

四、聲明事項：

☐ 主張專利法第二十二條第二項 ☐ 第一款或 ☐ 第二款規定之事實，其事實發生日期為： 年 月 日。

☒ 申請前已向下列國家（地區）申請專利：

【格式請依：受理國家（地區）、申請日、申請案號 順序註記】

☒ 有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1. 澳洲；2004/05/31；2004902898

2.

3.

4.

5.

☐ 無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

☐ 主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

☐ 主張專利法第三十條生物材料：

☐ 須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

☐ 不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於含金屬進料之直接還原方法，特定言之（但不限於），係關於含鐵進料（諸如鐵礦）之直接還原方法。

本發明亦關於一種還原含金屬進料之方法，其包括於固態中部分還原含金屬進料之直接還原方法及將經部分還原之含金屬進料熔融及進一步還原成熔融金屬之熔煉方法。

本發明係於本申請人為發展用於鐵礦之直接還原之所謂「CIRCOFER 技術」所進行之持續進行之研究計畫的過程中進行。

【先前技術】

CIRCOFER 技術係可將固態中之鐵礦還原至 50% 或更高之金屬化 (metallisation) 的直接還原方法。

CIRCOFER 技術係以使用流體化床為基礎。至流體化床的主要進料為流體化氣體、金屬氧化物（典型上為鐵礦細粉）、固態含碳材料（典型上為煤）及含氧氣體（典型上為氧氣）。於流體化床中產生的主要產物為經金屬化之金屬氧化物，即經至少部分還原的金屬氧化物。

申請人於研究計畫中的一項發現為可用相當細的進料操作製程，使來自製程之出氣流 (off-gas stream) 中之鐵單元的帶出 (carry-over) 減至最小，並使會破壞製程之在流體化床裝置中之暴露表面上不期望的材料（如金屬氧化物細粉）之黏著物減至最小。出氣流中之鐵單元的高帶出及在經暴露裝置表面上之不期望的黏著物係將 CIRCOFER 技術商業

化的重要問題，尤其係對相當脆的金屬氧化物進料而言。

【發明內容】

本申請人發現藉由在流體化床中提供富含碳之區，使含金屬材料通過此區，及將氧注入此區中及使較小顆粒（包括較小的金屬化顆粒）氧化，可達成顆粒的控制凝聚及使材料（諸如金屬氧化物）的不期望黏著物減至最小。

根據本發明，提供一種具有至少部分包括微米尺寸顆粒之粒度分佈之固態含金屬材料的直接還原方法，此方法包括將含金屬材料、固態含碳材料、含氧氣體、及流體化氣體供給至容器中之流體化床中及於容器中維持流體化床，將容器中之含金屬材料至少部分還原，及將包含該至少經部分還原之含金屬材料之產物流自容器排出，此方法之特徵在於：(a)於流體化床內建立及維持富含碳之區；(b)使含金屬材料，包括金屬化材料(metallised material)(此術語包括經部分金屬化之材料)，通過富含碳之區；及(c)將含氧氣體注入至富含碳之區中及使金屬化材料、固態含碳材料及其他可氧化固體及氣體氧化，及產生顆粒之控制凝聚。

應明瞭術語「富含碳」之區在此係指相對於在流體化床之其他區域中之含金屬材料量有相對大量之含碳材料之流體化床中的區域。

本申請人對可達成含金屬材料之控制凝聚之一或多個機構的此階段尚不完全清楚明瞭。然而，不希望受限於以下之評述，在本研究計畫中，本申請人觀察到生成之凝聚體包含彼此黏著及黏著至較大顆粒之較小顆粒，尤其係細

粉。本申請人推測富含碳之區（及更特定言之係富含碳之區內之熱區）中之條件係使得：（a）微米尺寸之經部分及完全還原（即經金屬化）之鐵礦顆粒與氧反應及產生熱，且生成之經氧化顆粒變黏，（b）微細煤顆粒與氧反應及氧化且生成之灰變黏；及（c）微細鐵礦顆粒由於經加熱而變黏。本申請人亦推測此等較小的黏性顆粒黏著至具較高散熱容量之較大顆粒，而得到可黏著至裝置表面及於出氣流中自容器被帶出之容器中之較小顆粒之比例降低的整體有利結果。

此方法包括以細粉形態供給含金屬材料較佳。

在還原呈鐵礦細粉形態之含金屬材料的情況中，細粉之尺寸係小於 6 毫米較佳。

細粉具在 0.1 至 0.8 毫米範圍內之平均粒度較佳。

此方法的優點之一為其可接受實質量之粒度小於 100 微米之含金屬進料，而不會有顯著量的此材料於出氣中被夾帶離開製程。咸信此係由於在流體化床內運作之凝聚機構促進在進料顆粒（尤其係小於 100 微米之顆粒）間之期望的凝聚程度，而未呈現促進會中斷流體化床操作之不受控制之凝聚作用。同樣地，可處理有在加工過程中分解，因而提高流體化床內尺寸小於 100 微米之顆粒比例之傾向的易碎礦石，而不會使進料顯著耗損於製程出氣中。

此方法包括供給具選定最大粒度之含金屬材料及控制凝聚作用，以致自製程排出成為產物流之 90% 的顆粒不會超過最大選定進料尺寸較佳。

此方法包括供給具選定最大粒度之含金屬材料及控制

凝聚作用，以致自製程排出之鐵單元之總重量的不多於 30 重量%，以不多於 20 重量%較佳，及不多於 10 重量%更佳，於出氣流中自製程被帶離較佳。

此方法包括藉由調整含金屬材料之任意一或多者的進給速率、含碳材料、反應溫度及含氧氣體而控制凝聚作用較佳。

此方法包括藉由調整含碳材料之進給速率而控制凝聚作用更佳。

此方法具有顯著的優點。

舉例來說，迄今為止據認為 CIRCOPER 技術需要至少為流體化床中固體總重量之 20-30 重量%的碳量，以防止不受控制之凝聚作用導致於流體化床裝置之暴露表面上之不期望的黏著物，而破壞製程。

本申請人發現可以最小的不期望黏著物及利用相對低量（典型上係 5-30%）之含碳材料以期望的經控制凝聚作用操作製程。低量的含碳材料係指可製造具低炭含量之固態產物流，且可以最小的下游加工將產物流供給至熔煉器中。

此外，含金屬材料細粉之經控制的凝聚成較大顆粒，其成為固態產物流之部分而非成為出氣流中之夾帶固體被帶離製程，意謂來自製程的回收率較高，且需要較少出氣的下游處理。此係有易碎傾向且在供給至容器之前的材料處理過程中及在於容器中加工之過程中將分解成微米尺寸顆粒之鐵礦之特別重要的效益。此種易碎礦石包括於西澳採得之礦石，諸如 Brockman 及 Mara Maba 礦石。

