

公告本

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：94147138

※ 申請日期：94.12.7

※IPC 分類：C21B 15/02

一、發明名稱：(中文/英文)

製造金屬鐵塊之方法及系統

METHOD AND SYSTEM FOR PRODUCING METALLIC IRON
NUGGETS

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

美商諾-鐵科技公司

NU-IRON TECHNOLOGY, LLC

代表人：(中文/英文)

馬克 M 柏洛登

BRAUDON, MARK M.

住居所或營業所地址：(中文/英文)

美國北卡羅林那州夏洛特市雷斯福特路 2100 號

2100 REXFORD ROAD, CHARLOTTE, NORTH CAROLINA 28211,
U.S.A.

國 籍：(中文/英文)

美國 U.S.A.

三、發明人：(共 6 人)

姓 名：(中文/英文)

1. 艾華 華沙奇
IWASAKI, IWA O
2. 麥可 J 萊里屈
LALICH, MICHAEL J.
3. 羅柏特 C 畢登
BEAUDIN, ROBERT C.
4. 理查 F 奇瑟
KIESEL, RICHARD F.
5. 安德魯 J 林葛
LINDGREN, ANDREW J.
6. 羅德尼 L 柏艾弗斯
BLEIFUSS, RODNEY L.

國 籍：(中文/英文)

1. 日本 JAPAN
2. 美國 U.S.A.
3. 美國 U.S.A.
4. 美國 U.S.A.
5. 美國 U.S.A.
6. 美國 U.S.A.

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. 美國；2004 年 12 月 07 日；60/633,886

2.

☐ 無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1.

2.

☐ 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】

本發明係關於承載金屬之材料的還原(例如，承載諸如鐵礦石之鐵材料的還原)。

【先前技術】

過去已描述及/或使用多種不同鐵礦石還原過程。該等過程傳統上可分為直接還原過程與熔煉還原過程。一般而言，直接還原過程(例如)使用豎爐(例如，基於天然氣之豎爐)將鐵礦石轉化為固態金屬形式，而熔煉還原不使用鼓風爐將鐵礦石轉化為熔融熱金屬。

用於製造直接還原鐵(DRI)的許多習知還原過程為基於氣體之過程或基於煤之過程。例如，在基於氣體之過程中，氧化鐵(例如鐵礦石或氧化鐵顆粒)之直接還原採用還原氣體(例如，重整天然氣)以還原氧化鐵且獲得DRI。製造DRI之方法已採用包括碳(例如煤、木炭等)之材料作為還原劑。例如，基於煤之方法包括描述於(例如)D.A. Bold等人之題目為"Direct reduction down under: the New Zealand story", Iron Steel International, 第50卷, 3, 第145及147-52頁(1977)之參考案中的SL-RN法，或描述於(例如)Miyagawa等人之題目為"Development of FASTMET® as a New Direct Reduction Process", 1998 ICSTI/IRONMAKING Conference Proceedings, 第877-881頁之參考案中的FASTMET®法。

介於基於氣體或基於煤之直接還原處理與熔煉還原處理之間的另一還原過程可稱作熔融還原。熔融還原過程已描

述於(例如)Kobayashi等人之題目為 "A new process to produce iron directly from fine ore and coal"(I&SM, 第19-22頁(2001年9月))之參考案中及(例如)Sawa 等人之題目為 "New coal-based process, Hi-QIP, to produce high quality DRI for the EAF"(ISI International, 第41 卷(2001)增刊第17-21頁)之參考案中。該等熔融還原過程通常(例如)包括以下一般的處理步驟：備料、乾燥、爐負載、預熱、還原、熔融/熔化、冷卻、產物排出及產物分離。

各種類型之膛式爐已描述及/或用於直接還原處理。一種稱作轉底爐(RHF)之膛式爐已用作基於煤之生產的爐。例如，在一實施例中，該轉底爐具有一分割為預熱區、還原區、熔融區及冷卻區之環形爐膛，該等區沿著該爐之供給側及排出側定位。在爐中支撐該環形爐膛以便旋轉地移動。在操作中，例如將包含(例如)鐵礦石及還原材料之混合物的原料饋入該環形爐膛中且提供至預熱區。

預熱之後，爐膛中之鐵礦石混合物通過旋轉移動至還原區，彼處該鐵礦石係在還原材料存在下藉由使用一或多種熱源(例如氣體燃燒物)還原為經還原及熔融之鐵(例如金屬鐵塊)。還原過程完成之後，該經還原及熔融之產物在旋轉爐膛上之冷卻區中冷卻以防止氧化及促進自爐中排出。

已描述各種用於直接還原過程之轉底爐。例如，該等爐之一或多個實施例係描述於2000年10月3日頒予Sawa等人且題目為 "Method of Producing a Reduced Metal, and Traveling Hearth Furnace for Producing Same"之美國專利

第6,126,718號中。另外，例如亦已描述其它類型之膛式爐。例如，一成對直膛式(PSH)爐係描述於2001年7月10日頒予Lu等人之題目為"Paired straight hearth (PSH) furnaces for metal oxide reduction"的美國專利第6,257,879B1號中，以及一線性膛式爐(LHF)係描述於2004年3月31日申請且題目為"Linear hearth furnace system and methods regarding same"之美國臨時專利申請案第60/558,197號中。

基於天然氣之直接還原鐵占全世界產量之90%以上。基於煤之過程一般係用於生產剩餘量之直接還原鐵。然而，在許多地區，煤之使用可更受青睞，因為煤價格比天然氣價格更穩定。此外，許多地區距使用經處理產物之鋼廠很遙遠。因此，以藉由基於煤之熔融還原過程所生產之金屬鐵塊形式的鐵單元之貨物比使用熔煉還原過程所生產之彼等更受到需要。

一般而言，金屬鐵塊之特徵為高等級，基本上為100%金屬(例如約96%至約97%金屬Fe)。該等金屬鐵塊在許多情況下(例如)至少相對於可含有30%氧及5%脈石之鐵燧岩顆粒而言為需要的。金屬鐵塊中脈石含量低，因為二氧化矽已作為爐渣移除。因此，對於金屬鐵塊，存在較少的待運輸之重量。此外，不同於習知之直接還原鐵，金屬鐵塊具有低氧化率，因為其係固體金屬且具有極少或無孔隙率。此外，一般而言，該等金屬鐵塊係如同鐵礦石顆粒一樣易於處理。

用於製造金屬鐵塊之一示範性金屬鐵塊熔融過程係稱作

ITmk3。例如，在該過程中，將使用鐵礦石、煤及黏合劑所形成之乾燥球送至爐(例如轉底爐)中。隨爐內溫度升高，鐵礦石精礦還原且當溫度達到介於1450℃至1500℃之間時熔融。冷卻所得產物且接著排出。冷卻產物通常包括破裂及分離之顆粒尺寸之金屬鐵塊及爐渣。例如，在該過程中所生產之該等金屬鐵塊通常尺寸為約四分之一至八分之三吋且據報導分析其包括約96%至約97%之金屬鐵及約2.5%至約3.5%之碳。例如，該方法之一或多個實施例係描述於2000年3月14日頒予Negami等人之題目為"Method and apparatus for making metallic iron"的美國專利第6,036,744號中及2003年1月14日頒予Negami等人之題目為"Method and apparatus for making metallic iron"的美國專利第6,506,231號中。

此外，亦已報導用於製造金屬鐵之另一金屬鐵塊過程。例如，在此過程中，一粉化無煙煤層係覆蓋在爐膛上且在彼處形成規則圖案之凹坑。接著，置放一層鐵礦石與煤混合物且加熱至1500℃。該鐵礦石還原為金屬鐵，熔融且在凹坑中作為鐵石塊及爐渣收集。接著，該等鐵石塊及爐渣經破裂且分離。該過程之一或多個實施例係描述於2001年8月7日頒予Takeda等人之題目為"Rotary hearth furnace for reducing oxides, and method of operating the furnace"的美國專利第6,270,552號中。此外，利用在固體還原材料中形成杯狀凹陷以獲得還原金屬之過程(稱作Hi-QIP法)之各種實施例係描述於頒予Sawa等人之美國專利第6,126,718號

中。

因此，該等金屬鐵塊形成過程包括承載鐵之材料與粉煤（例如含碳還原劑）之混合。例如，形成球或不形成球情況下，將鐵礦石/煤混合物送至膛式爐（例如轉底爐）中且加熱據報導 1450°C 至約 1500°C 之溫度以形成熔融之直接還原鐵（即金屬鐵塊）及爐渣。可接著（例如）使用輕度機械作用及磁分離技術分離金屬鐵與爐渣。

製造還原鐵之其它還原過程係描述於（例如）2001年4月3日頒予 Kikuchi 等人題目為 "Method and apparatus for making metallic iron" 之美國專利第 6,210,462 中號及 2001 年 11 月 8 日頒予 Fuji 等人題目為 "Method for producing reduced iron" 的美國專利申請案第 US2001/0037703 A1 號中。例如，頒予 Kikuchi 等人之美國專利第 6,210,462 號描述一種方法，其中形成金屬鐵不需要預先模製球。

然而，存在關於該等鐵塊過程的各種顧慮。例如，一或多種該等過程之主要顧慮涉及在該處理期間防止爐渣與爐膛耐火材料反應。可藉由在爐膛耐火材料上置放一粉煤焦層或其它含碳材料以防止爐渣穿透與爐耐火材料反應來解決該顧慮。

關於該等金屬鐵塊生產過程之另一顧慮在於需要極高之溫度來完成過程。例如，據報導，該等溫度係在 1450°C 至約 1500°C 之範圍內。一般認為當與在約 1288°C 至約 1316°C 之溫度範圍內進行之鐵燧岩製粒過程相比時，該等溫度係相當高的。該等高溫不利地影響爐膛耐火材料、維修費用

及能量要求。

而另一問題在於硫為鋼中主要的不需要之雜質。然而，用於金屬鐵塊形成過程中之含碳還原劑通常包括硫，其在所形成之塊中產生該雜質。

此外，至少在ITmk3過程中，採用利用黏合劑預先形成球之過程。例如，將鐵礦石與粉煤及黏合劑混合、成球且接著加熱。該使用黏合劑之預處理(例如形成球)步驟增加金屬鐵塊生產過程之不需要之成本。

另外，各種鋼製造過程青睞特定尺寸之塊。例如，使用習知廢料饋入法之爐操作似乎最好以大尺寸鐵塊來饋入。使用鐵材料直接注入系統之其它操作說明組合之尺寸對於其操作可為重要的。

先前描述之自成球之進料開始之金屬鐵塊製造方法使用具有最大尺寸為約四分之三吋直徑之乾燥球的成球鐵礦石。該等球通過在還原過程中自鐵中損失氧、藉由氣化損失煤、由於脈石及灰成爐渣而損失重量及損失多孔性而收縮成尺寸為約八分之三吋之鐵塊。該尺寸之塊在許多情況下可不提供在特定爐操作中需要之與較大塊有關之優勢。

【發明內容】

根據本發明之方法及系統提供(例如)製造金屬鐵塊之還原過程中之一或多種的各種優勢。例如，該等方法及系統可為控制鐵塊尺寸(例如，使用進料混合物堆且通道至少部分係以含碳材料來填充)作準備，可為控制微塊形成(例如，以爐膛材料層處理)作準備，可為控制鐵塊中之硫(例如，向

進料混合物中添加助熔劑)作準備等。

根據本發明之用於製造金屬鐵塊之方法之一實施例包括提供一包括耐火材料之爐膛且在該耐火材料上提供一爐膛材料層(例如,該爐膛材料層至少包括含碳材料或以 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 塗覆之含碳材料)。在至少一部分該爐膛材料層上提供一可還原混合物之層(例如該可還原混合物至少包括還原材料及承載可還原鐵之材料)。複數個通道開口至少部分通過該可還原混合物層延伸以界定複數個塊形成之可還原材料區(例如,一或多個該等複數個塊形成之可還原材料區可包括一堆包括至少一個彎曲或傾斜部分的可還原混合物,諸如該還原混合物之圓頂狀堆或錐狀堆)。該等複數個通道開口至少部分係由塊分離填充材料填充(例如塊分離填充材料至少包括含碳材料)。該可還原混合物層係經熱處理以便在一或多個該等複數個塊形成之可還原材料區種形成一或多個金屬鐵塊(例如,包括最大橫截面上之最大長度大於約0.25吋且小於約4.0吋之金屬鐵塊)(例如,在一或多個該等複數個塊形成之可還原材料區之每個區中形成單個金屬鐵塊)。

在各種實施例中,可還原混合物之層可為可還原微聚結物之層(例如其中至少50%之該可還原混合物層包含具有標稱直徑為約2毫米或更小之微聚結物),或可為緊密物之層(例如,煤磚、半煤磚、緻密堆、可還原材料層中所形成之緻密輪廓等)。

另外,爐膛材料層上之可還原混合物之層可包括多層,

其中至少一個隨後所提供之層的可還原微聚結物之標稱尺寸與先前所提供之微聚結物的尺寸不同(例如至少一個隨後所提供之層的可還原微聚結物之標稱尺寸小於在該爐膛材料層上所提供之第一層的微聚結物之尺寸)。

此外，化學計量之量的還原材料為自一預定量之承載可還原鐵材料完全金屬化及形成金屬鐵塊理論上所必需的。在該方法之一或多個實施例中，在爐膛材料層上提供可還原混合物層可包括在爐膛材料層上提供可還原混合物之一第一層，其包括預定量之承載可還原鐵之材料但僅為介於約70%與約90%之間的其完全金屬化所必需之化學計量之量的還原材料，且隨後提供可還原混合物之一或多個額外層，其包括預定量之承載可還原鐵之材料及介於約105%與約140%之間的其完全金屬化所必需之化學計量之量的還原材料。

在該方法之又一實施例中，熱處理該可還原混合物之層包括在小於1450°C之溫度下熱處理該可還原混合物之層以便引起每個塊形成可還原材料區中之可還原混合物收縮且自其它鄰近之塊形成可還原材料區分離。該溫度更佳係低於1400°C；甚至更佳，該溫度係低於1390°C；甚至更佳，該溫度係低於1375°C；且最佳該溫度係低於1350°C。

另外，在該方法之一或多個實施例中，該可還原混合物可進一步包括至少一種由以下各物組成之群中選出的添加物：氧化鈣、其熱分解後能夠產生氧化鈣之一或多種化合物(例如石灰石)、氧化鈉及其熱分解後能夠產生氧化鈉之一

或多種化合物。此外，在一或多個實施例中，該可還原混合物可包括蘇打灰、 Na_2CO_3 、 NaHCO_3 、 NaOH 、硼砂、 NaF 及/或鋁熔煉工業爐渣。另外，可還原混合物之一或多個實施例可包括至少一種由氟石、 CaF_2 、硼砂、 NaF 及鋁熔煉工業爐渣組成之群中選出的助熔劑。

根據本發明之用於製造金屬鐵塊之另一方法包括提供一包括耐火材料之爐膛且在該耐火材料上提供一爐膛材料層(例如，該爐膛材料層可至少包括含碳材料)。在至少一部分爐膛材料層上提供可還原微聚結物之層，其中至少50%之該可還原微聚結物層包含具有標稱直徑為約2毫米或更小之微聚結物。自至少還原材料及承載可還原鐵之材料形成該可還原微聚結物。該可還原微聚結物層係經熱處理以形成一或多個金屬鐵塊。

在該方法之一或多個實施例中，藉由在爐膛材料層上提供可還原微聚結物之一第一層且隨後在該第一層上提供可還原微聚結物之一或多個額外層來提供該可還原微聚結物層。至少一個隨後提供之額外層之可還原微聚結物之標稱尺寸與先前所提供之微聚結物之尺寸不同(例如，至少一個隨後提供之額外層之可還原微聚結物之標稱尺寸小於該第一層之微聚結物之尺寸)。

另外，在該方法之一或多個實施例中，爐膛材料層上之可還原微聚結物之第一層包括預定量之承載可還原鐵之材料但僅為介於約70%與約90%之間的其完全金屬化所必需之化學計量之量的還原材料，且隨後所提供之可還原微聚

結物之額外層包括預定量之承載可還原鐵之材料及介於約105%與約140%之間的其完全金屬化所必需之化學計量之量的還原材料。

另外，在該方法之一或多個實施例中，提供該可還原微聚結物之層包括使用至少以下各物來形成可還原微聚合物：水、還原材料、承載可還原鐵之材料及一或多種由氧化鈣、熱分解後能夠產生氧化鈣之一或多種化合物(例如石灰石)、氧化鈉及熱分解後能夠產生氧化鈉之一或多種化合物組成之群中選出的添加物。此外，該可還原微聚結物可包括至少一種由蘇打灰、 Na_2CO_3 、 NaHCO_3 、 NaOH 、硼砂、 NaF 及鋁熔煉工業爐渣組成之群中選出的添加物或至少一種由氟石、 CaF_2 、硼砂、 NaF 及鋁熔煉工業爐渣組成之群中選出的助熔劑。

根據本發明之用於製造金屬鐵塊之又一方法包括提供一包括耐火材料之爐膛且在至少一部分該耐火材料上提供一爐膛材料層(例如，該爐膛材料層可至少包括含碳材料)。在至少一部分該爐膛材料層上提供可還原混合物(例如，該可還原混合物至少包括還原材料及承載可還原鐵之材料)。化學計量之量的還原材料為自一預定量之承載可還原鐵之材料完全金屬化及形成金屬鐵塊理論上所必需的。在一實施例中，在爐膛材料層上提供可還原混合物包括在爐膛材料層上提供可還原混合物之一第一部分，其包括預定量之承載可還原鐵之材料但僅為介於約70%與約90%之間的其完全金屬化所必需之化學計量之量的還原材料，及提供可還

原混合物之一或多個額外部分，其包含預定量之承載可還原鐵之材料及介於約105%與約140%之間的其完全金屬化所必需之化學計量之量的還原材料。該可還原混合物接著經熱處理以形成一或多個金屬鐵塊。對於特定應用而言，可不使用爐膛層或爐膛層可不含任何含碳材料。

在該方法之一實施例中，複數個通道開口至少部分通過該可還原混合物延伸且界定複數個塊形成之可還原材料區，且另外其中該等通道開口至少部分係以塊分離填充材料填充。

在該方法之又一實施例中，在爐膛材料層上提供可還原混合物之第一部分包括在該爐膛材料層上提供可還原微聚結物之一第一層且其中提供一或多個額外層包括隨後在該第一層上提供可還原微聚結物之一或多個額外層，其中至少一各隨後提供之額外層之可還原微聚結物的標稱尺寸與先前所提供之微聚結物之尺寸不同。

在另一實施例中，在爐膛材料層上提供可還原混合物包括提供可還原混合物之緊密物。例如，一或多個緊密物之每個的第一部分包括預定量之承載可還原鐵之材料但僅為介於約70%與約90%之間的其完全金屬化所必需之化學計量之量的還原材料，且一或多個緊密物之每個的一或多個額外部分包括預定量之承載可還原鐵之材料及介於約105%至約140%之間的其完全金屬化所必需之化學計量之量的還原材料。

另外，在該方法之另一實施例中，該等緊密物可包括至

少一種以下物質：煤磚(例如三層煤磚)、半煤磚(例如，兩層緊密可還原混合物)、球、包含至少一個彎曲或傾斜部分之可還原混合物之緊密堆、可還原混合物之緊密圓頂狀堆及可還原混合物之緊密錐狀堆。在一較佳實施例中，半煤磚包含切成兩半之完整煤磚。可還原混合物甚至可為可還原混合物之多層球。在一實施例中，該等堆具有約1.9-2之密度，該等球具有約2.1之密度且煤磚具有約2.1之密度。

另外，本文描述用於製造金屬鐵塊之又一方法。該方法包括提供一包括耐火材料之爐膛且在至少一部分該耐火材料上提供一爐膛材料層。該爐膛材料層至少包括含碳材料。在至少一部分該爐膛材料層上提供可還原混合物。可還原混合物包括：可還原材料；承載可還原鐵之材料；一或多種由氧化鈣、其熱分解後能夠產生氧化鈣之一或多種化合物(例如石灰石)、氧化鈉及其熱分解後能夠產生氧化鈉之一或多種化合物組成之群中選出的添加物；及至少一種由氟石、 CaF_2 、硼砂、 NaF 及鋁熔煉工業爐渣組成之群中選出的助熔劑。該可還原混合物係經熱處理(例如，在小於約 1450°C 之溫度下)以形成一或多個金屬鐵塊。

在該方法之一或多個實施例中，可還原混合物可包括至少一種由氧化鈣及石灰石組成之群中選出的添加物。在該方法之其它實施例中，可還原混合物可包括至少一種由蘇打灰、 Na_2CO_3 、 NaHCO_3 、 NaOH 、硼砂、 NaF 及鋁熔煉工業爐渣組成之群中選出的添加物。另外，該爐膛材料層可包括以 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 塗覆之含碳材料。

另外，在該方法之一或多個實施例中，可還原混合物可包括一或多個包括至少一個彎曲或傾斜部分之可還原混合物之堆；可包括具有不同組合物之可還原微聚結物或其多層；可包括諸如以下各物中之一者的緊密物：煤磚、半煤磚、球、包含至少一個彎曲或傾斜部分之可還原混合物之緊密堆、可還原混合物之緊密圓頂狀堆及可還原混合物之緊密錐狀堆；或可包括球(例如，乾燥球)或多層球。

本文亦描述一種用於製造金屬鐵塊之系統。例如，根據本發明之系統之一實施例可包括一用於接受在其上之爐膛材料層之包含耐火材料之爐膛(例如，該爐膛材料層可至少包括含碳材料)及一可操作的以在至少一部分該爐膛材料層上提供一可還原混合物層之饋料裝置。該可還原混合物可至少包括還原材料及承載可還原鐵之材料。該系統進一步包括一可操作的以產生複數個通道開口(其至少部分通過該可還原混合物層延伸以界定複數個塊形成之可還原材料區)之通道界定工具及一可操作的以塊分離填充材料(例如，該塊分離填充材料可至少包括含碳材料)至少部分填充複數個通道開口之通道填充裝置。亦提供一爐，其係可操作的以熱處理該可還原混合物層以在一或多個複數個塊形成可還原材料區中形成一或多個金屬鐵塊。

在該系統之一或多個實施例中，該通道界定工具係可操作的以產生包括至少一個彎曲或傾斜部分之可還原混合物之堆(例如，產生可還原混合物之圓頂狀堆或錐狀堆)。

在用於製造金屬鐵塊之又一方法中，該方法包括提供一

包括耐火材料之爐膛且在該耐火材料之至少一部分上提供一爐膛材料層(例如,至少包括含碳材料)。在該爐膛材料層之至少一部分上提供可還原混合物。該可還原混合物至少包括還原材料及承載可還原鐵之材料。化學計量之量的還原材料為自一預定量之承載可還原鐵之材料完全金屬化及形成金屬鐵塊理論上所必需的。至少一部分可還原混合物包括預定量之承載可還原鐵之材料但僅為介於約70%與約90%之間的其完全金屬化所必需之化學計量之量的還原材料。該方法進一步包括熱處理可還原混合物以形成一或多個金屬鐵塊。

在該方法之一實施例中,在至少一部分爐膛材料層上提供可還原混合物包括在爐膛材料層上提供一或多個可還原混合物之層。界定複數個通道開口,其至少部分通過該可還原混合物層延伸且界定複數個塊形成之可還原材料區。另外,該等通道開口至少部分係以塊分離填充材料(例如含碳材料)填充。

另外,在該方法之一或多個實施例中,可還原混合物可包括一或多個包括至少一個彎曲或傾斜部分之可還原混合物之堆;可包括具有不同組合物之可還原微聚結物或其多層;可包括諸如以下各物之一者的緊密物:煤磚(例如多層煤餅)、半煤磚、球、包含至少一個彎曲或傾斜部分之可還原混合物之緊密堆、可還原混合物之緊密圓頂狀堆及可還原混合物之緊密錐狀堆;或可包括球(例如,乾燥球)或多層球。

另外，在該方法之一或多個實施例中，該可還原混合物可包括一或多種由氧化鈣、其熱分解後能夠產生氧化鈣之一或多種化合物、氧化鈉及其熱分解後能夠產生氧化鈉之一或多種化合物組成之群中選出的添加物。另外，該可還原混合物可包括至少一種由蘇打灰、 Na_2CO_3 、 NaHCO_3 、 NaOH 、硼砂、 NaF 及鋁熔煉工業爐渣組成之群中選出的添加物或至少一種由氟石、 CaF_2 、硼砂、 NaF 及鋁熔煉工業爐渣組成之群中選出的助熔劑。

另外，該方法之一實施例可包括提供緊密物且更進一步提供與緊密物之至少一部分鄰近的額外還原材料。

本發明之以上概要不欲描述本發明之各個實施例或每個實施方法。藉由結合附圖參考以下詳細描述及申請專利範圍，本發明之優勢將變得顯而易見且可對本發明有更完全之理解。

【實施方式】

將參考圖1-4來整體描述本發明之一或多個實施例。將隨後參考圖5-41描述本發明之各種其它實施例及支持該等各種實施例之實例。

本文描述之一或多個實施例之元件或方法步驟可與本文所述之一或多個其它實施例之元件或方法步驟組合使用對於熟習此項技術者將為顯而易見的，且本發明不受限於本文所提供之特定實施例而僅如附加之專利申請範圍中所提出的。例如，且不認為其限制本發明，向可還原混合物中添加一或多種添加物(例如氟石)可與提供作為微聚結物

之可還原混合物組合使用，通道中之塊分離填充材料可與提供作為微聚結物之可還原混合物組合使用，形成通道及可還原混合物堆之模製過程可與通道中之塊分離填充材料及/或提供作為微聚結物之可還原混合物組合使用等。

另外，在一或多個參考案中已知及/或已描述各種金屬鐵塊過程。例如，該等過程包括如呈現於(例如)頒予Negami等人之美國專利第6,036,744號及/或頒予Negami等人之美國專利第6,506,231號中之ITmk3過程；呈現於(例如)頒予Takeda等人之美國專利第6,270,552號及/或頒予Sawa等人之美國專利第6,126,718號中之Hi-QIP方法；或諸如描述於(例如)頒予Kikuchi等人之美國專利第6,210,462號、頒予Fuji等人之美國專利申請案第US2001/0037703 A1號及頒予Kikuchi等人之美國專利第6,210,462號中之其它金屬鐵塊過程。本文所述之一或多個實施例可與該等金屬鐵塊過程之一或多個實施例之元件及/或方法步驟組合使用。例如，且不認為其限制本發明，向可還原混合物中添加一或多種添加物(例如氟石)及/或本文描述之任何可還原混合物可與提供作為預成形球、作為用於填充含碳粉材料中之凹坑的可還原混合物、作為一或多種緊密物(例如，煤磚)之一部分的可還原混合物組合使用，或可作為該等金屬鐵塊形成過程之一部分用於一或多種其它各種模製技術中。因此，本文之一或多個實施例中所述之概念及技術不受限於本文參考圖1所整體描述之金屬鐵塊過程之用途，而亦可應用於各種其它過程。

圖1展示根據本發明之金屬鐵塊過程10之一或多個概括說明性實施例之方塊圖。該方塊圖中所示之金屬鐵塊過程10將進一步參考圖3A-3E及圖4中所示之更詳細的實施例來描述。熟習此項技術者將認識到參考金屬鐵塊過程10所描述之一或多個方法步驟可為可選的。例如，標記視情況提供之方塊16、20及26。然而，本文描述之其它方法步驟，例如，參考方塊22所述之提供通道開口亦為在一或多個實施例中可選的。因此，應認識到金屬鐵塊過程10為一概括說明性實施例且本發明不受限於本文所述之任何特定方法實施例，而僅如附加之專利申請範圍中所描述的。

可使用本文將進一步更詳細地描述之本發明以(例如)提供一或多個以下益處或特徵。例如，如本文所述可使用本發明以控制金屬鐵塊尺寸。作為進料混合物之習知乾燥球產生約3/8吋之小尺寸鐵塊。使用可還原混合物之堆(例如，具有部分以含碳材料填充之通道的梯形或圓頂狀堆)可使鐵塊尺寸增加至高達4吋寬。各種形狀之堆(例如梯形堆)可比相同尺寸之圓頂狀堆需要更長時間來形成完全熔融之鐵塊。

