO₂ and steam reformer.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第 2 圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

10	立 式 直 爐
12	上 端
14	含 氧 化 鐵 之 氧 化 物 粒
15	還 原 氣 體 入 口 管 路
16	爐 腹 風 管 - 風 口 裝 置
17	氣 體 排 除 管 線
20	冷 卻 器 - 洗 滌 器 設 施
21	離 開 管 線
24	壓 力 控 制 器
25	氮 排 放 管 線
26	壓 縮 機
29	管 線
33	加 熱 管 線
35	胺 吸 收 器 入 口 管 線
40	CO ₂ 移 除 設 施
43	排 氣 管 線
50	加 濕 器
51	管 線
53	管 線
55	冷 卻 管 線
60	加 熱 器
61	空 氣 管 線

63	煙道管線
65	管線
70	反應器
72	溫度控制器
130	CO ₂ 及蒸汽重組器
132	合成氣

【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)

結合藉由饋入回收之二氧化碳的二氧化碳及蒸汽重組器之直接還原鐵之製造方法及製造系統

METHODS AND SYSTEMS FOR PRODUCING DIRECT REDUCED IRON INCORPORATING A CARBON DIOXIDE AND STEAM REFORMER FED BY RECOVERED CARBON DIOXIDE

【技術領域】

【0001】本發明係大致關於製造直接還原鐵(direct reduced iron)(DRI)之方法及系統。更具體而言，本發明係關於製造結合藉由饋入回收之 CO_2 的二氧化碳(CO_2)及蒸汽重組器之 DRI 之方法及系統。

【先前技術】

【0002】美國專利第 3,844,766 號(BEGGS, PROCESS FOR REDUCING IRON OXIDE TO METALLIC SPONGE IRON WITH LIQUID OR SOLID FUELS)提供一種當用於此方法之外部燃料來源為液體或固體時藉由有效製造還原氣體之鐵礦直接還原(DR)之經濟方法。氣化爐設施將最少量的燃料轉化成主要包含還原劑(由從在還原方法中製造的已反應廢氣再生的還原劑供應)之氣體。控制量的水蒸氣被加入該氣體混合物，在進行轉化反應之前將其加熱到大約為還原爐溫度以在該爐外達到平衡，而製造具有較佳的氣體組成物之還原氣體。

【0003】然而，較佳為可稍微修改此方法，以 CO_2 及蒸汽重組器取代氣化爐且饋入回收之 CO_2 。此 CO_2 及蒸汽重組器為所屬技術領域者所熟知，但是並未用於 DR 方法。

【發明內容】

【0004】因此，在各例示性具體實施例中，本發明提供將一般與 Beggs 法有關之氣化爐以所屬技術領域者所熟知的 CO_2 及蒸汽重組器取代，其被饋入經洗滌及冷卻的來自直爐之廢氣、及藉由 CO_2 移除設施從該經洗滌及冷卻的來自直爐之廢氣移除的 CO_2 ，以及來自天然氣來源之天然氣、及來自蒸汽來源之蒸汽。在 CO_2 及蒸汽重組器中，將饋入氣體經由具有 CO_2 與蒸汽之天然氣的觸媒驅動重組轉化成合成氣。然後將該合成氣加入一般恰在(選用)反應器下游進入直爐之流。

【0005】具體而言，在一例示性具體實施例中，本發明提供一種製造直接還原鐵(DRI)之方法，其包含：在二氧化碳(CO_2)及蒸汽重組器中產生合成氣流；及對直接還原(DR)直爐提供該合成氣流作為還原氣流。該方法亦包含將該合成氣流組合來自 DR 直爐的再循環廢氣流而形成還原氣流。該方法進一步包含在將來自該 DR 直爐的再循環廢氣流組合合成氣流而形成還原氣流之前，從來自 DR 直爐的再循環廢氣流移除二氧化碳(CO_2)。該方法又進一步包含將從來自 DR 直爐的再循環廢氣流移除的 CO_2 饋入 CO_2 及蒸汽重組器。該方法又進一步包含將從來自 DR 直爐的再循環廢氣流之再循環廢氣饋入 CO_2 及

蒸汽重組器。該方法又進一步包含將天然氣饋入 CO_2 及蒸汽重組器。該方法又進一步包含將蒸汽饋入 CO_2 及蒸汽重組器。該方法又進一步包含將來自 DR 直爐的再循環廢氣流加濕。該方法又進一步包含將來自 DR 直爐的再循環廢氣流加熱。該方法視情況包含對來自 DR 直爐的再循環廢氣流進行水煤氣轉化反應 (water-gas shift reaction)。在對來自 DR 直爐的再循環廢氣流進行水煤氣轉化反應之後，將合成氣流組合來自 DR 直爐的再循環廢氣流而形成還原氣流。