就目前的指示，典型上，此方法可還原小於 3 毫米之鐵礦細粉，而獲致以下的結果。

供給至製程之至少 90 重量%之鐵礦細粉經金屬化至某種程度，且經排出成為固態產物流之部分，而有低於 50%之細粉大於 2 毫米。

固態產物流中包含在 5-30 重量%範圍內之碳。

供給至製程之低於 20 重量%之鐵礦細粉經以出氣自製程排出。

此方法包括將含氧氣體注入至容器之中心區域，即位在容器側壁內側的區域較佳。此方法包括注入含氧氣體，以致在容器中有氣體的向下流動較佳。

此方法包括以對垂直在正負 40 度範圍內之向下流動注入含氧氣體較佳。

此方法包括以對垂直在正負 15 度範圍內之向下流動注入氧更佳。

此方法包括經由至少一具有引入管尖端之引入管注入含氧氣體，其中該引入管尖端具有在容器之中心區域中設置於容器側壁內側之容器中的出口較佳。

引入管尖端係方向向下較佳。

引入管尖端係方向垂直向下更佳。

引入管之位置，及更特定言之，引入管尖端之出口高度，係參照諸如含氧氣體注入速度、容器壓力、供給至容器之其他進料的選擇和量、及流體化床密度的因素而決定。

此方法包括以水冷卻引入管尖端，以使會阻礙含氧氣體

注入之形成於引入管尖端上之黏著物的可能性減至最小較佳。

此方法包括以水冷卻引入管之外表面較佳。

此方法包括經由引入管的中心管注入含氧氣體較佳。

此方法包括以足夠的速度注入含氧氣體，而於引入管尖端出口之區域中形成實質上無固體的區，以使會阻礙含氧氣體注入之黏著物的形成減至最小較佳。

氧係以在 50-300 米／秒範圍內之速度注入較佳。

此方法包括注入氮及／或蒸汽及／或其他適當的遮蔽氣體及遮蔽引入管尖端出口之區域，以使會導致於引入管尖端上形成會阻礙含氧氣體注入之黏著物之金屬的氧化減至最小較佳。

此方法包括將遮蔽氣體以含氧氣體速度之至少 60% 之速度注入至容器中較佳。

在一具體例中，此方法包括於流體化床中建立反應區，及使固體（包括含金屬及含碳材料）和流體化氣體於床內移動，以使固體通過反應區。

反應區可為相連的。

一反應區為上述之富含碳之區。

另一反應區為富含金屬之區，其中含金屬材料（諸如鐵礦）於固態中還原。

應明瞭術語「富含金屬」之區在此係指相對於在流體化床之其他區域中之含碳材料量有相對大量之含金屬材料之流體化床中的區域。

富含金屬之區係位於流體化床的下段中，及富含碳之區係位於富含金屬之區的上方。

此等區可為相連的。

流體化床包括固體之向上及向下移動通過此等區。

此方法包括將含金屬材料、含碳材料、含氧氣體、及流體化氣體供給至流體化床，及利用 (a) 含氧氣體之向下流動，(b) 與含氧氣體之向下流動逆流之固體及流體化氣體之向上流動，及 (c) 在固體及流體化氣體之向上流動外側之固體的向下流動而維持流體化床較佳。

在說明於先前段落中的流體化床中，在向上及向下流動固體中之固體經由在富含碳之區中之含氧氣體、含碳材料及其他可氧化材料 (諸如 CO、揮發物、及 H₂) 之間之反應所產生之熱加熱。在向下流動固體中之固體將熱傳送至富含金屬之區。

此外，向上及向下流動之固體遮蔽容器之側壁，而防止受到由在含氧氣體與固態含碳材料及流體化床中之其他可氧化固體及氣體之間之反應所產生之輻射熱。

含碳材料為煤較佳。在此一情況中，此方法將煤去揮發成炭，且至少部分的炭與氧反應及於流體化床中生成 CO。煤揮發物亦分解成諸如 CO 及 H₂ 之氣體，其依序可進一步與流體化床中之氧反應。

流體化氣體包含還原氣體，諸如 CO 及 H₂ 較佳。

此方法包括將流體化氣體中之 H₂ 之量選擇為氣體中之 CO 及 H₂ 之總體積的至少 15 體積%較佳。

此方法包括將包含至少經部分還原之含金屬材料之產物流自容器之下段排出較佳。

產物流亦包含其他固體(例如炭)較佳。

此方法包括自產物流分離出至少一部分的其他固體較佳。

此方法包括將至少一部分的其他固體送回至容器較佳。

此方法包括將來自容器上段之包含夾帶固體之出氣流排出較佳。

此方法包括自出氣流分離出至少一部分的夾帶固體較佳。

此方法包括經由將夾帶固體自出氣流分離及將至少一部分的分離固體送回至容器而維持循環流體化床較佳。

此方法包括將自出氣分離出之固體送回至流體化床之下段較佳。

此方法包括利用來自容器之出氣預熱含金屬進料較佳。

此方法包括於預熱步驟之後，處理出氣，及將至少一部分之經處理出氣送回至容器作為流體化氣體較佳。

出氣處理包括下列之一或多者較佳：(a)移除固體，(b)冷卻，(c)移除 H_2O ，(d)移除 CO_2 ，(e)壓縮，及(f)再加熱。

出氣處理包括將固體送回至容器較佳。

可操作此方法，以視至少經部分還原之含金屬材料之下游需求而製造自低至高金屬化之產物流。金屬化可自 30% 至超過 80%。在需要大於 50% 之金屬化的情況中，此方法包括利用流體化氣體中之還原氣體操作較佳。在此情況中之

流體化氣體之一選擇為來自容器之經處理出氣。在需要小於 50%之金屬化的情況中，可設想將不需要利用流體化氣體中之還原氣體操作，且可藉由供給至製程之固態含碳材料而得到足夠的還原物。

含氧氣體可為任何適當的氣體。

含氧氣體包含至少 90 體積%之氧較佳。

【實施方式】

以下說明係關於直接還原呈固態之鐵礦形態之含金屬材料。本發明並不因此受限，而係可擴展至直接還原其他含鐵材料（諸如鈦鐵礦），及更普遍地擴展至其他含金屬材料。

以下說明亦係關於利用煤作為固態含碳材料，氧作為含氧氣體，及含 CO 及 H₂ 之混合物之再循環出氣作為流體化氣體而直接還原鐵礦。本發明並不因此受限，而係可擴展至使用任何其他適當的固態含碳材料、含氧氣體、及流體化氣體。

參照圖式，將固態進料（即鐵礦（典型上為尺寸小於 6 毫米之細粉）和煤）、氧及流體化氣體供給至圖中所示之容器 3，並於容器中建立一流體化床。

固態進料係經由延伸通過容器側壁 7 之固體傳送裝置諸如螺桿進料或固體注入引入管 5 而供給至容器。

氧係經由具有引入管尖端 11 之引入管 9 而注入至容器中，該引入管尖端 11 具有在容器之中心區域（即自容器之側壁 7 向內側隔開）將氧向下傳送之出口。引入管尖端於容