另外，例如，微聚結物可用於使進料爐(例如，旋轉或線性膛式爐)中之粉塵損失降至最低；微聚結物可根據尺寸、進料組合物(例如，煤之化學計量百分比可變化)等分層置放於爐膛層上；且考慮到高CO₂及高度擾亂之爐內氣體氣氛，尤其在本文描述之線性膛式爐中，將進料混合物置放於一爐膛層上之後壓緊進料混合物(或在一或多個實施例中，在

置放於爐膛上之前壓緊(諸如)以形成包括一或多層之煤磚)可為需要的。

另外，例如，本發明可用於控制微塊形成。如本文所述，使用超過金屬化可還原進料混合物之化學計量要求的過量煤及使用超過用於進料混合物之預定爐渣組合物(例如爐渣組合物(L))之過量石灰已引起微塊量增加。

如本文進一步描述，例如，圖21A之 $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ 相圖及圖21B之表中所示之爐渣組合物(L)係位於其低熔融溫度槽上。另外，其它爐渣組合物係在圖21A之 $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ 相圖中展示，其指示爐渣組合物(A)、(L)、 (L_1) 及 (L_2) 。然而，本發明不受限於任何特定爐渣組合物。簡言之，本文之描述在許多情況中使用所定義之爐渣組合物(L)及其相關縮寫以定義一般發明概念。

藉由將以百分比形式之所添加石灰之量指示作為下標來縮寫爐渣組合物，例如 (L_1) 及 (L_2) 表示向爐渣組合物(L)之進料混合物中分別添加1重量%及2重量%之石灰。換言之，與爐渣組合物(L)之進料混合物相比，該進料混合物分別包括添加1重量%及2重量%之石灰。另外，例如，本文進一步縮寫該等爐渣組合物以指示進料混合物中其它元素或化合物之存在。例如，以百分比添加之化學 CaF_2 (縮寫為CF)之量係指示為下標，例如， $(L_{0.5}\text{CF}_{0.25})$ 表示該進料混合物包括0.25重量%之 CaF_2 及爐渣組合物 $(L_{0.5})$ 。

包括煤焦-氧化鋁混合物以及塗有 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 之煤焦的爐膛層之使用可用於減少如本文所述之微塊形成。另外，例如，

向進料混合物中添加特定添加物諸如氟石可減少進料混合物處理期間所產生之微塊的量。

另外，例如，如本文所述，本發明可用於控制根據本發明所產生之鐵塊中硫之量。在鋼鐵工業中，藉由在還原氣氛下向爐渣中添加石灰以增加爐渣之鹼性從而(例如)在鼓風爐中將硫自金屬鐵中移除為一般慣例。如本文所述，自爐渣組合物(L)增加石灰至(L_{1.5})及(L₂)可降低硫(如本文所述，例如分別自0.084%降低至僅0.058%及0.050%)但增高熔融溫度以及所產生之微塊之量。發現使用降低爐渣熔融溫度之助熔劑(諸如氟石)不僅降低鐵塊形成之溫度，亦減少鐵塊中之硫，且詳言之，其對於增加微塊之量係有效的。

如本文進一步描述，隨著逐漸增加氟石(FS)之添加，例如，在氟石添加量為4%時，爐渣組合物(L_{1.5}FS_{0.5~4})及(L₂FS_{0.5~4})之鐵塊中之硫分別穩步降低至低達0.013%及0.009%。使用蘇打灰，尤其與氟石組合使用，對於降低鐵塊中之硫係有效的，但如本文進一步描述，蘇打灰之使用易於增加微塊之量。

如圖1之方塊12所示，提供一爐膛42(參看圖3A)。如圖3A中所示爐膛42可為任何適合與爐系統30(例如，諸如圖2A中所整體展示)一起使用之爐膛，其係可操作的以進行本文將進一步描述之金屬鐵塊過程10，或併入本文所述之一或多個特徵的一或多種其它金屬塊過程。例如，爐膛42可為適合用於轉底爐、線性膛式爐(例如，諸如圖35A中所示之尺寸適合該爐之托板)或任何可用於實施金屬鐵塊過程之其

它爐系統中的爐膛。

一般而言，爐膛42包括耐火材料，在其上接受待處理之材料(例如，進料)。例如，在一或多個實施例中，該耐火材料可用於形成該爐膛(例如，該爐膛可為一耐火材料形成之容器)及/或該爐膛可包括(例如)載有該耐火材料之支撐性次結構(例如，內襯有耐火材料之爐膛)。

在一實施例中，例如，該支撐性次結構可由一或多種不同材料形成，該等材料係諸如具有供爐處理所需之高溫特徵之不銹鋼、碳鋼或其它金屬、合金或其組合。另外，該耐火材料可為(例如)耐火板、耐火磚、陶瓷磚或可澆鑄耐火材料。另外，例如，可選擇耐火板與耐火磚之組合以提供對下面次結構之最大熱保護。

在本發明之一實施例中，例如，線性膛式爐系統係用於爐處理，諸如2004年3月31日申請之作為US 20050229748A1出版的美國臨時專利申請案第60/558,197號中所描述，且爐膛42為一諸如塔盤之容器(例如，諸如圖35A中所示)。例如，該容器可包括在一金屬容器(例如，塔盤)中受到支撐之相對較薄重量輕之耐火床。然而，根據本發明可使用能夠提供爐處理所需功能之任何合適的爐膛42。

進一步參考圖1及圖3A之方塊14，在爐膛42上提供爐膛材料層44。該爐膛材料層44至少包括含碳材料。

如本文所用，含碳材料係指任何適合用作含碳還原劑之含碳材料。例如，含碳材料可包括煤、木炭或煤焦。另外，例如，該等含碳還原劑可包括圖32A-32C中所示之表中列出

且分析之彼等(以重量%計)。

例如，如圖32A-32C中所示，一或多種以下各物可用於爐膛層44：無煙煤、低揮發性煙煤含碳還原劑、中等揮發性煙煤含碳還原劑、高揮發性煙煤含碳還原劑、亞煙煤含碳還原劑、煤焦、石墨及其它亞煙木炭含碳還原材料。圖32D進一步提供圖32A-32C之表中所示之含碳還原劑之灰分分析。有些低、中等及高揮發性煙煤自身可不適合用作爐膛層，但可用作粉碎煙木炭之補充材料。

該爐膛材料層44包括一防止爐渣穿透爐膛材料層44及接觸爐膛42之耐火材料所必需之厚度。例如，含碳材料可粉碎至足夠精細之程度以防止爐渣之該穿透。熟習此項技術者認識到，若不阻止接觸，則金屬鐵塊過程10期間爐渣之接觸會產生對爐膛42之耐火材料不需要之損害。

如圖1之方塊16所示，用作爐膛材料層44之一部分的含碳材料可視情況經處理或經改質以提供本文將進一步討論之一或多種優勢。例如，如本文進一步描述，爐膛材料層44之含碳材料可由氫氧化鋁塗覆以減少微塊之形成。根據一或多個尤其有利之實施例，爐膛材料層44包括無煙煤、煤焦、木炭或其混合物。

在一實施例中，爐膛材料層44具有大於.25吋且小於1.0吋之厚度。另外，在又一實施例中，該爐膛材料層44具有小於.75吋且大於.375吋之厚度。

另外，參考圖1及圖3A之方塊18，在爐膛材料下層44上提供一可還原混合物46之層。該可還原混合物層至少包括承

載可還原鐵之材料及用於製造鐵金屬塊之還原材料(例如，其它可還原材料可使用一或多種類似方法用於製造其它類型之金屬塊，諸如用於鎳鐵塊之稱讚鎳之紅土及矽鎳鎳礦之使用)。

如本文所用，承載鐵之材料包括能夠經由金屬鐵塊過程諸如參考圖1描述之過程10形成金屬鐵塊之任何材料。例如，承載鐵之材料可包括氧化鐵材料、鐵礦石精礦、承載可回收鐵之材料、顆粒工廠廢料及顆粒過篩細粉。另外，例如，該等顆粒工廠廢料及顆粒過篩細粉可包括大量赤鐵礦石。另外，例如，該承載鐵之材料可包括磁選精礦、經氧化之鐵礦石、鋼廠廢料(例如，鼓風爐粉塵、氧氣頂吹轉爐(BOF)粉塵及軋屑)、來自鋁土礦處理之紅泥、含鈦鐵砂、含錳鐵礦石、氧化鋁工廠廢料或含鎳氧化鐵礦石。

在至少一個實施例中，將該承載鐵之材料研磨為-100網目或更小之尺寸以用於根據本發明之處理。除非另有說明，否則本文所示之各種實例使用研磨至-100網目之承載鐵之材料。然而，亦可使用更大尺寸之承載鐵之材料。例如，顆粒過篩細粉及顆粒工廠廢料通常標稱尺寸為約.25吋。可直接使用該材料，或可將其研磨至-100網目以便處理期間與含碳還原劑更好接觸。

在一較佳實施例中，對於含有80%化學計量之量的煤之緊密物，可還原材料之堆具有約1.9-2.0之密度，球具有約2.1之密度且煤磚具有約2.1之密度。

圖33之表中所示之一或多種鐵礦石之化學組份(意即排

除氧含量)提供合適之承載鐵之材料以便由金屬鐵塊過程10(諸如參考圖1所述之過程10)處理。如本文所示，以化學組合物形式展示三種磁選精礦、三種浮選精礦、顆粒工廠廢料及顆粒過篩細粉。

如本文所用，用於可還原混合物46之層的還原材料包括至少一種含碳材料。例如，該還原材料可包括煤、木炭或煤焦中之至少一種。在還原材料與承載可還原鐵之材料混合物中的還原材料之量將視在所用爐過程中完成還原反應所必需之化學計量之量而定。如下文進一步描述，該量可根據所用爐(例如，還原反應發生之氣氛)變化。在一或多個實施例中，例如，進行承載鐵之材料之還原所必需的還原材料之量係介於理論上進行該還原所必需之還原材料之化學計量之量的約70%與90%之間。在其它實施例中，進行承載鐵之材料之還原所必需的還原材料之量係介於理論上進行該還原所必需的還原材料之化學計量之量的約70%與140%之間。

在至少一個實施例中，將該含碳材料研磨至-100網目或更小之尺寸以用於根據本發明之處理。在另一實施例中，提供-65網目至-100網目範圍內之該含碳材料。例如，該含碳材料可以不同化學計量含量使用(例如，承載鐵之材料之還原所必需的化學計量之量的80%、90%及100%)。然而，亦可使用-200網目至-8網目範圍內的含碳材料。更粗糙之含碳材料(例如煤)的使用可增加煤之量以用於進行還原過程。更精細之含碳材料在還原過程中可為有效的，但微

塊之量可增加且因此較不理想。除非另有說明，否則本文所示之各種實例使用研磨至-100網目之承載鐵之材料。然而，亦可使用更大尺寸之承載鐵之材料。例如，可使用標稱尺寸為約1/8吋(3 mm)的含碳材料。可直接使用該較大尺寸之材料，或可將其研磨至-100網目或更小以便處理期間與含碳還原劑更好接觸。當其它添加物亦可添加至可還原混合物中時，(若需要)亦將該等添加物研磨至-100網目或更小之尺寸。

根據本發明可使用各種含碳材料以提供還原材料與承載可還原鐵之材料的可還原混合物。例如，在根據本發明之至少一個實施例中可使用東方無煙煤及煙煤作為含碳還原劑。然而，在一些地區，諸如在Northern Minnesota之Iron Range，由於該等煤由已存在之運輸系統更容易獲得，加上其成本低且含硫量低，所以西方亞煙煤之使用提供一經濟上吸引人之替代選擇。因此，西方亞煙煤可在本文描述之一或多個過程中使用。另外，直接使用亞煙煤之一替代選擇可為在使用其之前(例如)在900°C下碳化該亞煙煤。

在一實施例中，可還原混合物46具有大於.25吋且小於2.0吋之厚度。另外，在另一實施例中，可還原混合物46具有小於1吋且大於.5吋之厚度。可還原混合物之厚度通常受限於及/或視其有效熱穿透及允許改良之熱轉移的可還原混合物(例如本文所述之圓頂狀可還原混合物)之增加的表面積而定。

如圖1之方塊20中所示，除還原材料(例如，煤或木炭)及

承載可還原鐵材料(例如，氧化鐵材料或鐵礦石)之外，可出於一或多種目的而視情況提供各種其它添加物。例如，可使用以下物質：控制爐渣鹼性之添加物、提供黏合劑功能之黏合劑或其它添加物(例如，潤濕時石灰可作為弱黏合劑在本文描述之微聚結物組態中起作用)、控制爐渣熔融溫度之添加物、減少微塊形成之添加物及/或控制藉由金屬鐵塊過程10所形成之鐵塊中硫含量之添加物。

例如，在可還原混合物46之層之一或多個實施例中可使用圖34之表所示之添加物。圖34之表展示各種添加物之化學組份，其包括(例如)化學組份諸如 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 、鋁土礦、膨潤土、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 、水合石灰、石灰石、燃燒白雲石及波蘭(Portland)水泥。然而，如本文進一步描述，亦可使用其它添加物諸如 CaF_2 、 Na_2CO_3 、氟石、蘇打灰等。當一或多種該等添加物單獨或組合用於金屬鐵塊過程10時，可提供有益結果。

如本文討論，對於以一種方式或其它方式與參考圖1所述之過程不同的金屬鐵塊過程(例如，ITmk3過程、Hi-QIP過程等)，可還原混合物可包括相同材料(即組合物類型)，但爐膛上可還原混合物之形式可不同。例如，可還原混合物所採取之形式可為預成形球，可填充粉碎含碳材料上之凹坑，可為煤磚或其它類型之緊密物(例如包括緊密層)等。因此，可還原混合物之組合物有益於多種類型之金屬鐵塊過程，且不僅為本文中參考圖1所整體描述之金屬鐵塊過程。

進一步參考圖1，且尤其為方塊22及圖3B，在可還原混合

物46之層上界定或提供通道開口50以界定金屬鐵塊形成之可還原材料區59，其係(例如)在圖3D之俯視圖中由虛線正方形區所示。該通道界定過程最佳顯示於圖3A-3E中且整體上參考圖3A-3E來描述。如參考本文提供之各種實施例所述，該通道界定提供至少一種控制金屬鐵塊尺寸之方式。

如圖3B所示，在圖3A之可還原混合物46之層上提供通道50以提供所形成之可還原混合物48之層。界定該等通道50在可還原混合物46中之深度56。深度56係界定為自可還原混合物46之層的上表面向爐膛42之方向上延伸之深度。在一或多個實施例中，通道50之深度可僅延伸至爐膛材料層44之距離的一部分。然而，在一或多個其它實施例中，該通道深度可延伸至爐膛材料層44(或若其足夠厚，甚至進入層44)。

在圖3A-3E所示之實施例中，以一方式提供在可還原混合物46層上所界定之通道開口50以在由開口50界定之各塊形成之可還原材料區59(參看圖3D)中形成堆52(參看圖3B中之圓頂狀堆)。如圖3B-3D所示，在可還原混合物46層上產生通道開口50之矩陣。可還原混合物之每個所形成部分或堆52包括至少一個彎曲或傾斜部分61。例如，堆52可形成為錐狀、截錐狀、圓堆、截圓堆或任何其它合適形狀或組態。例如，在一實施例中，可使用導致在一或多個塊形成可還原材料區59之每個中一金屬鐵塊之形成的任何合適形狀或組態。在一或多個實施例中，使用為有效熱轉移提供大曝露表面積之形狀(例如，類似於所形成之塊形狀之圓頂

狀堆)。

另外，自本文之描述應明白，視所形成部分或堆52之形狀而定，通道50將具有與之相關之形狀或組態。例如，若堆52為錐結構、截棱錐結構或梯形堆，開口50可以V型組態形成。本文進一步參考圖5-10描述一或多種該等不同類型之通道開口。

可使用任何合適之通道界定工具形成該等通道開口。例如，本文參考圖8-10描述一或多種各種通道界定工具。

進一步參考圖1，且如方塊26視情況所示，通道開口50至少部分係由圖3C-3D所示之塊分離填充材料58填充。該塊分離填充材料58至少包括含碳材料。例如，在一或多個實施例中，該含碳材料包括粉煤焦或粉木炭、粉無煙煤或其混合物。

在至少一個實施例中，將用於填充通道開口之該粉材料研磨至-6網目或更小之尺寸以用於本發明之處理。在至少一個實施例中，用於填充通道開口之該粉材料為-20網目或更大。大於-20網目之更精細之粉材料(例如，-100網目)可增加微塊形成之量。然而，亦可使用大尺寸材料。例如，可使用標稱尺寸為約1/4吋(6 mm)之含碳材料。

如圖3C所示，每個通道50之深度56僅係由塊分離填充材料58部分填充。然而，該等通道50可經完全填充且在一或多個實施例中，額外之含碳材料可在(例如)堆上及經填充界定之通道上形成一層。在至少一個實施例中，至少約四分之一之通道深度56係由塊分離填充材料58填充。另外，在

另一實施例中，小於約四分之三之通道深度56係由塊分離填充材料58填充。隨著通道開口50至少係由含碳材料填充且隨著大體均一之塊形成可還原材料區59之形成，可藉由金屬鐵塊過程10製造均一尺寸之鐵塊。將認識到，鐵塊形成可還原材料區59越大(例如，可還原混合物之堆52越大)，藉由過程10所形成之塊越大。換言之，可控制鐵塊尺寸。

通道開口50係由塊分離填充材料58至少部分填充，可還原混合物(例如堆52)之形成層48可在適當條件下經熱處理以還原承載可還原鐵之材料且如圖1之方塊24中所示在一或多個界定的金屬鐵塊形成之可還原材料區59中形成一或多個金屬鐵塊。例如，如圖3E之實施例所示，在每個塊形成之可還原材料區59中形成一金屬塊63。該等塊63一般尺寸均一，其係如形成及經處理以製造每個塊63的可還原混合物之量大體上相同。

如圖3E進一步所示，展示爐膛材料層44上所產生之爐渣60具有一或多個金屬鐵塊63(例如，爐膛材料層44上之爐渣珠與鐵塊63分離或附著於其上)。進一步參考圖1之方塊28，將金屬塊63及爐渣60(例如，附著之爐渣珠)自爐膛42排出，且所排出之金屬塊接著與爐渣60分離(方塊29)。

本文參考圖4A-4D描述所形成之可還原混合物層48的熱處理(方塊24)期間鐵塊形成之機制。圖4A-4D展示在一還原爐(即本文所述之稱作管狀爐之還原爐)中在1400°C之溫度下時間對塊形成之影響。可還原混合物之組合物包括使用5.7%之二氧化矽精礦、80%化學計量要求之中等揮發性煙

煤及形成二個獨立堆67之爐渣組合物(A)。自圖21A之相圖及圖21B之表中可辨別爐渣組合物(A)。

圖4A展示在爐膛上所形成之塊71的塊形成過程之階段，圖4B提供該等塊之俯視圖，圖4C提供該等塊之側視圖，且圖D提供該等塊之橫截面。換言之，圖4A-4D展示一系列鐵塊形成之一實施例，其包括金屬海綿鐵形成、金屬化顆粒之燒結、經燒結金屬顆粒藉由收縮及自夾帶爐渣中擠壓出去之凝結。該等圖4A-4D展示約5-6分鐘之後完全熔融之固體鐵塊71之形成。在可還原混合物中為形成堆67的凹槽69之存在誘發個別島狀物中之鐵塊71彼此收縮且分離為個別塊。

該過程與所提出且描述之使用乾燥鐵礦石/煤混合物球(諸如本文之發明背景部分所描述)之機制非常不同。據報導使用該等球之機制包括藉由還原含碳球形成直接還原鐵、在原始圓形表面形成一密集金屬鐵殼且熔融爐渣自金屬中分離，及一內部大空隙空間，繼之融化鐵相且將爐渣自熔融金屬中分離。

可藉由圖2A中所整體展示之爐系統30進行金屬鐵塊過程10。可使用該系統之一或多個組件，單獨或與其它適當裝置組合使用，進行其它類型之金屬鐵塊過程。爐系統30一般包括一饋料裝置36，其係可操作的以在至少一部分爐膛材料層44上提供一可還原混合物46之層。該饋料裝置可包括適合用於向爐膛材料層44上提供可還原混合物46之任何裝置。例如，可使用一可控制進料槽、一調平設備、一進

料定向裝置等以向爐膛42提供該進料混合物。

通道界定工具35接著係可操作的(例如,手工及/或其自動操作;通常在商業單元或系統中為自動的)以產生複數個通道開口50,該等通道開口至少部分通過可還原混合物46之層延伸以界定複數個塊形成可還原材料區59。該通道界定工具35可為用於在可還原混合物46之層上產生通道開口50(例如,形成堆52、擠壓可還原混合物46、切割開口等)之任何合適裝置(例如,通道切割設備、堆形成壓機等)。例如,該通道界定工具35可包括一或多個模、切割工具、成形工具、鼓、缸、棒等。將參考圖8-10描述一或多個合適通道界定工具。然而,本發明不受限於在塊形成可還原材料區59之形成中產生通道開口50的任何特定裝置。

爐系統30進一步包括一通道填充裝置37,其係可操作的以用於以塊分離填充材料58至少部分填充複數個通道開口50。可使用向通道50中提供該分離填充材料58之任何合適通道填充裝置37(例如,人工及/或其自動操作)。例如,可使用一限制材料且將材料置放於一或多個位置之進料裝置,可使材料滾下圓頂狀堆以至少部分填充該等開口,可使用一噴霧設備以在通道中提供材料或可使用一與通道界定工具同步之裝置(例如,如形成堆時,通道至少部分經填充)。

隨著在爐膛材料層44上提供所形成之可還原材料48及提供塊分離填充材料58以至少部分填充複數個通道開口50,提供一還原爐34以熱處理該形成之可還原混合物48之層以

在一或多個複數個塊形成可還原材料區59中產生一或多個金屬鐵塊63。該還原爐34可包括任何用於提供適當條件(例如，氣氛及溫度)的合適爐區域或區，該等條件係用於處理可還原混合物46以便形成一或多個金屬鐵塊63。例如，可使用一轉底爐、一線性膛式爐或任何其它能夠進行可還原混合物46之熱處理的爐。

如圖2A進一步展示，爐系統30包括一排出裝置38，其係用於移除藉由爐系統30處理期間所形成之金屬塊63及爐渣且將該等組份(例如，塊63及爐渣)自系統30中排出。該排出裝置38可包括任意數目之各種排出技術，包括重力型排出(例如，包括塊及爐渣之托盤的傾卸)或使用螺旋排出裝置或傾斜式排出裝置之技術。吾人將認識到任何數目之不同類型的排出裝置38可適合用於提供塊63之該排出(例如，鐵塊63及爐渣珠60聚集物)，且本發明不受限於其任何特定組態。另外，接著可使用一分離裝置以將金屬鐵塊63自爐渣珠60中分離。例如，可使用任何打破鐵塊及爐渣珠聚集物之方法，諸如(例如)在一鼓中滾動、過篩、錘式粉碎等。然而，可使用任何合適之分離裝置(例如，磁性分離裝置)。

視本發明之應用而定，根據本發明可使用一或多個不同還原爐。例如，在本文之一或多個實施例中，使用實驗室爐執行熱處理。吾人將認識到可執行由實驗室爐擴大至大規模生產的水平且本發明涵蓋該擴大。因此，吾人將認識到可以更大規模過程來使用本文所述之各種類型之裝置，或可使用以更大規模執行該等過程所必需之生產設備。

在鐵塊過程之爐氣體組合物之任何其它資訊不存在之情況下，本文所述之大多數實驗室測試係在67.7% N₂及33.3% CO之氣氛下進行，假設在以天然氣為燃料之燃料氣體中之CO₂在含碳還原劑及爐膛材料層之存在下藉由Boudouard(或碳溶液)反應($\text{CO}_2 + \text{C} = 2\text{CO}$)在高於1000°C之溫度下將迅速轉化為CO，且富含CO之氣氛將至少在可還原材料鄰近處占上風。

雖然爐氣氛中CO之存在相較於僅有N₂之氣氛時稍微加速熔融過程，但爐氣氛中CO₂之存在減慢鐵塊之熔融行為。在1325°C (2417°F)時爐氣氛中之CO₂對鐵塊形成有顯著影響，其中溫度接近於形成熔融鐵塊。在較高溫度下CO₂之影響較不顯著且，實際上，超過1400°C (2552°F)時該影響幾乎不存在。在本文所給之實例中，除非另有指示，否則如主要在N₂與CO氣氛下所觀察，提供發現之明顯特徵。

用於達到一或多個本文所用之技術及/或概念的兩個還原爐包括實驗室測試爐，其包括，例如，如圖2B所示之實驗室管狀爐及圖2C所示之實驗室盒式爐。將提供關於該等爐之細節作為本文所述之一或多個示範性測試之附加資訊。除非另有指示，否則該等實驗室測試爐係用於進行本文提供之各種實例。

在本文所述之多種測試情況中使用實驗室管狀爐500(圖2B)，其包括一16吋高×20吋寬×41吋長，具有四個碳化矽加熱元件，設定為8 kW功率之2吋直徑之水平管狀爐，及一裝有2吋直徑×48吋長之多鋁紅柱石管之West 2070溫度控制

器。在圖2B中展示其示意圖。在燃燒管501之一端置放一R型熱電偶503及一氣體入口管505，且在另一端附著一水冷卻腔室507，其連接一氣體出口埠及一取樣口埠509。若使用CO，則排出氣體燃燒且移入一排氣管系統。N₂、CO及CO₂係經由各自之旋轉式流量計以不同組合通過燃燒管供應以控制爐氣氛。最初使用一5吋長×³/₄吋寬×7/16吋高之剛鋁石舟皿(Alundum boat)。

以下展示溫度設定在1300℃ (2372°F)時該管狀爐之典型溫度分佈。

設定在1300℃ (2372°F)時管狀爐之溫度分佈

距中心之距離 吋	溫度讀數 °C
-5*	1292
-4	1296
-3	1299
-2	1300
-1	1301
0	1300
+1	1298
+2	1295
+3	1291
+4	1286
+5	1279

*氣流方向自-至+

距爐中心上游1吋之恆定溫度區係足以在一4吋長石墨舟皿511上延伸。

藉由將溫度加熱至1325℃ (2417°F)至1450℃ (2642°F)範

圍內且在用於氣氛控制之氣流速率為2 L/分鐘 N_2 及1 L/分鐘CO(在許多測試中)下保持不同時間進行還原測試。在特定測試中，將該氣氛改變至含有不同濃度之 CO_2 。用兩個不同校正熱電偶檢查爐溫度且發現讀數在 $5^{\circ}C$ 內一致。

對於還原測試，在水冷卻腔室507中引入一石墨舟皿511，將氣體轉換為 N_2 -CO或 N_2 -CO- CO_2 混合物且淨化歷時10分鐘。將舟皿511移入恆定溫度區且自該區中移除。隨後，挑選出鐵塊及爐渣且在一20網目篩上分離殘餘物，且由磁性方式分離過大尺寸及過小尺寸。過大尺寸之磁性部分主要包括金屬鐵微塊，而觀察到過小尺寸之磁性部分在大多數狀況下主要包括附著有磁性材料之煤焦顆粒，不管其係來自鐵礦石或來自所添加煤之承載鐵之雜質。

另外，一實驗室電熱盒式爐600(圖2C)，39吋高×33吋寬×52吋長，在其每個腔室之兩面具有四個螺旋狀碳化矽加熱元件。將兩個腔室中總共十六(16)個加熱元件設定為18kW。在圖2C中展示該盒式爐示意圖。爐600包括兩個12吋×12吋×12吋之加熱腔室602、604，該等二個腔室能夠使用兩個Chromalox 2104控制器獨立控制溫度至 $1450^{\circ}C$ 。在每個腔室中自頂部到每個腔之中心懸掛一S型熱電偶，其高出底部地板4½吋。

設定在 $1400^{\circ}C$ ($2552^{\circ}F$)下盒式爐之溫度分佈

距中心之距離 吋	溫度讀數 °C
-4*	1392
-3	1394
-2	1396
-1	1397
0	1397
+1	1396
+2	1395
+3	1393
+4	1392