【0006】類似地，在另一例示性具體實施例中，本發明提供一種製造直接還原鐵 (DRI) 之系統，其包含：用以產生合成氣流之二氧化碳 (CO_2) 及蒸汽重組器；及用以對直接還原 (DR) 直爐提供該合成氣流作為還原氣流之導管。該系統亦包含用以將該合成氣流組合來自 DR 直爐的再循環廢氣流而形成還原氣流之導管。該系統進一步包含用以在將來自該 DR 直爐的再循環廢氣流組合合成氣流而形成還原氣流之前，從來自 DR 直爐的再循環廢氣流移除 CO_2 之二氧化碳 (CO_2) 移除設施。該系統又進一步包含用以將從來自 DR 直爐的再循環廢氣流移除的 CO_2 饋入 CO_2 及蒸汽重組器之導管。該系統又進一步包含用以將從來自 DR 直爐的再循環廢氣流之再循環廢氣饋入 CO_2 及蒸汽重組器之導管。該系統又進一步包含用以將天然氣饋入 CO_2 及蒸汽重組器之導管。該系統又進一步包含用以將蒸汽饋入 CO_2 及蒸汽重組器之導管。該系統又進一步包含用以將來自 DR 直爐的再循環廢氣流

加濕之加濕器。該系統又進一步包含用以將來自 DR 直爐的再循環廢氣流加熱之加熱器。該系統視情況包含用以對來自 DR 直爐的再循環廢氣流進行水煤氣轉化反應之水煤氣轉化反應器。在對來自 DR 直爐的再循環廢氣流進行水煤氣轉化反應之後，將合成氣流組合來自 DR 直爐的再循環廢氣流而形成還原氣流。

【圖式簡單說明】

【0007】本發明在此參考各圖式而描述及說明，其中酌情使用同樣的參考號碼表示同樣的方法步驟/系統組件，及其中：

【0008】第 1 圖為依照先行技術而描述利用液態或固態燃料之 DR 方法的一例示性具體實施例之流程圖；及

【0009】第 2 圖為依照本發明而描述利用饋入回收之二氧化碳的 CO_2 及蒸汽重組器之 DR 方法的一例示性具體實施例之流程圖。

【實施方式】

【0010】又，美國專利第 3,844,766 號提供一種藉由從外部供應至反應容器之還原氣體將氧化鐵直接還原(DR)成金屬鐵之方法，尤其是與利用天然氣作為燃料之方法相反，從液態或固態燃料製造至少一部分還原氣體之還原方法。

【0011】此方法特別適用於在立式直爐中直接還原之經造粒、成團、或尺寸分類的鐵礦。然而，所屬技術領域者應了解，該方法可具有更廣泛的應用，且可應用於例如使用旋轉窯或流體化床將鐵礦 DR 之還原系統。

【0012】將鐵礦 DR 而製造預還原材料(pre-reduced material)或海綿鐵之方法為所屬技術領域者所熟知。在許多種已知的不同方法之中，已達到商業成功之此等海綿鐵方法及與其特別相關之方法可定義為將主要由 H_2 及一氧化碳(CO)還原劑構成的還原氣體供應至爐、窯、或流體化床中，與各種氧化階段的氧化鐵反應而製造作為最終產物的金屬鐵之系統。雖然所屬技術領域者已熟知此種方法之基本還原概念，但成功將鐵礦粒還原成適合用作使用電爐等之煉鋼廠的直接進料之金屬粒子只不過是最近。此超越過去數十年的成功與還原廠或設施之經濟直接相關，進而受工廠硬體、及更重要之用於產生令人滿意的還原氣體之燃料成本支配。更具體而言，現有的已知設備通常特徵為其使用天然氣作為燃料，主要為甲烷(CH_4)。將 CH_4 與已反應廢氣之氧化劑反應，而將氧化劑及 CH_4 轉化成還原劑。如此形成的還原劑大多由從已反應廢氣再生的還原劑供應。此種方法之一例敘述於美國專利第 3,748,120 號(BEGGS 等人，METHOD OF AND APPARATUS FOR REDUCING IRON OXIDE TO METALLIC IRON)，其描述一種藉由間接燃燒催化重組器達成之連續的安定方法，其中在相對低溫將 CH_4 以氧化劑反應。

【0013】上述方法之應用必然限於富天然氣之地理區域。在可得燃料為液體(如重燃料油)或固體(如煤)之處，一般因為無將重油或煤氣化成為富 CH_4 氣體(其進而可被重組成為還原氣體)之已確定的方法，而無法簡單地使

用已知的還原方法。將以上燃料氣化之唯一已知的已確定的方法為完全氣化成為主要由 H_2 與 CO 還原劑構成的還原型氣體。不幸地，氣化方法昂貴，且其成本幾乎與其輸出成線性比例。更重要地，操作氣化器因所製造的還原劑比例(定義為以 H_2/CO 表示的氣體 H_2 與 CO)，而製造不特別適合 DR 法之氣體。修改氣化方法而改變還原劑比例則造成迄今使用昂貴的燃料且成本太高之無效率方法。