器中之方向向下。流體化氣體係經由在容器底部 13 中之一系列的風口或噴嘴(未示於圖中)注入。

上述固體及氣體之供給於容器中產生以下反應。

煤細粉去揮發成炭及煤揮發物分解成氣態產物(諸如 CO 及 H_2)，及至少部分的炭與氧反應生成 CO 。

鐵礦經 CO 、 H_2 直接還原成至少經部分還原之鐵，此反應產生 CO_2 及 H_2O 。

CO_2 與碳反應生成 CO (Boudouard 反應)。

固體及氣體(諸如經部分還原之鐵礦顆粒、炭、煤揮發物、 CO 、及 H_2 (經注入作為一部分的流體化氣體或經由煤揮發物之分解所產生))經氧之氧化，其產生有助於維持在先前點中所說明之反應，且亦有助於較小經還原礦石顆粒之期望的控制凝聚生成較大之經還原礦石顆粒的熱。

固體之相對密度及前述固體及氣體之注入，包括固體／氣體注入之位置，導致於容器中形成反應區。此等區可為相連的。

一反應區為在引入管 9 之引入管尖端 11 之區域(即就高度而言在容器之中間段中)中之富含碳之區 17。在此區中，主要的反應係涉及金屬化材料、炭、煤揮發物、 CO 、及 H_2 與氧之燃燒的氧化反應，其產生熱，尤其係在引入管尖端 11 之中間附近的熱區 51 中。

另一反應區係在容器下段中之富含金屬之區 19，於其中(a)煤經去揮發及生成炭和煤揮發物，及(b)鐵礦細粉經至少部分還原且因而經 CO 及 H_2 金屬化。

前述固體及氣體之供給於容器之中心區域中產生流體化氣體及夾帶固體之向上流動。逐漸地，隨固體之向上移動，固體自流體化氣體之向上流中脫離及於中心區域與容器側壁之間的環形區域中向下流動。經再循環之固體再次被夾帶於流體化氣體之向上流中或自容器排出。固體之移動將固體輸送通過熱區 51，且較小顆粒（尤其係經金屬化之微米尺寸顆粒）變黏且黏著至其他顆粒（尤其係較大顆粒）。如以上所指，此較小顆粒之凝聚提供實質的優點。

在容器 3 之中心區域中之流體化氣體及夾帶固體的向上流係與氧氣之向下流逆流，且據信其會導致一些固體被夾帶於氧氣中。據信流體化氣體與氧之逆流流動的交互作用會限制固體被夾帶或通過氧流會接觸到容器表面及產生黏著物的程度。據信黏著物之生成由於氧氣於容器內流動的中心位置而進一步受限。

上述固體在中心區域與側壁之間之環形區域中的向下流動可促進熱自富含碳之區傳送至富含金屬之區。

此外，固體之向下流動部分遮蔽側壁，而防止其直接暴露至來自容器中心區域的輻射熱。

上述方法亦產生出氣及夾帶固體之流，其經由在容器上段中之出口 27 自容器排出。

出氣流經由將固體自出氣分離及經由固體回流管 29 將分離固體送回至容器而進行處理。其後藉由包括 (a) 移除固體、(b) 冷卻出氣、(c) 移除 H_2O 、(d) 移除 CO_2 、(e) 壓縮、及 (f) 再加熱之一系列步驟處理出氣。

其後將經處理出氣送回至容器成為部分的流體化氣體。

上述方法產生包括經至少部分還原之鐵礦及炭的固體流，其經由容器底部中之出口 25 自容器排出。

固體流可經由將經至少部分還原之鐵礦及至少部分的其他固體分離而進行處理。可將其他固體（主要為炭）送回至容器作為製程中之一部分的固體進料。經至少部分還原之鐵礦視需要經進一步處理。舉例來說，可將經至少部分還原之鐵礦供給至以熔融浴為基質之熔煉容器及熔煉成熔融鐵，例如利用諸如所謂「Hismelt 製程」的方法。

如前所指，本發明係於申請人為發展 CIRCOFER 技術以直接還原鐵礦而進行之持續研究計畫的過程中進行。研究計畫包括在申請人之 350 毫米直徑及 700 毫米直徑領試工廠 (pilot plant) 設置上進行的一系列領試工廠試驗。

以下論述係集中於在 700 毫米直徑容器領試工廠上的研究工作。

領試工廠包括圖 1 所示類型之裝置。領試工廠係以循環流體化床在大氣壓力下操作。容器之高度為 10.7 米。容器上段之高度大約為 8.9 米及內徑為 700 毫米。容器下段之高度大約為 1.8 米及內徑為 500 毫米。此 1.8 米之高度包括流體化欄柵及在 500 毫米直徑與 700 毫米直徑段之間之過渡段的高度。容器係經耐火材料襯裡。

經由使出氣連續通過 3 個串聯連接的旋風機，處理來自容器之出氣，以移除夾帶固體。第一個旋風機（旋風機 1）接受直接來自容器之出氣。經由設置供壓力密封用之密封

罐將於旋風機中分離之固體送回至容器。第二個旋風機(旋風機 2)接受來自旋風機 1 之出氣。經由固體之直接回流(即沒有密封罐)將於此旋風機中分離之固體送回至容器。第三個旋風機(旋風機 3)接受來自第二個旋風機(旋風機 2)之出氣。經旋風機 3 分離之固體係不送回至容器。

於利用三個旋風機分離固體後，進一步利用徑向流動滌氣器處理出氣，其進一步自出氣移除固體。利用增稠器濃縮此等固體，然後使其通過桶式濾機以產生較稠的污泥。

然後利用管冷卻器處理離開徑向流動滌氣器之出氣，該管冷卻器係經由使其冷卻至在 $10-30^{\circ}\text{C}$ 之範圍內而操作，以使出氣脫水。於利用管冷卻器處理後，將出氣燃燒。

在測試之起始階段中利用空氣使流體化床流體化，且稍後利用氮及氫氣之混合物使其流體化。由於未提供製程出氣之處理及再循環(例如， CO_2 移除及壓縮)，因而無法將其送回至容器中作為流體化氣體。在此方面，使用氫氣以模擬使用經處理出氣作為流體化氣體的效果。

概言之，研究工作展示以下結果：

利用氧注入之煤基流體化床還原方法之概念產生具至多 78% 之金屬化程度的經還原產物。

將氧注入至於床中具至多 42% 金屬鐵之流體化床中及／或其附近呈現可行，而不會生成黏著物。

在於產物中至多 48% 之金屬鐵載入量下，同時還原鐵礦及部分燃燒煤作為單一床容器中之能量的概念呈現可行。

由於希望將氧化熱傳回至床中，同時使鐵再氧化程度減

至最小，因而容器中之氧引入管的位置相當重要。對於測試的條件，4 米的位置恰當。

高磷 Brockman 鐵礦被成功地流體化及還原，而未產生過量的塵粉。(Brockman 礦石係可購自 Hamersley Iron Pty Ltd, Perth, Western Australia 之易碎西澳鐵礦。)

