

公告本

申請日期	89.2.21
案 號	AP103102
類 別	C1/B13/00

A4
C4

505698

(以上各欄由本局填註)

發明專利說明書

一、發明 名稱	中 文	含鐵進給材料還原法之設計和操作最佳化的方法
	英 文	Method of Optimizing the Design and Operation of a Reduction Process for Iron-Containing Charge Materials
二、發明 創作人	姓 名	(1)西賽爾·赫姆特 (2)艾辛格·喬格 (3)伍恩·喬安 (4)杜魯肯塔納·赫曼 (5)恩格·漢茲 (6)夏茲·安德雷亞 (7)高克勒·傑若
	國 籍	奧地利
三、申請人	住、居所	(1)奧地利 A-4040 林茲,布魯登街 13/53 號 (2)奧地利 A-4481 艾斯登,爾蘭街 12 號 (3)奧地利 A-4283 貝賽爾,瑞格街 29 號 (4)奧地利 A-4030 林茲,卡登布倫納崗 8 號 (5)奧地利 A-4040 林茲,伍爾弗爾街 80 號 (6)奧地利 A-4312 瑞德 i.r.,尼德瑟金 20 號 (7)奧地利 A-4540 貝德霍爾,羅墨街 54 號
	姓 名 (名稱)	佛斯特阿爾卑工業設備有限公司
三、申請人	國 籍	奧地利
	住、居所 (事務所)	奧地利 A-4020 林茲,突姆街 44 號
三、申請人	代 表 人 姓 名	(1)瑞貝爾·史蒂方 (2)阿普魯許·曼菲得

裝

訂

線

(由本局填寫)

承辦人代碼：
大 類：
I P C 分類：

A6
B6

本案已向：

奧地利 國 (地區) 申請專利，申請日期 1999.3.3 案號：A 361/99 ， ☐有 ☒無主張優先權

有關微生物已寄存於：，寄存日期：，寄存號碼：

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄)

裝

訂

線

五、發明說明 (1)

發明領域

—— 本發明係關於在一種在還原管道(shaft)中，較佳為塊狀形式之含鐵進給材料之還原程序之設計和操作最佳化之方法，其中在還原管道中係供給入例如來自熔化氣化器之還原氣體與取自用於生產液態生鐵或液態原始鋼鐵等產物之還原管道中的還原產物，如海綿鐵(iron sponge)。

還原管道可為例如直接還原處理之通道或在熔鍊還原處理之固態相的還原管道。於後者情況中，在液態生鐵或液態原始鋼鐵產物之生產中，較佳為塊狀或粒狀形式之如鐵砂的進給材料，假如適當的添加，可在還原管道中直接被還原以形成海綿鐵，且後者被供給入熔解汽化區中並加以熔鍊，同時並供給入碳載體及含氧氣體。如此將產生含CO-及 H₂-之還原氣體，其可從熔解汽化區域中排出並導入發生含鐵進給材料之還原的還原管道中，於此被轉化並以頂部氣體排出。

在此種形式之生產方法中，是很難估計生產的最佳程度，因為進給材料之特定的性質，如穩定性、還原或燒結(agglomeration)過程中之易碎性以及還原劑均會影響生產。

即使在目前，新工廠仍然假設原料及還原劑都是高品質的情況下來進行操作，而如此並不能反映出在原料供應部分的情況。原料供應的短缺與相關生產的停工是有邏輯上必然的結果，因為有關於以較低品質原料的操作限制並不清楚。

在另一方面，在增大或改變幾何形狀之新還原管道之

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

五、發明說明(二)

設計中以及在現有工廠中改變進給材料的使用，則對該等改變之影響具有不確定性。所存在之不確定性尤其是與物質流動、爐料(burden)之靜滯區和其對氣體流動上之影響。這些不確定性亦僅能在實際工廠中或模型比例中之實驗而部分消除。因此，當評估在還原管道之幾何形狀及原料性質對還原管道之影響時，仍然很需要依賴在現有還原工廠中所得之操作經驗，而且特別是在致力於發現先前未嘗試的幾何及進給材料時是非常危險的，更不可能有任何目標或可量化之結果。

現存一種所謂”黑箱(black box)”模型在考量還原工廠之製程或在還原管道中並不適當，因為這些模型是基於經驗的相互關係而不能夠提供任何有關還原管道內部狀態的資訊。

因此本發明之目的是要藉由發展一種在整個還原管道中能被量化評估之還原處理之方法以克服上述之缺點，且結果可使該還原處理最佳化。

本發明之特徵在於還原處理是藉由數學-物理-化學程序模型以描述的，其特徵在於以多維，尤其是三維模擬還原管道，其特徵在於以數值計算該程序模型且以多維，尤其是空間、物理或化學變數之分佈所獲得之計算結果係納入還原處理之考量中。

關於本發明之新穎性係在於其第一次考慮到在整個還原管道中物理和化學變數的多維量化測定且因此可產生關於還原處理之具體化的描敘，因此模擬工具的使用意味著

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (3)

在新工廠的設計與操作，以及現有工廠對於改變進給材料之操作的風險降低。

爲了建立程序模型，需指定還原管道之幾何尺寸、參與製程中之個別物質的化學與物理性質，用於解決微分方程之必要的邊界條件，以及供控制還原製程之製程參數。

此程序模型之計算結果提供給每個相(phase)至少壓力、速度、體積分率、化學組成之空間分布及在還原管道中之空間溫度的分布。

本發明對於在熔鍊還原處理之固態相中之預先還原相之應用上特別有利，其在文章開頭已提到過，且其特徵在於建立一用於還原管道之數學-物理-化學程序模型，其中還原氣體係來自具有固體產物(例如海綿鐵)之熔解氣化爐，該固體產物爲來自還原管道並導入熔解汽化爐中。

本發明之進一步的特徵在於有考慮到以粉塵沉積與粉塵再分散來建立程序模型。結果，需考量含在還原氣體中之粉塵對還原處理之影響。此事件之發生將因藉由改變粉塵沉積肢體積分率以模擬粉塵沉澱。

假如程序模型的建立有考慮到固態物質的非線性性質時亦是有利的。如此將準確可靠地描述固態物質的流動，尤其是當將固態物質模擬成一個具有降服標準之 Bingham 流體，例如 Drucker-Prager、Von Mises 或 Tresca 降服標準。因此粒狀固態物質之臨界剪應力的存在被納入考慮，以便可計算停滯區域。

由於平衡狀態的事實被列入化學及物理方法的模型中

五、發明說明 (4)

，而且溫度關聯性亦納入考慮，程序模型的複製甚至比在還原管道中之實際狀況更好。

在化學及物理程序模型中，有使用到運動定律。藉由使用運動定律，當這些化學與物理方法隨時間進行時，便會在程序模型中被模擬化，如此將可模擬在還原管道中每個位置的空間反應行為。‘運動(kinetic)’一詞在本文中意指在考慮以一定速度下進行之方法。

本發明之一較佳實施例為參與製程相關之物質被指為個別不同之相，如在程序模型中之氣態或至少一粒狀相或至少一粉塵相。粒狀相之特徵為特定顆粒大小和特定原料。被歸到個別不同之相可使每個相以根據其物理或化學特性而模擬。