【0014】因此，Beggs 法係供於將鐵礦直接還原，同時將用以製造還原型氣體之外部燃料來源最小化，該方法亦固有地提供製造高品質還原氣體之步驟。

【0015】Beggs 法係以其中將已反應廢氣冷卻及洗滌，混合使用液態或固態燃料由已知氣化器製造的還原型氣體，且輸送通過 CO_2 移除設施之系統來達成。離開 CO_2 移除設施之氣體混合物主要由還原劑構成，將其輸送通過加濕器而在此對該混合物供應控制量的蒸汽。然後將該氣體加熱，及輸送通過可使該氣體混合物進行水煤氣轉化反應達到平衡之反應器。此反應之結果為以反應器將一種還原劑氣體重組成另一種而得到合適的還原劑比例之方式，有效率地利用已反應廢氣所含有且由已知氣化器所製造的還原劑。

【0016】離開反應器之氣體的溫度大約為或接近還原氣體被引入還原爐時之所欲溫度。其不僅可未進一步加熱即將氣體直接引入還原爐，亦防止在還原爐中發生水煤氣轉化反應。還原爐中出現此反應對有效率的爐操作顯著有害。

【0017】Beggs 法之另一優點為其安定性，其部分因為在將其加熱及反應之前，可操作 CO_2 移除設施從氣體混合物移除幾乎全部 CO_2 。如此可以小心計量至混合物的蒸汽量，不僅控制還原氣體之所欲的還原劑比例，亦控制所欲的還原劑/氧化劑比例，因為轉化形式的蒸汽變成還原氣體中氧化劑之主要來源。

【0018】Beggs 法之又另一優點來自節省使用該方法所需的外部燃料。雖然大部分燃料節省係因將已反應氣體再生而生效，但仍因利用轉化反應的顯熱而進一步節省燃料。即由放熱的轉化反應生成之熱將氣體混合物溫度提高而可使加熱器以比所需為低的溫度操作。因而分別離開加熱器及反應器之氣體的溫度差代表節省燃料。

【0019】Beggs 法係描述於第 1 圖。共同形成該方法之組件部分據信個別及本身為所屬技術領域者所已知，因此在此不詳細顯示或說明。這些部分包括立式直爐 10、冷卻器-洗滌器設施 20、氣化器設施 30、 CO_2 移除設施 40、加濕器 50、加熱器 60、及反應器 70。

【0020】立式直爐 10 具有上端 12，其中饋入含氧化鐵之氧化物粒 14 或其他的實體、壓縮體、或團，該從爐 10 下端移除之粒係如金屬鐵。從爐上端 12 移除者為還原氣體入口管路 15，其連接用以將氣體引入爐 10 中的爐腹風管-風口裝置 16。鄰接爐上端部分 12 者為氣體排除管線 17，用過的廢氣或已反應氣體經由其而離開。因為此設計由於還原氣體逆向流通過氧化物粒 14(該粒因重力而下降至爐 10 底部)而有效率利用氣體，故以直爐

10 描述及說明。其他已知的還原爐，如旋轉窯、分批型、或流體化床裝置，亦可在此取代直爐 10 而使用。

【0021】已反應氣流經由廢氣管線 17 且輸送至冷卻器-洗滌器 20，在此將該氣體冷卻及洗滌塵粒。雖然冷卻器-洗滌器 20 可為任何習知型式，較佳型式為直接接觸式水冷器，如氣體向上流動及冷卻水藉由重力向下流動通過填充物之逆向流填充塔。

【0022】經冷卻及清潔的已反應氣體經由離開管線 21 離開冷卻器-洗滌器 20，且為了之後所解釋的目的，藉由合適的壓力控制器 24 調節微量的此氣體，使其從離開管線 21 排放至氮排放管線 25。大部分經冷卻及清潔的已反應氣體持續行進通過離開管線 21 且輸送通過壓縮機 26。壓縮機 26 將該氣體充分壓縮到適合操作該方法之組件部分的壓力，且管線 29 之密封氣體係供應至壓縮機 26 之軸承，以防止空氣向內滲漏至系統中。壓縮空氣在離開管線 21 中持續行進直到其到達混合閥 27，在此將其與在氣化器設施 30 中形成的還原型氣體混合。

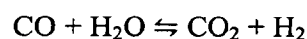
【0023】此氣化器設施 30 將燃料(液體或固體，且較佳為燃料油或煤)，轉化成主要由 H_2 與 CO 還原劑氣體構成的還原型氣體。通常此設施利用由氧氣廠產生的氧、由蒸汽廠產生的蒸汽，將與蒸汽與氧混合的燃料注入部分氧化反應器中，將燃料氣化。在氧化反應器下游提供已知設備從氣體洗滌未轉化碳及移除粒子(如灰分)。然而，在氣化器設施 30 中不必提供 CO_2 移除設施，因為 Beggs 法之特點之一為在封閉迴路系統中提供 CO_2 移除設施。