*氣流方向自 - 至 +

在一6吋長托盤606上之溫度變化係在幾度之內。爐600前面為一16吋高×13吋寬×24吋長具有一側門620之冷卻腔室608，通過該門引進一5吋寬×6吋長×1½吋高且厚度為1/8吋之石墨托盤606，且在其頂部有一視窗610。一氣體入口埠614、另一視窗612及一供推桿將樣本托盤606移入爐600中之埠616係位於該腔室之外部壁上。在附著於爐之側，安裝一掀啟式門622以防止輻射熱進入。該掀啟式門622上之½吋之洞允許氣體進入，且允許推桿在爐600內部移動托盤606。在該爐之相反面，設置有一爐氣體排氣埠630、一氣體取樣端632及一供推桿634將托盤606移出爐600之埠。

為控制爐氣氛， N_2 、CO及 CO_2 係經由各自之旋轉式流量計以不同組合向爐600中供應。可將總氣流在10至50 L/分鐘範圍內調節。在大多數測試中，使用石墨托盤606，但在一些測試中，使用由厚度為½吋之高溫纖維板製造的托盤。向

冷卻腔室608中引進托盤606後，以 N_2 淨化該爐30分鐘以取代空氣，繼之在樣本托盤606推進爐中之前以測試中所用之 N_2 -CO或 N_2 -CO-CO₂混合物之氣體混合物淨化另一30分鐘。

最初，該托盤僅在掀啟式門622內部推動，在彼處保持3分鐘，接著進入第一腔室602以通常在1200°C下預熱5分鐘，且進入第二腔室用於通常在1400°C至1450°C下之鐵塊形成歷時10至15分鐘。測試後，將氣體轉換為 N_2 且將托盤606推向門622之背面且在彼處保持3分鐘，且接著進入冷卻腔室608。冷卻10分鐘後，將托盤606自冷卻腔室608中移出以供觀察。

隨後挑選出鐵塊及爐渣且將殘餘物在20網目篩上分離，且以磁性方式分離過大尺寸及過小尺寸。過大尺寸之磁性部分主要包括金屬鐵微塊，而過小尺寸之磁性部分在大多數狀況下主要包括具有磁性材料之煤焦顆粒，不管其係來自鐵礦石或來自所添加煤之承載鐵雜質。+20網目之磁性部分係經標定且在本文中稱作"微塊"，且-20網目係經標定且在本文中稱作"-20網目磁性"。因此，如本文所用之微塊係指比過程期間所形成之母塊小但又太大以致不能穿過20網目篩之塊，或換言之，其係指+20網目材料。

另外，如本文先前描述，亦可使用諸如描述於2004年3月31日申請之作為US 20050229748A1出版的題目為"Linear hearth furnace system and methods"之美國臨時專利申請案第第60/558,197號中之線性膛式爐。本文描述之線性膛式爐之摘要如下。該線性膛式爐之一示範性實施例係整

體展示於圖 2D 中，且可為一四十英尺長之步進樑式鐵還原爐 712，其包括由內部隔牆分離之三個加熱區 728、730、731 且亦包括一最終冷卻部分 734。該等隔牆 746 可(例如)藉由水冷卻樑冷卻以在該等環境下保持耐火。如本文所述，亦使用此線性膛式爐進行各種測試且參考圖 35-41 描述其結果。

區 728 係描述為一初始加熱及還原區。此區可在兩個能夠達到 1093°C 之溫度的以天然氣為燃料之 450,000 BTU 燃燒器 738 上操作。其壁及頂內襯有設定為 1316°C 之六(6)吋陶瓷纖維耐火材料。其目標係使樣本達到足夠之溫度以乾燥、脫揮發煙及初始還原階段。以低於化學計量操作該等燃燒器以使氧含量降至最低。

區 730 係描述為還原區。此區可在兩個能夠達到 1316°C 之以天然氣為燃料之 450,000 BTU 燃燒器 738 上操作。其壁及頂內襯有經設定以維持 1316°C 之恆定操作溫度的 12 吋陶瓷纖維耐火材料。在此區 730 中發生進料混合物之還原。

區 731 係描述為熔化或熔融區。此區可在兩個能夠維持該區在 1426°C 之以天然氣為燃料之 1,000,000 BTU 燃燒器 738 上操作。其壁及頂內襯有經設定以維持 1316°C 之恆定操作溫度的 12 吋陶瓷纖維耐火材料。此區之功能係完成還原，熔融鐵成為金屬鐵結或"塊"。在此爐用於製造直接還原鐵或海綿鐵之事件中，將減少此區內之溫度，其中將不經熔化或熔融而促進完全還原。

最終區 734 或冷卻區為該爐之水夾套部分，大約十一(11)英尺長。在第三區與該冷卻部分之間已安裝一系列埠，從

而可使用氮以製造毯覆層。此區之目的係冷卻樣本托盤715從而可安全處理其且凝固金屬鐵塊以自爐中移除。

根據溫度、壓力及進料速率個別控制區728、730及731，使得此爐712能夠模擬若干鐵還原過程及操作條件。一用於步進樑機制724之耦接至自動-直接(Automation-Direct)PLC之Allen Bradley PLC微型邏輯控制器718係通過一用戶易使用之PC介面控制該爐。

正壓下爐之操作可對每個區進行氣氛控制以達到減少之氧含量(例如，至0.0%)。亦以煤焦渣或其它含碳爐膛材料層填充樣本托盤715以進一步增強爐氣氛。使用高溫填縫以在所有曝露表面密封接縫以使空氣滲透降至最低。

藉由一自動-直接PLC控制之水壓步進樑機制724控制進料速率，其推動托盤715通過爐712。此設備監控每個區中之時間且與步進樑機制724一致推動托盤715同時調節進料速率。在一操作螢幕上通過與PLC之連通顯示爐進料速率及托盤之位置。一對並排之可澆鑄耐火步進樑延伸至爐712之長度。其係由一對通過PLC操作之水壓缸驅動向前或向後。該等樑通過第二對水壓缸升高或降低，其推動樑總成在輓之一系列斜面(楔)上下移動。該樑機制之活動使其每週期總共移動5轉或30吋，一托盤之均等物。

開始測試之前手工製備樣本托盤715。亦可使用額外之托盤，其覆蓋有煤焦或含碳還原劑以調節爐氣氛。設計一由氣壓缸升高或降低之輓式板平臺升降機752在供托盤插入之爐之進料720上對準樣本托盤715。升高升降機752推動打

開一裝有彈簧之進料門，使爐之進料部分曝露於氣氛中以插入托盤。一旦達到合適高度及對準，托盤即被插入爐中。使用一自動托盤進料系統以用氣壓缸饋入進料托盤。

步進樑724將托盤715輸送至爐之相對端722，彼處其係排出至一類似之平臺(輥式球板)升降機754上。已安裝一安全機構以監控爐之排出處熱托盤之位置。排出輥驅動該等托盤至平臺升降機上，彼處其可被移除或重新插回至爐中。除非托盤在供排出之位置，否則平臺升降機在"上部"位置，且步進樑已降低以阻止熱托盤之意外排出，否則排出輥不起作用。多層輸送機輥位於爐之排出處以移除且貯存樣本托板直至冷卻。為使托盤重新進入爐中，在爐下面設計一返回推車，其在進料末端將熱托盤送回平臺升降機。

排氣系統747係以一受爐PLC控制之VFD連接至排氣風扇753。因為排氣風扇753對於此應用尺寸過大，使用一手動控制之在線阻尼或壓力控制753以減少排氣風扇753之容量以改良區域壓力控制。作為安全預防措施，在公共頂蓋與排氣風扇之間安裝一進入含量受控水槽之氣壓計腿以吸收任何突然之壓力變化。廢氣係自風扇753排出至一四十英尺之排氣煙囪757。排氣管內襯耐火材料至爐之外壁，彼處其轉變為裝有噴水噴嘴749之高溫不銹鋼(RA602CA)，用於冷卻廢氣。由一在線熱電偶及一附著於每套組噴水口之手工控制之水流量計控制來自每個區之廢氣之溫度。一旦氣體充分冷卻，不銹鋼管後面接著為標準碳鋼。共同頂蓋上之熱電偶用於監控廢氣之溫度並使通向排氣風扇軸承之熱降

至最低。

樣本托盤或托板715(如圖35A中所示)具有30吋內襯有耐火材料之正方形平盤，其具有一待藉由步進樑機制724通過爐輸送之平底。該等托盤框架可由一303不銹鋼合金或碳鋼製得。其可內襯有高溫耐火磚或具有側壁之陶瓷纖維板以含有進料混合物。

出於示範性之目的，提供以上所述之爐系統，其僅為進一步說明鐵塊形成過程10且提供本文報導之測試及結果之特定細節。將認識到根據本發明可使用任何能夠進行本文所述之金屬鐵塊形成過程之一或多個實施例的合適爐系統。

如參考圖1及圖3B所整體描述，通道開口50可為多種組態及深度。如圖3B所示，通道開口50在每個鐵塊形成可還原材料區59中形成可還原混合物之堆52(圖3D)。通道開口50向可還原混合物46之層中延伸一深度56，堆52(例如)可具有圓頂或球形形狀。在圖5-7以及圖8-10中展示替代性通道開口組態之多種替代性實施例。另外，在圖8-10中，展示替代類型之通道界定工具35，其可用於形成該等通道開口(例如，與每個複數個塊形成可還原材料區中之堆形成相關之通道開口)。

圖5A-5B展示一替代性通道開口實施例之俯視圖及橫截面側視圖。如本文所示，在可還原混合物72之層中產生通道開口74之矩陣。每個通道開口74部分通過可還原混合物72之層延伸且不完全延伸至爐膛材料層70。通道開口74之

柵格(例如，平行及垂直展開之尺寸大體相同之通道開口)形成矩形或正方形塊形成可還原材料區73。如圖5B所示，通道開口74基本上為一進入可還原混合物72中之微小缺口(例如，一拉長之凹坑)。每個通道開口74係以塊分離填充材料76完全填充。亦如圖5B所示，通道開口74延伸至可還原混合物72之厚度的約一半之深度。

圖6A-6B展示一通道開口組態之另一替代性實施例之俯視圖及橫截面側視圖。如本文所示，第一套通道開口84在第一方向展開且一額外套之通道開口84在與第一方向垂直之第二方向展開。因此，形成矩形鐵塊形成可還原材料區83。由於通道開口為V形凹槽84，所以可還原混合物82之堆大體上為錐形狀。如圖6B所示，該V形凹槽84延伸至爐膛材料層80且通道開口84係以塊分離填充材料86填充。塊分離填充材料86填充至小於V形凹槽通道84之厚度之一半。

圖7A-7B展示通道開口組態之又一替代性實施例之俯視圖及橫截面側視圖，其中V形凹槽之柵格形成矩形鐵塊形成可還原材料區93。V形通道開口94一般在每個鐵塊形成可還原材料區93中形成一可還原混合物92之截錐堆。塊分離填充材料96係完全填充每個V形凹槽。V型通道開口94係延伸至爐膛材料層90。

如多個實施例中所示，吾人將認識到可形成通道開口以通過整個可還原混合物層延伸至爐膛材料層或通過彼處部分延伸。另外，吾人將認識到塊分離填充材料可完全填充每個通道開口或可部分填充該等開口。

圖 8A-8B 分別展示通道開口組態之又一替代性實施例之俯視圖及橫截面側視圖。此外，圖 8A-8B 展示一界定工具 106，其係用於在已在爐膛材料層 100 上提供之可還原混合物 102 之層中形成通道開口 104。通道開口 104 通常為由通道界定工具 106 在可還原混合物 102 之層上產生之拉長凹槽。

通道界定工具 106 包括第一拉長元件 108 及一或多個自拉長元件 108 垂直延伸之延伸元件 110。如方向箭頭 107、109 所示，通道界定工具 106 及/或可還原混合物 102 可沿 x 與 y 軸移動以移動可還原混合物之充足材料以產生通道開口 104。例如，當元件 108 及/或可還原混合物 102 沿箭頭 107 所示之方向移動時，產生之通道與工具 106 沿 109 方向移動時產生之方向垂直。在一實施例中，可還原混合物 102 之層(例如)以恆定速度(諸如圖 10A 中所示之連續形成過程中)向右方移動時，拉長元件 108 不需要沿箭頭 107 所示之方向移動。

圖 9A-9B 分別展示另一替代性通道開口組態連同一用於在爐膛材料層 120 上提供之可還原混合物 122 之層上形成通道開口 124 之通道界定工具 126 之俯視圖及橫截面側視圖。通道開口 124 包括在相互垂直之第一及第二方向之拉長凹槽之矩陣，且其通常形成矩形鐵塊形成可還原材料區 131 之矩陣。

通道界定工具 126 包括一第一拉長轉軸元件 128，其包括複數個相對於拉長軸元件 128 垂直安裝之間隔分離式碟元件 127。在一示範性實施例中，當可還原進料混合物 122 在方向 133 移動時，碟元件 127 在適當位置旋轉以產生凹槽。

換言之，雙向箭頭132指示軸元件128及由此一或多個碟元件127之旋轉從而碟元件127之旋轉(可還原混合物122之層在方向133移動時)在第一方向上(即箭頭133之方向)產生凹槽形通道124。在一實施例中，通道界定工具126進一步包括一或多個連接至碟元件127之間的轉軸元件128上之平葉片130。可還原混合物122之層(例如)以恆定速度(諸如圖10A中所示之連續形成過程中)移動時，平葉片130(例如，圖9B所示之分離180度安裝之兩個葉片、分離120度安裝之三個葉片，等)在交叉方向(即與箭頭133垂直之方向)犁耕可還原混合物122。

吾人將認識到，在方向133上延伸之通道開口124可藉由與其垂直方向產生之彼等相同或不同之通道界定工具產生。例如，可使用通道界定工具126以產生沿方向133之通道124，而如參考圖8A-8B所示通道工具106可用於形成在其垂直方向延伸之通道124。換言之，在本文描述之一或多個不同替代性通道開口組態中可使用相同或多種類型之通道界定工具以產生通道開口，且本發明不受限於任何特定通道界定工具或工具之組合。

圖10A為又一替代性通道開口組態與通道界定工具146之組合的說明性橫截面側視圖。如圖10A中所示，與彼等圖3B-3C中所整體展示之類似，通道界定工具146在可還原混合物142之層上產生堆145。由於可還原混合物142之層在箭頭153方向上移動，所以通道界定工具146(例如)在箭頭152方向旋轉且穿過可還原混合物142之層以形成形狀與模表

面150符合之堆145。

換言之，通道界定工具146包括一沿工具146旋轉之軸延伸之拉長元件148。在軸148之徑向位置形成一或多個模表面150。如圖10A所示，該等模表面150沿離軸148半徑距離之整個圓周延伸且亦沿軸148延伸(雖然未展示)。可以任何特定組態形成模表面150以形成通道開口144之形狀，其直接對應於在爐膛材料層140上提供之可還原混合物142之層上所形成的堆145之形狀。吾人將認識到該等堆不需為球形或具有彎曲表面，而可為任何形狀，諸如錐模製堆、截錐堆等。

圖10B展示在可還原混合物162之層上形成通道開口164及堆165(大體上類似於參考圖10A描述所形成之彼等)的通道界定工具166之另一替代性實施例。如圖10B所示，通道界定工具166係衝壓裝置之形式，其在一衝壓體元件168之較低區具有複數個模表面169。模表面169對應於通道開口164及藉以形成之堆165的形狀。如由自衝壓體元件168及箭頭163延伸之拉長元件167所整體表示，向該衝壓裝置施加一壓力以藉由將模製之表面169降低至可還原混合物162上形成堆165。升高該衝壓裝置且用於衝壓裝置之可還原混合物在大致由箭頭165代表之方向移動時，可將通道界定工具移動至可還原混合物162之另一區且隨後再次將其降低以形成額外堆165及通道開口164。

如本文所述，可使用各種通道界定工具形成根據本發明之堆及相應之通道開口。然而，在一實施例中，提供諸如

圖 10A-10B 及圖 3B-3C 中所示之圓頂狀或大體為球形之堆。如該等圖中所示，在可還原混合物之層內延伸一深度之開口可延伸至爐膛材料層或僅通過可還原混合物部分延伸。另外，如該等圖中所示，形成該等圓頂狀堆之通道可部分或完全由塊分離填充材料填充。在一特定實施例中，提供小於約四分之三之形成該圓頂或球形堆之通道開口的通道深度之塊分離填充材料。

提供圖 10C-10E 以說明在金屬鐵塊過程之一或多個實施例中壓力或壓緊作用作為控制參數之用途。可還原混合物形成技術之一或多個說明性實施例向爐膛上之可還原混合物施加壓力或壓緊作用以為金屬塊之長晶及生長過程提供一新增控制參數。例如，使用壓力或壓緊作用作為控制參數使在爐膛上長晶、定位及生長較大結成為可能。對於一給定溫度，產生金屬塊之結將在最高壓緊作用或壓力點長晶且生長。

可將壓力或壓緊作用與本文所述之任何實施例或其替代物組合使用。例如，且如本文所述在爐膛上形成通道或形成可還原混合物時，可使用壓緊作用或壓力(例如，使用一或多個通道界定工具擠壓)改變鐵塊形成過程。該等緊密可還原混合物可單獨使用或與在由壓緊作用或壓力形成之開口中提供之塊分離填充材料組合使用。

另外，例如，可使用壓緊作用裝置(例如，壓塊鋼或輥或壓塊壓機)以使所形成之塊尺寸及/或形狀最優化。該壓緊作用裝置可(例如)經組態以將一圖案壓印至可還原混合物之

層中(例如，含鐵細粉及還原材料)。壓印越深，特定區域之壓緊力越大。該壓緊作用可引起鐵塊形成過程之更大產出。另外，可能使塊尺寸增加至當凝固速率及其它物理參數限制金屬塊形成及爐渣分離之時刻。

在均一溫度環境下，更大壓緊作用之區域應增強加熱及擴散，進而作為金屬塊之長晶及收集地點，提供一定位在爐膛上鐵塊形成之位置的方式。另外，可能使用由壓緊作用或壓力帶來之新增之自由度作為控制參數以抵消沿爐膛之不均一溫度分佈的不良影響，其可作為爐幾何學(例如，邊緣效應)及爐中熱源位置之結果而產生。另外，除使用壓力控制反應速率(即在金屬塊之形成中)之外，可藉由使用壓力組合顆粒尺寸改變還原氣體之擴散速率以控制供氣體進入所形成材料之路徑。同樣，亦可改變由熱轉移及冶金擴散機制控制之微粒固態反應速率。

圖 10C-10E 中展示各種緊密外形。然而，該等組態僅說明可使用壓力及壓緊所形成之許多不同緊密物。緊密物係指形成一想要之形狀時在彼處施加壓力之經壓緊之可還原混合物或其它進料混合物(例如，用於以下用途之壓緊或壓力：用於在爐膛上形成堆、用於在一可還原混合物層上提供一或多個緊密組態或用於形成緊密球或緊密矩形物體，諸如使用壓緊或壓力預製且提供至爐膛供處理之乾燥球或煤磚)。將認識到，形成緊密物期間不同加壓情況可引起不同之處理特徵。

圖 10C-10E 展示一其上提供有一爐膛材料層 222 之爐膛

220。在各個圖10C-10E中展示壓緊之可還原混合物層224、226及228。圖10C包括可還原混合物層224上之弧形壓緊凹陷230，圖10D包括可還原混合物層226上之弧形壓緊凹陷232，在層226上施加比圖10C中更高之氣壓，且10E包括可還原混合物層228上更尖之直壁組態之壓緊凹陷234。然而，吾人將認識到可在可還原混合物層上提供任何壓緊之圖案以用於塊形成過程且提供圖10C-10E僅為說明之用。

另外，圖11A-11E展示可使用壓緊作用以形成本文所述之具有一或多種組份的可還原混合物之各種其它圖解。例如，圖11A-11B展示用於金屬鐵塊過程之一或多個實施例之可還原混合物的預成形球(例如，經壓緊的球或未經壓緊作用或壓力諸如使用黏合材料所形成之球)，其中圖11A展示一可還原混合物之多層球且另外其中圖11B展示一具有不同組份之層的多層球。圖11C-11D展示用於提供金屬鐵塊過程之一或多個實施例中所用之可還原混合物的緊密物(例如，煤磚)之壓緊作用，其中圖11C展示三層緊密物之形成且另外其中圖11D展示兩層緊密物之形成。另外，圖11E-11F展示使用壓緊作用(例如，通過模製過程)提供用於金屬鐵塊過程之一或多個實施例之可還原混合物之緊密物(如煤磚)，其中圖11E展示兩層緊密物之形成，且另外其中圖11F展示三層緊密物之形成。參考在所形成之可還原混合物之不同層上使用不同%含量之還原材料(例如，含碳材料)或其它組份(例如，添加物)進一步描述圖11A-11E。

圖12-15將用於說明本發明之一或多個示範性實施例及

用於通道開口中之塊分離填充材料之量的影響。為增加可還原混合物之層曝露於爐氣氛之表面積，形成一簡單形狀之混合物有助於可還原混合物之層分離為個別塊，且亦使形成完全熔融之鐵塊所需之時間降至最低。

如根據圖 12A 之一實例所示，製造一深處每個空洞頂點處之 12 區段相等尺寸之 $1\frac{3}{8}$ 吋 $\times$ $1\frac{3}{8}$ 吋 $\times$ 1 吋之圓頂狀木制模，且其係用於在石墨托盤(即具有 5 吋 $\times$ 6 吋之尺寸)上形成可還原混合物之層，該層包括 5.7% 之 SiO_2 磁選精礦及在爐渣組合物(A)金屬化之化學計量要求的 80% 之中等揮發性煙煤。如圖 12B 所示，在一粉煤焦層上置放均一厚度之可還原混合物，且以木制模擠壓該可還原混合物以形成可還原混合物之簡單圓頂狀島狀物。當可還原進料混合物之圓頂狀島狀物間之通道開口或凹槽不留有任何塊分離填充材料或煤焦時，且在 80% N_2 -20% CO 氣氛下在盒式爐中於 1450°C 下處理 6 分鐘後，形成塊。然而，處理後所得塊產物包括不可控制之熔融鐵聚結(例如，該等塊未有效分離或尺寸不均一)。

如圖 12C 之實例中所示，提供一可還原混合物之模製的 12 區段圖案，該混合物包括 5.7% 之 SiO_2 磁選精礦、爐渣組合物(A)之 80% 化學計量的中等揮發性煙煤。該 12 區段圖案具有完全經粉煤焦填充之凹槽且在 80% N_2 -20% CO 氣氛下在盒式爐中於 1450°C 下處理。如以下將描述，該處理之結果係展示於圖 13A 及 14A 中。

圖 13A-13D 及圖 14A-14D 展示該 12 區段圓頂狀進料混合物之凹槽或通道開口中之煤焦含量的影響。圖 13A 展示該 12

區段圓頂狀進料混合物之凹槽中之煤焦含量的影響，其填充粉碎煤焦至全部含量(例如，以上所述之完整開口深度)，圖13B展示該等凹槽或通道開口填充至一半含量時的影響，圖13C展示該等凹槽或通道開口填充至四分之一含量時的影響，且圖13D展示諸如參考以上圖12B所述在通道開口中沒有提供煤焦或塊分離填充材料時的影響。

如本文所示，且亦在對應的圖14A-14D中，當凹槽沒有填充煤焦或四分之一填充煤焦時，一些鐵塊組合成較大尺寸且其尺寸不可控制。當凹槽填充至一半水平時，每個區段保留其尺寸以形成完全熔融之鐵塊。

供形成鐵塊之熱處理係在盒式電爐中於1450°C下進行歷時6分鐘。在5.5分鐘時，一中心之鐵塊展示接近於完全熔融之跡象。因此，可斷定5.5分鐘係該模製圖案完全熔融所需之最小時間。

圖15之實例進一步展示在可還原混合物層之通道開口中使用爐膛塊分離填充材料之影響。相信在凹槽或通道開口中提供該爐膛塊分離填充材料引起每個區之可還原混合物彼此收縮且分離為個別鐵塊。矩形尺寸及可還原混合物層之厚度控制所產生之塊尺寸。

如圖15A所示，可藉由在可還原混合物之層中切割矩形圖案完成對鐵塊尺寸之控制。在該情況下，提供包括5.7%之 SiO_2 磁選精礦及爐渣組合物(A)之80%化學計量之量之中等揮發性煙煤之混合物。如圖15A-15D所示，藉由擠壓一具有13毫米深凹槽之16毫米厚的可還原混合物16之層以形成一

12正方形圖案來示範形成塊形成可還原混合物區之凹槽以含碳材料填充之程度。

圖15之可還原混合物中之凹槽係空的，且在另一測試實施例中，該等槽係以20/65網目煤焦填充，如圖15C所示。將托盤在80%N₂-20%CO氣氛下在盒式爐中於1450℃下加熱13分鐘。結果係分別展示於圖15B及15D中。凹槽中沒有粉煤焦或含碳材料時，一些正方形收縮形成個別鐵塊而其它組合形成更大之鐵塊。通道開口或凹槽中不使用塊分離填充材料(例如，含碳材料)時對鐵塊之尺寸有極少控制。個別正方形之熔融鐵以其自身重量展開時，其相互接觸並聚結為更多尺寸。隨後更大尺寸之熔融鐵達到恆定厚度，其由歸因於其自身重量之展開力與歸因於其表面張力之抑制力之平衡所決定。

如圖15D所示，在凹槽或通道開口中放置塊形成分離填充材料(例如，含碳材料，諸如粉煤焦)時，個別鐵塊保持分離且可獲得均一尺寸鐵塊。以煤焦顆粒填充凹槽有助於幫助每個可還原材料之堆分離且均一地形成個別熔融鐵塊。

以上示範性說明為在可還原混合物之層上提供通道開口以界定金屬鐵塊形成區(方塊22)提供支持，如參考圖1所描述。因此，所形成之可還原材料之熱處理產生一或多個金屬鐵塊。

另外，至少在根據本發明之一或多個實施例中，如本文之實例中描述通道開口至少部分以塊分離填充材料填充(例如，含碳材料)(方塊26)。如(例如)圖3B-3C中所示，彼

處使用該等通道開口50及塊分離填充材料58，在由通道開口50界定之每個塊形成可還原材料區59中形成大體上均一尺寸之金屬鐵塊63。

在一實施例中，且如圖4A-4C所示，一或多個金屬鐵塊之每個均包括最大橫截面。一或多個金屬鐵塊包括大於約0.25吋且小於約4.0吋之橫穿最大橫截面之最大長度。在另一實施例中，橫穿最大橫截面之最大長度為大於約0.5吋且小於約1.5吋。

另外，如參考圖1所展示及描述，大致根據方塊14所提供之爐膛材料層44之含碳材料可以一或多種方式改質。如先前所述，含碳材料通常足夠精細從而爐渣不穿過爐膛材料層44以致不合需要地與爐膛42之耐火材料反應。

爐膛材料層44(例如其中之尺寸分佈)可影響可還原混合物46之層之還原處理中所產生之迷你塊及微塊之量。例如，在至少一個實施例中，爐膛材料層44包括具有+65網目部分"作為基礎"煤焦之尺寸分佈之粉碎煤焦層。在另一實施例中，使用"作為基礎"煤焦之+28網目部分作為爐膛材料層。諸如圖3B中所示(例如，可還原混合物之圓頂狀圖案)在該爐膛材料層44上使用堆52時，可還原混合物之島狀物通過熱處理收縮以形成塊時，一些磁選精礦在爐膛材料層44(例如，粉煤焦層)之空隙中被截獲且形成如本文中先前描述之微塊。

由於過量碳之存在，在塊形成可還原材料區微塊不與母塊聚結或自身之間不聚結。微塊之該形成不合需要且減少

過程中之微塊形成之方法諸如根據本發明之所描述之彼等較理想。

雖然使用圓頂狀堆圖案時可包括粉碎煤焦之爐膛材料層44可產生大量微塊，但已發現粉氧化鋁層使其量降至最低。雖然氧化鋁之用途證明產生微塊中含碳材料層44所起之作用，粉氧化鋁因為其可與爐渣反應不能用作爐膛材料層。