因此，對每個相而言，將建立每個相的質量平衡與相對應成分的平衡。而這些可以用來決定還原管道中之個別不同相的體積分率與化學組成。

特定化學元素的元素比例，例如為質量分率的形式，可以從成份之平衡而計算出來。例如，用於計算金屬化的程度，鐵的質量分率可以從成份分率中計算出來，例如在一或多個相中之 Fe，FeO，Fe₂O₃ 之質量分率。

另外可進一步提供衡量平衡和能量平衡的建立，在每一個情形中一部分的相可結合成一個群體，每個群體的相具有相同的速度、壓力和溫度場。這樣的狀況可在下例形式中產生：氣態相與分散在氣體中之粉塵之相被指為第一氣體相群體，而顆粒相與沉積在固態物質中之粉塵相被指

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (5)

爲第二固態相群體，而在每個群體中建立相對應的衡量平衡與能量平衡便。藉由結合每個相成爲兩個群體，其在之後被考慮爲兩相，速度、壓力和溫度的分佈就可以一種特別容易的方法來建立。

個別過程之模式處理允許它們在初始考慮時爲分開的，如此將可能讓個別平衡的方程式，特別是微分方程式，藉由最適合每種情況的數學方法來解決。

爲了完成程序模型的計算，將還原管道視爲不連續的而且平衡方程式是由數值方法所解，例如有限微分法、有限元素法、有限體積法或殘餘重量法等。因此，對每個有效的平衡數值方法夠精確也適用。同時，程序模型之解答可藉由平衡計算之連續重覆以獲得。

其更進一步提供參與程序中之物質的部分化學和(或)物理性質，特別是在化學動力的模型方面，另外固態物質的粉塵沉澱和行爲(如內摩擦角度及內聚力等)，皆可從材料試驗來測定。如此可確保在程序模型中所考慮之材料參數是與實際使用材料之特性相一致。

本發明之進一步發展是利用對稱性來減低運算的時間，程序模型的運算僅有對還原管道的一個三維分區來執行。

它進一步提供了由 CAD 程式之資料傳輸來接管還原管道之幾何性質。因此，還原管道的幾何變化只需花極少功夫便能在程序模型中完成。

假如計算的結果能以圖形所顯現將更有幫助，例如在

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(6)

電腦螢幕上的斷面圖等。因此，如程序模型的評估結果以一種清楚的描述和可快速理解的形式使其有效果，並成為還原管道進一步措施的基礎。

根據本發明方法的一個應用實例是一個合適的還原管道設計是藉由還原管道幾何變化之過程模式的反覆離線計算所估判出來的。在新的還原工場設計或是現存還原工廠的改變之中，還原管道的一個最佳幾何形式是以上述方法所判定出來的，藉此操作能量是較一個非最佳幾何的工廠增加許多。因此，還原管道的幾何形式能夠符合特定的進給材料，例如鐵礦砂在塊狀形式下的使用。再者，在還原處理中幾何形式改變之影響能夠在一般情況下研究出來。在程序模型反覆計算的結果基礎之上，改善過程控制所需之幾何形式就能被判斷出來。

更進一步可能之應用就是還原處理可藉由含有過程參數和(或)特定進給材料和(或)邊界條件變化之程序模型的反覆離線計算而最佳化。因此，對於原料、生料組成及其它過程參數變化之還原處理的影響可以被研究出來。在程序模型反覆計算之結果的基礎上，可以判斷出最佳過程之控制所需之過程參數或進給材料。

再者進一步提供以考慮現有過程參數之程序模型的線上計算來控制或最佳化還原處理。如此將可使例如在還原工廠控制中心中的操作者對還原處理有一較佳之全面掌控。

以最小之原料及能源之消耗將還原產物之金屬化程度

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (7)

放至最大或達到預期之金屬化程度可將還原處理最佳化。
程序模型之計算值是否實現便是以此觀點來評估。

本發明將以接下來之圖 1 至 3 為基礎舉例說明得更詳細。

圖一為用來進行精鍊還原處理的部分裝置，此為本發明重要的一部分。

圖二為從還原管道縱軸所取得之縱斷面圖。

圖三為顯示還原管道之一部分的平面圖。

在圖一中，鐵礦砂 1 及添加物 5 如箭號 3 指示的方向一起加入還原管道 1 中，一但反應開始發生，產物 13，尤其是海綿鐵，便藉由輸送裝置 8 排出並送入熔解汽化爐 6 中，同時並經由輸送裝置 7 將煤炭送入爐中，而精鍊之產物就如箭號 23 指示之方向排出爐外。在熔解汽化爐 6 中產生之還原氣體 9 以旋風 11 加以清除，並回收沉澱之固體 12，接下來將氣體導入還原管道 1 中，因還原管道中之反應已發生過，氣體 9 便可如上層氣體 14 排出管道。在還原氣體 9 的 16 部分是通過一個冷卻和淨化的裝置 17 並且接下來再回到旋風 11 之還原氣體 9 的上游，藉著已冷卻的還原氣體 9 來達到還原管道 1 所需之溫度。

在圖二中顯示如何將原料 3，鐵礦砂(例如 Fe_2O_3 之含鐵材料)和添加物藉由蜘蛛架導桿 30 送進還原管道 1 中(之後簡稱為管道)。在緩慢向下移動之固定基座中，有著漸漸變小的頂端 32，鐵礦砂在此轉變成海綿鐵。固定基座的移動是由兩個向下的箭號所表示，該移動是被安排在管道 1

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

五、發明說明 (8)

下方之旋轉輸送帶所強制動作，藉此海綿鐵 13 將被排出並以旋轉的連接台 39 使其圍繞在管道 1 的外圍。海綿鐵 13 再經過落下管 36 而進入熔解汽化爐中，落下管氣體也可以經由這些落下管再進入管道 1 中，如箭號 37 所示。還原氣體 9(之後簡稱為氣體)流經有進氣細縫 34 之環管 33，而進入管道 1 中並如向上箭號指示之方向流動，以固定基座 2 之相反方向再次經由兩支管 35 流出管道(上方氣體 14)。在此氣體中所含之一氧化碳(CO)及氫(H₂)將會與鐵礦砂(Fe₂O₃)產生化學反應因而產生海綿鐵(Fe)。

在圖三顯示圖二中管道 1 的一部分，這個部分有一個蜘蛛架導桿 30，該物是安排在兩個旋轉輸送帶 38 之間，進氣細縫 34 安排在整個管道的周圍。

當海綿鐵大部分被金屬化之後還原速率就會急劇下降，有一小部份的還原會在熔解汽化爐中發生，目的是將金屬化的程度達到 90%左右。

添加物(石灰石、白雲石等)與鐵礦砂一起加入管道 1 中，目的是為了使生鐵脫硫並降低熔解汽化爐 6 中爐渣的黏性。在管道 1 中，二氧化碳已從這些添加物中排出，也就是與氣體 9 混合，也就是稱為降低酸性化或鍛燒。

原料 3(鐵礦砂、添加物等)是以濕潤的情況加入並在管道 1 上層部分乾燥。水分在反應材料(burden)2(=管道中之原料=固定基座)中被蒸發出來並且混入氣體 9 中。原料 3 同時也包含了不會參與化學反應的惰性物質，例如在鐵礦砂中的脈石(gangue)。

五、發明說明 (9)