【0024】如此在氣化器設施 30 中產生的還原型氣體經由管線 31 離開，爲了之後所解釋的目的，一部分氣體從其排放至連接氮排放管線 25 之加熱管線 33。大部分還原氣體殘留在連接混合閥 27 之管線 30 中；該還原型氣體與經清潔及冷卻氣體在其中摻合而製造被定義爲第一氣體混合物之還原型氣體。第一氣體混合物經由胺吸收器入口管線 35 離開閥 27 及輸送通過 CO_2 移除設施 40。 CO_2 移除設施 40 包含維持在相對低溫之已知的胺吸收器塔等，其不僅從第一氣體混合物分離 CO_2 ，亦吸收在氣化器設施 30 中製造之還原型氣體中的一些硫化氫 (H_2S)，其連同 CO_2 經由排氣管線 43 離開。

【0025】還原型氣體經由管線 41 離開 CO_2 移除設施 40，其主要由還原劑 H_2 與 CO 構成，且具有殘量的氧化劑水 (H_2O) 與 CO_2 及其他氣體，該混合物被定義爲第二氣體混合物。此第二氣體混合物經由管線 41 進入加濕器 50。加濕器 50 可包含如 20 所示之習知冷卻器-洗滌器。然而，蒸汽來源通常得自氣化器設施 30，因此其較佳爲加濕器 50 本質上包含經由其將控制量的蒸汽注入加濕器 50 中的一個或多個噴嘴。如果需要，則可依照在加濕器 50 下游感測之氣體組成物，在管線 53 提供控制調節閥，以控制引入第二氣體混合物中的蒸汽量(未表示)。

【0026】含有預定比例量的蒸汽之第二氣體混合物定義第三氣體混合物，其經由管線 51 離開加濕器 50，且管線 51 中的大部分第三氣體混合物進入加熱器 60。在較佳具體實施例中，加熱器 60 含有複數個管子，其藉由

從管線 33 與氮排放管線 25 供應至加熱器 60 之可燃物、連同從空氣管線 61 供應之助燃空氣而被間接加熱。用過的煙道氣體係從加熱器 60 經由煙道管線 63 抽出。如此加熱到預定溫度的第三氣體混合物經由管線 65 離開加熱器 60 及進入反應器 70。反應器 70 為充滿耐熱性鎳或鉻鎳合金填充材料(如包爾環(Pall ring)等)之預定體積結構，其確保水煤氣轉化反應依照以下的已知方程式達到平衡：



【0027】此反應因第三氣體混合物無 CO_2 而以所示方向進行，且為了之後所陳述的原因，大約為 $1,500^\circ\text{F}$ 之溫度及在 $1,400\text{-}1,600^\circ\text{F}$ 之範圍內。加熱器 60 及反應器 70 如此組合而發生上示反應，顯然一些轉化會在加熱器 60 中發生而製造較佳的還原氣體。因此，預期可將加熱器 60 設計成在加熱器 60 內提供足以完全發生轉化達到平衡之停留時間。或者可將加熱器 60 設計成提供可充滿活性金屬型觸媒(較佳為包含鎳(nickel bearing))，且通常包含沉積在氧化鋁載體上或與其混合之鎳的一個或多個反應器管，以確保加熱器 60 內的轉移平衡。

【0028】為了控制目的，其希望離開反應器 70 之還原氣體的溫度比引入直爐 10 中的氣體之溫度稍高。因此，在該方法中可能會提供將該氣體稍微冷卻至爐入口溫度的步驟。其因將微量的相對冷氣體從加濕器離開管線 51 排放至冷卻管線 55 中，及將其引入在反應器 70 下游之氣體入口管線 15，可不顯著影響還原氣體組成物而容易

地完成。從冷卻管線 55 引入管線 15 中的冷氣體量易藉由溫度控制器 72 而調節。替代性冷卻步驟可包括在反應器下游安插小型冷卻器-洗滌器，或者同樣從管線 21 排放一部分經冷卻及清潔的已反應氣體。離開反應器 70 之還原氣體如此在氣體入口管線 15 中冷卻至預定溫度，且被引入爐腹風管-風口裝置 16 中，而在直爐 10 中將氧化鐵 DR。

【0029】所述的 Beggs 法之特徵可為連續、封閉的迴路循環，其中將已反應廢氣混合在氯化器設施 30 中製造，及在加熱器 60 中重組的還原型氣體，而經濟地製造具有理想的氣體組成物之還原氣體。由以下表列的計算分析可較佳地了解，其顯示當以燃料油或煤作為外部燃料來源而操作該方法時，在全部該方法中各位置取得之氣體組成物及流速。

表 1

氣體樣品位置	CO	CO ₂	燃料油 氣體組成物：		N ₂	流速 (NCM/MT)
			H ₂	H ₂ O		
還原氣體管線15	0.3337	0.0366	0.5247	0.0581	0.0469	2067
已反應氣體管線17	0.2031	0.1673	0.3781	0.2047	0.0469	2067
洗滌器-冷卻器管線21	0.2377	0.1974	0.4424	0.0596	0.0629	1766
氮排放管線 25	—	—	—	—	—	353
氯化器管線31	0.4760	0.0440	0.4460	0.0250	0.0090	882
第一氣體混合物管線35	0.3293	0.1385	0.4438	0.0463	0.0422	2295
煙道管線43	—	—	—	—	—	308
第二氣體混合物管線41	0.3857	0.0050	0.5199	0.0400	0.0494	1959
蒸汽管線 53	—	—	—	—	—	108
第三氣體混合物管線51	0.3656	0.0047	0.4928	0.0900	0.0468	2067