實驗計畫之目的：

主要目的係要以高磷 Brockman 礦石(-3 毫米)及 Blair Athol 煤達成穩定操作顯著量的時間。

計畫係要使氧引入管位於容器之低位置(在分佈器板(未示於圖中)上方 1.9 米)而以低鐵礦進料(於產物出料中至多 20%)操作兩天。目標接著係要使氧引入管位於上方位置(在分佈器板上方 3.8 米)而以高礦石進料(於產物中至多 70%)操作三天。

開機：

於 2003 年 12 月 9 日上午 6 時，逐漸加熱使用氧化鋁作為床材料之 700 毫米容器(以下亦稱為「CFB」)而開始試驗。一旦達到標的溫度，則將煤及氧於下午 3 時 50 分引入至容器中。將氧速率提高至 $105 \text{ Nm}^3/\text{小時}$ ，同時煤速率係在 300-450 公斤/小時之範圍內。

以煤及氧操作，10/12/03-11/12/03

在日期 10/12/03，以煤、空氣及氧進行操作。操作相當平順，系統相當快速地穩定，且容器維持其 $900-930^\circ\text{C}$ 之溫度，而未發生任何問題。

此期間內的標準操作條件如下。

CFB 溫度：底部 930℃ 及 頂部 900℃

流體化氣體流率：140 Nm³/小時 (N₂) 及 300 Nm³/小時

(空氣)

CFB 壓降：80-140 毫巴 (mbar)

氧流率：至多 100 Nm³/小時

N₂ 遮蔽氣體流率：30 Nm³/小時

煤進給速率：340-450 公斤/小時

結果之概要如下：

床出料速率：100-160 公斤/小時

旋風機 3 出料：10-14 公斤/小時

出氣分析

CO/CO ₂	12.8/8.7=1.47
%H ₂	7.6
%CH ₄	0.7

排出產物乾淨，其僅有一些看來像是殘留耐火材料之 +2 毫米的小塊。產生塵粉合理地低，對最終旋風機出料記述，其為出料之 <10%。

以鐵礦 (10-140 公斤/小時)、煤及氧 (引入管高度 2 米) 操作，10/12/03-12/12/03

10/12/03 22:00-11/12/03 06:00：鐵礦為 10 公斤/小時

於 2003 年 12 月 10 日下午 10 時，將鐵礦 (<3 毫米) 以 10 公斤/小時之速率引入至進給系統中。亦將氫以 20 Nm³

／小時之速率引入至流體化氣體中，以模擬使用經處理出氣作為流體化氣體。操作平順，床的 ΔP 維持於約 100-120 毫巴，且溫度分佈於床的底部和頂部之間僅具有 10°C 之範圍。

產物出現細粉，而無任何黏著物或凝聚物的跡象。然而，當篩選產物（於 2 毫米下）時，發現一些較大的鱗片型材料，但其僅佔總產物的極小比例。鱗片似乎係由灰／炭所組成，且其可能會形成於容器壁或容器中之分佈器板上。

此期間內的標準操作條件及結果如下。

CFB 溫度：底部 930°C 及頂部 900°C

流體化氣體流率：350 Nm³／小時（N₂）及 20 Nm³／小時（H₂）

CFB 壓降：100-130 毫巴

氧流率：100-115 Nm³／小時

N₂ 遮蔽氣體流率：30 Nm³／小時

煤進給速率：280-360 公斤／小時

鐵礦進給速率：10 公斤／小時

結果之概要如下：

床出料速率：125 公斤／小時

旋風機出料：15 公斤／小時

出氣分析

CO/CO ₂	10.3/9.7=1.06
% H ₂	9.2
% CH ₄	2.0

11/12/03 06:00-11/12/03 12:00：鐵礦為 20 公斤／小時

於 2003 年 12 月 11 日上午 6 時，將鐵礦進給速率提高至 20 公斤／小時直至 2003 年 12 月 11 日上午 12 時為止，且亦將氫氣速率提高至 $40 \text{ Nm}^3/\text{小時}$ 。操作持續平順而無任何不順。容器床壓力係維持於約 80-100 毫巴，且溫度分佈於床的底部和頂部之間僅具有 10°C 之範圍。

產物之外觀持續良好，而無任何黏著物或凝聚物的跡象。如前，唯一的例外為鱗片型材料的零散物件，其看來係由灰／炭所組成。

此期間內的標準操作條件及結果如下。

CFB 溫度：底部 952°C 及頂部 940°C

流體化氣體流率： $350 \text{ Nm}^3/\text{小時}$ (N_2) 及 $40 \text{ Nm}^3/\text{小時}$ (H_2)

CFB 壓降：80-100 毫巴

氧流率： $112 \text{ Nm}^3/\text{小時}$

N_2 遮蔽氣體流率： $30 \text{ Nm}^3/\text{小時}$

煤進給速率：430 公斤／小時

鐵礦進給速率：20 公斤／小時

結果之概要如下：

床出料速率：125 公斤／小時

旋風機 3 出料：15 公斤／小時

出氣分析

CO/CO ₂	11.5/9.6=1.2
%H ₂	14.1
%CH ₄	2.6

產物分析：(11/12/03 09:00)

	質量%	Fe(T)	Fe ²⁺	Fe ⁰	%金屬化
磁性	9	58.2	15.5	42.35	72.8
非磁性	91	1.74			

11/12/03 12:00-12/12/03 06:00：鐵礦為 40 公斤／小時

概述：

於 2003 年 12 月 11 日上午 12 時，將鐵礦進給速率提高至 40 公斤／小時，並以此速率操作直至 2003 年 12 月 12 日上午 6 時為止，同時將氫氣速率維持於 40 Nm³／小時及煤速率大約為 360-420 公斤／小時。操作持續平順而無任何不順，且鐵產物出料經高度金屬化。產生塵粉亦低，其為來自最終旋風機(即旋風機 3)之總出料的低於 10%。容器床 ΔP 係維持於約 90-135 毫巴，且溫度分佈於床的底部和頂部之間具有低於 10°C 之範圍。

結果

產物之外觀持續良好，而無任何黏著物或凝聚物的跡象。

此期間內的標準操作條件及結果如下。

CFB 溫度：底部 953℃ 及 頂部 941℃

流體化氣體流率：370 Nm³/小時 (N₂) 及 40 Nm³/小時 (H₂)