流入管道 1 的氣體 9 中含有粉塵，該粉塵有部分會沉澱到固定基座 2 上。然而，已經沉澱的粉塵會因局部的高氣體流速而再被驅散進入氣體 9 中。

氣體 9 基本上是由含碳、氫和氧之分子所組成，這些分子能互相發生化學反應，即使產生固態碳或固態碳被耗盡該影響依然存在。因此，這些反應會對在氣體 9 或在固定基座 2 上之粉塵內含物有所影響。

氣體 9(攝氏數百度)與固體物質 2(環境溫度)有著不同之溫度而進入管道 1 中，及在物理/化學轉變過程中之不同的熱量調性會造成在固體 2 及氣體 9 之間溫度的差異性，而此差異性會藉由熱量轉移而減小。

原料加入的數量是由旋轉輸送帶 38 的旋轉速度來控制的。氣體流經管道 1 之數量基本上可藉由降低固定基座 2 上方之壓力來增加。

管道操作之目標就是要達到預定之礦砂金屬化的程度，並同時對氣體有良好之利用率，那也就是說盡可能將氣體中存在之大部分的 CO 及 H₂ 在礦砂還原之過程中轉化為 CO₂ 及 H₂O。如此將達到最小之資源消耗與最大之成本效益及最小之環境衝擊。若未善加利用氣體將有負面之影響同時也意味著未達到預期之金屬化程度。

由於邊界條件(加入及排出之成分、進氣之細縫等)，管道可容易模擬為三為模式。為了縮短計算的時間，因此只考慮管道之某扇形區域(如 30° 或 60° 等)，可參考圖 3。這些區域互不相連並可由適當之數值方法來解如每一區

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝
訂
線

五、發明說明 (10)

域之平衡方程式(質量、組成、動力及能量平衡等)。

在管道中不對稱作用(在整個時間與空間中進料的不一致，部分被環管和進氣細縫所取代)所造成之影響可在當藉由週期性的邊界條件或藉由一個接著一個出現的邊界條件之計算執行來考慮一個管道區域時而評估出來。然而，原則上也可以對整個管道做計算，但需花費較長之計算時間。

爲了模型化，各種物質均有個別的相位。氣體形成自己一個相位，包含於氣體中之粉塵及沉澱於固定基座上之粉塵也各自形成它們的相位。

每一種顆粒的等級和每一種原料(礦砂、石灰石等)都代表一種它們自己的粒狀相位。因此，粒狀相位的數量就等於原料的數量乘上顆粒等級的數量。例如，有四種原料-兩種礦砂、石灰石與白雲石-與六種介於 0mm 至 50mm 之間的顆粒等級，因此有 24 種粒狀相位。然後將全部的粒狀相位(例如 24)+2 個粉塵相位+1 個氣體相位便得到 27 個相位。

在一個三維的模型中，大體說來每個相位有以下各項：

- +1 個質量平衡，
- +m-1 個組成的平衡，有 m 個成分，
- +1 個向量動力平衡，
- +1 個狀態方程式與
- +1 個能量平衡。

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

五、發明說明 (1)

每一個相位有它自己的速度，自己的壓力及自己的溫度。質量、動能及熱能可在相位之間互相交換。如此對每個相位之下列項目有所影響：

- 相位的體積級分
- 相位中的組成級分
- 三個方向之速度
- 壓力與
- 溫度

然而，如此精確的過程僅有在計算個別相位之體積級分及組成級分時才絕對需要。在粒狀相位及粉塵相位中可將擴散列入考慮，但不是絕對必要。

對於動能平衡與能量平衡而言，爲了方便起見將數個相位結合成相位群體。例如，某個群體包含了所有的粒狀相位及沉澱在原料中的粉塵之粉塵相位，而另一個群體包含了氣體相位及擴散在氣體中的粉塵之粉塵相位。在此情況中，所有的粒狀相位和沉澱在原料中的粉塵之粉塵相位有一共同之速度、壓力及溫度範圍。與此不同的是氣體相位及擴散在氣體中的粉塵之粉塵相位的共同速度、壓力及溫度範圍。

爲了個別相位而形成的模型說明如下。平衡是從空間座標系統(Eulerian consideration)來考慮的。質量、動力及能量流動，質量及能量的獲得與降低就如同對每個區域體積之外部力量。

某個相位 q 關於任何一個在還原管道中之格柵單位

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (1)

(grid cell)的質量平衡是：

任何要求的相位 q(氣體、顆粒、粉塵)之質量密度關於時間上之變化+

所有對流性進入與離開此單位之質量流動的總和=

在一個單位中相位 q 所有獲得與減少質量之總和。

$$\frac{\partial(\epsilon_q \rho_q)}{\partial t} + \nabla \cdot (\epsilon_q \rho_q \mathbf{v}_q) = \sum_{p=1}^N m_{pq} \tag{1}$$

此處

ϵ_q 為相位 q 之體積分[-]

ρ_q 為相位 q 之密度[kg/m³]

→

v_q 為相位 q 之速度[m/s]

→

m_{pq} 為從相位 p 到相位 q 之質量流[kg/(m³s)]

∇ 為在向量形式中[$\frac{\partial}{\partial x}; \frac{\partial}{\partial y}; \frac{\partial}{\partial z}$]之 Nabla 因子 [1/m]

N 為相位數目

t 為時間[s]

在任何有關於還原管道中之要求的格柵單位其粒狀或粉塵相位 q(非氣體相位)之組成 l 的組成平衡為：

在相位 q 中(粒狀或粉塵)組成 l(如 Fe₂O₃、CaO 等)的質量密度隨時間之變化量+

所有對流性進入與離開此單位之組成 l 之質量流動的總和=

在相位 q 中組成 l 之所有獲得與減少質量之總和。

$$\frac{\partial(\epsilon_q \rho_q m_{ql})}{\partial t} + \nabla \cdot (\epsilon_q \rho_q \mathbf{v}_q m_{ql}) = \sum_{p=1}^N m_{pq l} \tag{2}$$

此處

五、發明說明 ({ }

ϵ_q 為相位 q 之體積級分 [-]

ρ_q 為相位 q 之密度 [kg/m^3]

m_{ql} 為相位 q 中組成 l 之質量級分 [-]

→

v_q 為相位 q 之速度 [m/s]

m_{pql} 為從相位 p 到相位 q 在組成 l 中之質量流 [$\text{kg}/(\text{m}^3\text{s})$]

→

∇ 為在向量形式中 [$\frac{\angle}{\angle_x}; \frac{\angle}{\angle_y}; \frac{\angle}{\angle_z}$] 之 Nabla 因子 [$1/\text{m}$]

N 為相位數目

t 為時間 [s]

在還原管道中有關任何要求的格柵單位之氣體相位 g 其組成平衡之情況中，將擴散流動列入考慮可能較為適當，例如假使在還原氣體與落下管氣體之間的混合被計算時。一般說來並不是絕對需要將擴散列入考慮的：

在氣體相位 g 中組成 l (如 CO 、 H_2 等) 的質量密度隨時間之變化量+

所有對流性之進入與離開此單位之組成 l 之質量流動的總和=

組成 l 的擴散流動+

在氣體相位 g 中組成 l 之所有獲得與減少質量之總和

$$\frac{\partial(\epsilon_g \rho_g m_{gl})}{\partial t} + \nabla(\epsilon_g \rho_g v_g m_{gl}) = \nabla(\epsilon_g \rho_g D_{gl} \nabla m_{gl}) + \sum m_{pql} \quad (3)$$