表 2

氣體樣品位置	CO	CO ₂	煤 氣體組成物：			流速 (NCM/MT)
			H ₂	H ₂ O	N ₂	
還原氣體管線15	0.4104	0.0458	0.4337	0.0489	0.0612	2080
已反應氣體管線17	0.2529	0.2034	0.3157	0.1669	0.0612	2080
洗滌器-冷卻器管線21	0.2825	0.2289	0.3527	0.0596	0.0764	1862
氮排放管線 25	—	—	—	—	—	372
氯化器管線31	0.5410	0.1160	0.3040	0.0250	0.0140	958
第一氣體混合物管線35	0.3837	0.1847	0.3336	0.0461	0.0519	2447
煙道管線43	—	—	—	—	—	442
第二氣體混合物管線41	0.4764	0.0050	0.4142	0.0400	0.0645	1971
蒸汽管線53	—	—	—	—	—	108
第三氣體混合物管線51	0.4515	0.0047	0.3926	0.0900	0.0611	2080

【0030】表列的氣體組成物揭示一種較佳的還原氣體，其造成最適的由以下標準決定之還原爐效率：

- 1.以 H_2/CO 表示的還原劑比例；
- 2.以 H_2+CO/H_2O+CO_2 表示的還原劑對氧化劑比例；及
- 3.在直爐之氣體入口處引入的還原氣體溫度。

【0031】更具體而言，其需要較佳的 H_2/CO 比例，以確保直爐 10 內的 CO 還原反應(其為放熱性)之熱敏感性因直爐 10 內的 H_2 還原反應(其為吸熱性)而均衡。即希望 H_2/CO 比例大於一，使得由 H_2 反應佔優勢而避免金屬粒子黏附或叢集，調節碳控制，及提供可更容易控制的整體方法。現已發現，此還原劑比例在 1.0 至 2.0/1 之較佳範圍內。依照上示資料，當使用燃料油及煤作為外部燃料來源時，該方法之還原劑比例分別為 1.57/1 及 1.06/1。關於此點應了解，以上資料係由據信代表在典型

重油及典型高灰分煤用之已知氣化器中可產生的最適 H_2/CO 比例之公告分析來計算。

【0032】其需要較佳的氧化劑對還原劑比例，以控制金屬化最終粒子之碳含量及提供富還原氣體，其對於在直爐的最後還原步驟中將方鐵礦有效率地還原成金屬鐵極為重要。通常增加還原劑對氧化劑比例會造成同樣增加還原氣體之品質或豐富度、及金屬化鐵之碳含量。還原劑/氧化劑比例大約為 9/1 之還原氣體會造成實質上為零之碳含量，同時對還原氣體賦與足以將方鐵礦有效率地轉化成金屬鐵之品質或豐富度。雖然還原劑對氧化劑比例小於 9/1 亦將鐵礦還原成金屬鐵，但顯然必須將方鐵礦暴露於較大量的此種氣體以進行此還原，因此負面影響爐效率。另一方面，希望對還原氣體中的還原劑供應殘量 H_2O 及 CO_2 且使彼此達到均衡的平衡比例，而防止在直爐內發生水煤氣轉化反應。除此之外，本質上為放熱之該轉化反應會提高還原氣體溫度，而產生粒的黏附或叢集。在上示氣體組成物中，由燃料油及煤製造的還原氣體中的還原劑比例分別為 9.06/1 及 8.91/1。

【0033】上示標準使由直爐內的吸熱-放熱金屬化反應產生的熱敏感性均衡，以防止粒子黏附或叢集。熱敏感性如此達到均衡，則產生最高反應速率同時防止粒的黏附或叢集之控制因素為直爐入口處之還原氣體溫度。此溫度已測定為在 $1,300\sim 1,500^{\circ}F$ 之範圍內，且較佳為大約 $1,400^{\circ}F$ 之溫度。

【0034】如此定義的許多必須控制以製造高品質還原氣體之變數，則簡要復習已知技術即可導致提升 Beggs 法。由以上資料可證實，據信已知的氯化器設施以最大效率操作而製造儘可能最高比例的 H_2 ，當使用的外部燃料來源為煤時最佳提供 0.6-0.8/1 的還原劑比例，及當使用的外部燃料來源為油時最佳提供 0.8-1.1/1 的還原劑比例。如果將特徵為此還原劑比例小於 1 之還原氣體以 $1,400^{\circ}F$ 之入口溫度引入直爐中，則放熱反應佔優勢。假設此反應遍及爐的橫切面均勻發生，則會發生粒的黏附。此還原氣體因此必須以較低溫度引入，為了將其還原成金屬鐵，實質上必須增加此氣體接觸粒的時間。因此，必須以較長的時間供應更大量的氣體以製造合適的金屬化最終產物，且顯著降低直爐效率。