CFB 壓降：98-130 毫巴

氧流率：113 Nm³/小時

N₂ 遮蔽氣體流率：30 Nm³/小時

煤進給速率：426 公斤/小時

鐵礦進給速率：40 公斤/小時

結果之概要如下：

床出料速率：190-210 公斤/小時

旋風機 3 出料：15-20 公斤/小時

出氣分析

CO/CO ₂	9.9/11.4=0.87
%H ₂	12.9
%CH ₄	2.9

產物分析：(11/12/03)

		質量%	Fe(T)	Fe ²⁺	Fe ⁰	% 金屬化	產物中之 %Fe ⁰
11/12/03 15:00	磁性	30	74.38	14.59	57.44	77.2	25.8
	非磁性	70	4.95				
11/12/03 19:00	磁性	34.8	71.56	19.33	50.75	70.9	26.8
	非磁性	65.2	2.98				
11/12/03 23:00	磁性	27.4	66.4	20.22	45.66	68.8	21.1
	非磁性	72.6	4.03				
12/12/03 02:00	磁性	24.6	67.1	22.1	42.53	63.4	19.7
	非磁性	75.4	4.3				
12/12/03 06:00	磁性	19.6	68.86	22.55	43.48	61.8	15.7
	非磁性	80.4	2.73				

所達成之高金屬化(70-77%)顯示氧引入管(即使係於其之 1.9 米位置處)未穿透太遠至床之底部，且於床內有良好的隔離。床的下部富含鐵。床的較高部分富含碳，且其與氧引入管交互作用產生熱，且此熱接著經由將固體再循環至床之下部而傳送回到床中。出氣中之低的 CO/CO₂ 比顯示達成高後燃燒，且能量值傳回至床中，同時於產物出料中維持高金屬化程度。

產物中之鐵含量及金屬化程度顯示 700 毫米容器可以氣化模式以至多 20-25%之金屬鐵含量操作，而不會有任何關於黏著物的問題。此係一項顯著的成就。

氧引入管檢查(12/12/03)

將引入管自 700 毫米容器取出，並於日期 12/12/03 進行檢查。

總言之，引入管乾淨。水冷卻管以及噴嘴尖端沒有任何材料累積的跡象。

將引入管重新設置於容器中之較高位置處（即在分佈器板上方 3.8 米）。以煤及氧重新開始容器，然後一旦穩定後再引入鐵礦及氫。

以鐵礦（110-200 公斤／小時）、煤及氧（引入管 4 米高度）
操作：13/12/03-16/12/03

13/12/03 06:00-13/12/03 12:00：鐵礦為 110 公斤／
小時

概述：

於 2003 年 12 月 13 日上午 6 時 25 分，將鐵礦進給速率逐步提高至 110 公斤／小時，並以此速率操作直至 2003 年 12 月 13 日上午 12 時為止，同時亦將氫氣速率於 2 小時期間內逐步提高至 110 Nm^3 ／小時。煤速率大約為 360-400 公斤／小時。操作持續平順而無任何不順，且來自容器之鐵產物出料至多 78% 經金屬化。產生塵粉亦低，其為來自最終旋風機（即旋風機 3）之總出料的 <10%。容器床 ΔP 係維持於約 90-135 毫巴，且溫度分佈於床的底部和頂部之間具有低於 5°C 之範圍。

將引入管高度自 1.9 米提高至 3.8 米似乎並不會影響床溫度分佈。事實上，溫度分佈自頂部至底部低於 5°C 。

結果：

產物之外觀持續良好，而無任何黏著物或凝聚物的跡象。

此期間內的標準操作條件及結果如下。

CFB 溫度：底部 953°C 及頂部 951°C

CFB 流體化氣體流率：於 860°C 下 10 Nm³/小時 (N₂)，於 740°C 下 110 Nm³/小時 (N₂)，於 680°C 下 180 Nm³/小時 (N₂)，及於 860°C 下 110 Nm³/小時 (H₂)

CFB 壓降：80-100 毫巴

氧流率：110 Nm³/小時

N₂ 遮蔽氣體流率：30-40 Nm³/小時

煤進給速率：360-400 公斤/小時

鐵礦進給速率：110 公斤/小時

結果之概要如下：

床出料速率：162 公斤/小時

旋風機 3 出料：16 公斤/小時

出氣分析

CO/CO ₂	10.9/9.6=1.14
%H ₂	19.6
%CH ₄	2.3

產物分析：(13/12/03)

		質量 %	Fe(T)	Fe ²⁺	Fe ⁰	% 金屬化
13/12/03	磁性	37.8	76.42	14.98	59.33	77.6
12:00	非磁性	62.2	2.66			

利用較高的氧引入管位置，可維持較低引入管的均勻床溫度分佈。此顯示即使係使氧引入管在 3.8 米位置，固體再循環分佈係使得可將足夠的熱傳送回到床底部中。

容器及旋風機中之溫度分佈顯示對於鐵礦進給速率增加直至 110 公斤／小時可能沒有產生塵粉的增加。來自最終旋風機之出料相對於容器亦未顯著地改變。此顯示鐵礦的分解程度不如預期，或所產生之任何細粉於氧引入管之高溫區域中再凝聚。

13/12/03 12:00-16/12/03 05:00：鐵礦為 120-230 公斤／小時

概述：

對於自 13/12/03 17:00 至 15/12/03 12:00 之此操作的第一期間，操作速率大約為 120 公斤／小時之鐵礦進料。此包括沒有進料的干擾期間。最終期間係以大約 230 公斤／小時之鐵礦進料操作。

利用 230 公斤／小時鐵礦進給速率之操作平順沒有任何不順，且來自 CFB 之鐵產物出料係自 48%至 78%經金屬化。產生塵粉亦低，其為來自旋風機 3 之總出料的 <10%。容器床 ΔP 係維持於約 80-100 毫巴，且溫度分佈範圍現於床的底部和頂部之間增加至約 20℃。

在 200 公斤／小時之較高鐵礦進給速率下操作容器使 CFB 溫度分佈之範圍增加，其中床之底部現較床中間冷至至多 20℃。在較高鐵礦進給速率下，金屬化程度亦較低，但其仍在 60-80%之金屬化範圍內。

結果：

產物之外觀持續良好，而無任何黏著物或凝聚物的跡象。

此期間內的標準操作條件及結果如下。

CFB 溫度：底部 947°C 及頂部 960°C

FB 氣體加熱器溫度：740°C 及 615°C 主加熱器

CFB 流體化氣體流率：於 840°C 下 20 Nm³/小時 (N₂)，於 740°C 下 100 Nm³/小時 (N₂)，於 615°C 下 185 Nm³/小時 (N₂)，及於 840°C 下 140 Nm³/小時 (H₂)

CFB 壓降：83-96 毫巴

氧流率：113 Nm³/小時

N₂ 遮蔽氣體流率：30-40 Nm³/小時

煤進給速率：380 公斤/小時

鐵礦進給速率：200 公斤/小時

結果之概要如下：

床出料速率：227-286 公斤/小時

旋風機 3 出料：18-24 公斤/小時

出氣分析 (15/12/03 04:00)