此處

ϵ_g 為氣體相位 g 之體積級分 [-]

ρ_g 為氣體相位 g 之密度 [kg/m^3]

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (14)

- m_{gl} 為氣體相位 g 中組成 l 之質量級分 [-]
- v_g 為氣體相位 g 之速度 [m/s]
- m_{pgl} 為從相位 p 到氣體相位 g 在組成 l 中之質量流 [kg/(m³s)]
- D_{gl} 為氣體相位 g 組成 l 之擴散或散射係數 [kg/(m³s)]
- ∇ 為在向量形式中 [$\frac{\angle}{\angle_x}; \frac{\angle}{\angle_y}; \frac{\angle}{\angle_z}$] 之 Nabla 因子 [1/m]
- N 為相位數目
- t 為時間 [s]

元素平衡不需要建立。以下即為證明(例如金屬化的情形)，元素級分(例如 Fe、O 的質量級分)是由組成級分(例如 Fe、FeO、Fe₂O₃ 在一種或多種相位下之質量級分)所計算而來的。

動力平衡是不需要針對每一個相位來個別建立的，但可對相位群體來建立。例如，下列相位群體對動力平衡而言是有意義的：

群體 q 包含了所有粒狀相位與沉澱在原料中粉塵之粉塵相位的總和，

群體 g 包含了氣體相位與擴散在氣體中粉塵之粉塵相位。

對所有粒狀相位與沉澱在原料中粉塵之粉塵相位的向量動力平衡為：

在一個單元中粒狀相位與沉澱在原料中粉塵之粉塵相位的動力密度隨時間之變化量+

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (15)

粒狀相位與沉澱在原料中粉塵之粉塵相位之進入與離開此單元所有對流性動力流的總和=

連續相位(氣體)的浮力+

在單元中粒狀相位和在原料中粉塵相位之壓力+

由剪應力與正應力所造成之力量(應力偏離因子)+

重力+

由氣體對固態物質表面之附著力所造成在氣體與固體之間的阻力。

$$\epsilon_q \rho_q \frac{Dv_q}{Dt} = -\epsilon_q \nabla \rho_g - \nabla^T \tau_q + \epsilon_q \rho_q g + K_{gq}(v_g - v_q) \tag{4}$$

此處

ϵ_q 為粒狀相位與沉澱在原料中粉塵之粉塵相位之體積級分 [-]

ρ_q 為粒狀相位與沉澱在原料中粉塵之粉塵相位之密度 [kg/m³]

v_q 為粒狀相位與沉澱在原料中粉塵之粉塵相位之速度 [m/s]

v_g 為氣體相位與擴散在氣體中粉塵之粉塵相位 g 之速度 [m/s]

P_g 為氣體相位與擴散在氣體中粉塵之粉塵相位 g 之壓力 [Pa]

P_q 為粒狀相位與沉澱在原料中粉塵之粉塵相位之壓力 (『原料壓力』) [Pa]

τ_q 為粒狀相位與沉澱在原料中粉塵之粉塵相位之應力

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (16)

偏離因子[Pa]。內含有內摩擦角度及內聚力之參數。

→ g 為重力加速度向量[m/s²]

K_{gq} 為一方面在粒狀相位與沉澱在原料中粉塵之粉塵相位 q 之間之動力交換係數;另一方面在氣體相位與擴散在氣體中粉塵之粉塵相位 g 之間之動力交換係數(由 Ergun 方程式所導出)

→ ∇ 為在向量形式中[$\frac{\angle}{\angle_x}; \frac{\angle}{\angle_y}; \frac{\angle}{\angle_z}$]之 Nabla 因子[1/m]

D/Dt 為所有之微分

t 為時間[s]

氣體相位與在氣體中之粉塵相位 g 的群體其動力平衡與粒狀相位與沉澱在原料中粉塵之粉塵相位 q 的動力平衡僅忽略浮力而在形式上有所不同：

在一個單元中氣體相位與擴散在氣體中粉塵之粉塵相位的動力密度隨時間之變化量+

氣體相位與擴散在氣體中粉塵之粉塵相位之進入與離開此單元所有對流性動力流的總和=

動力流之增加與減少是在氣體相位中質量之增加及減少與擴散在氣體中粉塵之粉塵相位的必然結果=

在單元中氣體相位與擴散在氣體中粉塵之粉塵相位之壓力+

由剪應力與正應力所造成之力量(應力偏離因子)+

重力+

由氣體對固態物質表面之附著力所造成在氣體與固體

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

五、發明說明 (17)

之間的阻力。

$$\vec{\epsilon_g} \rho_g \frac{D \vec{V_g}}{Dt} = -\vec{\epsilon_g} \nabla \rho_g - \vec{\nabla}^T \tau_g + \vec{\epsilon_g} \rho_g \vec{g} + K_{qg} (\vec{V_q} - \vec{V_g}) \tag{5}$$

此處

ϵ_g 為氣體相位與擴散在氣體中粉塵之粉塵相位之體積級分 [-]

ρ_g 為氣體相位與擴散在氣體中粉塵之粉塵相位之密度 [kg/m³]

v_q 為粒狀相位與沉澱在原料中粉塵之粉塵相位之速度 [m/s]

v_g 為氣體相位與擴散在氣體中粉塵之粉塵相位 g 之速度 [m/s]

P_g 為氣體相位與擴散在氣體中粉塵之粉塵相位 g 之壓力 [Pa]

τ_g 為氣體相位與擴散在氣體中粉塵之粉塵相位之應力偏離因子 [Pa]。

g 為重力加速度向量 [m/s²]

K_{qg} 為一方面在粒狀相位與沉澱在原料中粉塵之粉塵相位 q 之間之動力交換係數;另一方面在氣體相位與擴散在氣體中粉塵之粉塵相位 g 之間之動力交換係數(由 Ergun 方程式所導出)

∇ 為在向量形式中 [$\frac{\angle}{\angle_x}; \frac{\angle}{\angle_y}; \frac{\angle}{\angle_z}$] 之 Nabla 因子 [1/m]

D/Dt 為所有之微分

t 為時間 [s]

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝
訂

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝
訂
線

五、發明說明 (18)

舉個例子來說，對於在動力平衡下所提到之兩組相位群體再次提出能量平衡：

群體 q 包含了所有粒狀相位與沉澱在原料中粉塵之粉塵相位的總和，

群體 g 包含了氣體相位與擴散在氣體中粉塵之粉塵相位。

對於所有粒狀相位與在原料中之粉塵相位之群體的能量平衡如下：

在一個單元中粒狀相位與沉澱在原料中粉塵之粉塵相位的熱函(enthalpy)密度隨時間之變化量+

粒狀相位與沉澱在原料中粉塵之粉塵相位之進入與離開此單元所有對流性熱力流的總和=

在粒狀相位與沉澱在原料中粉塵之粉塵相位之間的熱傳導流+

對於所有粒狀相位與沉澱在原料中粉塵之粉塵相位之熱轉換流+

熱函之增加與減少是在粒狀相位中組成質量之增加及減少與在原料中之粉塵相位的必然結果。

$$\frac{\partial(\epsilon_q \rho_q \bar{h}_q)}{\partial t} + \nabla(\epsilon_q \rho_q v_q h_q) = -\nabla(\epsilon_q \lambda_q \nabla T_q) + H_{\text{ext}q} - \sum_{N, M} T_q + \sum \Sigma m_{p,q} h_i \quad (6)$$