【0035】依照 Beggs 法，在爐外及以大約等於爐入口溫度之溫度，將氣體混合物中的過量 CO 以預定量的蒸汽反應，而製造較佳組成物的還原氣體。該還原氣體在引入直爐之前不必提高溫度。因此一態樣為，可藉由在反應器中以遠高於一般操作此反應器以製造最大量 H_2 之溫度（一般為 $600-800^{\circ}F$ ）的溫度，允許發生水煤氣轉化反應而得到較佳組成物的還原氣體。另一態樣為直爐內無水煤氣轉化反應，因為此反應已在爐外達到平衡。其係因為在反應之前，氣體混合物中蒸汽對 CO_2 的比例在反應器上游大於反應器下游或直爐內。因此，還原氣體的氧化劑比例係由供應氣體混合物之蒸汽決定，其可容易地調節而提供反應方法的最佳控制。另一態樣為利用

由水煤氣轉化反應器內的放熱反應所造成的熱敏感性而有效率地得到。因此，在反應器內發出之熱可將來自加濕器之氣體混合物加熱到只比所欲的爐入口溫度稍低，然後輸送通過催化性水煤氣轉化反應器，在此該轉化反應將氣體進一步加熱至爐溫度。因此，Beggs 法成為直接還原鐵礦之經濟方法。

【0036】其可對此方法進行許多種修改而不背離本發明之精神或重點。例如可藉由控制通過 CO₂ 移除設施 40 之蒸汽含量而從該方法排除加濕器 50，且仍重組加熱器 60 中的氣體混合物而製造較佳的還原氣體組成物。又雖然已顯示將加熱器中製造的還原型氣體引入連接 CO₂ 移除設施之入口管線 35 中，但顯然此氣體可在爐 10 下游及 CO₂ 移除設施上游之任何點引入系統中。

【0037】現在特別參考第 2 圖，其提出一特別感興趣的修改。將氣化器 30 以所屬技術領域者所熟知的 CO₂ 及蒸汽重組器 130 取代，對其饋入來自直爐 10 之經洗滌及冷卻的廢氣 25、及藉由 CO₂ 移除設施 40 從來自直爐 10 之經洗滌及冷卻的廢氣 21 移除的 CO₂ 43，以及來自天然氣來源之天然氣及來自蒸汽來源之蒸汽。在 CO₂ 及蒸汽重組器 130 中，饋入氣體經由天然氣與 CO₂ 及蒸汽的催化驅動重組被轉化成合成氣 132。然後將合成氣 132 結合一般恰在(選用)反應器 70 下游進入直爐 10 之流 15。

【0038】雖然本發明在此參考其較佳具體實施例及指定實施例而描述及說明，但其他的具體實施例及實施例可展現類似功能及/或達成同等結果對所屬技術領域者

為顯而易知。所有此種等效具體實施例及實施例均在本發明之精神及範圍內，因而預期及意圖涵蓋於本案的申請專利範圍。

【符號說明】

【0039】

10	立式直爐
12	上端
14	含氧化鐵之氧化物粒
15	還原氣體入口管路
16	爐腹風管-風口裝置
17	氣體排除管線
20	冷卻器-洗滌器設施
21	離開管線
24	壓力控制器
25	氮排放管線
26	壓縮機
27	混合閥
29	管線
30	氣化器設施
31	管線
33	加熱管線
35	胺吸收器入口管線
40	CO ₂ 移除設施
43	排氣管線
50	加濕器

51	管 線
53	管 線
55	冷 卻 管 線
60	加 熱 器
61	空 氣 管 線
63	煙 道 管 線
65	管 線
70	反 應 器
72	溫 度 控 制 器
130	CO ₂ 及 蒸 汽 重 組 器
132	合 成 氣