為使根據本發明處理通道開口界定之堆時微塊之產生降至最低，已比較不同類型之爐膛材料層44之影響，其指示爐膛材料層或其含碳材料，可視情況經改質(圖1之方塊16)以用於本發明之金屬鐵塊過程10。所形成之微塊之量可由下式來估算：

$$\% \text{微塊} = \text{重量}_{\text{微塊}} / (\text{重量}_{\text{塊}} + \text{重量}_{\text{微塊}}) \times 100$$

圖16之表中展示一或多個示範性說明性測試實施例之結果。在該表中，應注意根據本發明可使用煤焦與氧化鋁之混合物或以 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 塗覆之煤焦以減少金屬鐵塊過程10中所形成之微塊的百分比。圖16之表中所示之結果為以下說明性測試實施例之結果。

對於圖16中所示之"12拉長之圓頂"資料，進料混合物之12區段拉長之圓頂狀圖案(其具有以粉碎煤焦填充至一半含量之凹槽)係在 N_2 -CO氣氛下在盒式爐中於 1450°C (2642°F)下加熱5.5分鐘以產生個別完全熔融之鐵塊。如圖16之表中所示，僅爐膛材料層係經改質的。

對於圖16之"12及16球"資料，使用在爐渣組合物(A)中之

相等重量之進料混合物以形成相等尺寸之球，且該等球係在 N_2 -CO氣氛下在盒式爐中於 1450°C (2642°F)藉由加熱來處理以產生個別完全熔融之鐵塊。該等球之處理導致極少之微塊形成(例如，0.4%及0.8%)。

在圖16之表中對比爐膛材料層之影響的兩個極端。雖然粉碎煤焦層之爐膛材料層產生大量微塊(13.9%)，但粉碎氧化鋁層使微塊之量降至最低(3.7%)。然而，如上所示，實際上可不將粉碎氧化鋁層用作爐膛材料層。

比較僅使用煤焦與使用相等重量之煤焦與氧化鋁混合物(50:50)作為爐膛層的結果。在爐膛材料層中藉由氧化鋁之存在微塊之量減少至小於一半。

另外，藉由在 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 之含水漿料中混合40 g煤焦來以 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 塗覆粉煤焦，乾燥且在65網目中過篩以移除過量 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 。煤焦獲得6重量%之 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 。以 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 塗覆之煤焦係用作爐膛材料層。微塊之量顯著減少(3.9%)。

另外，藉由在 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 之含水漿料中混合40 g煤焦來以 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 塗覆粉煤焦，乾燥切在65網目中過篩以移除過量 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 。煤焦獲得12重量%之 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 。以 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 塗覆之煤焦係用作爐膛材料層。顯而易見， $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 之塗覆本質上對微塊之產生(14.2%)沒有影響。可推測在塗層中向 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 中添加 CaF_2 可藉由降低高石灰爐渣之熔融使微塊之量降至最低，如在爐渣組合物 $L_{1.5}\text{FS}_{0.5\sim 2}$ 狀況下，參看圖23。

如先前參考圖1所述，用於根據本發明之金屬鐵塊過程10

之可還原混合物46之層可包括一或多種添加物與還原材料及承載可還原鐵之材料(例如,可還原之氧化鐵材料)之組合。在圖17之方塊圖中展示用於提供可還原混合物46(具有可選之添加物)之一方法200。該方法包括提供至少還原材料(例如,含碳材料,諸如煤焦或木炭)與可還原氧化鐵材料(例如,承載鐵之材料,諸如圖33中所示)之混合物(方塊202)。視情況,例如,可向可還原混合物中添加氧化鈣或其熱分解後能夠產生氧化鈣之一或多種化合物(方塊204)。另外,視情況,可提供與其它可還原混合物組份組合之氧化鈉或其熱分解後能夠產生氧化鈣之一或多種化合物(方塊206)。另外,可視情況提供一或多種助熔劑用於可還原混合物中(方塊208)。

可提供與可還原混合物共同使用之一或多種助熔劑(方塊208)可包括任何合適助熔劑,例如,藉由降低可還原混合物之熔融溫度或增加可還原混合物之流動性來輔助熔融過程之試劑。在一實施例中,氟化鈣(CaF_2)或氟石(例如, CaF_2 之礦物質形式)可用作助熔劑。另外,例如硼砂、 NaF 或鋁熔煉工業爐渣可用作助熔劑。對於氟石用作為助熔劑,可使用以可還原混合物之重量計約0.5重量%至約0.6重量%之量的氟石。

氟石以及(例如)一或多種其它助熔劑之使用降低所形成之鐵塊的熔融溫度且使微塊之產生降至最低。發現氟石不僅降低塊形成溫度,亦對於降低所產生之微塊之量特別有效。

在改良爐渣之硫移除能力的嘗試中，如本文將進一步描述，石灰或能夠產生氧化鈣之一或多種其它組合物之含量通常增高超過組合物(L)，如圖21之指示爐渣組合物(A)、(L)、(L₁)及(L₂)之CaO-SiO₂-Al₂O₃相圖中所示。如先前注意到，組合物(L)係位於CaO-SiO₂-Al₂O₃相圖中之低熔融溫度槽上。另外，如先前指示，藉由指示所添加石灰之量以百分比作為下標縮寫爐渣組合物，例如，(L₁)及(L₂)表示向組合物(L)中分別添加1重量%及2重量%之石灰。以百分比添加之化學CaF₂(縮寫為CF)之量亦指示為下標，例如，(L_{0.5}CF_{0.25})表示向爐渣組合物(L_{0.5})之進料混合物中添加0.25重量%之CaF₂。

一般而言，圖22展示向包括5.7% SiO₂磁選精礦、金屬化之化學計量要求之80%中等揮發性煙煤及爐渣組合物(L_{0.5})之進料混合物中添加CaF₂對在N₂-CO氣氛下於1400℃加熱7分鐘之舟皿之2區段圖案上產物之重量分佈的影響。向含有爐渣組合物(L_{0.5})之進料混合物中添加0.25重量%之CaF₂使微塊之量由11%減少至2%，且隨著約2重量%之CaF₂之加入，該量保持在最小，為約1%。

一般而言，圖23展示向包括5.7% SiO₂磁選精礦、金屬化之化學計量要求之80%之中等揮發性煙煤及石灰組份增高之爐渣組合物之進料混合物中添加CaF₂及/或氟石(縮寫為FS)對所產生之微塊量的影響。舟皿之2區段圖案上之樣本係在N₂-CO氣氛下在不同溫度下加熱7分鐘(例如，1400℃、1350℃及1325℃)。據顯示氟石與CaF₂在降低形成完全熔融

鐵塊之溫度及使微塊形成降至最低中表現大體上相同。在該表中，應注意添加氟石使操作溫度降低 75°C 。藉由添加約1重量%至4重量%之氟石，使形成完全熔融鐵塊之最小溫度降低至低達 1325°C 。添加氟石亦使微塊之產生降至最低，為約1%。

一般而言，圖24展示添加氟石對自進料混合物所形成之鐵塊的分析結果之影響，該進料混合物包括5.7% SiO_2 磁選精礦、金屬化之化學計量要求之80%的中等揮發性煙煤及爐渣組合物(L_1)、(L_2)及(L_3)。將舟皿中2區段圖案上之樣本在 N_2 -CO氣氛下於 1400°C 下加熱7分鐘。

雖然據報導氟石在造鋼爐渣中不是特別有效之脫硫劑，圖24展示隨著氟石之增加加入，在爐渣組合物($L_{1.5}$)及(L_2)中比在(L_1)中更有效地降低鐵塊中之硫。在爐渣組合物($L_{1.5}$)及(L_2)中，分析鐵塊分別包括0.058重量%之硫及0.050重量%之硫，而在添加4%之氟石時，硫分別穩步降低至低達0.013重量%及0.009重量%。因此，氟石之使用不僅降低操作溫度及鐵塊中之硫，亦展示出人意料之益處：使微塊產生降至最低。

進一步參考圖17，如方塊204所示，可使用氧化鈣，及/或其熱分解後能夠產生氧化鈣之一或多種化合物。例如，氧化鈣及/或石灰可用作可還原混合物之添加物。一般而言，藉由添加石灰增加爐渣之鹼性係在鐵礦石之直接還原中控制硫之習知方法。自爐渣組合物L至 L_2 增加石灰之使用使鐵塊中之硫自0.084%減少至0.05%。硫含量之進一步減少

可為特定應用所需要。然而，增加石灰之使用在形成完全熔融鐵塊之溫度下需要不斷增加之更高溫度及更長時間。因此，不需要相當大量之石灰，此係由於更高溫度亦引起金屬鐵塊之較不經濟之生產。

如圖17中進一步展示，除石灰之外可使用氧化鈉及/或其熱分解後能夠產生氧化鈉之一或多種化合物(方塊206)，諸如(例如)為使所形成之金屬鐵塊中硫降至最低。例如，蘇打灰、 Na_2CO_3 、 NaHCO_3 、 NaOH 、硼砂、 NaF 及/或鋁熔煉工業爐渣可用於使金屬鐵塊中之硫降至最低(例如，用於可還原混合物中)。

蘇打灰係用作熱金屬外部脫硫中之脫硫劑。鼓風爐進料中之鈉再循環且在鼓風爐內積累，導致操作問題且攻擊爐及輔助的設備內襯。在轉底爐中，鈉之再循環及積累較不可能發生且因此，在進料中可比鼓風爐中容納更大量之鈉。

圖25A-25C展示向包括5.7% SiO_2 磁選精礦、金屬化之化學計量要求之80%的中等揮發性煙煤及爐渣組合物($L_{0.5}$)之進料混合物中添加 CaF_2 對在 N_2 -CO氣氛下於 1400°C 下加熱7分鐘之舟皿之2區段圖案上所形成產物的影響。圖25A對應組合物($L_{0.5}$)，圖25B對應組合物($L_{0.5}\text{SC}_1$)且圖25C對應組合物($L_{0.5}\text{SC}_2$)。

圖26之表展示添加 Na_2CO_3 及 CaF_2 對添加不同量石灰之鐵塊之硫分析的影響，該等鐵塊係自包括5.7% SiO_2 磁選精礦、金屬化之化學計量要求之80%的中等揮發性煙煤及爐渣組合物($L_m\text{SC}_1$ 或 $L_m\text{FC}_1$)之進料混合物形成。將該等進料

混合物在 N_2 -CO氣氛下於 $1400^{\circ}C$ 下加熱7分鐘。

如圖25A-25C所示，添加 Na_2CO_3 而不添加 CaF_2 與 CaF_2 同樣對減少鐵塊中之硫有效或甚至比 CaF_2 更有效，但所產生之微塊之量增加。 CaF_2 與 Na_2CO_3 一起使用時，鐵塊中之硫含量甚至減少更多且微塊之量保持最小約1%。另一注意點為 CaF_2 降低鐵塊之熔融溫度之效果在爐渣組合物(L_1)、($L_{1.5}$)及(L_2)中比爐渣組合物L及 $L_{0.5}$ 中更明顯。該分析資料顯示至少在此實施例中用蘇打灰比用增加石灰在硫之減少上更明顯。

圖27之表展示溫度對自進料混合物形成之鐵塊的分析結果之影響。該進料混合物包括5.7% SiO_2 磁選精礦、金屬化之化學計量要求之80%的中等揮發性煙煤及爐渣組合物($L_{1.5}FS_1SC_1$)。將該進料混合物在 N_2 -CO氣氛下在管狀爐中於指示溫度下加熱7分鐘。如圖27之表中所示，鐵塊中之硫隨降低之溫度顯著減少，自 $1400^{\circ}C$ 下之0.029%S減少至 $1325^{\circ}C$ 下之0.013%S。1%至2%之 CaF_2 與 Na_2CO_3 共同添加不僅將鐵塊中硫降低至低於0.05%，亦降低操作溫度且使微塊之產生降至最低。因此，除降低能量成本與維修費用之外，降低處理溫度似乎具有降低硫之額外優勢。

在先前及各種金屬鐵還原過程中，諸如本文之發明背景部分所展示之使用已形成之球及/或乾燥球之彼等，通常以大於還原氧化鐵所需之理論量之量添加含碳還原劑以促進金屬鐵之滲碳從而降低熔點。因此，主張球中之含碳還原劑之量包括還原氧化鐵所需之量加上使金屬鐵滲碳所需之

量及與氧化相關之損失之量。

在本文所述之許多過程中，還原材料之化學計量之量亦為自預定量之承載可還原鐵之材料完全金屬化及形成金屬鐵理論上所必需的。例如，在一或多個實施例中，可還原混合物可包括預定量之承載可還原鐵之材料及介於約70%與約125%之間的其完全金屬化(例如，其中可還原進料混合物在可還原混合物中(諸如以堆形成時)始終具有均一之煤含量)所比需之化學計量之量的還原材料(例如，含碳還原劑)。

然而，在根據本發明之一或多個實施例中，如圖18-19所示，以完全金屬化理論上需要之化學計量之量使用含碳還原劑之量可導致可還原混合物破裂成迷你塊且產生大量微塊。圖18-19展示化學計量之煤含量對塊形成之影響，其中使用包括5.7%之 SiO_2 精礦、中等揮發性煙煤及爐渣組合物(A)之進料混合物。將該進料混合物在 N_2 -CO氣氛下在管狀爐中於 1400°C 下加熱10分鐘。如本文所示，100%含量及/或超過化學計量要求過量添加含碳還原劑可引起迷你塊及微塊之形成。

圖20A-20B亦展示化學計量之煤含量對塊形成之影響，其中使用包括5.7%之 SiO_2 精礦、亞煙煤及爐渣組合物(A)及(L)之進料混合物。將該進料混合物在 N_2 -CO氣氛下在管狀爐中於 1400°C 下加熱10分鐘。

如圖18-20中所見，添加約70%至約90%之理論量使微塊之形成降至最低。進一步還原及碳化熔融金屬所需要之碳

接著係來自(例如)爐氣氛中之CO及/或來自下面之含碳爐膛材料層44。

可將對基於完成金屬化過程所必需之化學計量之量的可還原混合物中還原材料之量的控制(以及本文所述之各種添加物之使用)應用於參考圖1所述之其它金屬形成過程以及方法中。例如，預成形球方法(壓緊或未壓緊，但已形成)或緊密物(例如，藉由壓力或壓緊作用或煤磚形成之堆)之形成可使用本文所述之該等還原劑控制技術及/或添加物技術。

例如，可使用緊密物，其在合適之可還原混合物中使用完全金屬化理論上所必需之70%至90%的含碳還原劑。例如，該等緊密物可具有適當添加之助熔劑或石灰石，及/或進一步在爐膛上包括輔助還原劑或其部分覆蓋該等緊密物以有效提供塊金屬化及尺寸控制。換言之，本文描述之化學計量控制連同本文提供之組合物(例如，添加物、石灰等)之變化可與緊密物(例如煤磚、半煤磚、緊密堆等)使用。緊密物之使用可減少任何使用如參考圖1所述之塊分離材料之需要。例如，在煤磚或其它類型之緊密物中控制壓力、溫度及氣體擴散可提供該等益處。

然而，如上所述，圖18-20中所示之該等資料產生於使用電動管狀爐在本文描述之 N_2 -CO氣氛下之熱處理且一般沒有考慮到以天然氣為燃料之爐(例如，諸如本文所述之線性膛式爐)中之氣氛。在該線性膛式爐氣氛中，該氣氛可包括8-10%之二氧化碳及3-4%之一氧化碳及其最高溫度區之

高度擾亂之氣流。此係與由引進組份控制氣氛之電動管狀爐及盒式爐不同。因此，各種測試係在線性膛式爐中進行，諸如本文參考圖2D描述以及以下提供之線性爐。本文參考圖35-41總結彼處之測試及結果。

線性膛式爐測試

使用如參考圖2D所整體描述之包括三個加熱區(Z1-Z3)及一冷卻部分之40英尺長以天然氣為燃料之線性膛式爐進行測試。測試中所用之樣本托盤223或托板(如圖35A中說明)係自一30吋正方形碳鋼框架製得且內襯有具有側壁之高溫纖維板225以含有樣本(例如，可還原混合物228及處理完成後彼處所產生之產物)。藉由如參考圖2D描述之水壓驅動之步進樑式系統在爐中傳送托盤223。圖35A中之箭頭指示托板在爐中移動之方向。

對於實驗室盒式爐測試以6區段圓頂之形狀形成托盤223上之可還原進料混合物228，將其置放於在每個托盤223之標定為(1)至(4)之四個象限上之10網目煤焦層中。在6×6區段象限中之每個圓頂具有大體為1-3/4吋寬乘以2吋長且11/16吋高之尺寸，且包含以化學計量之量的指示百分比(參看以下各種測試)及指示(參看以下各種測試)之爐渣組合物存在之中等揮發性煙煤。

關於自線性膛式爐測試產生之產物的兩個考慮範圍為由該方法形成之金屬鐵塊中硫之量及微塊形成之量。本文所述之實驗室管式及盒式爐測試指示爐渣組合物(L_{1.5}FS₁)及80%化學計量之量的中等揮發性煙煤之使用使鐵塊中硫降

至最低且使微塊形成降至最低。然而，線性膛式爐測試揭示處理中之進料旁邊之出乎意料之高的 CO_2 量及高度擾亂之爐氣體在區1及2中消耗大量添加之煤(例如，添加承載可還原鐵之材料之添加之可還原材料)，且在高溫區(區3)留下供滲碳及熔融金屬鐵不足量之還原劑(例如還原材料)。如以下提供之測試14及17所示，使用以105至125%化學計量之量的煤對於形成完全熔融之金屬鐵塊為必要的。

在線性膛式爐測試14中，使用在6區段圓頂中具有不同進料混合物排列之托板，諸如圖35A中所整體展示。該進料混合物包括在象限指示之化學計量之量的百分比之中等揮發性煙煤及爐渣組合物($\text{L}_{1.5}\text{FS}_1$)，其係置放於一10網目煤焦層上。象限指示之百分比為象限(1)110%煤；象限(2)115%煤；象限(3)120%煤；象限(4)125%煤。

在線性膛式爐測試17中，使用在6區段圓頂中具有不同進料混合物排列之托板，諸如圖35A中所整體展示。該進料混合物包括在象限指示之化學計量之量的百分比之中等揮發性煙煤及爐渣組合物($\text{L}_{1.5}\text{FS}_1$)及($\text{L}_{1.5}\text{FS}_3$)，其係置放於一10網目煤焦層上。象限指示之百分比為象限(1)115%煤，2%氟石；象限(2)110%煤，2%氟石；象限(3)105%煤，2%氟石；象限(4)115%煤，3%氟石。

在使用105%至125%化學計量之量之煤添加量及爐渣組合物($\text{L}_{1.5}\text{FS}_{1\sim 3}$)之測試14及17中形成鐵塊。圖35B展示來自測試17所產生之產物。典型氣體組份展示 O_2 低時， CO_2 為約10%且 CO 由2%逐漸增高至4%。在圖36中提供該資料，圖36

展示為線性膛式爐之區提供之爐氣體隨用於測試17之該等區之溫度之分析結果。在測試14期間在區中使用相同溫度。

CO之濃度，表達為CO+CO₂之百分比，繪製於氧化鐵還原及碳溶液(Boudouard)反應之平衡濃度圖中，如圖37所示。區1(1750°F)之CO濃度在Fe₃O₄之穩定區，且區2(2100°F)及區3(2600°F)之CO濃度在FeO穩定區之較低範圍內。所有該等點在碳溶液反應以下，其支持了在線性膛式爐中添加之煤迅速丟失之觀點。線性膛式爐之氣體取樣口位於爐壁上高出托板表面約8吋。由於爐氣體高度擾亂，4%之CO濃度代表充分混合物之值。圖37中2600°F處之箭頭指示區3中CO隨時間之增加。

圖38中給出線性膛式爐14及17之鐵塊及爐渣的分析結果，連同另一測試15之該等結果。在線性膛式爐測試15中，使用一在圓頂中具有進料混合物排列之托板，諸如圖35A大致展示。測試15之進料混合物包括115%及110%化學計量之量之中等揮發性煙煤及爐渣組合物(L_{1.5}FS₁)，其係置放於一10網目煤焦層上。

如圖38所示，鐵塊中之硫在0.152至0.266%範圍內，或比先前參考圖24所展示並描述使用相同進料混合物在實驗室管狀及盒式爐中所形成之鐵塊中之硫高幾倍甚至高一數量級。分析該等爐渣證明其石灰含量確實高。雖然CaO/SiO₂比在1.48至1.71範圍內，注意到該等爐渣FeO含量高，在6.0至6.7%範圍內。在相同爐渣組合物下實驗室管狀爐與盒式爐中之爐渣之FeO分析結果為小於1%之FeO。線性膛式爐中

之高 CO_2 及高度擾亂之爐氣體(例如自氣體燃燒器之使用所產生)引起高 FeO 爐渣之形成，其明顯為藉由干涉脫硫形成鐵塊中較高之硫之原因。增加百分比之煤之使用以及高硫煤焦(0.65%S)作為爐膛層之使用與實驗室測試中之低硫煤焦(0.40%S)相比亦可能為鐵塊中高硫之原因。

在圖39中，展示線性膛式爐測試14、15及17連同額外測試21及22之鐵塊及爐渣之分析結果。總結該等測試中鐵塊中之碳及硫與爐渣中之鐵、 FeO 及硫。在線性膛式爐測試21及22中，使用在6區段圓頂中具有不同進料混合物排列之托板，諸如圖35A中大致展示。該進料混合物包括如圖39中展示所指示百分比之化學計量之量之中等揮發性煙煤及如圖39中展示所指示之爐渣組合物，其係置放於一10網目煤焦層上。在測試21及22中區3中之溫度設定為 2625°F ，高出 25°F 。

如圖39所示，氟石添加量增加至2%且鐵塊中之硫同時增加時爐渣中之 FeO 減半。考慮到氟石添加量為2%之測試17之結果，較低 FeO 可能為較高溫度 2625°F (1441°C)之結果。

圖40為一表，展示區3中溫度對測試16-22中 CO 濃度之影響。先前已寫明測試14-15、17及21-22中所用之進料混合物。在線性膛式爐測試16中，使用一具有進料混合物以 $3\frac{1}{2}$ 吋寬乘以5吋長(及 $11/16$ 吋高)梯形堆排列之托板。測試15之進料混合物包括100%及115%化學計量之量之中等揮發性煙煤及爐渣組合物($\text{L}_{1.5}\text{FS}_1$)，其係置放於一10網目煤焦層上。在線性膛式爐測試18中，進料混合物包括100%及115%

化學計量之量之中等揮發性煙煤及爐渣組合物 ($L_{1.5}FS_{0.5}$)，其係置放於一10網目煤焦層上。在線性膛式爐測試19中，進料混合物包括115%及120%化學計量之量的中等揮發性煙煤及爐渣組合物 ($L_{1.5}FS_1$)，其係置放於一10網目煤焦層上。在線性膛式爐測試20中，進料混合物包括115%及120%化學計量之量之中等揮發性煙煤及爐渣組合物 ($L_{1.5}FS_1$)，其係置放於一10網目煤焦層上。

如圖40所示，在2600°F(2427°C)與2625°F(1441°C)之CO濃度有差異。最初數字為爐之溫度恢復至2600°F時之CO讀數。CO濃度隨時間漸進性增加且到測試結束時接近最終數字。明顯最初與最終溫度在2600°F時均比在2625°F時高。隨溫度上增加25°F，燃燒器放出更多燃燒氣體以保持溫度且因此稀釋由碳溶液反應所產生之CO，從而阻礙金屬鐵之滲碳。實際上，似乎2625°F之產物形成比2600°F時更不完全熔融之鐵塊。

線性膛式爐測試中之微塊之量亦較大，如在10%至15%範圍內，如圖41總結。圖41之表展示氟石含量及煤添加量以及溫度之影響。沒有顯而易見之參數與微塊形成相關。在實驗室管式爐及盒式爐測試中，爐渣組合物 ($L_{1.5}FS_{0.5\sim4}$) 時微塊之量小於百分之幾，如參考圖23展示並描述。高CO₂及高度擾亂之爐氣體可需要使用超過化學計量之量之煤，且煤焦之爐膛層附近之進料混合物中之煤可在處理期間保持較高，從而引起大量微塊形成。

考慮到以上原因，在本發明之一實施例中，使用在爐膛

層旁邊有低於化學計量之煤之進料混合物以使微塊形成降至最低，其由包含超過化學計量之量之煤之進料混合物覆蓋以允許由碳溶液反應產生損失。換言之，自一預定量之承載可還原鐵之材料完全金屬化且形成金屬鐵塊理論上需要化學計量之量的還原材料(例如煤)，根據本文描述之一或多個實施例該還原材料(例如煤)及承載鐵之材料提供待處理之可還原進料混合物。對於具有低於化學計量之量之含碳材料的進料混合物之特定應用，可不使用爐膛層，或該爐膛層可不包含任何含碳材料。

根據本發明之一實施例可包括使用在爐膛材料層上包括可還原混合物之第一層之可還原進料混合物，該第一層具有預定量之承載可還原鐵之材料但僅約70%至約90%之完全金屬化所需之化學計量之量之還原材料以便減少微塊形成之潛力(例如，諸如使用盒式爐及管式爐完成處理時所揭示)。該預定量之承載可還原鐵之材料可在該承載可還原鐵之材料置放於爐膛層上時確定且動態變化。隨後，將使用一或多個可還原混合物之額外層，該可還原混合物包括預定量之承載可還原鐵之材料及約105%至約140%間之完全金屬化所必需之化學計量之量的還原材料。因此，可還原進料混合物將包括具有不同化學計量之量的還原材料(例如，自爐膛層離開時化學計量百分比增加)之混合物之層。

如以上討論，在特定爐(例如，諸如具有高CO₂及高度擾亂之氣體氣氛之以天然氣為燃料之爐)中，進料混合物(如諸如本文描述之彼等可還原混合物)中添加之含碳材料(例如

煤)藉由在爐之特定區(例如,預熱及還原區)之碳溶液(Boudouard)反應損失。為補償該損失,可需要添加超過其完全金屬化理論上所必需之化學計量之量的還原材料(例如含碳材料)。然而,亦如本文描述,以超過化學計量之量添加還原材料(例如煤)可導致大量微塊之形成。該等微塊形成看來與一爐膛層附近之區域中處理期間保持較高之還原材料之量有關。

如本文所示,添加稍微低於化學計量之量的材料使該等微塊之形成將至最低。因此,本文描述在爐膛層旁邊具有低於化學計量之量的還原材料(例如煤)之進料混合物(例如可還原混合物),其係由可還原混合物覆蓋,包含超過完全金屬化理論上所必需之化學計量之量的還原材料以使微塊形成降至最低。另外,處理期間藉由碳溶液反應產生之額外可還原材料(例如煤)之損失可藉由以各種方式壓緊可還原混合物(例如自可還原混合物形成緊密物或煤磚)降至最低。圖11A-11F展示由壓緊形成進料混合物(例如可還原混合物)之各種方法,同時亦併入在爐膛層附近之區域使用低於化學計量之量的還原材料之思想。例如,因此形成之可還原混合物可包括本文描述之任何組合物或可包括滿足以下要求之其它進料混合物組合物:至少一低於化學計量部分之材料及至少一部分包括超過可還原混合物完全金屬化理論上所必需之化學計量之量的可還原材料之材料。

圖11A-11B展示用於金屬鐵塊過程之一或多個實施例之可還原混合物之預成形多層乾燥球280。圖11A展示該可還

原混合物之多層球280之平面圖且圖11B展示該多層球280之橫截面圖。如圖11B中所示，球280包括可還原材料之複數個層284-285。雖然僅展示兩層，多於兩層亦有可能。球280之層284由低於化學計量之量的還原材料(例如完全金屬化理論上所必需之化學計量之量的70%至90%)形成，而球280之層285(如球280之內部)由包含超過完全金屬化理論上所必需之化學計量之量(如大於100%諸如大於100%但小於140%)之還原材料之可還原混合物形成。以該方式形成球280時，完成在爐膛層旁邊使用具有低於化學計量之量的還原材料(例如，煤)之進料混合物以使微塊形成降至最低同時保持充足之還原材料以達到完全金屬化。吾人將認識到可在室溫或低溫(例如，室溫至300°C)下不經壓緊或壓力但使用黏合材料形成球280。