此處

ϵ_q 為粒狀相位與沉澱在原料中粉塵之粉塵相位 q 之體積級分 [-]

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

五、發明說明 (19)

ρ_q 為粒狀相位與沉澱在原料中粉塵之粉塵相位 q 之密度 $[\text{kg}/\text{m}^3]$

h_q 為粒狀相位與沉澱在原料中粉塵之粉塵相位 q 之熱函 $[\text{J}/\text{kg}]$
→

v_q 為粒狀相位與沉澱在原料中粉塵之粉塵相位之速度 $[\text{m}/\text{s}]$

λ_q 為相位群體 q 之熱傳導性 $[\text{W}/(\text{m K})]$

H_{sq} 為在兩個相位群體間之熱交換係數 $[\text{W}/\text{K}]$

T_q 為粒狀相位與沉澱在原料中粉塵之粉塵相位 q 之溫度 $[\text{K}]$

T_g 為氣體相位與擴散在氣體中粉塵之粉塵相位 g 之溫度 $[\text{K}]$

N 為相位之數目

M 為組成之數目

m_{pq1} 為組成 1 從相位 p 到相位 q 之質量流 $[\text{kg}/(\text{m}^3\text{s})]$

→ h_1 為組成 1 之熱函 $[\text{J}/\text{kg}]$

∇ 為在向量形式中 $[\frac{\angle}{\angle_x}; \frac{\angle}{\angle_y}; \frac{\angle}{\angle_z}]$ 之 Nabla 因子 $[\text{l}/\text{m}]$

t 為時間 $[\text{s}]$

對於包含有氣體相位與擴散在氣體中粉塵之粉塵相位與包含有粒狀相位與沉澱在原料中粉塵之粉塵相位的群體而言其能量平衡在形式上是相同的。它可藉由以指數 g 代替指數 q 而獲得。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (\\⁰)

粒狀相位之體積級分也許在整個計算空間(管道區域)中被指定或是從狀態方程式很方便的被判定出來，可見如 N. Ouchiyama 和 T. Tanaka 1988 年之”不同填充特性之固態物質其混合組裝之孔質估計”，日本化學工程期刊，21(2): 157-163 或是 Johansen S.T., Laux H.”對擴散多相位流體方程式之數值解的替代方法”，第二屆國際多相位流體會報，東京，日本 1995 年。粉塵相位之體積級分是由粉塵相位之質量平衡而來。結果氣體相位之體積級分也同時建立，因為在一個小空間中所有相位之體積級分的總和相當於一個。

在動力平衡中之阻力可由所有已知的方程式導出，藉由此流經多孔媒介之氣體流能很容易的被模型化(例如由 Ergun 方程式)，可見如”流經填充柱之流體”，Sabri Ergun, 1952，化學工程之演進，48(2):89-94。在氣體流中分離、粉塵沉澱及孔洞之影響已經由物質數值所紀錄，例如：

- 粒狀相位及沉澱在原料中粉塵之粉塵相位的局部體積級分
- 局部之平均物質直徑與
- 局部之形狀因子。

關於固態物質流動之溫度影響、粉塵流動及化學反應等均由固態相位之動力平衡中適當之參數所標示出來了，例如由內摩擦角及內聚力。藉由此方法，如在被排出元素(例如以旋轉輸送帶)或支撐(bridging)之間的中心流動或無效區域之組成等的現象可由計算而得。在局部狀態中這些如

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

裝

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

五、發明說明 (ㄅ)

溫度、粉塵體積級分或硫磺含量等的參數其從屬關係同時也可計算因”阻塞(sticking)”、“結塊(agglomeration)”或”群集(clustering)”(=由於化學鍵所造成粒子的黏結阻塞，如 Fe-Fe 或 Fe-S 的鍵，或是由於粒子間所表現之液態相位所造成)所導致之不正常管道狀態。

分離所造成之影響可藉由邊界條件(設立一個在蜘蛛架導桿 中有一增加之細微級分之顆粒大小分布)列入近似程度之考慮。膨脹(=粒子在還原的過程中體積之增加)可藉由指定使用低密度的 FeO 而估計其近似的程度。顆粒碎裂與磨損的影響可藉由使用粗糙粒狀相位之質量平衡中適合的獲得-減少之項目來加以考慮。

相位之構成討論如下。每一個相位含有參與一定之物理/化學變化過程之成分。所有未參與物理-化學變化之固體成分(母岩或 Al₂O₃, SiO₂等)可以將之群集在一起成爲一個惰性物質成分。例如，以下氣體相位、粉塵相位或粒狀相位之組成是有意義的：

- 氣體：CO, CO₂, H₂, H₂O(g), CH₄, N₂
- 礦砂 1 與礦砂 2：Fe₂O₃, FeO, Fe, H₂O(l), 惰性物質
- 石灰石、白雲石：MgCO₃, MgO, CaCO₃, CaO, H₂O(l), 惰性物質
- 氣體中之粉塵：C, 惰性物質
- 固定基座中之粉塵：C, 惰性物質
- 模型方程式假如在粉塵或額外如 H₂S 或氰化物之成分中考慮更多之成分時亦可被應用。僅有計算之時間相對的

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

編

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

五、發明說明 (21)

加長了。

在平衡方程式中所示之獲得/減少之項目中，已將物理/化學變化之過程列入考慮，例如：

所有粒狀相位之乾燥

在幾個階段(赤鐵礦-磁鐵礦-方鐵礦-鐵)中以 CO 與 H₂ 之礦砂還原可將如磁鐵礦階段之快速還原給省略。

石灰石與白雲石之鍛燒

在 C-H-O 系統中之化學反應：Boudouard 反應、均質與異質之水-氣體反應、甲烷分裂反應。

粉塵沉澱/粉塵再擴散：包含在氣體中之粉塵沉澱到固定基座上或是包含於固定基座上之粉塵再擴散到氣體中

顆粒分裂，磨耗

在這個例子中，將表示出一氧化碳成分之平衡。一氧化碳僅在氣體相位中產生。在一氧化碳平衡中獲得/減少之項是由礦砂還原與在 C-H-O 系統中之化學反應(例如 Boudouard 反應)所造成的。與一氧化碳平衡有關聯之相位必然就是所有的礦砂與粉塵相位了。

在平衡中所獲得的與減少的能夠如預期的被模型化。對它們而言是特別方便地去組成能量(例如熱力平衡的距離)與速度項(例如 Arrhenius 係數、產物各層擴散係數、質量轉換係數等)。再者，獲得與減少的可被建立成如溫度 T 的函數，那也就是說對各種不同溫度範圍有一種不同之形式或是僅對特定溫度有效的形式。在固體的情況中，形狀因子與平均粒徑已包含於獲得與減少之計算之中。在粉塵沉

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (✓})

澱/粉塵再擴散的情況中，最大可能在原料中的粉塵體積級分是決定於原料的顆粒大小分布與局部氣體速度。粉塵沉澱會發生於每當粉塵沉澱之體積級分低於平衡值時，而粉塵再擴散將發生在若粉塵沉澱之體積級分高於平衡值時。