申請專利範圍

1. 一種製造直接還原鐵(direct reduced iron)(DRI)之方法，其包含：

在二氧化碳(CO₂)及蒸汽重組器中產生合成氣流；

對直接還原(DR)直爐提供該合成氣流作為還原氣流；

從來自該 DR 直爐的再循環廢氣流移除二氧化碳(CO₂)；及

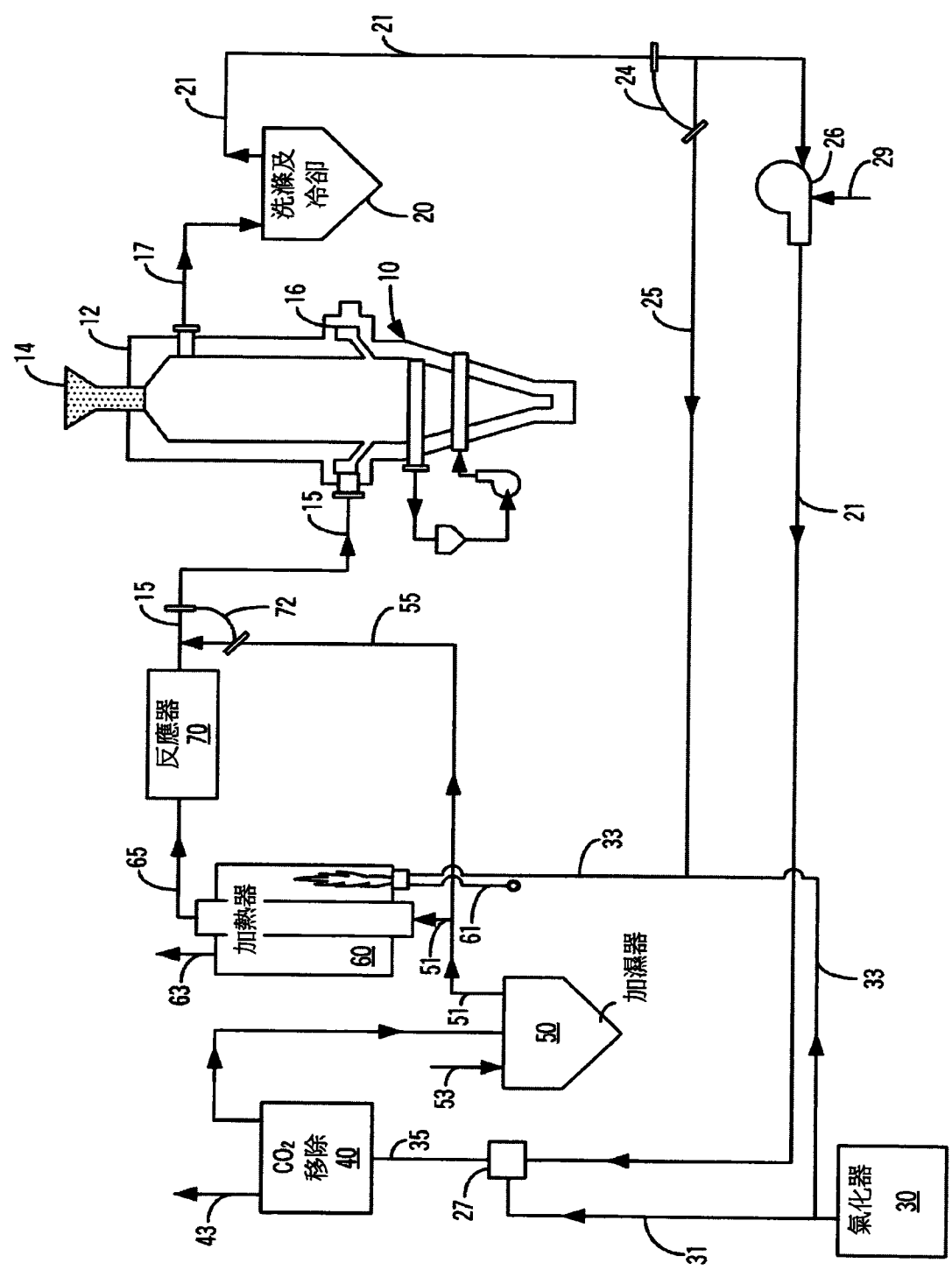
將從來自該 DR 直爐的再循環廢氣流所移除的 CO₂ 饋入該 CO₂ 及蒸汽重組器。

2. 如請求項 1 之方法，其進一步包含在從來自該 DR 直爐的再循環廢氣流移除 CO₂ 之後，將該合成氣流組合來自該 DR 直爐的再循環廢氣流而形成該還原氣流。
3. 如請求項 2 之方法，其進一步包含將從來自該 DR 直爐的再循環廢氣流之一些再循環廢氣饋入該 CO₂ 及蒸汽重組器。
4. 如請求項 1 之方法，其進一步包含將天然氣饋入該 CO₂ 及蒸汽重組器。
5. 如請求項 1 之方法，其進一步包含將蒸汽饋入該 CO₂ 及蒸汽重組器。
6. 如請求項 2 之方法，其進一步包含將來自該 DR 直爐的再循環廢氣流加濕。
7. 如請求項 2 之方法，其進一步包含將來自該 DR 直爐的再循環廢氣流加熱。
8. 如請求項 2 之方法，其進一步包含對來自該 DR 直爐的再循環廢氣流進行水煤氣轉化反應(water-gas shift reaction)。