在一實施例中，製造具有直徑為 $\frac{3}{4}$ 吋或更小尺寸之兩層球。對於 $\frac{3}{4}$ 吋或更小之間之球，例如，具有(例如) $\frac{1}{16}$ 吋厚度之外部層在外部層達球總重之約40%或更多，而 $\frac{1}{8}$ 吋之厚度達總重之約60%或更多。因此，該外部層之量具有低於化學計量之量的還原材料(例如，完全金屬化理論上所必需之化學計量之量之70%至90%)時，中央核心(即內部部分)需要比(例如)使用包括多層之堆時略微較高之還原材料(例如煤)含量(例如，中央核心可能需要高於完全金屬化理論上所必需之化學計量之量之125%)。在一實施例中，球之內部由包含超過完全金屬化理論上所必需之化學計量之量之105%但小於約140%之還原材料之可還原混合物形成。

圖 11C-11D 展示形成工具 286-287 之示範性實施例，其用於提供用於金屬鐵塊過程之一或多個實施例之可還原混合物之緊密物(例如煤磚)。形成具有兩個相對平滑表面之煤磚。如圖 11C 中所示，該煤磚包括三層 290-292。兩個外部層(或頂層與底層)291-292 由具有低於化學計量之量的還原材料(例如，完全金屬化理論上所必需之化學計量之量的 70% 至 90%)之可還原混合物形成，而中間層 290(例如內部層)由包含超過完全金屬化理論上所必需之化學計量之量(例如大於 100%，諸如大於 100% 但小於 140%)的還原材料之可還原混合物形成。以該方式形成煤磚時，一包括具有低於化學計量之量之還原材料(例如煤)之進料混合物之面(例如外部層)將在爐膛層旁邊以使微塊形成降至最低。將認識到可在室溫或低溫(例如室溫至 300°C)經由元件 287 施加壓力形成該煤磚。

圖 11D 展示可形成之兩層煤磚之形成。該煤磚包括層 293-294。一層 293 由具有低於化學計量之量之還原材料(例如完全金屬化理論上所需之化學計量之量之 70% 至 90%)之可還原混合物形成，而另一層 294(例如內部層)由包含超過完全金屬化理論上所必需之化學計量之量(例如大於 100%，諸如大於 100% 但小於 140%)的還原材料之可還原混合物形成。以該方式形成煤磚時，向爐膛上適當裝載，包括具有低於化學計量之量之還原材料(例如煤)之進料混合物之層將在爐膛層旁邊以使微塊形成降至最低。

圖 11E-11F 展示形成工具 288 及 289 之示範性實施例，其用

於提供用於金屬鐵塊過程之一或多個實施例之可還原混合物之緊密物(例如，圓頂狀混合物及圓頂狀煤磚)。如圖 11E 中所示，該圓頂狀緊密物 300 包括自層 295-296 形成之部分。一層 296 由具有低於化學計量之量之還原材料(如完全金屬化理論上所必需之化學計量之量的 70% 至 90%)之可還原混合物形成，而另一層 295(如內部層)由包含超過完全金屬化理論上所需之化學計量之量(例如大於 100%，諸如大於 100% 但小於 140%)之還原材料之可還原混合物形成。以該方式形成圓頂狀緊密物 300 時，一包括具有低於化學計量之量的還原材料(例如煤)之進料混合物之層安置於爐膛層旁邊以使微塊形成降至最低。所示之形成緊密物 300 之工具 288 可與參考圖 10A 所描述之工具相似。另外，在一實施例中，藉由在爐之預熱區(例如 700°C 至 1000°C)就地擠壓形成緊密物 302。

如圖 11F 中所示，該圓頂狀緊密物 302 包括自三層 297-299(例如，室溫下形成之煤磚)形成之部分。兩個外部層(或頂層與底層)297-299 由具有低於化學計量之量之還原材料(如完全金屬化理論上所必需之化學計量之量的 70% 至 90%)之可還原混合物形成，而中間層 298(例如內部層)由包含超過完全金屬化理論上所需之化學計量之量(例如，大於 100%，諸如大於 100% 但小於 140%)的還原材料之可還原混合物形成。以該方式形成煤磚時，一包括具有低於化學計量之量的還原材料(例如，煤)之進料混合物之面(例如，外部層)將在爐膛層旁邊以使微塊形成降至最低。在一實施

例中，所示之用於形成緊密物302之工具289之各部分可與參考圖10A所描述之工具相似。

在一實施例中，使用諸如圖11C-11D中展示之壓機形成緊密物302，但具有不同形狀之模製表面。例如，在一實施例中，藉由高溫(例如700°C至1000°C)擠壓可還原混合物形成如圖11E所示之緊密物。在一些溫度下特定類型之還原材料(如煤)可軟化且充當黏合劑，或使用一些低熔點添加物可有助於開發滲透性較小之緊密物。例如，可使用一或多種以下低熔點添加物：硼砂(熔點741°C)；碳酸鈉(熔點851°C)；二矽酸鈉(熔點874°C)；氟化鈉(熔點980-997°C)及氫氧化鈉(熔點318.4°C)。

將認識到可使用各種形狀之緊密物而仍然保持具有在爐膛層旁邊有低於化學計量之量之還原材料(例如煤)之進料混合物以使微塊形成降至最低之益處。提供本文描述之組態僅為舉例說明。

進一步參考圖1，如方塊18整體展示之所提供之可還原混合物之層可以一或多種方式(例如，粉煤與鐵礦石混合)提供。如圖28中所示，可根據微聚結物形成過程250形成微聚結物(方塊252)提供可還原混合物。至少在根據本發明之一實施例中，可還原混合物為可還原微聚結物之層。另外，至少在一實施例中，至少50%之可還原微聚結物之層包括具有標稱直徑為約2毫米或更小之微聚結物。

提供承載可還原鐵之材料(例如，氧化鐵材料諸如鐵礦石)(方塊260)及使用還原材料(方塊258)形成微聚結物。視

情況對於其它實施例一或多種添加物(方塊258)可再與如本文描述之承載可還原鐵之材料及還原材料混合(例如，石灰、蘇打灰、氟石等)。隨後在微聚結物形成中添加水(方塊254)。例如，在一實施例中，可使用一混合器(例如類似一市售廚房立式混合器)混合所有組份直至其形成小微聚結物結構。

精細乾燥顆粒(諸如鐵燧岩及粉煤)在以氣體為燃料之爐中之直接進料將引起大量顆粒藉由爐氣體之移動作為灰塵吹出。因此，進料混合物之微聚結較理想。例如，鐵燧岩精礦之濕濾餅與乾燥經研磨煤之直接混合且添加最適宜量之水藉由合適混合技術諸如Pekay混合器、槳葉式混合器或織帶混合器可產生微聚結物。在圖29中展示微聚結物之典型尺寸分佈作為不同濕氣含量之函數。

向爐膛表面饋入微聚結物具有幾個優勢。微聚結物饋入爐膛表面可不破裂，具有最小灰塵損失且在爐膛表面具有展開。隨後，微聚結物一旦放置於爐膛上，可經歷緊成為本文描述之堆形結構(例如，錐形、圓形堆、圓頂狀結構等)。

圖30之表展示微聚結物之終速作為尺寸及空氣速度之函數，藉由認為微聚結物之表觀密度為2.8且空氣溫度為1371°C (2500°F)計算之。終速小於空氣速度之顆粒尺寸將作為灰塵自以氣體為燃料之爐中吹出。為防止灰塵損失，在至少一實施例中，較理想至少50%該可還原微聚結物層包含具有標稱直徑約2毫米或更小之微聚結物。參考圖29，注意到在該情況下，應以具有約12%濕氣形成微聚結物以達到該

微聚結物之分佈。

為提供微聚結物之理想性質之濕氣含量係視各種因素而定。例如，微聚結物之濕氣含量至少係視進料混合物之精細度(或粗糙度)及吸水行為而定。根據進料混合物之該精細度，濕氣含量可在約10%至約20%範圍內。

圖31展示完全熔融之鐵塊由微聚結物進料形成，但相較於來自乾粉進料混合物在相同條件下形成之產物，其對微塊形成有極小影響。由5.7%之 SiO_2 磁選精礦、金屬化之化學計量要求之80%之中等揮發性煙煤及爐渣組合物(A)形成該微聚結進料。該微聚結進料之濕氣含量為約12%。使用相同進料混合物用於乾燥進料(但不添加水分)。在 N_2 -CO氣氛下在管狀爐中於 1400°C 下加熱7分鐘之舟皿之2區段圖案上形成所產生之產物。

圖31A展示使用乾燥進料可還原混合物之結果，而圖31B展示微聚結進料混合物之結果。如彼處所示，沒有明顯形成額外之微塊且對於乾燥進料混合物與微聚結進料二者金屬鐵塊大體上相同。然而，使用微聚結時，提供灰塵控制。

可使用任何類型之微聚結物之分層。例如，可藉由在爐膛材料層上提供可還原微聚結物之第一層提供可還原微聚結物。隨後，可在第一層上提供一或多個可還原微聚結物之額外層。至少一個隨後提供之額外層之可還原微聚結物之標稱尺寸可與先前提供之微聚結物之尺寸不同。例如，該尺寸可大於或小於先前提供之層。在一實施例中，在底部為較粗糙之聚結物之層且向頂部尺寸逐漸減小之微聚結

物中進料可使鐵礦石/煤混合物與下面之爐膛層(如粉碎煤焦層)之混合降至最低，從而使微塊形成降至最低。

具有不同化學計量之量之還原材料之可還原進料混合物之使用可與本文描述之微聚結物有利地組合使用(如自爐膛層離開時化學計量百分比增加)。例如，較大尺寸之微聚結物(如較粗糙之聚結物)連同較低化學計量百分比之還原材料可用於爐膛層鄰近處之材料。隨後可向在爐膛層上提供之較粗糙且較低百分比之微聚結物提供具有更高化學計量百分比之額外層及減小尺寸之微聚結物(例如，更細之聚結物)。

所有專利、專利文獻及本文引用之參考案其全文併入本文中，如同其各自單獨併入本文中一樣。已參考說明形實施例描述本發明且其不意欲被解釋為限制性意義。如先前描述，熟習該項技術者將認識到氣體各種說明性應用可使用本文描述之技術以利用藉此產生之顆粒之有益特徵。參考本描述內容後熟習該項技術者將明白說明性實施例之各種改質以及本發明之附加實施例。

【圖式簡單說明】

圖1展示根據本發明之金屬鐵塊過程之一或多個一般實施例之方塊圖。

圖2A為一爐系統之整體方塊圖，該爐系統係用於實施根據本發明之諸如圖1中整體展示之金屬鐵塊過程。

圖2B-2D為二個實驗室爐(例如，分別為一管狀爐與一盒式爐)及一線性膛式爐之圖，其可用於進行本文所述之一或

多個過程，諸如本文所述之一或多個實例中所採用之處理。

圖 3A-3C 為整體的橫截面圖且圖 3D-3E 為整體的俯視圖，其展示根據本發明之諸如圖 1 中所整體展示的金屬鐵塊過程之一實施例的階段。

圖 4A-4D 展示在諸如圖 1 中所整體展示之金屬鐵塊過程中時間對金屬塊形成之影響的圖解。

圖 5A-5B 分別展示用於諸如圖 1 中所整體展示之金屬鐵塊過程之可還原混合物層中的通道開口之一實施例的俯視圖及橫截面側視圖。

圖 6A-6B 分別展示用於諸如圖 1 中所整體展示之金屬鐵塊過程之可還原混合物層中的通道開口之一替代性實施例的俯視圖及橫截面側視圖。

圖 7A-7B 分別展示用於諸如圖 1 中所整體展示之金屬鐵塊過程之可還原混合物層中的通道開口之另一替代性實施例的俯視圖及橫截面側視圖。

圖 8A-8B 分別展示用於諸如圖 1 中所整體展示之金屬鐵塊過程之通道形成工具之一實施例的俯視圖及橫截面側視圖。

圖 9A-9B 分別展示用於諸如圖 1 中所整體展示之金屬鐵塊過程之通道形成工具之另一實施例的俯視圖及橫截面側視圖。

圖 10A-10B 分別展示用於諸如圖 1 中所整體展示之金屬鐵塊過程之通道形成工具之其它實施例的橫截面側視圖。

圖 10C-10E 展示用於金屬鐵塊過程之一或多個實施例的

可還原混合物形成技術之另外其它實施例之橫截面側視圖。

圖 11A-11B 展示用於金屬鐵塊過程之一或多個實施例的可還原混合物之預成形球，其中圖 11A 展示可還原混合物之多層球，且另外其中圖 11B 展示具有不同組合物之層的多層球之橫截面。

圖 11C-11D 展示在提供用在金屬鐵塊過程之一或多個實施例中的可還原混合物緊密物(例如煤磚)中使用的形成工具之示範性實施例，其中圖 11C 展示三層緊密物之形成，且另外其中圖 11D 展示兩層緊密物之形成。

圖 11E-11F 展示在提供用在金屬鐵塊過程之一或多個實施例中的可還原混合物之緊密物(例如煤磚)中使用的其它形成工具之示範性實施例，其中圖 11E 展示兩層緊密物之形成，且另外其中圖 11F 展示三層緊密物之形成。

圖 12A-12C 展示根據本發明之金屬鐵塊過程之一或多個示範性實施例之 12 區段等尺寸圓頂狀模以及石墨托盤中的可還原混合物。圖 12A 展示該模、圖 12B 展示由圖 12A 之模所形成之 12 區段通道圖案，且圖 12C 展示具有至少部分由粉碎塊分離填充材料(例如煤焦)填充之凹槽的 12 區段通道圖案。

圖 13A-13D 展示根據本發明之金屬鐵塊過程之一或多個示範性實施例之通道中的塊分離填充材料之影響。

圖 14A-14D 及圖 15A-15D 說明根據本發明之金屬鐵塊過程之一或多個示範性實施例之通道中的塊分離填充材料

(例如煤焦)含量之影響。

圖 16 展示在各種金屬鐵塊過程中所產生之微塊的相對量之表，其係用於描述在諸如圖 1 中所整體描述之金屬鐵塊過程之一或多個示範性實施例中的爐膛材料層之處理。

圖 17 展示供應可還原混合物之方法之一示範性實施例的方塊圖，該方法係用於諸如圖 1 中所整體展示之金屬鐵塊過程，及/或用於形成金屬鐵塊之其它過程。

圖 18-19 展示使用各種煤添加量對諸如圖 1 中所整體展示之金屬鐵塊過程之一或多個示範性實施例及/或用於形成金屬鐵塊之其它過程的影響。

圖 20A-20B 展示用於描述各種煤添加量對諸如圖 1 中所整體展示之金屬鐵塊過程及/或用於形成金屬鐵塊之其它過程的影響的例圖。

圖 21A-21B 分別展示 $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ 相圖及表，其展示各種爐渣組合物，該相圖及表係用於描述諸如圖 1 中所整體展示之金屬鐵塊過程及/或用於形成金屬鐵塊之其它過程的可還原混合物之一或多種添加物的用途。

圖 22-24 展示一表，其係用於描述向諸如圖 1 中所整體展示之金屬鐵塊過程及/或用於形成金屬鐵塊之其它過程的可還原混合物中添加氟化鈣或氟石之影響。

圖 25A-25C、26 及 27 分別展示圖解、一表及另一表，其係用於展示可還原混合物中之 Na_2CO_3 及 CaF_2 添加物對諸如圖 1 中所整體展示之金屬鐵塊過程之一或多個示範性實施例中及/或用於形成金屬鐵塊之其它過程中硫含量控制的影

響。

圖28展示微聚結物形成過程之一實施例的方塊圖，其係用於為諸如圖1中所整體展示之金屬鐵塊過程提供可還原混合物及/或用於形成金屬鐵塊之其它過程。

圖29為一展示水分含量對諸如彼等根據圖28之過程所形成之微聚結物之尺寸分佈之影響的圖。

圖30展示一表，其係描述諸如根據圖28中所示之方法形成之彼等微聚結物之終速作為尺寸與空氣速度之函數。

圖31A-31B展示在諸如圖1中所整體描述之金屬鐵塊過程之一或多個實施例中使用微聚結可還原聚合物之影響的例圖。

圖32A-32C展示提供可用於諸如圖1中所整體描述之金屬鐵塊過程之一或多個實施例及/或用於形成金屬鐵塊之其它過程的各種含碳還原材料之分析的表。

圖32D展示提供可用於諸如圖1中所整體描述之金屬鐵塊過程之一或多個實施例及/或用於形成金屬鐵塊之其它過程的各種含碳還原材料之灰分分析的表。

圖33展示提供可用於諸如圖1中所整體描述之金屬鐵塊過程之一或多個實施例及/或用於形成金屬鐵塊之其它過程的一或多種鐵礦石之化學組合物的表。

圖34展示提供可用於諸如圖1中所整體描述之金屬鐵塊過程之一或多個實施例及/或用於形成金屬鐵塊之其它過程的一或多種添加物之化學組組合物的表。

圖35A及35B展示其上配置有不同進料混合物之托板，其

係用於描述使用諸如圖2D中所示之線性膛式爐之一或多個測試及自一典型測試所得之產物。

圖36為展示爐氣體之分析結果的表，其係用於描述使用諸如圖2D中所示之線性膛式爐之一或多個測試。

圖37為展示在諸如圖2D中所示之線性膛式爐之各區的CO濃度之圖，其係用於描述使用該爐之一或多個測試。

圖38為展示爐渣組合物對還原過程之影響的表，其係用於描述使用諸如圖2D中所示之線性膛式爐之一或多個測試。

圖39為展示鐵塊及爐渣之分析結果的表，其係用於描述使用諸如圖2D中所示之線性膛式爐之一或多個測試。

圖40為展示溫度對還原過程之影響的表，其係用於描述使用諸如圖2D中所示之線性膛式爐之一或多個測試。

圖41為展示煤及氟石添加物以及溫度對還原過程中微塊形成之影響的表，其係用於描述使用諸如圖2D中所示之線性膛式爐之一或多個測試。

【主要元件符號說明】

30	爐系統
34	還原爐
35	通道界定工具
36	饋料裝置
37	通道填充裝置
38	排放裝置
42	爐膛

44	爐膛材料層
46	可還原混合物
48	所形成之可還原混合物層
50	通道開口
52	堆
56	深度
58	塊分離填充材料
59	塊形成可還原材料區
60	爐膛
61	彎曲或傾斜部分
63	金屬鐵塊
67	堆
69	凹槽
70	爐膛材料層
71	鐵塊
72	可還原混合物
73	塊形成可還原材料區
74	通道開口
76	塊分離填充材料
80	爐膛材料層
82	可還原混合物
83	塊形成可還原材料區
84	通道開口
86	塊分離填充材料

90	爐膛材料層
92	可還原混合物
93	塊形成可還原材料區
94	通道開口
96	塊分離填充材料
100	爐膛材料層
102	可還原混合物
104	通道開口
106	通道界定工具
108	拉長元件
107、109	方向箭頭
110	延伸元件
120	爐膛材料層
122	可還原混合物
124	通道開口
126	通道界定工具
127	碟元件
128	拉長轉軸元件
130	平葉片
131	鐵塊形成可還原材料區
132	雙向箭頭
133	方向箭頭
142	可還原混合物
144	通道開口

145	堆
146	通道界定工具
148	軸
150	模表面
152、153	箭頭
162	可還原混合物
163	箭頭
164	通道開口
166	通道界定工具
167	拉長元件
168	衝壓體元件
169	模表面
220	爐膛
222	爐膛材料層
224、226、228	可還原混合物層
230、232	弧形壓緊凹陷
234	直壁組態之壓緊凹陷
250	視情況提供一或多種添加物
252	形成微聚結物
254	提供水
256	提供還原材料
260	提供可還原氧化鐵材料
280	多層乾燥球
284、285	球之層

286、287	形成工具
290、291、292	煤磚之層
293、294	煤磚層
288、289	形成工具
295、296	緊密物之層
297、298、299	緊密物之層
300	圓頂狀緊密物
302	圓頂狀緊密物
500	實驗室管式爐
501	燃燒管
503	熱電偶
505	氣體入口管
507	水冷卻腔室
509	取樣口
511	石墨舟皿
600	實驗室電熱盒式爐
602、604	加熱腔室
606	石墨托盤
608	冷卻腔室
610、612	視窗
614	氣體入口
616	口
620	側門
622	掀啟式門

630	排氣口
632	氣體取樣口
712	爐
715	樣本托盤
718	微型邏輯控制器
720	進料
722	末端
724	步進樑
728	最初加熱及還原區
730	還原區
731	熔融區
734	最終冷卻部分
738	燃燒器
746	隔板
747	排氣系統
752	輥式板平臺升降機
753	排氣風扇
754	平臺升降機
757	排氣煙囪

五、中文發明摘要：

本發明係關於一種製造金屬塊之方法及系統，其包括在至少一部分爐膛材料層上提供可還原之混合物(例如，可還原之微聚結物；還原材料及承載可還原鐵之材料；包括添加物諸如助熔劑之可還原混合物；緊密物等)。在一實施例中，複數個通道開口至少部分通過可還原混合物之層延伸以界定複數個塊形成之可還原材料區。該等通道開口可至少部分以塊分離填充材料(例如含碳材料)來填充。熱處理該可還原混合物之層導致一或多個金屬鐵塊之形成。在其它實施例中，可還原混合物之各種組合物及可還原混合物之形成提供一或多個有益特徵。