對於化學過程中獲得與減少的公式而言，一般均使用參數，例如有關於換算與化學計量係數之反應順序。

由於化學反應之熱調與節省計算時間之優勢，因摩擦而造成機械運作與能量之浪費在能量平衡中已被忽略。假如有將它們列入考慮則結果將不會有重大的改變。

解模型方程式需要邊界條件。而這些可根據已存在的或是要求的量測結果及控制方案來建立。例如，若在還原氣體與在落下管中氣體之壓力與上層氣體的量能在操作過程中被量測出來，落下管中氣體與還原氣體在入口處的壓力邊界條件與在反應材料(burden)表面之氣體相位的速度邊界條件便可以數學模式來設定。

適當的選擇邊界條件能讓工廠中最複雜的部分(如排出的元素)模型化。對此目的而言排出之元素的精確幾何尺寸及移動不需要模型化；反而是在速度邊界條件的形式中來模型化排出物的行為。例如，反應材料 2 之排出可由在排出元素(如在旋轉之外層=旋轉輸送帶 38 周圍之虛擬的滾筒)之速度邊界條件所表示。因此，旋轉本身的動作不需要被模型化。

邊界條件不需被限制為數值；反而是以壓力、速度、溫度、質量和體積級分的概述來加以指定。週期邊界條件

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

編

五、發明說明 (4)

同時能讓在管道區域中之不對稱情況再次產生。

平衡方程式與邊界條件包含物質的數值與參數，而這些參數一方面可從標準之文獻(例如磨碎的質量、理論的密度、熱含量與耐火內襯之導熱性)取得，而另一方面必須以實驗方式加以判斷，例如內摩擦角、還原運動參數與排出元素之特性。如此可對原料與工廠特有之管道操作狀態做計算。

爲了確保固態物質流之實際可行之敘述，就必須特別注意爲了測定應力偏離因子與應力張量因子所需之物質定律。最簡單之應用就是”牛頓流體”之線性物質定律，其在流體力學中被視爲標準。然而，該定律並不符合如原料漸變端或無效區域等現象之敘述，該現象是發生在粒狀物質的情形中。在此情況下就必須使用非線性物質定律。

顆粒流之物質定律是爲此方法而發展並且建立了應力張量與速度梯度之間的關係，此爲古典 Bingham 物質定律之歸納結論(“Flows of Materials with Yield”, T.C. Papanastasiou, 1987 年，流變學期刊 31(5), 385-404)。

”Bingham 流體”經常是有不變的必要剪應力之物質，該物質之物質定律僅在當剪應力實際地普遍超越必要剪應力時才允許移動。此必要剪應力同時也發生在粒狀媒介的情況中，但它不能被假設爲常數；而是根據固態物質的壓力與物質參數(如物質之內摩擦角)，及固態物質的內聚力而定。因此在靜止與移動之間的界限可藉由如 Drucker-Prager 生產準則來描述：”工程物質之分子構成方程式，第一冊：

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(水)

彈性與模型”，W.F. Chen 與 A.F. Saleeb，1994 年，Elsevier，Amsterdam 與”兼具黏性與塑性的現象學模型，觸變性與粒狀物質”，A. Berker 與 W.E. VanArsdale，1992 年，Rheologica Acta 31，119-138。

氣體相位的密度是由理想氣體定律(使用平均磨碎質量)所建立的，該定律足以適於氣體壓力所考量(可高至 5bar)。而其它相位的密度是由組成之級分與理論密度而來。

對於有效的熱傳導性 λ ，同時也將能在粒子與粒子間傳輸熱能的發熱成分列入考慮。

下列在還原管道或物質特性中之過程可藉由根據程序模型發明之結構來指明與敘述：

在礦砂、添加物等成分中之不均質性可藉由在蜘蛛架導桿上之不同情況的程序模型之反覆計算來模擬。

在礦砂等材料中可將在氣體流之局部顆粒大小分布的影響列入考慮。

可將礦砂中之水分及包含於後者中之惰性物質列入考慮。

在管道中幾何形狀(如圓錐擴張)對過程之影響已被量化指明。

將加入與排出元素之幾何列入考慮(例如將礦砂經由蜘蛛架導桿加入且經由旋轉輸送帶移除)，其分別涵蓋僅管道斷面表面積之部分。

氣體流從在管道壁之進氣細縫呈放射狀進入。

礦砂等材料之表面形成如原料槽之漸變端，如此對氣

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

五、發明說明 (26)

體流將有所影響。氣體由於原料槽之漸變端而明顯的想從蜘蛛架導桿以最大可能之放射狀距離離開。

氣體在局部特定之數量是取決於局部孔隙級分、局部平均之粒子直徑與局部之粒子形狀，也就是取決於分離的程度與粉塵的產生。局部孔隙與局部粒子直徑較小且局部球狀粒子較少時，氣體在局部特定之數量就會較小。

環管與/或進氣細縫之部分被粉塵阻塞時將導致通過礦砂等材料之氣體不均勻。

粉塵若過高將導致通道化現象。氣體將向上流經這些在礦砂等原料中之通道而沒有進行任何還原工作。此狀況可藉由指定起始條件來對氣體流加以考慮。

已考慮在氣體與固體之間的熱交換。

氣體的還原位因 C-H-O 系統中之化學反應而改變。例如，CO 與 H₂ 藉由 Boudouard 反應與不同成分之水-氣體反應轉化成粉塵形式的碳(C_(s))，CO₂ 與 H₂O，且因為鐵礦砂之還原而損失掉。

石灰石與白雲石的高局部級分將限制溫度並降低還原位，因為鍛燒過程會吸收熱且釋放 CO₂。

氣體在局部特定之數量是被此事實所影響，氣體從管道壁流入反應材料中且在反應材料中產生一種不平均的分布。此在管道中之粉塵分布是由計算而得到之結果。

氣體流動不僅僅經由旋風-環管-進氣細縫之路徑進入管道中；反而部分的還原氣體是直接從熔解汽化爐經由落下管的路徑進入管道中。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

五、發明說明 (8)

核心流會發生於管道的收斂區域(=向下之斷面壓縮)與旋轉輸送帶之區域中。

如果反應材料已經有一個確定的抗壓強度-例如由於阻塞或結塊或是由於粒子間的化學鍵，由於液化、惰性物質的再燒結，由於結合的粉塵-則可藉由旋轉輸送帶形成橋樑。

管道中之溫度越高，過程為阻塞(燒結、液態母岩或鐵-硫磺之混合物)發生之原因的程度就越大。最大可允許的溫度是由阻塞/結塊所限制著。

原料具體資料之互相影響，如礦砂之反應-運動參數，
操作者具體方法之互相影響，如氣體的具體數量，
幾何形狀與/或大小之互相影響，如較長之排出旋轉帶

與它們對管道性能之影響都能被數量化的研究出來。

下列的過程特別可從計算而得之壓力分布來做推論，也藉由以下的模型間接加以考慮：

反應原料在整個斷面上並不是均勻一致的向下變細；相反的，反應原料可以”懸吊”於局部放鬆速率較大的地方。放鬆速率就是在氣體部分所損失的垂直、特定壓力相當於垂直的填塞壓力情況中之氣體的空管速度(=反應原料之填塞密度乘上重力加速度之乘積，當在壁上或靜止原料上的反應材料其支撐被忽略時)