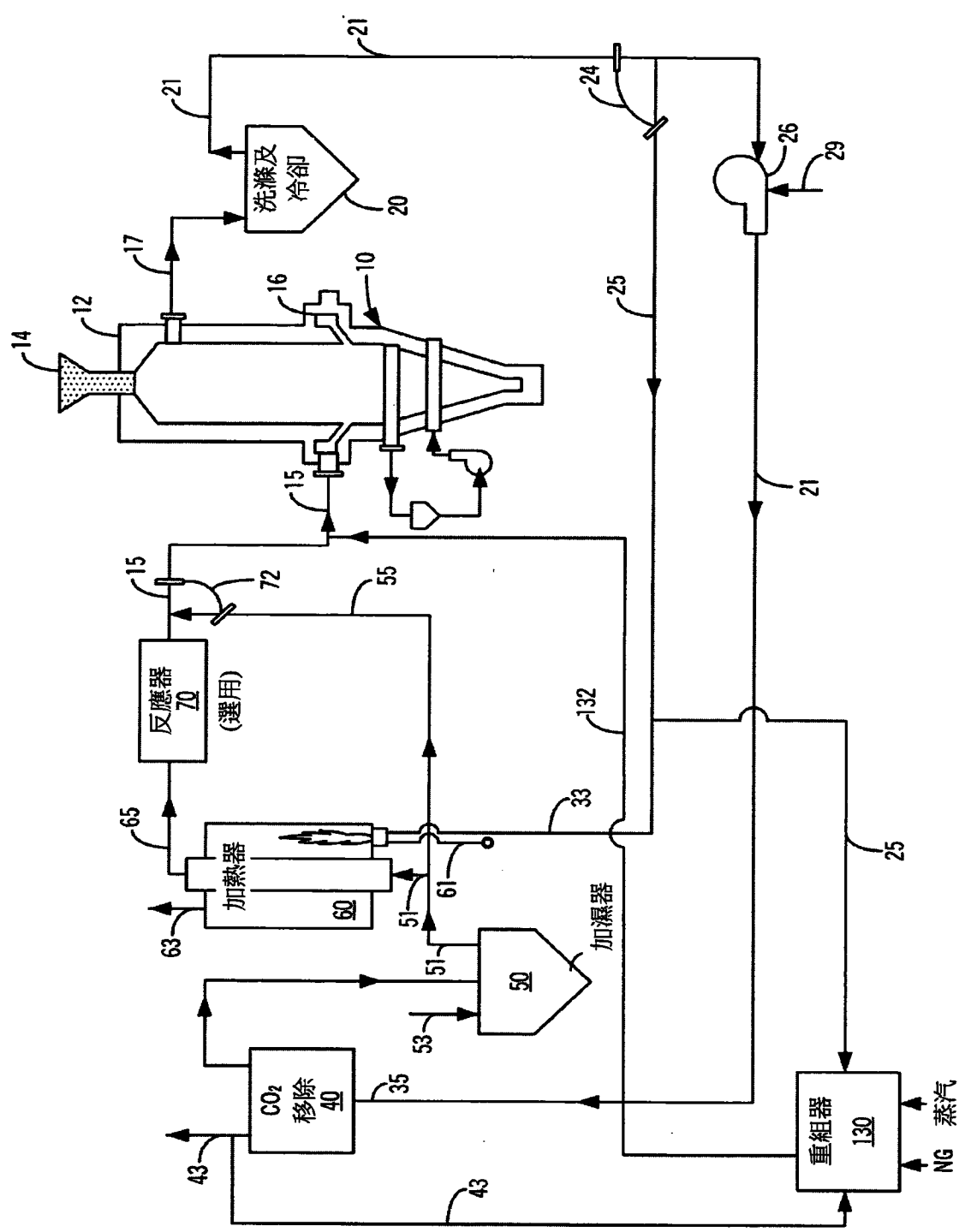
- 9.如請求項 8 之方法，其中在對來自該 DR 直爐的再循環廢氣流進行水煤氣轉化反應之後，將該合成氣流組合來自該 DR 直爐的再循環廢氣流而形成該還原氣流。
- 10.一種製造直接還原鐵(DRI)之系統，其包含：
- 用以產生合成氣流之二氧化碳(CO₂)及蒸汽重組器；
 - 用以對直接還原(DR)直爐提供該合成氣流作為還原氣流之導管；
 - 從來自該 DR 直爐的再循環廢氣流移除 CO₂之二氧化碳(CO₂)移除設施；及
 - 用以將從來自該 DR 直爐的再循環廢氣流所移除的 CO₂饋入該 CO₂及蒸汽重組器之導管。
- 11.如請求項 10 之系統，其進一步包含用以在從來自該 DR 直爐的再循環廢氣流移除 CO₂之後，將該合成氣流組合來自該 DR 直爐的再循環廢氣流而形成該還原氣流之導管。
- 12.如請求項 11 之系統，其進一步包含用以將從來自該 DR 直爐的再循環廢氣流之一些再循環廢氣饋入該 CO₂及蒸汽重組器之導管。
- 13.如請求項 10 之系統，其進一步包含用以將天然氣饋入該 CO₂及蒸汽重組器之導管。
- 14.如請求項 10 之系統，其進一步包含用以將蒸汽饋入該 CO₂及蒸汽重組器之導管。
- 15.如請求項 10 之系統，其進一步包含用以將來自該 DR 直爐的再循環廢氣流加濕之加濕器。
- 16.如請求項 10 之系統，其進一步包含用以將來自該 DR 直爐的再循環廢氣流加熱之加熱器。

- 17.如請求項 10 之系統，其進一步包含用以對來自該 DR 直爐的再循環廢氣流進行水煤氣轉化反應之水煤氣轉化反應器。
- 18.如請求項 17 之系統，其中在對來自該 DR 直爐的再循環廢氣流進行水煤氣轉化反應之後，將該合成氣流組合來自該 DR 直爐的再循環廢氣流而形成該還原氣流。

圖式



第 1 圖(先行技術)



第 2 圖