CO/CO ₂	11/10.4=1.06
%H ₂	16.5
%CH ₄	1.4

產物分析：(13-15/12/03)

		質量%	C(T)	Fe(T)	Fe ²⁺	Fe ⁰	%金屬化
13/12/03	磁性	40.2	-	75.55	22.1	51.37	68.0
17:00	非磁性	59.8	-	8.11			
13/12/03	磁性	54.2	1.8	78.35	15.33	61.18	78.1
20:00	非磁性	45.8	80.3	5.03			
13/12/03	旋風機			12.89	2.73	2.47	19.2
17:00	3 出料						
13/12/03	旋風機			15.74	3.12	6.67	42.4
20:00	3 出料						
15/12/03	磁性	51.3	-	78.85	19.6	58.87	74.7
02:00	非磁性	48.7	-	7.29			
15/12/03	磁性	57.2	-	77.44	17.27	57.65	74.4
05:00	非磁性	42.8	-	4.55			
15/12/03	磁性	62.8	0.9	76.93	17.38	58.43	75.9
07:00	非磁性	37.2	72.5	11.25			
15/12/03	旋風機			20.29	7.77	5.38	26.5
02:00	3 出料						
15/12/03	旋風機			21.73	7.69	6.28	28.9
05:00	3 出料						
15/12/03	磁性	59.2	-	76.9	18.1	56.6	73.6
12:00	非磁性	40.8	-	31.0	4.7	22.0	70.9
15/12/03	磁性	62.7	1.9	73.6	32.5	36.0	48.9
16:00	非磁性	37.3	53.6	27.6	8.4	13.2	48.0
15/12/03	磁性	59.6	-	71.5	28.0	39.0	54.5
22:00	非磁性	40.4	-	20.4	3.9	11.0	54.0
16/12/03	磁性	53.3	-	74.1	26.8	43.5	58.7
02:00	非磁性	46.7	-	13.7	3.7	2.8	20.1
16/12/03	磁性	62.7	1.6	74.4	29.5	40.0	53.8
04:00	非磁性	37.3	63.8	16.8	5.7	5.4	32.2

在高鐵礦進給速率(200 公斤 / 小時)下，來自容器之出料顯著地增加，而來自最終旋風機之出料僅輕微地增加。然而，來自最終旋風機之出料相對於容器似乎並未改變。進一步觀察到出料中之 <0.1 毫米之細粉量較進料中之 <0.1 毫米之細粉量低。此顯示鐵礦的分解程度不如預期，或所產生之任何細粉於氧引入管之高溫區域中再凝聚。由於在較高的鐵礦進給速率下，在整個旋風機系統中沒有顯著的溫度增加，因而在整個旋風機中的溫度分佈亦支持此結果。在高鐵礦進給速率期間產物金屬化程度維持於68-78%之範圍內，同時產物出料具有至多48%之金屬鐵。

氧引入管及容器檢查(16/12/03 及 19/12/03)

將引入管自700 毫米容器取出，並於日期16/12/03 進行檢查。總而言之，引入管相當乾淨。水冷卻管具有一薄的材料塗層，而噴嘴尖端則相當乾淨。累積的性質(薄片狀且薄)顯示其將不會導致任何操作問題。

鐵分佈及凝聚

使用作為流體化床進料之Brockman 礦石樣品的分析顯示大約10.6%低於45 微米之細粉含量。預期此等單元係以來自旋風機3 之輸出或以增稠器污泥出現。由於Brockman 礦石的易碎特性，因而預期在加工過程中將會產生額外的細粉。因此，預期經由旋風機3 離開系統之鐵單元的百分比將超過10.6%。

經觀察到輸入至流體化床之鐵單元的大約7%以來自旋風機3 之直接輸出(大約4%)或以來自徑向流動滌氣器之輸

出(大約 3%)經由旋風機 3 排出。分析來自流體化床之主產物輸出顯示在製程內存在凝聚機構。此機構看來主要係較小顆粒(典型上係小於 100 微米之顆粒)彼此凝聚及與較大顆粒凝聚。

可對附圖所示之本發明之具體例進行許多修改，而不脫離本發明之精神及範圍。

【圖式簡單說明】

本發明參照附圖作進一步說明，該圖 1 係藉由根據本發明方法之一具體例直接還原含金屬材料之裝置的圖式，其說明於圖示之容器內利用本方法所形成之反應區。

【主要元件符號說明】

3	容器
5	固體注入引入管
7	側壁
9	引入管
11	引入管尖端
13	容器底部
17	富含碳之區
19	富含金屬之區
25	出口
27	出口
29	固體回流管
51	熱區

五、中文發明摘要：

本發明係關於一種用於固態含金屬材料的直接還原方法，該固態含金屬材料具有至少部分包括微米尺寸顆粒之粒度分佈，其方法包括將含金屬材料、固態含碳材料、含氧氣體及流體化氣體供給至容器中之流體化床中及於容器中維持流體化床，將容器中之含金屬材料至少部分還原，及將包含該至少經部分還原之含金屬材料之產物流自容器排出。此方法之特徵在於：(a)於流體化床內建立及維持一富含碳之區；(b)使含金屬材料，包括金屬化材料（此術語包括經部分金屬化之材料），通過富含碳之區；及(c)將含氧氣體注入至富含碳之區中，及使金屬化材料、固態含碳材料及其他可氧化固體及氣體氧化，及產生顆粒之控制凝聚。

六、英文發明摘要：

A direct reduction process for a solid metalliferous material having a particle size distribution that at least in part comprises micron sized particles, comprises supplying the metalliferous material, a solid carbonaceous material, an oxygen-containing gas, and a fluidizing gas into a fluidized bed in a vessel and maintaining the fluidized bed in the vessel, at least partially reducing metalliferous material in the vessel, and discharging a product stream that comprises the at least partially reduced metalliferous material from the vessel. The process is characterized by: (a) establishing and maintaining a carbon-rich zone within the fluidized bed; (b) passing metalliferous material, including metallised material (which term includes partially metallised material), through the carbon-rich zone; and (c) injecting the oxygen-containing gas into the carbon-rich zone and oxidising metallised material, solid carbonaceous material and other oxidisable solids and gases and causing controlled agglomeration of particles.

十一、圖式：

1.

2.

3.

4.

5.

6.

7.



8.

9.



10.

11.

12.

13.