進入管道的絕對氣體速度比放鬆速度大很多時。假如氣體在管道下層之滲透性太低時，孔洞和局部的懸吊就會

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝
訂
線

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

五、發明說明 (28)

從進氣細縫開始發生。

根據本發明的方法可在不同原料的情況中藉由改變幾何型態或過程參數來最佳化還原處理與產品品質。因此，原料使用的範圍可更加擴大。

圖號對照說明

- 1. 還原管道
- 2. 緩慢下降之固定基座
- 3. 指示原料之箭號(鐵礦砂、添加物)
- 4. 鐵礦砂
- 5. 添加物
- 6. 熔解汽化爐
- 7. 填料入熔解汽化爐之運送裝置
- 8. 產物排出之運送裝置
- 9. 還原氣體
- 10. 旋風器
- 11. 沉積之固體
- 12. 產物，基本為海綿鐵(iron sponge)
- 13. 上層氣體
- 14. 還原氣體 9 的一部分
- 15. 清潔裝置
- 16. 由箭號 23 所示之排出的熔鍊產物
- 30. 蜘蛛架導桿
- 31. 原料槽
- 32. 環管

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

五、發明說明 (29)

- 33. 進氣細縫
- 34. 上層氣體 14 排出之管
- 35. 產物 13 之落下管
- 36. 指示落下管氣體進入管道 1 之箭號
- 37. 旋轉輸送帶
- 38. 旋轉連接台

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

四、中文發明摘要 (發明之名稱：

)

含鐵進給材料還原法之設計和操作最佳化之方法

一種敘述含鐵進給材料(3)還原法之設計和操作最佳化之方法，最佳情況是塊狀形式，在一還原管道(1)中還原氣體(9)(例如從熔解汽化爐(6)而來)已加入從還原管道(1)所得之已還原產物(13)(如海綿鐵(iron sponge))來生產液態生鐵或液態原始鋼鐵等產物，在該方法中還原處理是藉由一種數學-物理-化學之程序模型加以描述，還原管道(1)被模擬成多維，特別是三維模型，且程序模型可以數值計算並得到如多維，特別是空間的計算結果，物理或化學變數的分布也被列入還原處理加以考慮。如此將使還原處理在整個還原管道中能被量化評估，並且因此使還原處理最佳化。

英文發明摘要 (發明之名稱：Method of Optimizing the Design and Operation)
of a Reduction Process for Iron-Containing
Charge Materials

A description is given of a method of optimizing the design and operation of a reduction process for iron-containing charge materials (3), preferably in lump form, in a reduction shaft (1) to which reduction gas (9) is fed, for example from a fusion gasifier (6), with a reduced product (13), for example iron sponge, being taken from the reduction shaft (1) for the production of liquid pig iron or liquid primary steel products, in which method the reduction process is described by means of a mathematical-physical-chemical process model, the reduction shaft (1) is modelled multi-dimensionally, in particular three-dimensionally, and the process model is numerically evaluated and the results of the evaluation, obtained as multi-dimensional, in

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄)

裝

訂

線

四、中文發明摘要 (發明之名稱：)

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄)

裝

訂

線

英文發明摘要 (發明之名稱：)

particular spatial, distributions of physical or chemical variables, are taken into account for the reduction process. This allows the reduction process to be quantitatively assessed in the entire reduction shaft and, as a result, the reduction process can be optimized.

六、申請專利範圍

1.一種對於在還原管道(1)中之含鐵進給材料(3)之設計及操作最佳化之方法，而其中還原氣體(9)係供給入具有經還原產物(13)之還原管道(1)，該經還原產物(13)係從用於生產液態生鐵或液態原始鋼鐵產物(23)之還原管道中取出，其特徵為還原方法係藉由數學-物理-化學程序模型以描述，其特徵為還原管道(1)以多維模擬且程序模型可以數值計算，而得到物理或化學變數之多維分布的計算結果也將列入還原處理中加以考慮。

2.如申請專利範圍第 1 項之方法，其特徵為程序模型係以考慮粉塵沉澱及粉塵再分散而建立。

3.如申請專利範圍第 2 項之方法，其特徵為藉改變粉塵沉澱之體積分率來模擬該粉塵沉澱。

4.如申請專利範圍第 1 至 3 項中任一項之方法，其特徵為考慮固態物質之非線性特徵而建立該程序模型。

5.如申請專利範圍第 4 項之方法，其特徵為將固態物質模擬成具有降服標準之似 Bingham 的流體，例如 Drucker-Prager、Von Mises 或 Tresca 降服標準。

6.如申請專利範圍第 1 至 3 項中任一項之方法，其特徵為動力理論係使用在模擬化學與物理程序。

7.如申請專利範圍第 1 至 3 項中任一項之方法，其特徵為在模擬化學與物理程序中係考慮平衡狀態。

8.如申請專利範圍第 1 至 3 項中任一項之方法，其特徵為在模擬化學與物理程序中係考慮溫度依附性。

9.如申請專利範圍第 1 項之方法，其特徵為參與程序

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

像

六、申請專利範圍

中之物質係歸於程序模型中之個別相中。

10.如申請專利範圍第 9 項之方法，其特徵為藉特定顆粒大小及特定原料來描繪粒狀相位。

11.如申請專利範圍第 9 項之方法，其特徵為對每個相而言，建立其質量平衡與相對應的組成平衡。

12.如申請專利範圍第 11 項之方法，其特徵為特定化學元素之元素分率是由組成平衡所計算而得。

13.如申請專利範圍第 9 項之方法，其特徵為建立動力平衡及能量平衡，在每種情況中將數個相結合成一個群體，每個群體之相具有相同之速度、壓力及溫度場。

14.如申請專利範圍第 13 項之方法，其特徵為氣相及分散於氣體中之粉塵相被歸為氣態相之第一群體，而粒狀相及沉積於固態物質中之粉塵相被歸為固態相之第二群體，並分別對這兩個群體建立相對應之動力平衡與能量平衡。

15.如申請專利範圍第 11 項之方法，其特徵為還原管道(1)為不連續且平衡方程式可由數值方法求解。

16.如申請專利範圍第 1 項之方法，其特徵為參與程序中之物質的化學與/或物理性質可藉由材料試驗來測得。

17.如申請專利範圍第 1 項之方法，其特徵為利用對稱性來降低計算時間，程序模型之計算僅用於還原管道(1)之三維分區(圖三)。

18.如申請專利範圍第 1 項之方法，其特徵為還原管道(1)之幾何係藉由 CAD 程式之資料轉換來管理。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