六、英文發明摘要：

十一、圖式：

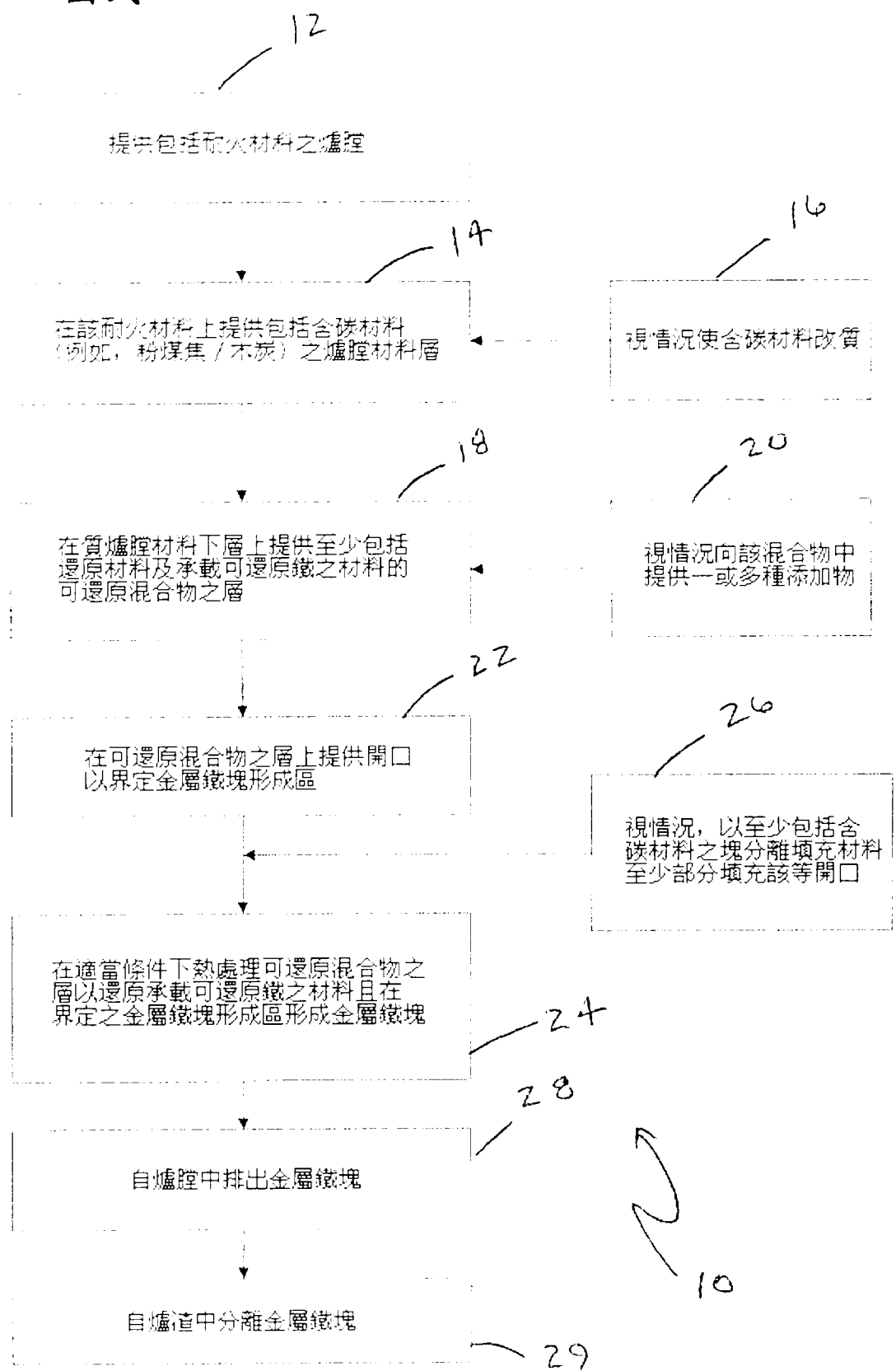


圖 1

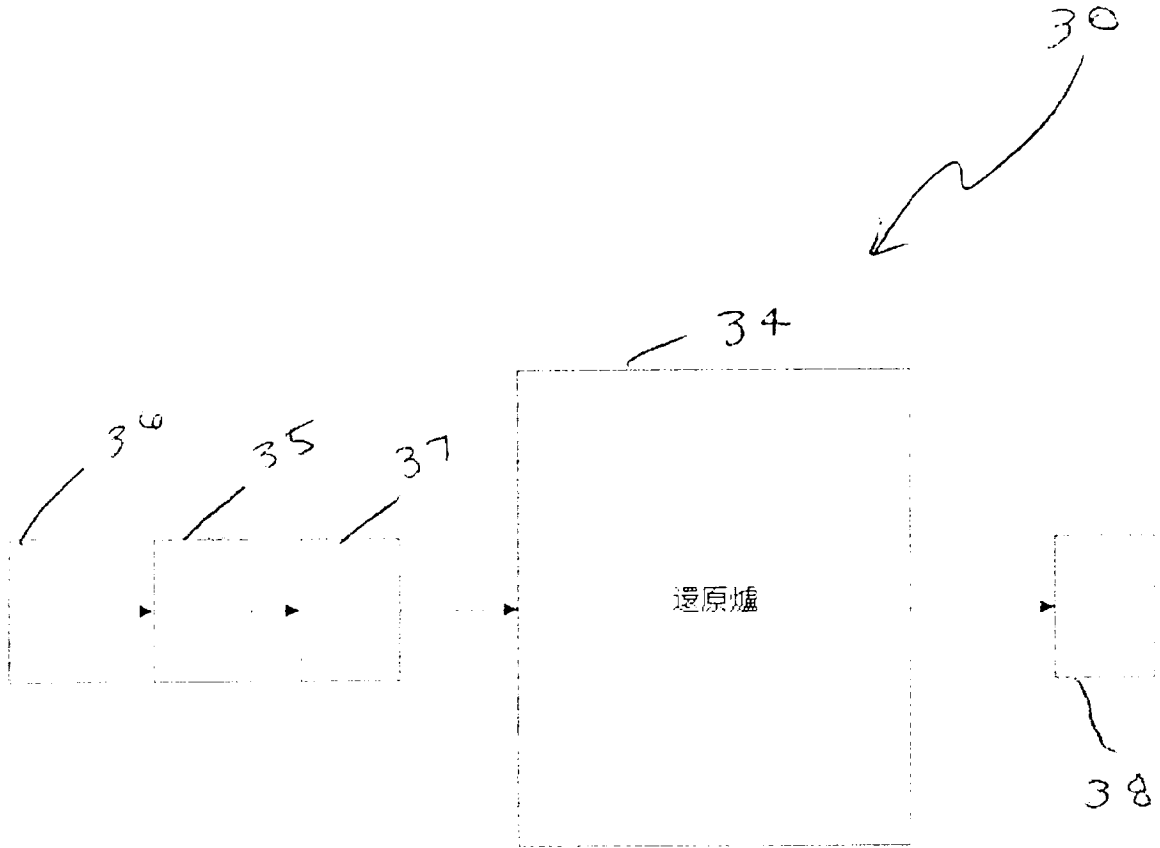


圖 2A

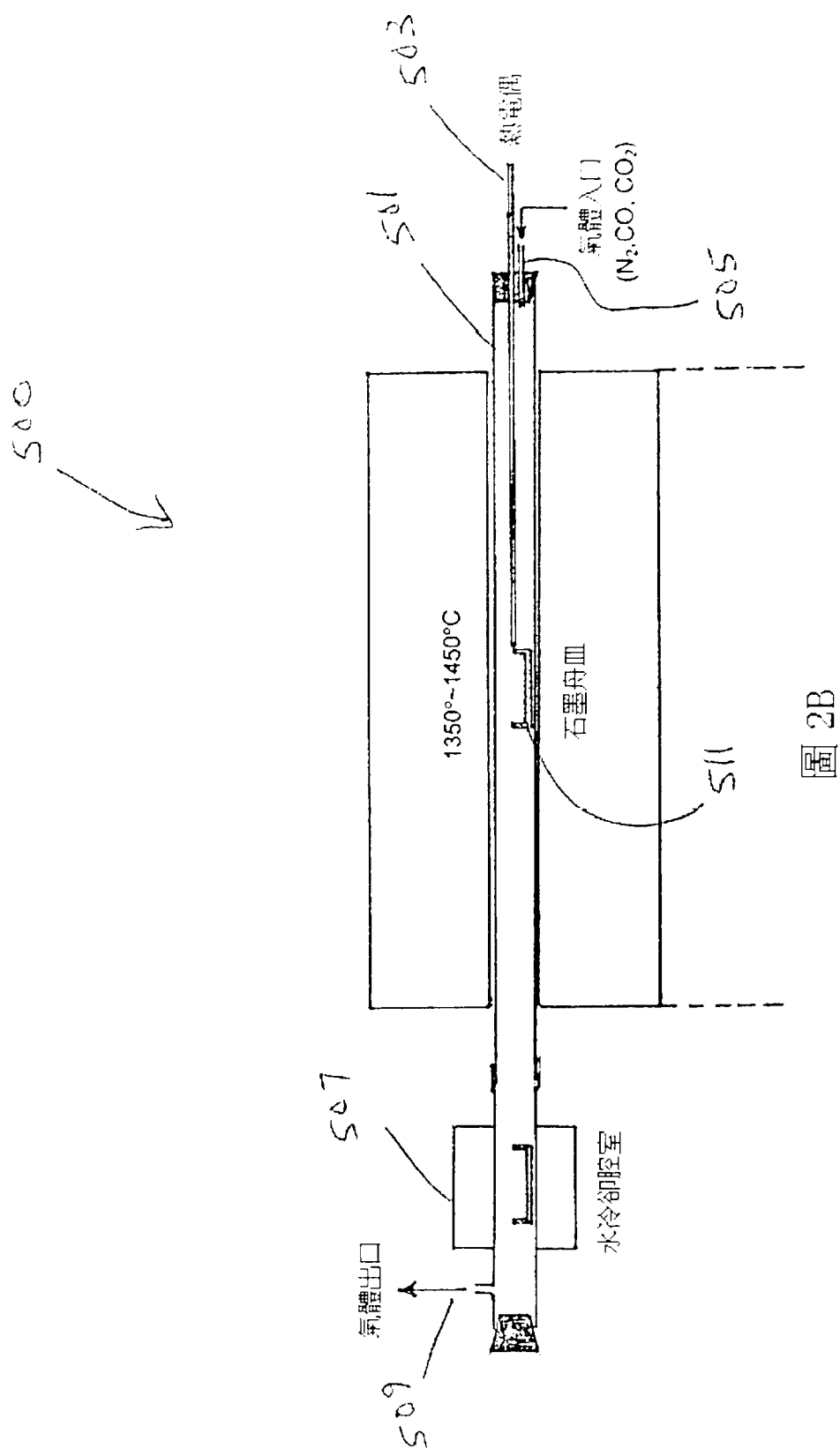


圖 2B

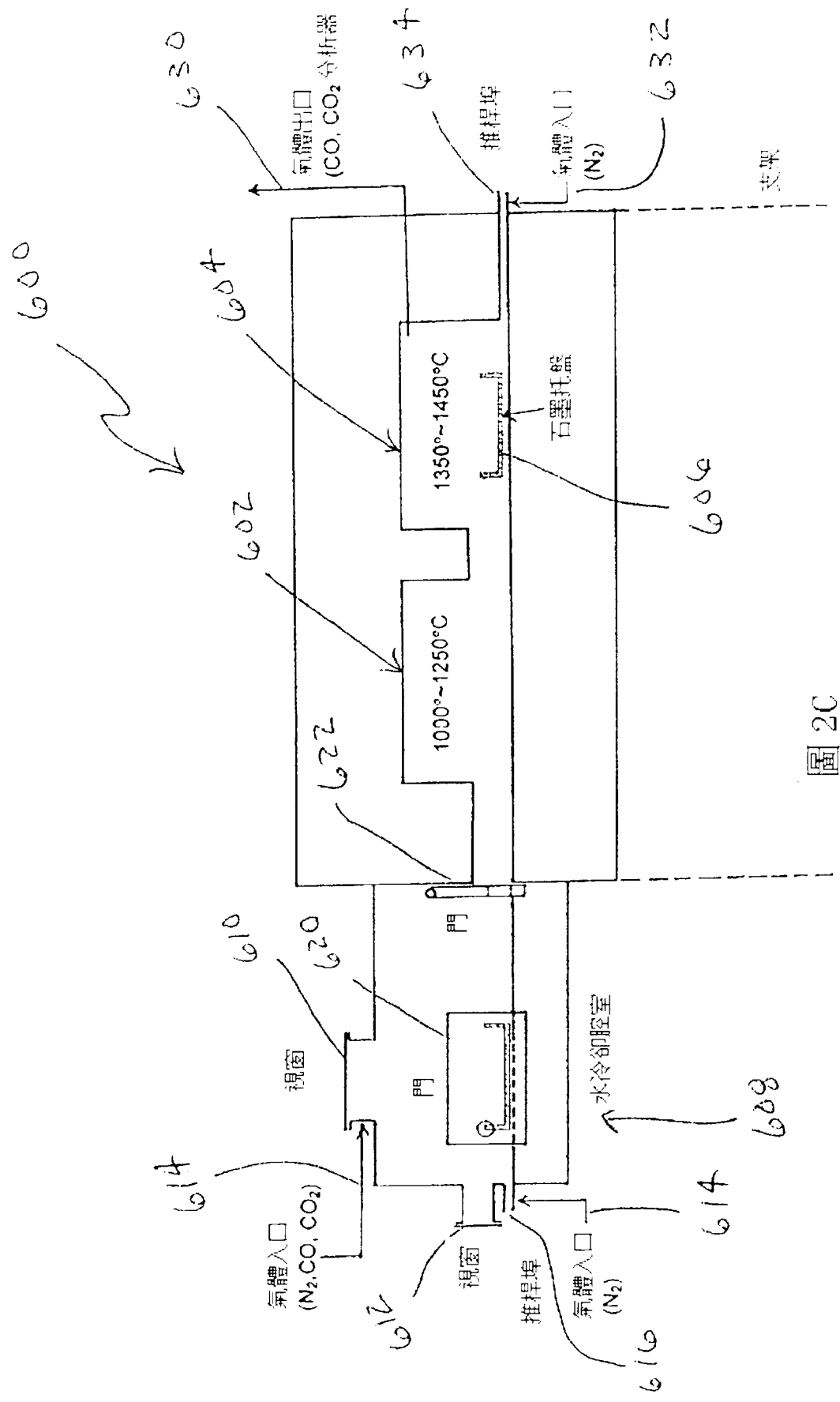


圖 2C

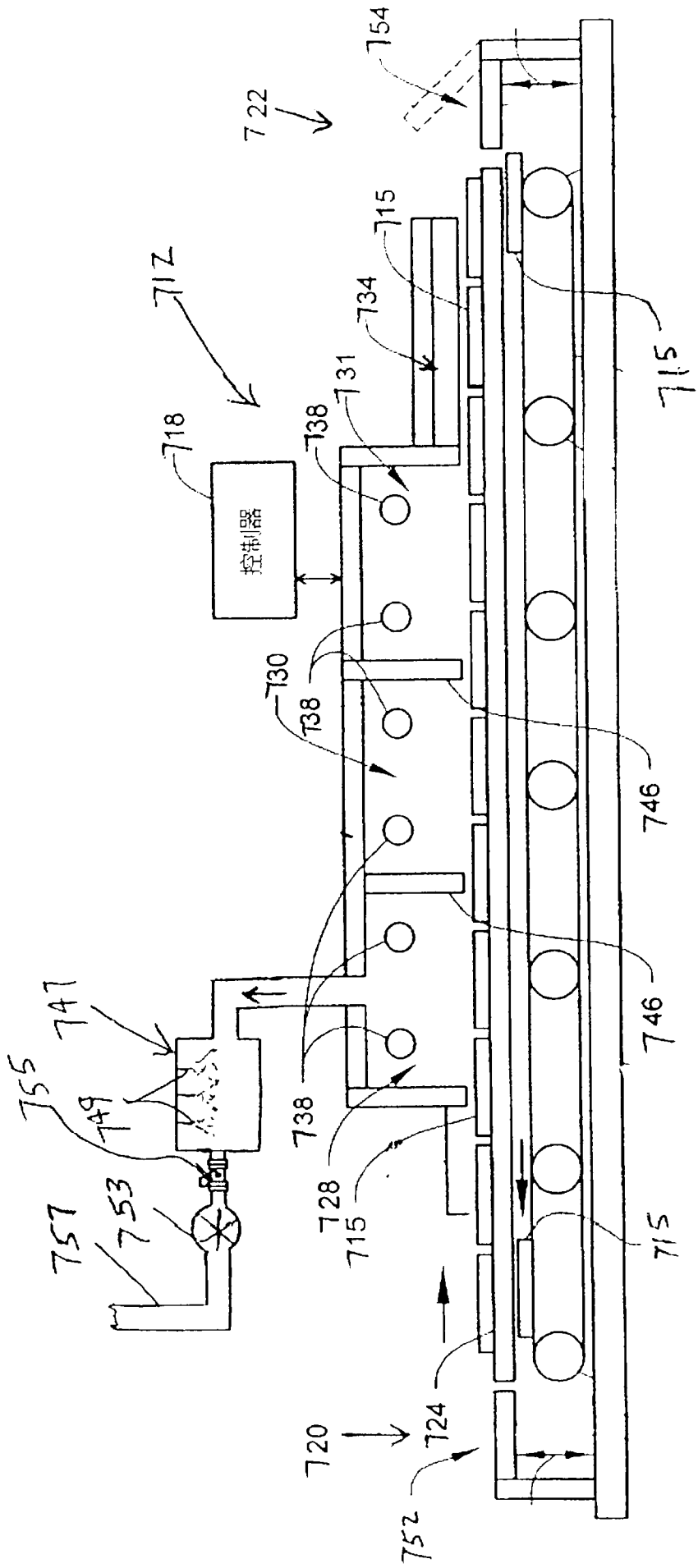


圖 2D

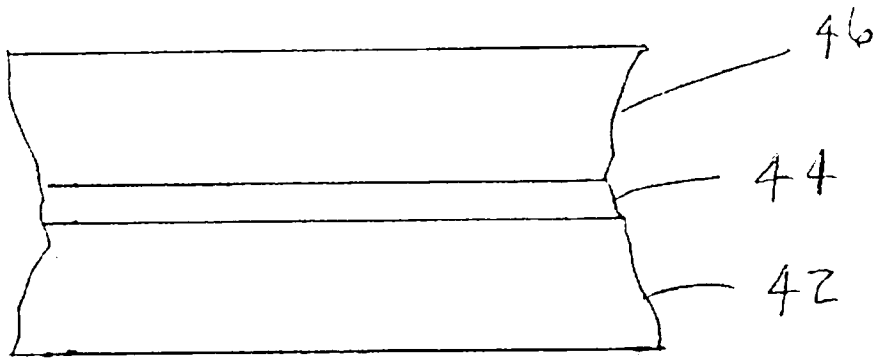


圖 3A

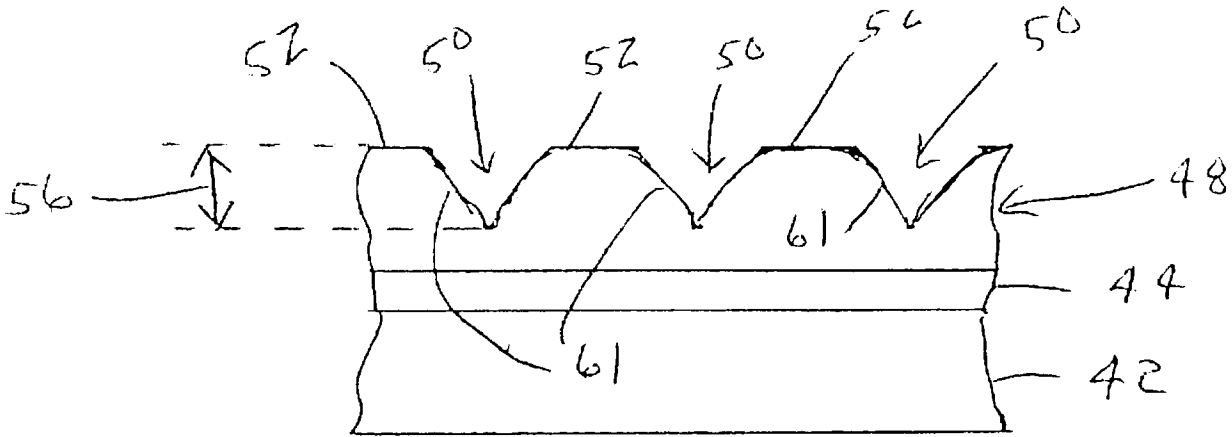


圖 3B

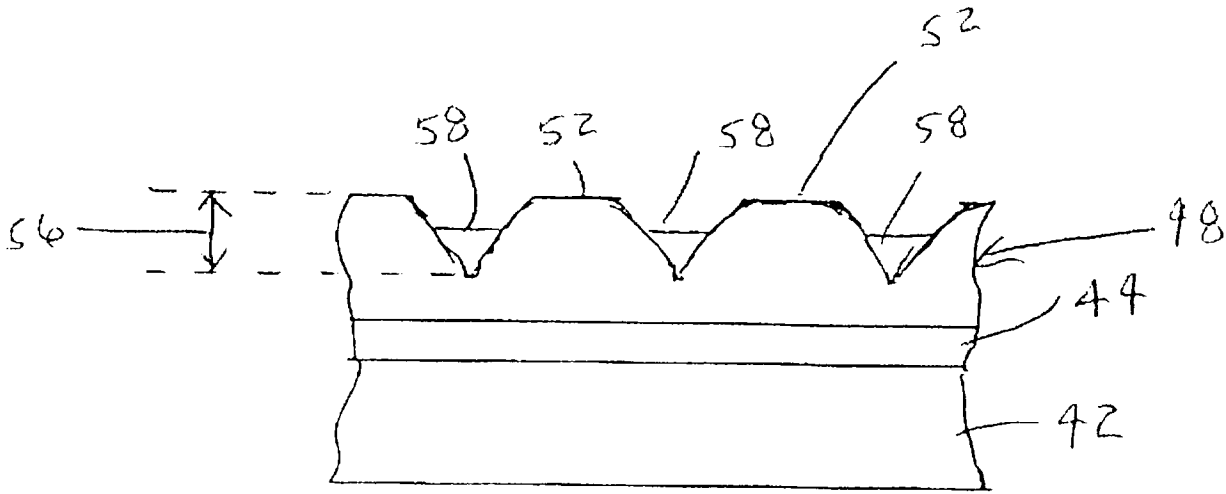
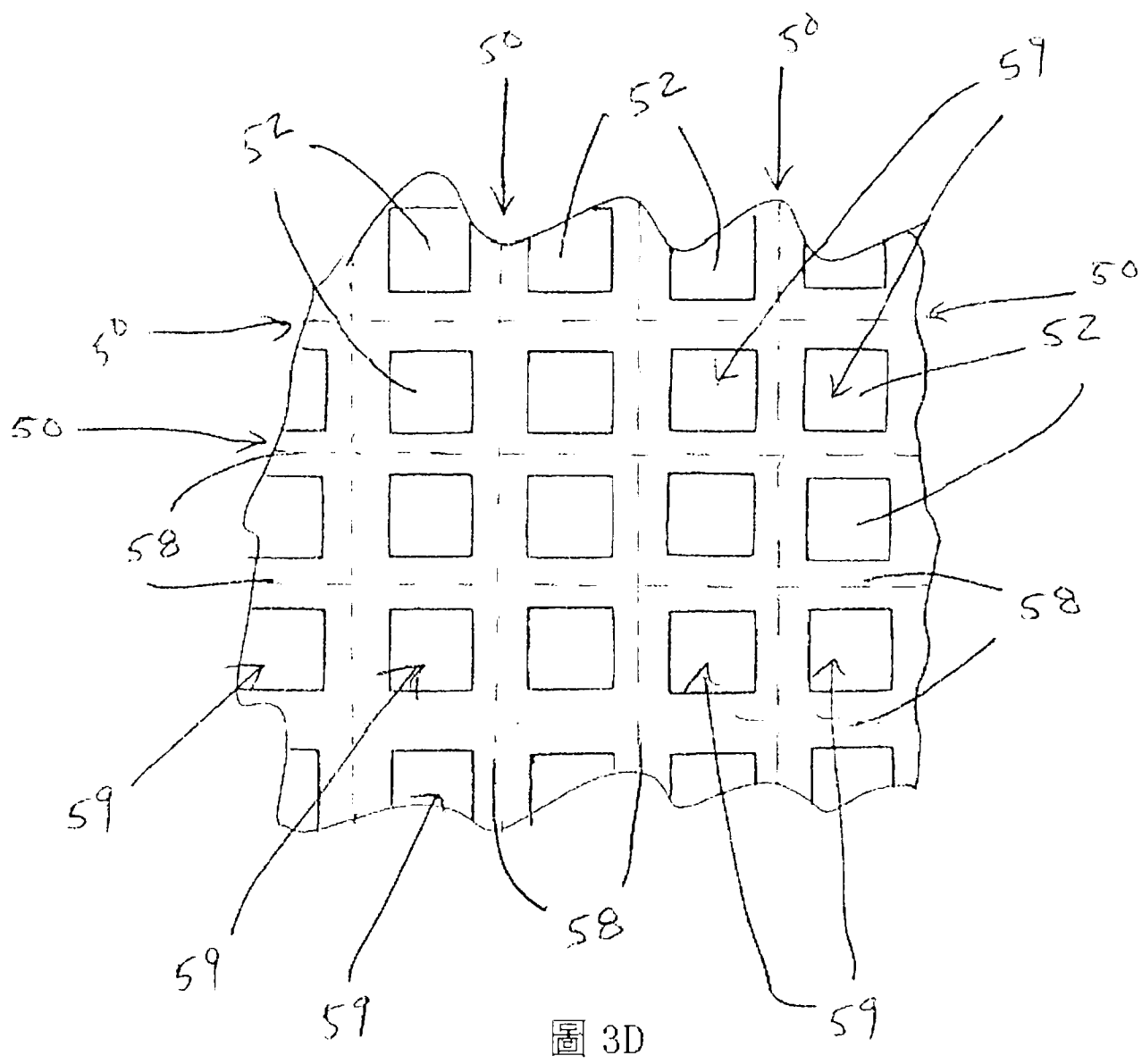
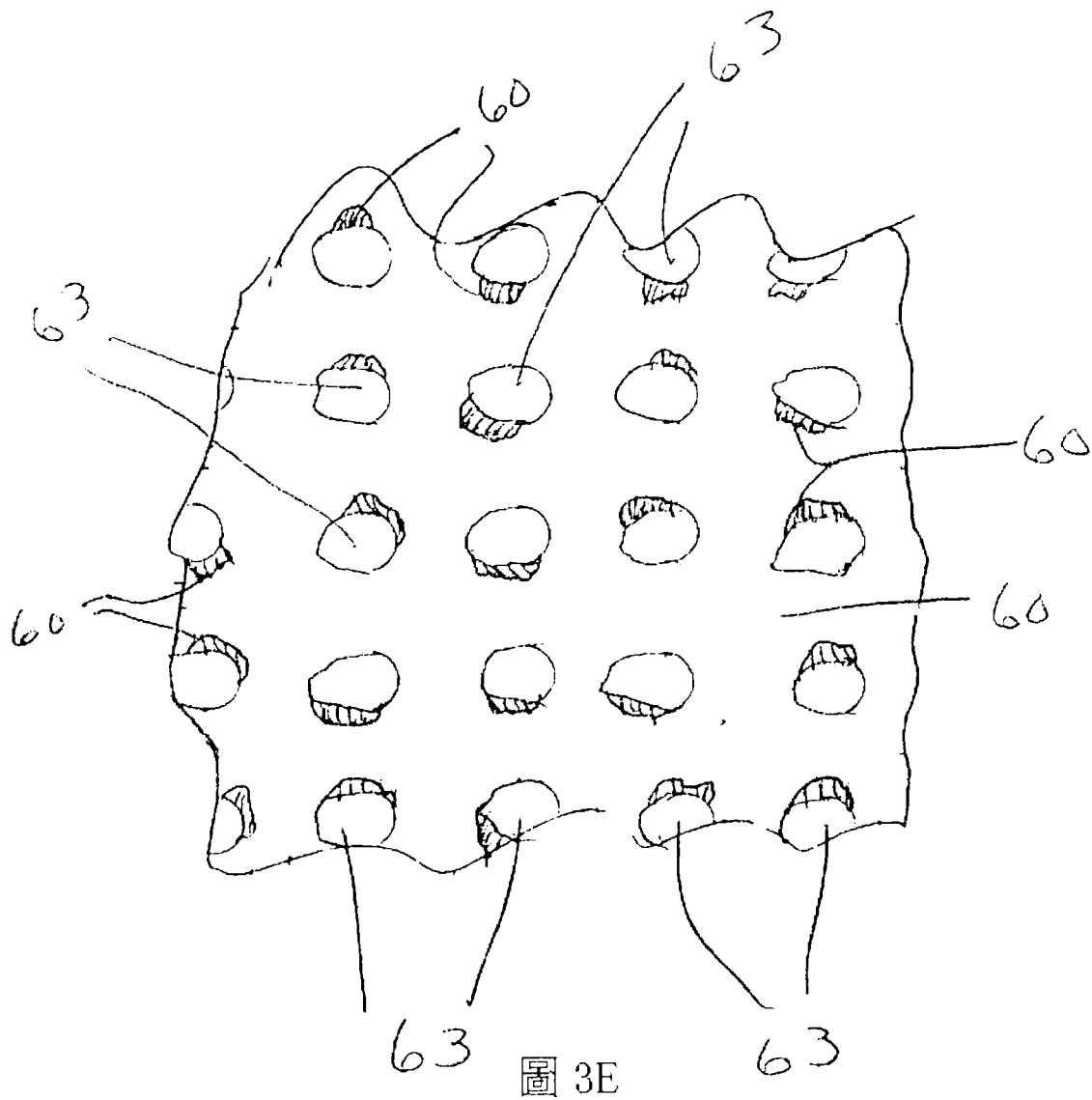
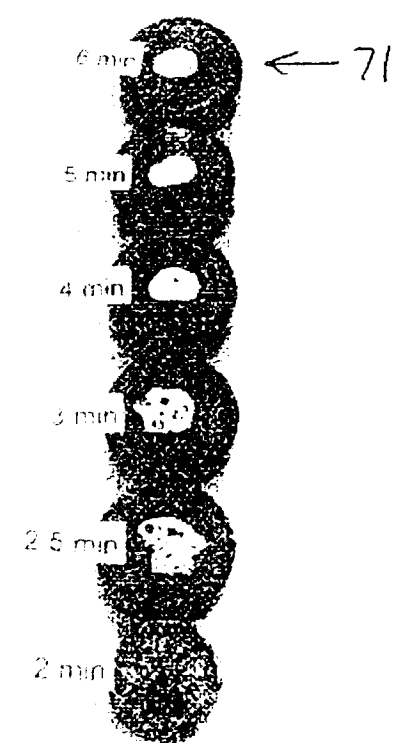
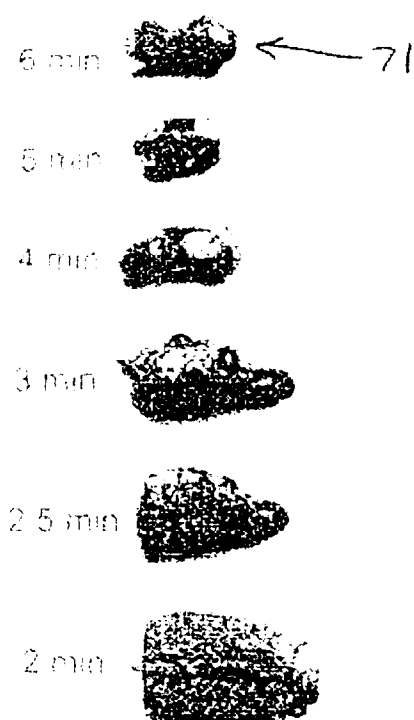
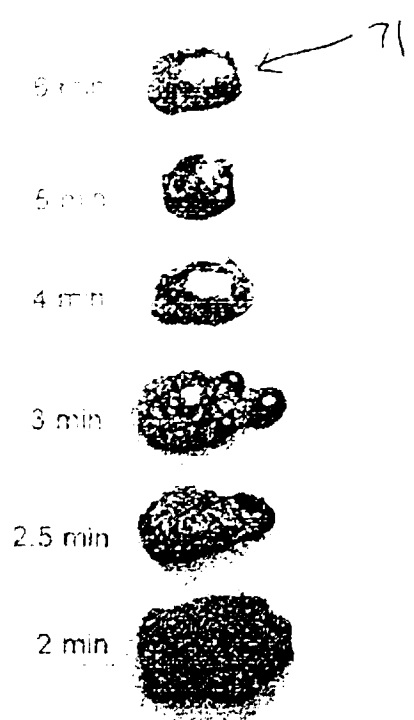
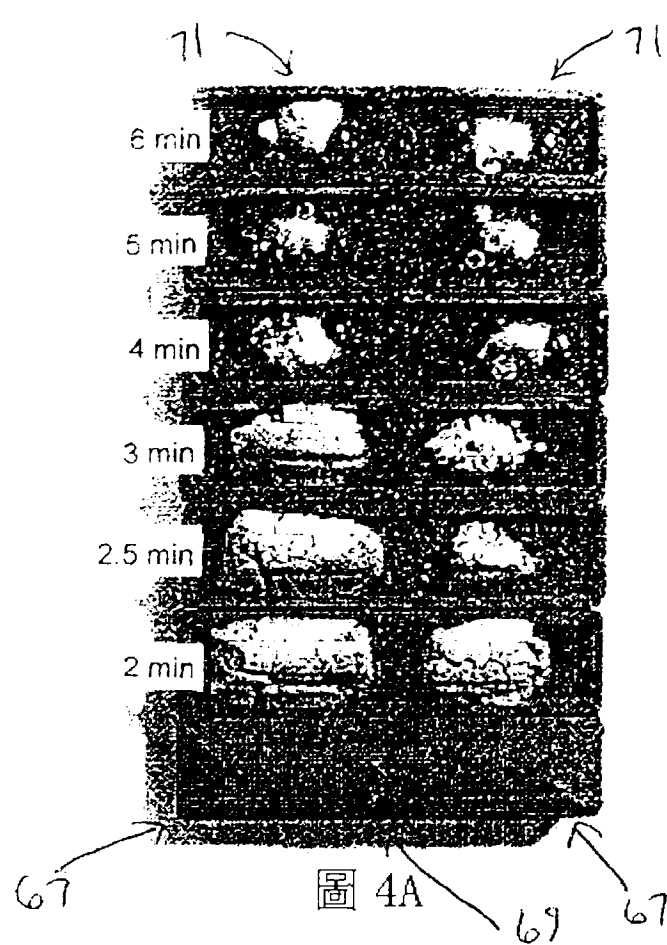
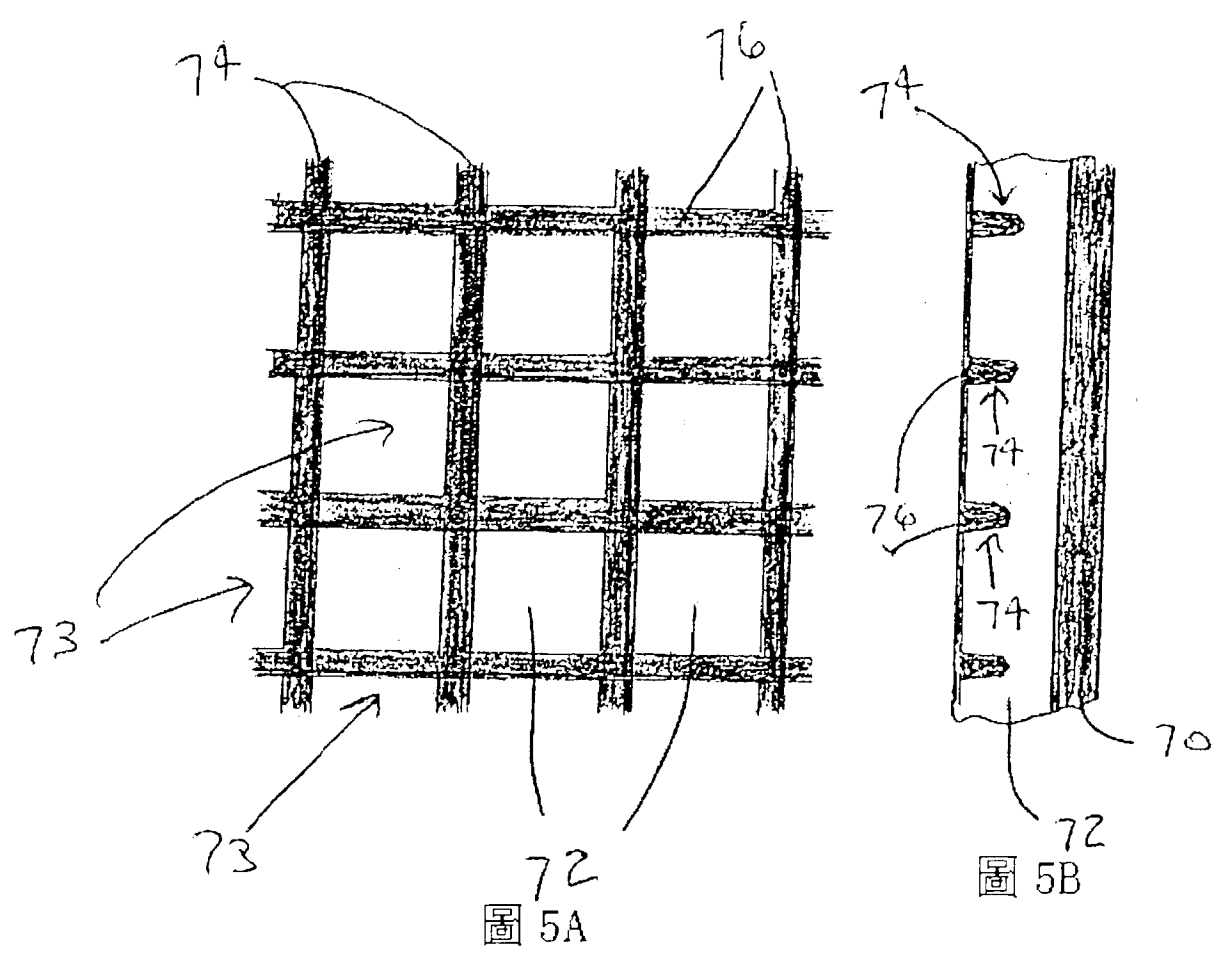