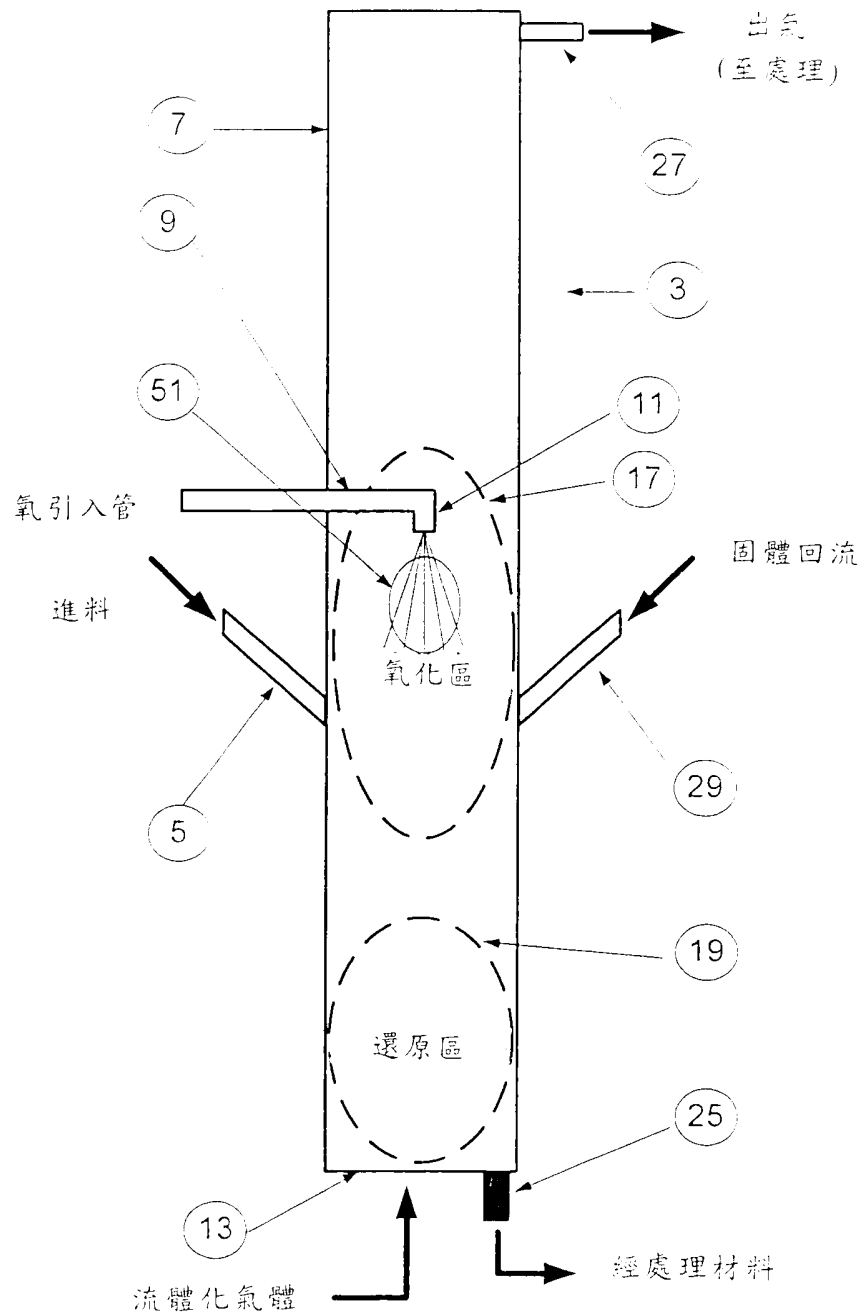


圖 1

七、指定代表圖：

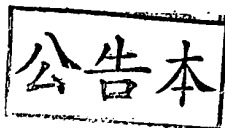
(一)本案指定代表圖為：第 (1) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

3	容器
5	固體注入引入管
7	側壁
9	引入管
11	引入管尖端
13	容器底部
17	富含碳之區
19	富含金屬之區
25	出口
27	出口
29	固體回流管
51	熱區

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無



AUG 29 2011

替換頁

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：94117640

※ 申請日期：94/05/30

※IPC 分類：C22B5/00

一、發明名稱：(中文/英文)

直接還原方法 / A DIRECT REDUCTION PROCESS

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

奧圖泰公司 / Outotec Oyj

代表人：(中文/英文)

馬嘉 拉霍南 / Marja Lahonen

住居所或營業所地址：(中文/英文)

芬蘭艾斯波市里希頓藤路7號

Riihitontuntie 7, FI-02201 Espoo, Finland

國 籍：(中文/英文)

芬蘭 / Finland

三、發明人：(共 4 人)

姓 名：(中文/英文)

(1) 安德烈亞斯 奧斯 / Dr. Andreas ORTH

(2) 漢茨 艾希貝格爾 / Heinz EICHBERGER

(3) 唐納德 凱斯 菲利普 / Dr. Donald Keith PHILP

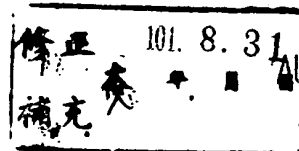
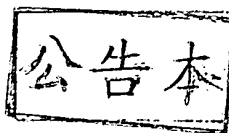
(4) 羅德 德賴 / Rod DRY

國 籍：(中文/英文)

(1) 德國 / German

(2) 奧地利 / Austrian

(3)~(4) 澳洲 / Australian

AUG 31 2012
替換本

十、申請專利範圍：

1. 一種用於固態含金屬材料的直接還原方法，該固態含金屬材料具有至少部分包括微米尺寸顆粒之粒度分佈，此方法包括將含金屬材料、固態含碳材料、含氧氣體、及流體化氣體供給至容器中之流體化床中及於容器中維持流體化床，將容器中之含金屬材料至少部分還原，及將包含該至少經部分還原之含金屬材料之產物流自容器排出，此方法之特徵在於：

(a) 於流體化床內建立及維持一富含碳之區；

(b) 使含金屬材料，包括金屬化材料 (metallised material)，通過該富含碳之區；

(c) 將含氧氣體注入至該富含碳之區中，並使金屬化材料、固態含碳材料及其他可氧化固體和氣體氧化，及產生顆粒之控制凝聚；及

(d) 藉由調整含金屬材料之任意一或多者的進給速率、含碳材料、反應溫度及含氧氣體而控制凝聚作用。

2. 如申請專利範圍第 1 項之方法，其中，以細粉形態供給該含金屬材料。

3. 如申請專利範圍第 2 項之方法，其中，該含金屬材料係為鐵礦細粉之形態，其中，該細粉之尺寸小於 6 毫米。

4. 如申請專利範圍第 2 或 3 項之方法，其中，該細粉具有平均粒度為在 0.1 至 0.8 毫米範圍內。

5. 如申請專利範圍第 1 項之方法，其中，供給具有選定最大粒度之含金屬材料，並控制凝聚作用，致使以產物流

自製程排出之 90% 顆粒不會超過該最大選定進料尺寸。

6. 如申請專利範圍第 1 項之方法，其中，供給具有選定最大粒度之含金屬材料，並控制凝聚作用，以致自製程排出之鐵單元之總重量的不多於 30 重量% 於出氣流 (off-gas stream) 中被自製程帶離。