六、申請專利範圍

19.如申請專利範圍第 1 項之方法，其特徵為以圖形顯示計算結果。

20.如申請專利範圍第 1 項之方法，其特徵為藉由還原管道(1)幾何變化以重複離線計算程序模型以決定還原管道最適合之設計。

21.如申請專利範圍第 1 項之方法，其特徵為藉由程序參數及/或特定進給材料及/或邊界條件之變化以重複離線計算以最佳化還原程序。

22.如申請專利範圍第 1 項之方法，其特徵為還原程序之計算或最佳化係藉由以考慮現有程序參數以線上計算程序模型。

23.如申請專利範圍第 1 項之方法，其特徵為以最小消耗之原料及/或能量以最大化金屬化程度或達到經還原產物之金屬化之指定程度以最佳化還原程序。

24.如申請專利範圍第 1 項之方法，其特徵為含鐵進給材料(3)為塊狀形式。

25.如申請專利範圍第 1 項之方法，其特徵為還原氣體(9)從熔解汽化爐(6)加入還原管道(1)中。

26.如申請專利範圍第 1 項之方法，其特徵為經還原產物(13)為海綿鐵(iron sponge)。

27.如申請專利範圍第 1 項之方法，其特徵為將還原管道(1)模擬為三維且其特徵為計算結果是以物理或化學變數之空間分布以獲得。

28.如申請專利範圍第 15 項之方法，其特徵為數值方

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

六、申請專利範圍

法為有限微分法、有限元素法、有限體積法或是殘餘重量法。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

線

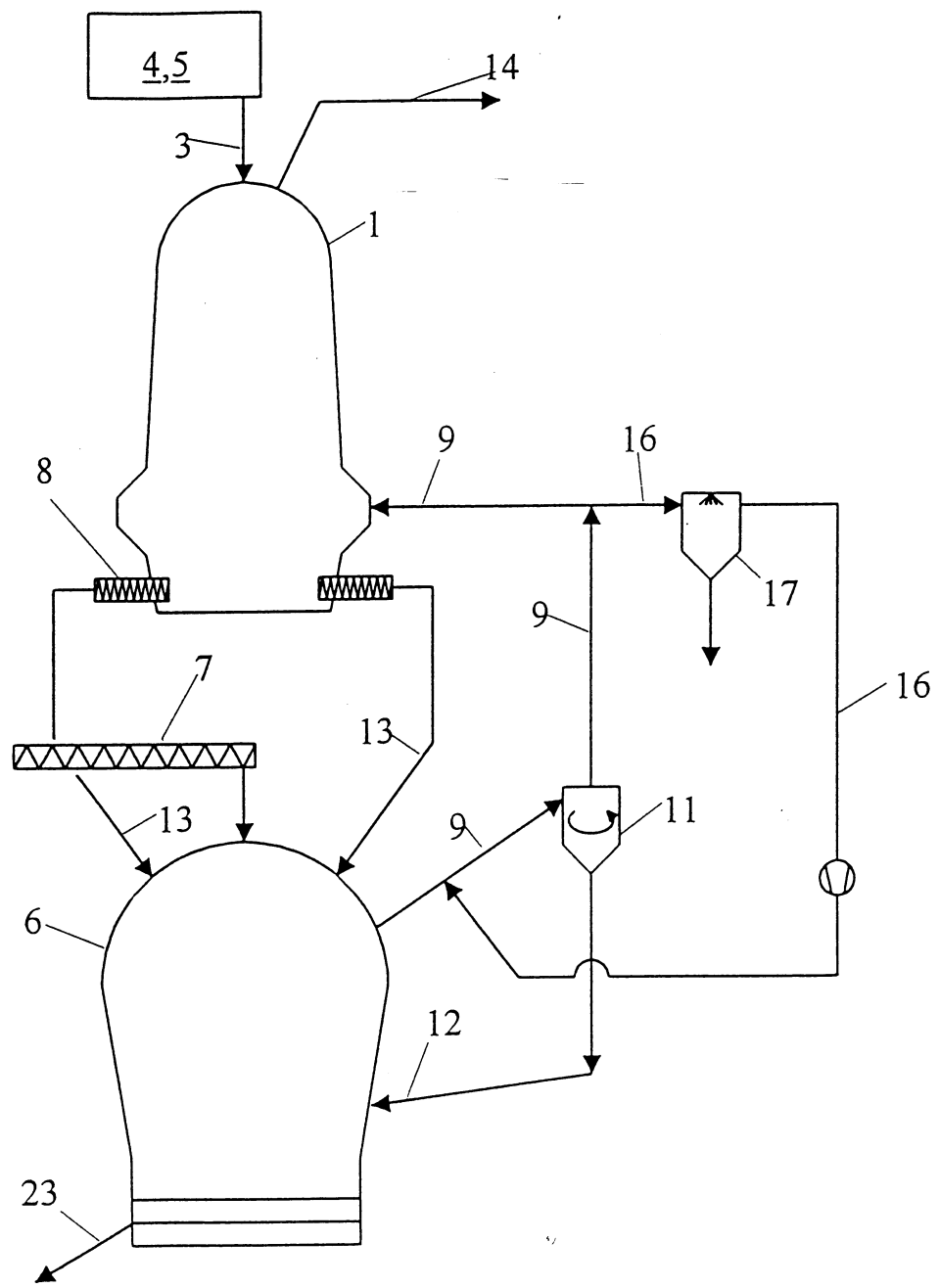


圖 1

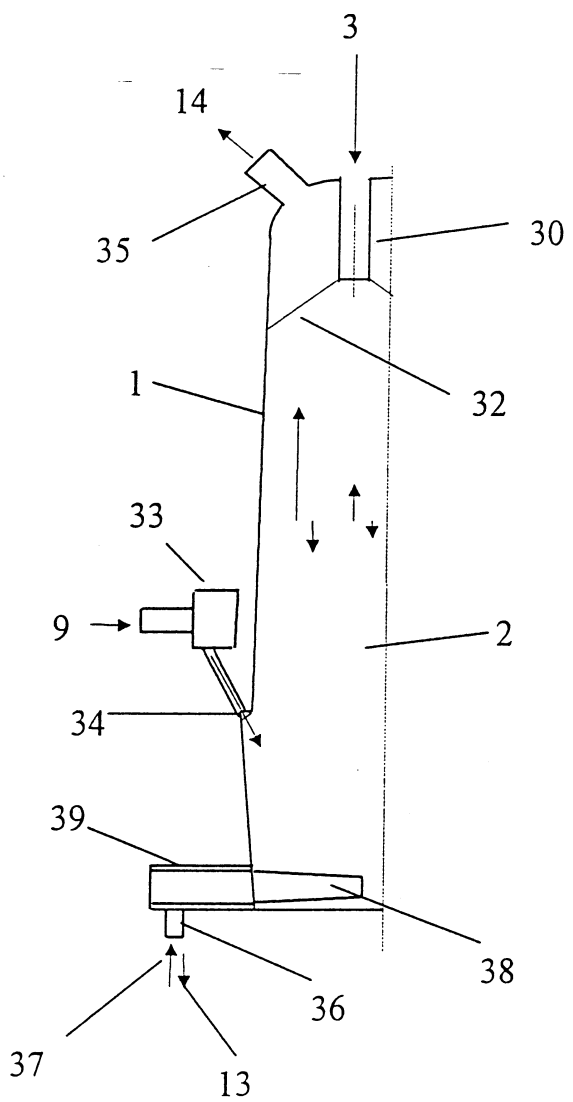


圖 2

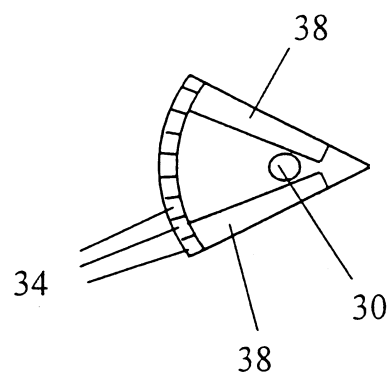


圖 3