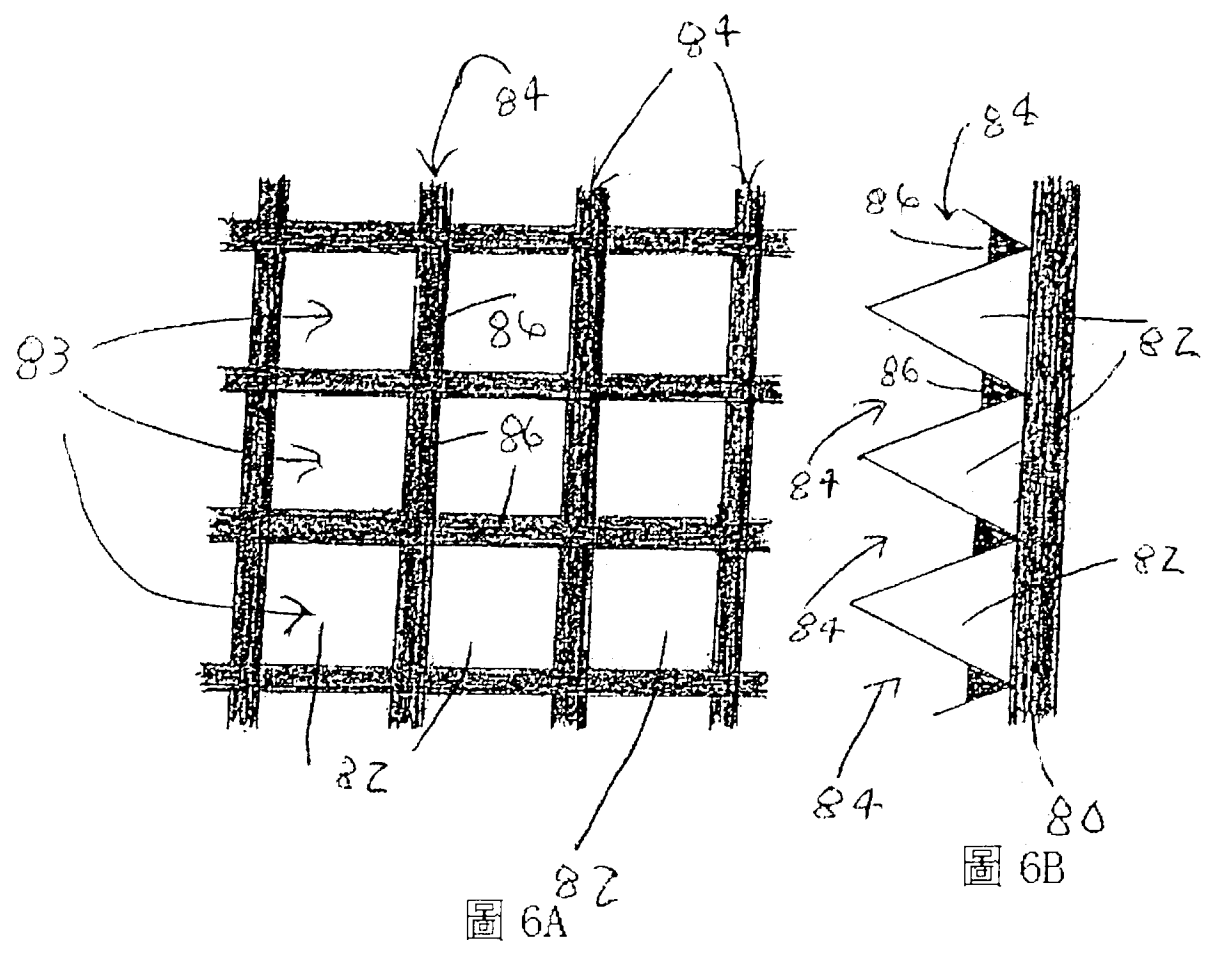
圖 3C

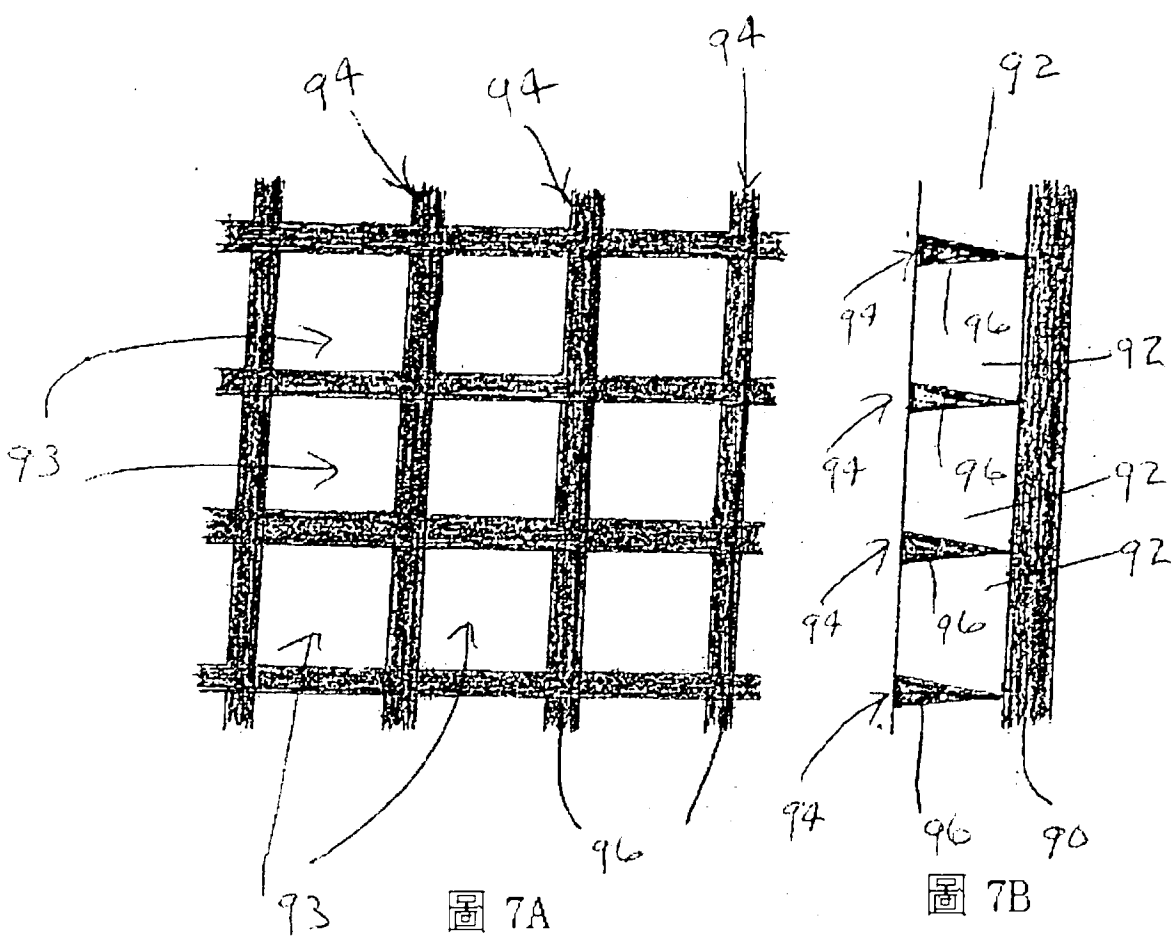












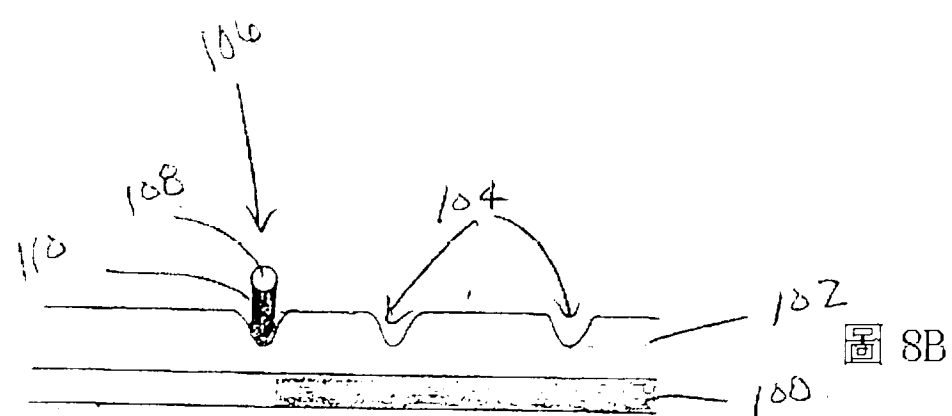


圖 8B

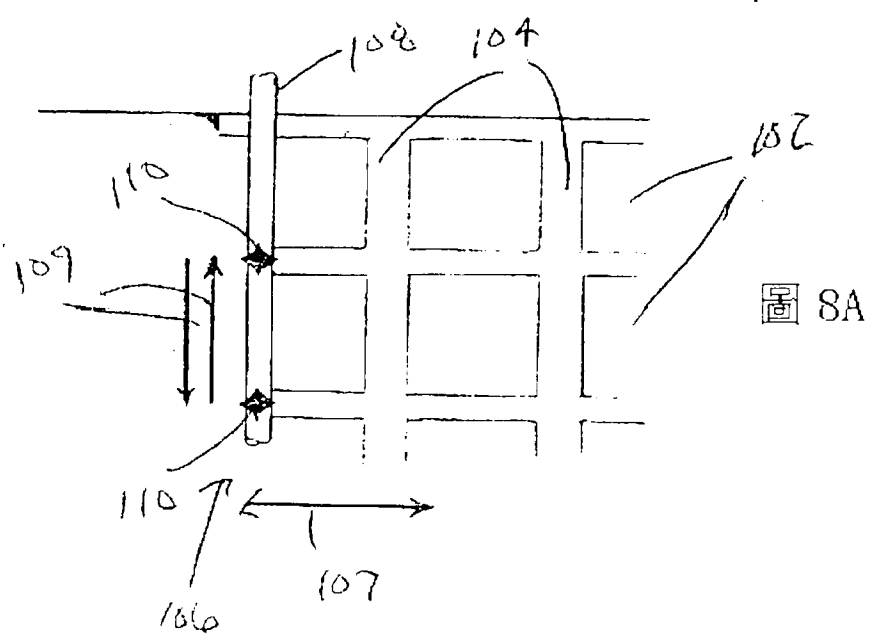


圖 8A

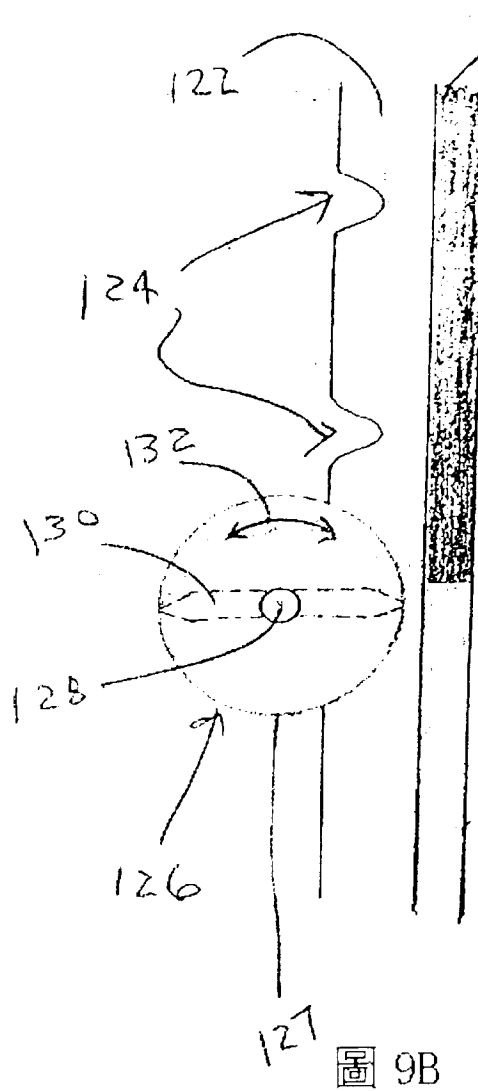


圖 9B

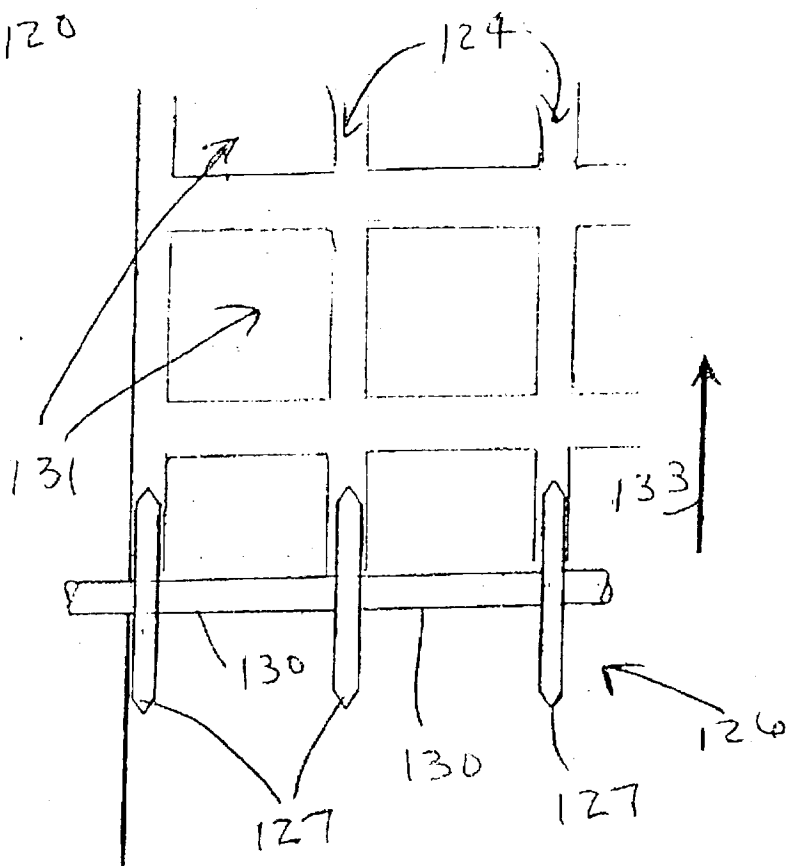
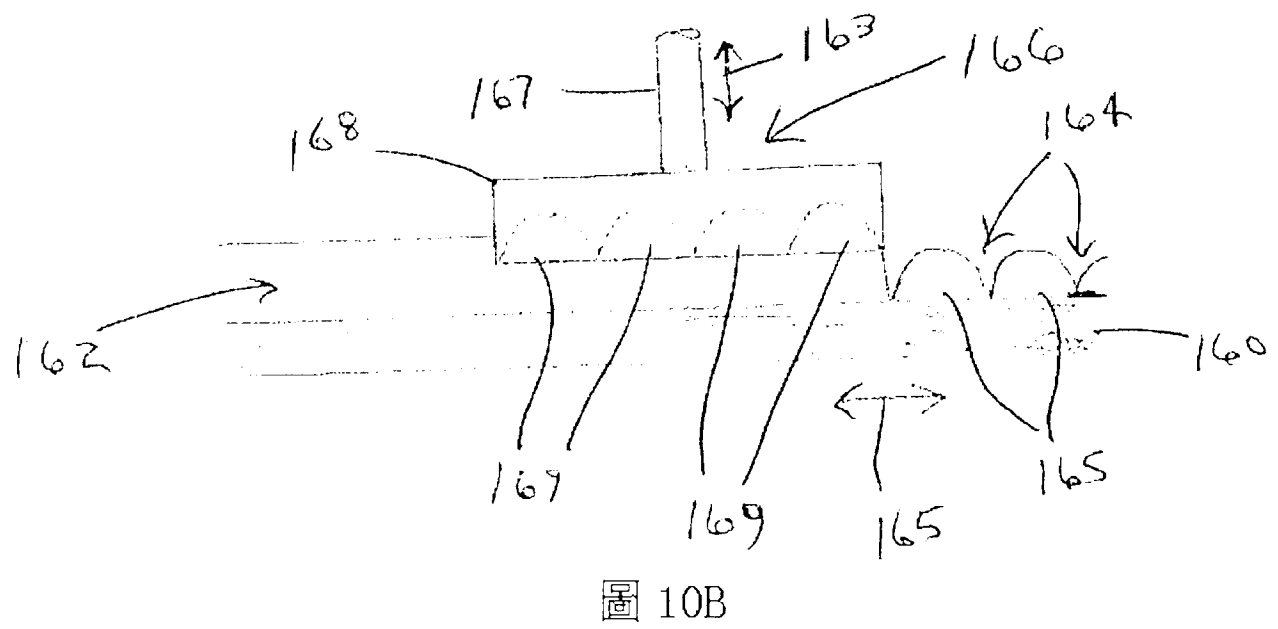
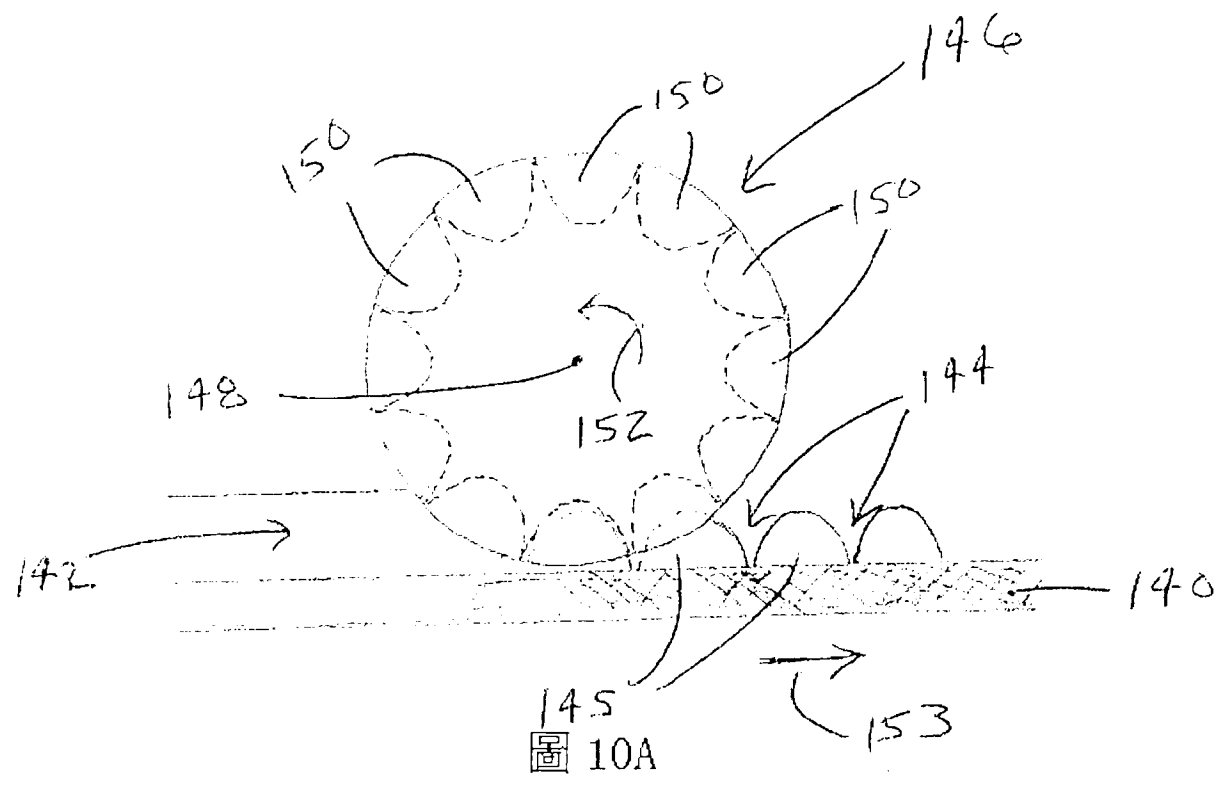
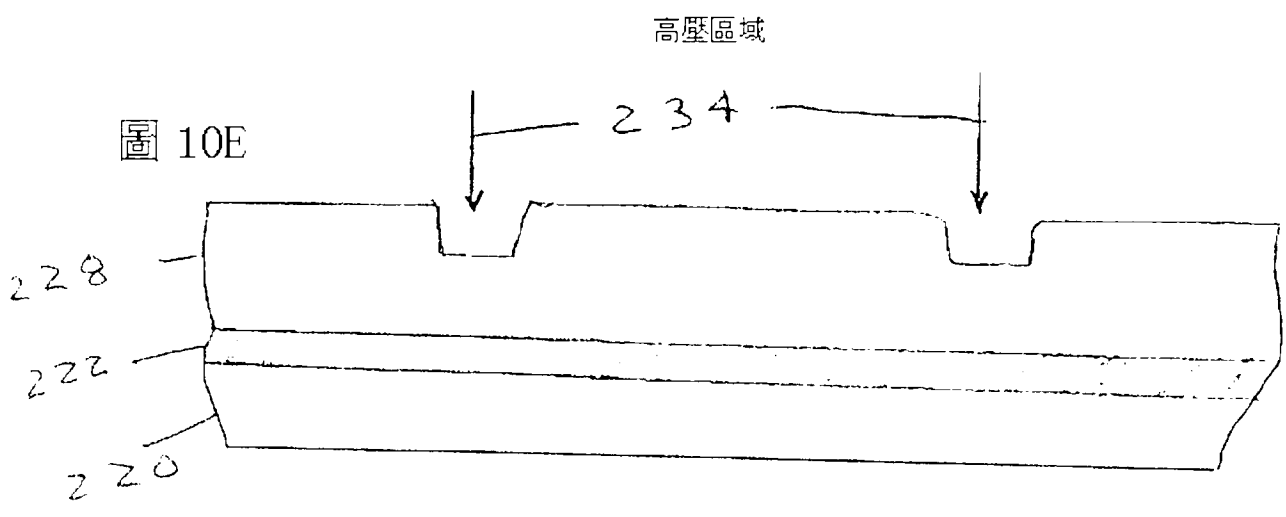
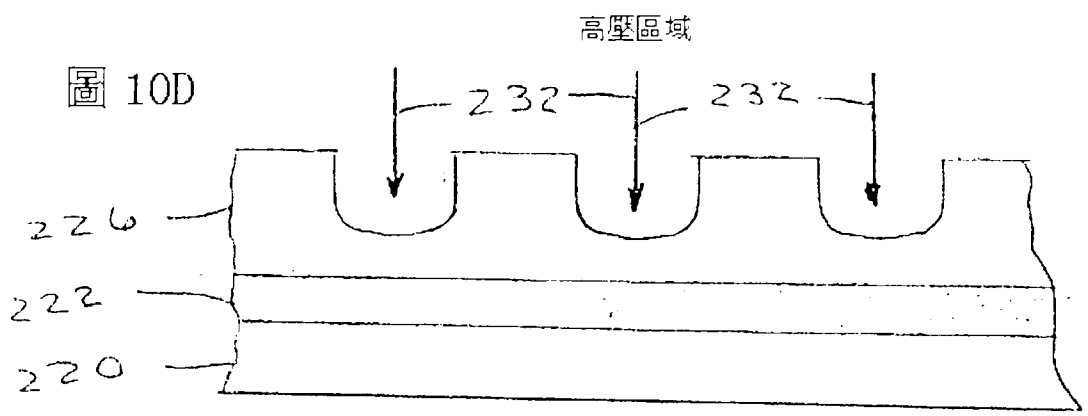
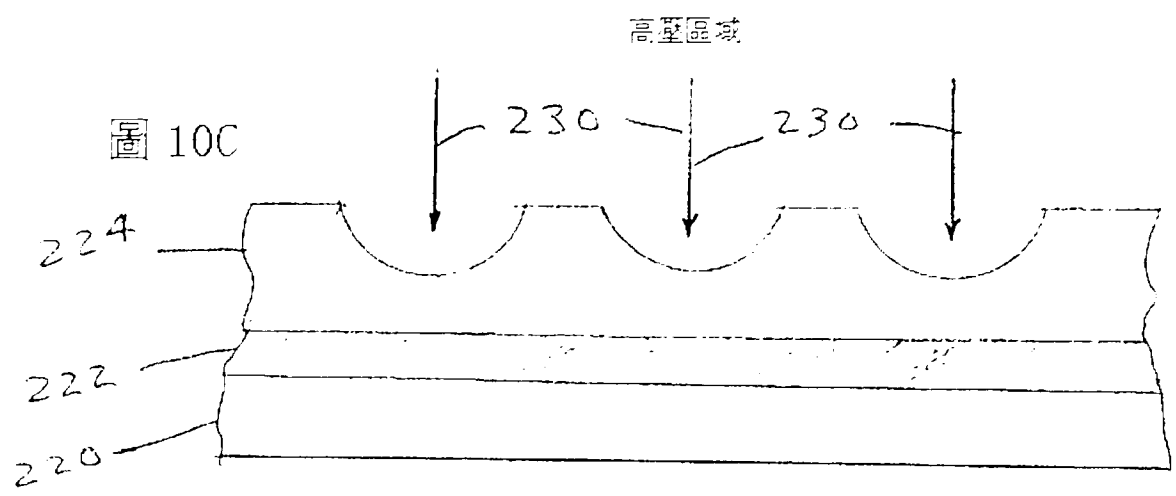