7. 如申請專利範圍第 6 項之方法，其中，供給具有選定最大粒度之含金屬材料，並控制凝聚作用，以致自製程排出之鐵單元之總重量的不多於 20 重量% 於出氣流 (off-gas stream) 中被自製程帶離。

8. 如申請專利範圍第 7 項之方法，其中，供給具有選定最大粒度之含金屬材料，並控制凝聚作用，以致自製程排出之鐵單元之總重量的不多於 10 重量% 於出氣流 (off-gas stream) 中被自製程帶離。

9. 如申請專利範圍第 1 項之方法，其中，將該含氧氣體注入至容器之中心區域，即位在容器側壁內側的區域中。

10. 如申請專利範圍第 9 項之方法，其中，注入該含氧氣體，以致在容器中有該氣體的向下流動。

11. 如申請專利範圍第 10 項之方法，其中，以對垂直在正負 40 度範圍內之向下流動注入該含氧氣體。

12. 如申請專利範圍第 11 項之方法，其中，以對垂直在正負 15 度範圍內之向下流動注入該含氧氣體。

13. 如申請專利範圍第 1 項之方法，其中，經由至少一具有引入管尖端之引入管注入該含氧氣體，而該引入管尖端具有在容器之中心區域中設置於容器側壁內側之容器中

的出口。

14. 如申請專利範圍第 13 項之方法，其中，該引入管尖端係方向向下。

15. 如申請專利範圍第 14 項之方法，其中，該引入管尖端係方向垂直向下。

16. 如申請專利範圍第 13 至 15 項中任一項之方法，其中，該引入管之位置，亦即該引入管尖端之出口高度，係參照選自含氧氣體注入速度、容器壓力、供給至容器之其他進料的選擇和量及流體化床密度的因素而決定。

17. 如申請專利範圍第 13 項之方法，其中，以水冷卻該引入管尖端，使得會在引入管尖端上形成黏著物而阻礙含氧氣體注入的可能性減至最小。

18. 如申請專利範圍第 13 項之方法，其中，以水冷卻該引入管之外表面。

19. 如申請專利範圍第 13 項之方法，其中，經由引入管之中心管注入該含氧氣體。

20. 如申請專利範圍第 1 項之方法，其中，以足夠的速度注入該含氧氣體，而於引入管尖端出口之區域中形成實質上無固體之區，以使會阻礙含氧氣體注入之黏著物的形成減至最小。

21. 如申請專利範圍第 20 項之方法，其中，該氧係以在 50-300 米／秒範圍內之速度注入。

22. 如申請專利範圍第 1 項之方法，其中，注入氮及／或蒸汽及／或其他適當的遮蔽氣體，並遮蔽引入管尖端出

口之區域。

23. 如申請專利範圍第 22 項之方法，其中，將該遮蔽氣體以含氧氣體速度之至少 60% 之速度注入至容器中。

24. 如申請專利範圍第 1 項之方法，其中，在流體化床中建立反應區，並使固體和流體化氣體於床內移動，以使固體通過反應區。

25. 如申請專利範圍第 24 項之方法，其中，該反應區可為相連的。

26. 如申請專利範圍第 23 或 24 項之方法，其中，一反應區為富含碳之區，而另一反應區為富含金屬之區，其中選自鐵礦之含金屬材料係於固態中還原。

27. 如申請專利範圍第 26 項之方法，其中，該富含金屬之區係位於流體化床的下段中，而該富含碳之區係位於該富含金屬之區的上方。

28. 如申請專利範圍第 1 項之方法，其中，該流體化床包括固體之向上及向下移動通過該等區。

29. 如申請專利範圍第 1 項之方法，其中，將該含金屬材料、該含碳材料、該含氧氣體及該流體化氣體供給至流體化床，及利用 (a) 含氧氣體之向下流動，(b) 與含氧氣體之向下流動逆流之固體及流體化氣體之向上流動，及 (c) 在固體及流體化氣體之向上流動呈向外之固體的向下流動，而維持該流體化床。

30. 如申請專利範圍第 29 項之方法，其中，在向上及向下流動固體中之固體係藉由在富含碳之區中之含氧氣體、

選自 CO、揮發物、及 H₂ 之含碳材料及其他可氧化材料之間之反應所產生之熱而加熱，在向下流動固體中之該固體則將熱傳送至富含金屬之區。

31. 如申請專利範圍第 29 或 30 項之方法，其中，該向上及向下流動之固體乃遮蔽容器之側壁，防止其受到因在含氧氣體與固態含碳材料及流體化床中之其他可氧化固體及氣體之間的反應而產生之輻射熱。

32. 如申請專利範圍第 1 項之方法，其中，該含碳材料為煤。

33. 如申請專利範圍第 1 項之方法，其中，該流體化氣體包含選自 CO 及 H₂ 之還原氣體。

34. 如申請專利範圍第 33 項之方法，其中，將該流體化氣體中之 H₂ 含量選擇為該氣體中之 CO 及 H₂ 之總體積的至少 15 體積%。

35. 如申請專利範圍第 1 項之方法，其中，將包含至少經部分還原之含金屬材料之產物流自容器下段排出。

36. 如申請專利範圍第 1 項之方法，其中，該產物流亦包含其他固體，並自該產物流分離出至少一部分的該其他固體。

37. 如申請專利範圍第 36 項之方法，其中，將至少一部分的該其他固體送回至容器。

38. 如申請專利範圍第 1 項之方法，其中，將來自容器上段之包含夾帶固體之出氣流排出。

39. 如申請專利範圍第 38 項之方法，其中，自該出氣流

分離出至少一部分的夾帶固體。

40. 如申請專利範圍第 38 或 39 項之方法，其中，藉由將夾帶固體自出氣流分離，及將至少一部分的分離固體送回至容器，而維持循環流體化床。

41. 如申請專利範圍第 38 項之方法，其中，將自出氣分離出之固體送回至流體化床之下段。

42. 如申請專利範圍第 1 項之方法，其中，利用來自容器之出氣預熱含金屬進料。

43. 如申請專利範圍第 42 項之方法，其中，在預熱步驟之後，處理出氣，並將至少一部分之經處理出氣送回至容器作為流體化氣體。

44. 如申請專利範圍第 43 項之方法，其中，該出氣處理包括下列之一或多者：(a) 移除固體，(b) 冷卻，(c) 移除 H_2O ，(d) 移除 CO_2 ，(e) 壓縮，及 (f) 再加熱。

45. 如申請專利範圍第 43 或 44 項之方法，其中，該出氣處理包括將固體送回至容器。

46. 如申請專利範圍第 1 項之方法，其具有大於 50% 之金屬化 (metallisation)，其中，利用流體化氣體中之還原氣體操作。

47. 如申請專利範圍第 1 項之方法，其中，該含氧氣體包含至少 90 體積 % 之氧。