圖 9A





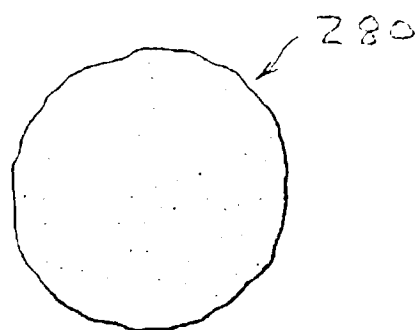


圖 11A

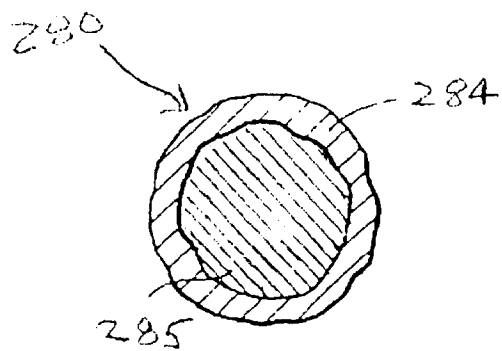


圖 11B

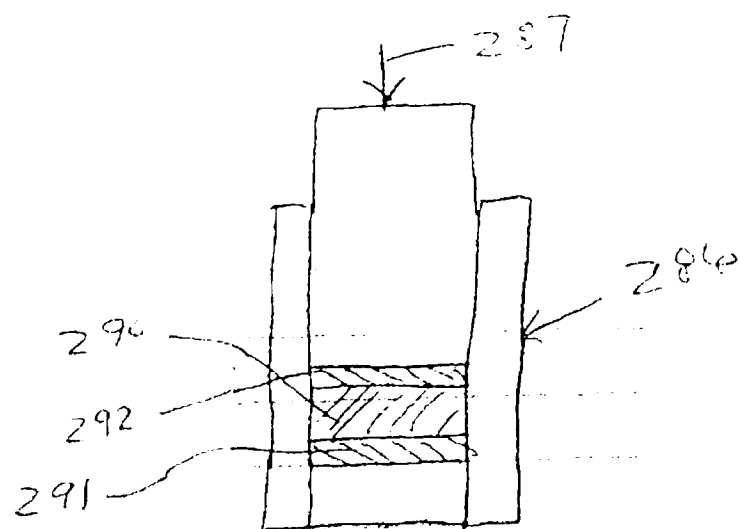


圖 11C

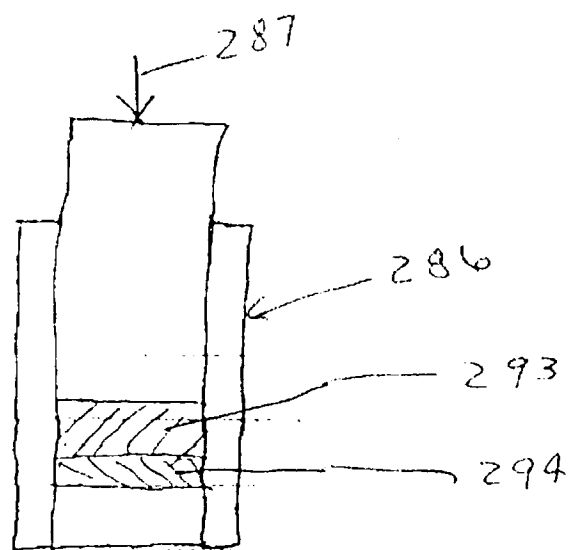


圖 11D

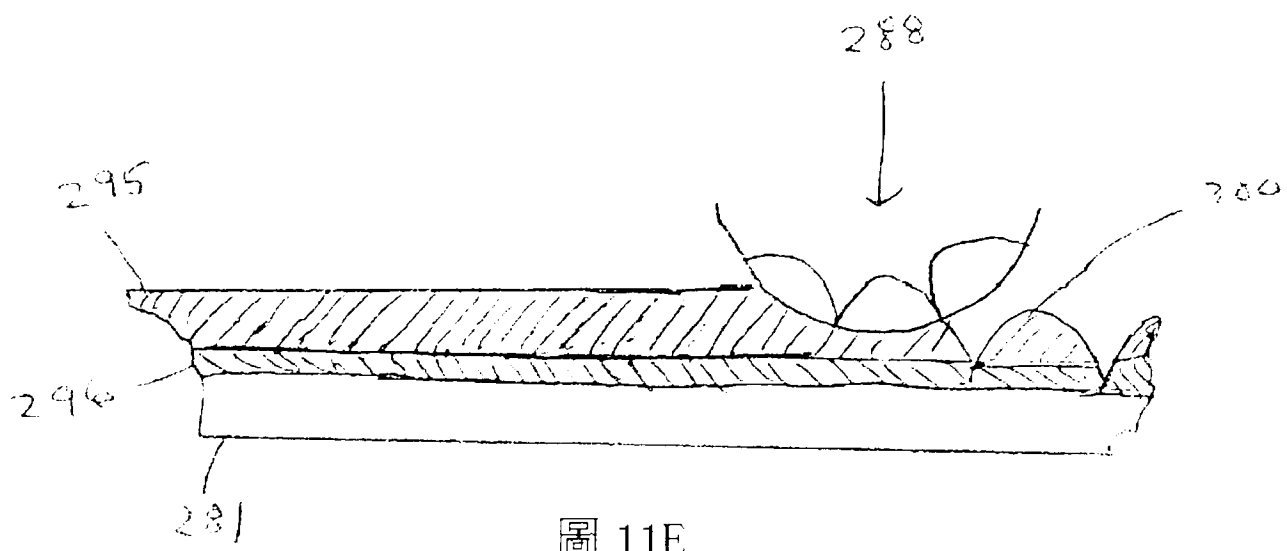


圖 11E

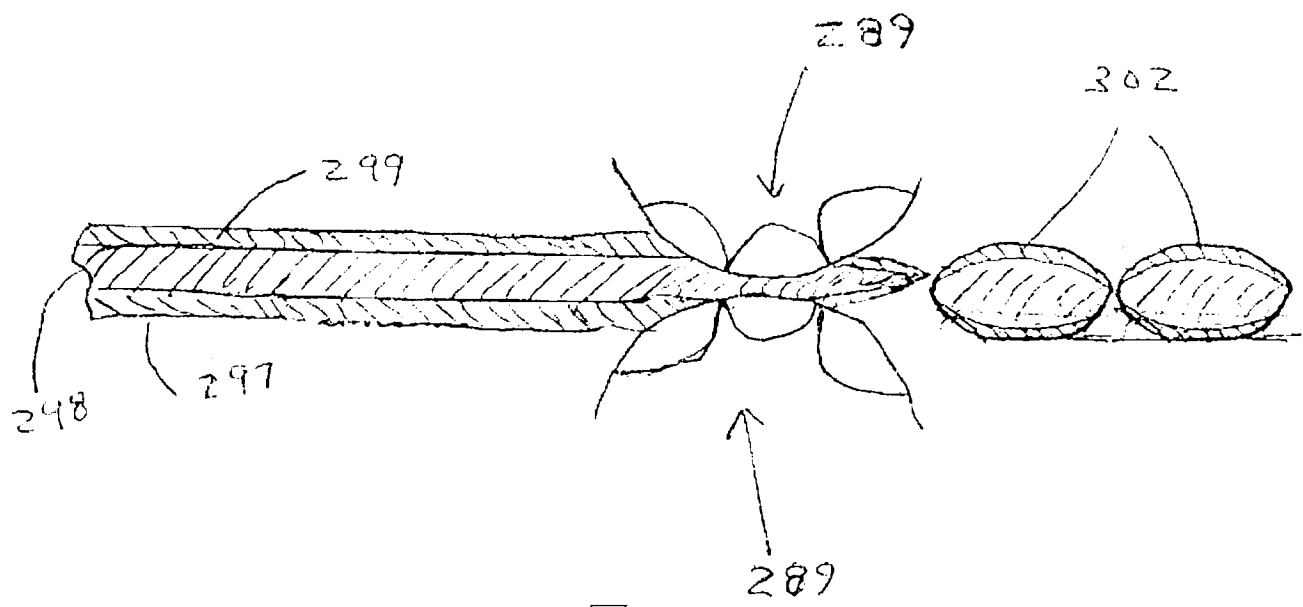


圖 11F

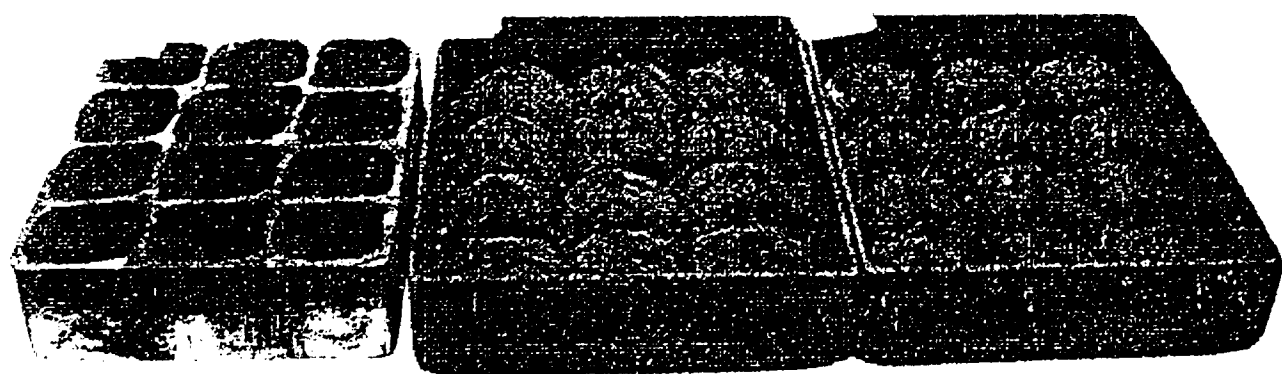


圖 12A

圖 12B

圖 12C

圖 13A

圖 13B

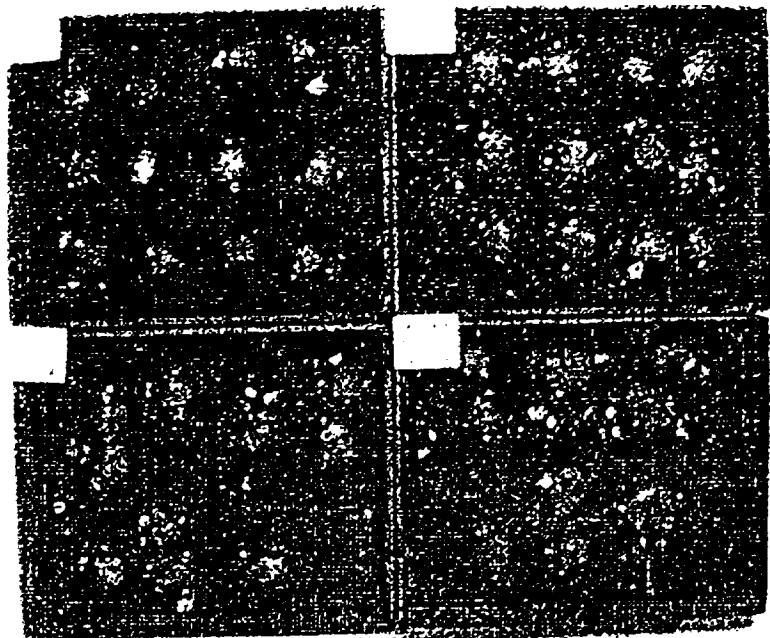


圖 13C

圖 13D

塊



微塊



-20 網目磁



爐渣

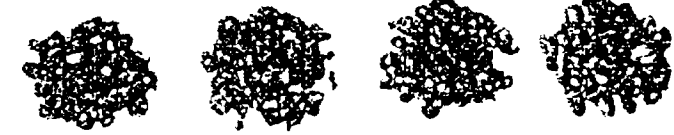
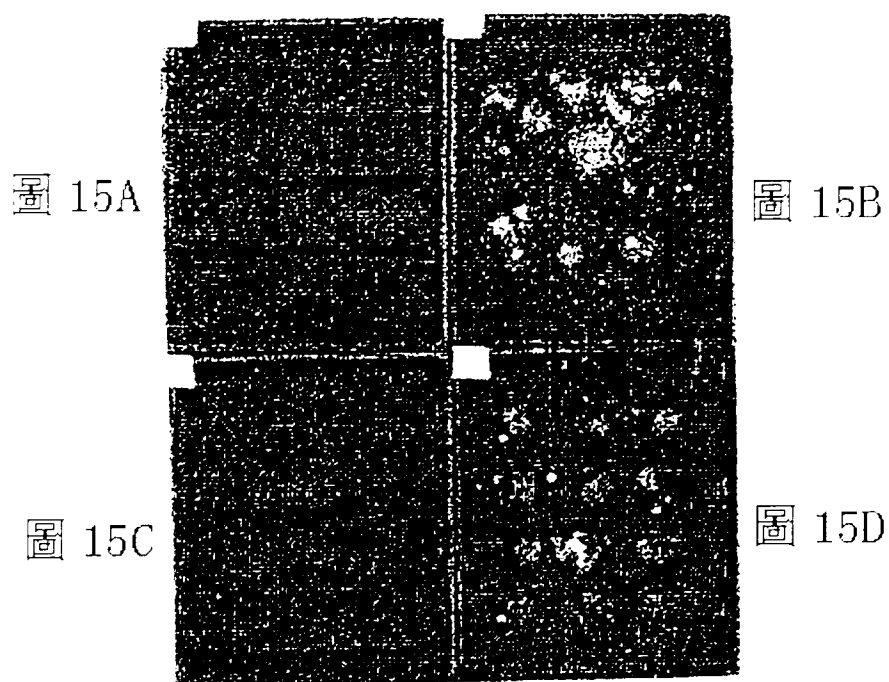


圖 14A

圖 14B

圖 14C

圖 14D



	爐膛材料	% 微塊
12 球	煤焦	0.4
36 球	煤焦	0.8
12 拉長之圓頂	煤焦	13.9
	Al_2O_3	3.7
	(50:50) 煤焦 - Al_2O_3	6.2
	以 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 塗覆 之煤焦 (6%)	3.9
	以 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 塗覆 之煤焦 (12%)	14.2

圖 16

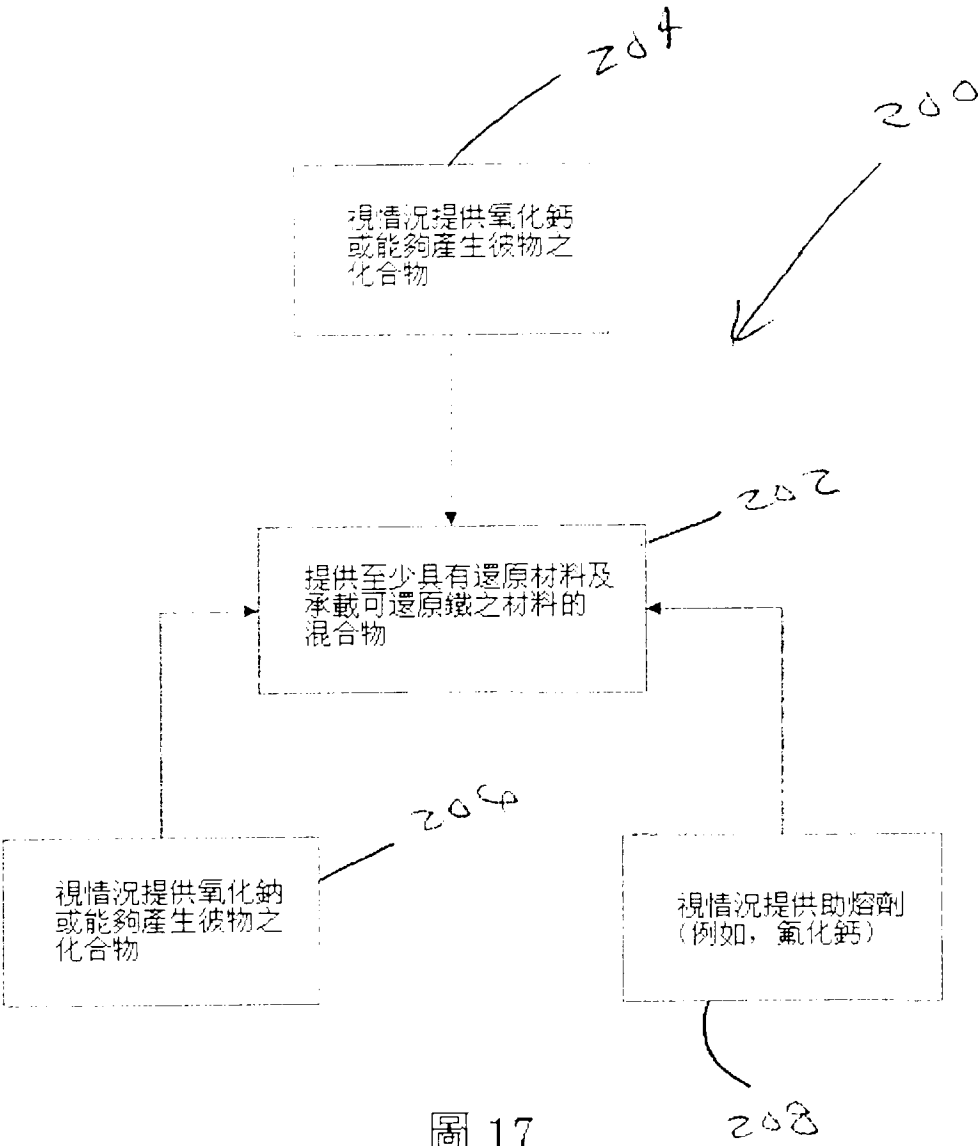


圖 17

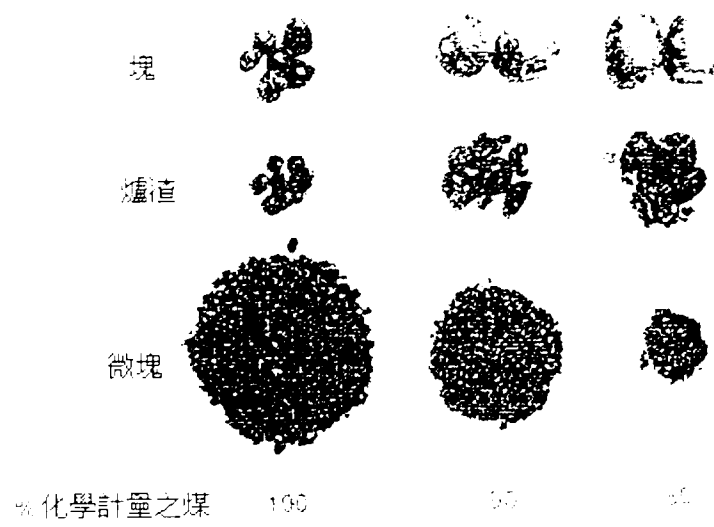


圖 18

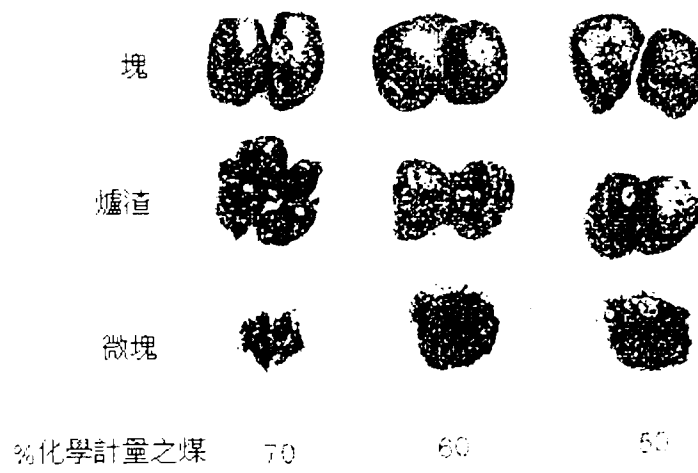
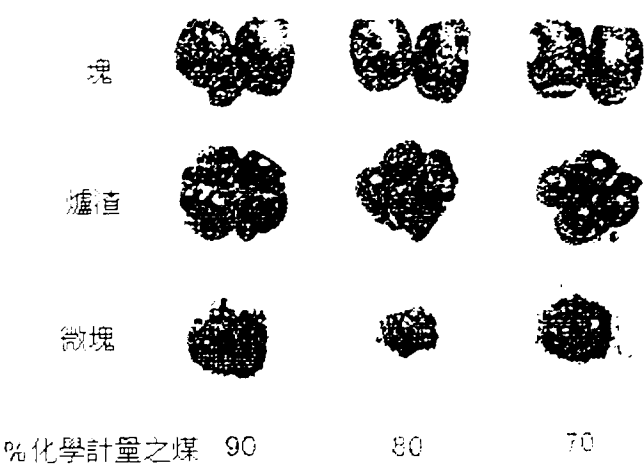
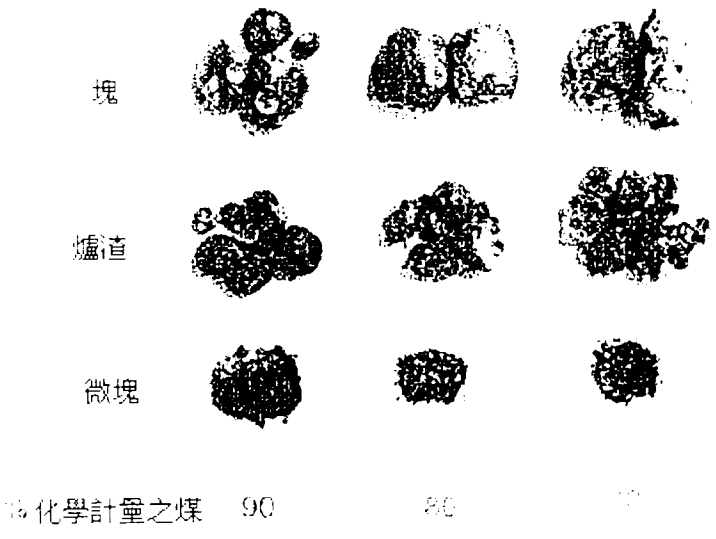


圖 19



組合物 (A)
圖 20A



組合物 (L)
圖 20B

%CaF ₂	爐渣組成	重量分佈 %			
		塊	微塊	-20 網目磁	爐渣
0	L _{0.5}	67.6 89.2*	8.2 10.8	4.6	19.6
0.25	L _{0.5} CF _{0.25}	76.5 98.1	1.5 1.9	2.5	19.5
0.5	L _{0.5} CF _{0.5}	78.1 99.4	0.5 0.6	1.5	19.9
0.75	L _{0.5} CF _{0.75}	76.6 97.9	1.7 2.1	1.2	20.5
1	L _{0.5} CF ₁	77.5 98.9	0.8 1.1	1.7	20.0
1.25	L _{0.5} CF _{1.25}	76.6 99.4	0.5 0.6	1.7	21.2
1.5	L _{0.5} CF _{1.5}	75.9 99.1	0.7 0.9	2.0	21.4
1.75	L _{0.5} CF _{1.75}	76.1 99.5	0.4 0.5	1.2	22.3
2	L _{0.5} CF ₂	74.8 98.7	1.0 1.3	1.9	22.3

* 粗體數字代表塊與微塊之相對量

圖 22

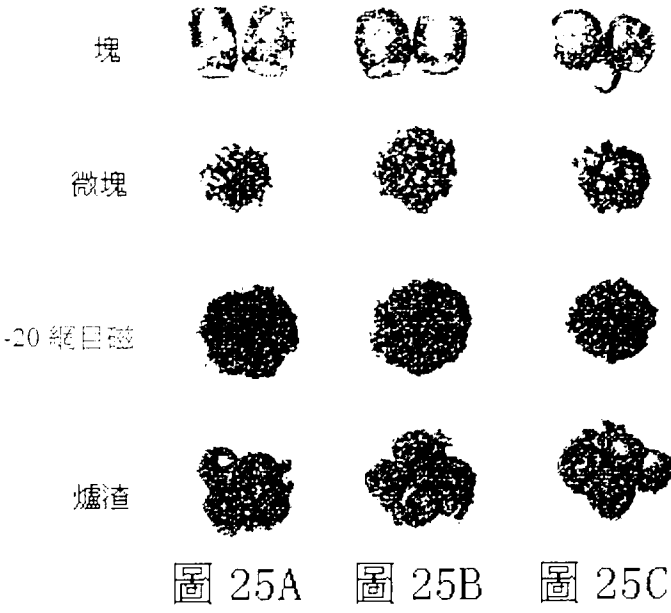
添加 CaF_2 %	溫度 °C	所產生之矽塊%				
		L	$L_{0.5}$	L_1^+	$L_{1.5}^+$	L_2^+
0	1400	8.8	5.3 , 10.8	7.4**, 21.5	22.2**	26.6**
0.5			0.6	1.4	0.6	1.7
1		0.5	1.1, 1.2	0.8 , 0.2	0.6	0.5
2			1.3	0.3	1.3	0.9
4				0.2	2.2	2.4
0	1350		17.9	26.7***	16.5***	---****
0.5				1.4	0.7**	2.2**
1		1.6	2.5 , 0.9	2.8, 1.4 , 3.9	0.6	0.4
2				1.3	1.1	1.4
4				1.6	1.8	2.6
0	1325			---	---	---
0.5				---	---	---
1				1.2**, 5.5 , 6.0	0.0*	8.7**
2				0.4**	0.7*	9.5*
4				1.4**	3.1**	2.2**

- + 使用氟石替代 CaF_2
 * 幾乎熔融
 ** 沒有完全熔融
 *** 部分熔融
 **** 經還原但未聚結

圖 23

添加氟石 %	爐渣 組成	L ₁		L _{1.5}		L ₂	
		%C	%S	%C	%S	%C	%S
0	L _m	2.84	0.072	2.26	0.058	2.13	0.050
0.5	L _m FS _{0.5}	3.27	0.060	3.06	0.055	2.60	0.048
1	L _m FS ₁	3.36	0.058	3.63	0.041	3.25	0.038
2	L _m FS ₂	3.67	0.043	3.86	0.021	3.73	0.015
4	L _m FS ₄	3.77	0.030	4.22	0.013	4.12	0.009

圖 24



添加 Na_2CO_3 %	鹽渣組成	鹽塊中之 S%				
		L	$L_{0.5}$	L_1^{**}	$L_{1.5}^{**}$	L_2^{**}
0*	L_m	0.084	0.081	0.072	0.058	0.050
2*	$L_m\text{SC}_2$	---	0.031	---	---	---
0	$L_m\text{CF}_1$	0.083	0.074	0.064	0.041	0.038
0.25	$L_m\text{CF}_1\text{SC}_{0.25}$	0.069	0.053	0.045	---	---
0.5	$L_m\text{CF}_1\text{SC}_{0.5}$	0.058	0.050	0.038	0.028	0.032
1	$L_m\text{CF}_1\text{SC}_1$	0.043	0.043	0.030	0.029	0.029
2	$L_m\text{CF}_1\text{SC}_2$	0.043	0.024	0.020	0.021	0.018

* 不添加 CaF_2

** 使用氟石替代化學品 CaF_2

m 對組成 L 所添加之石灰%

圖 26

温度 °C	%C	%S
1400	3.25	0.029
1350	2.89	0.022
1325*	2.28	0.013

* 幾乎熔融

圖 27

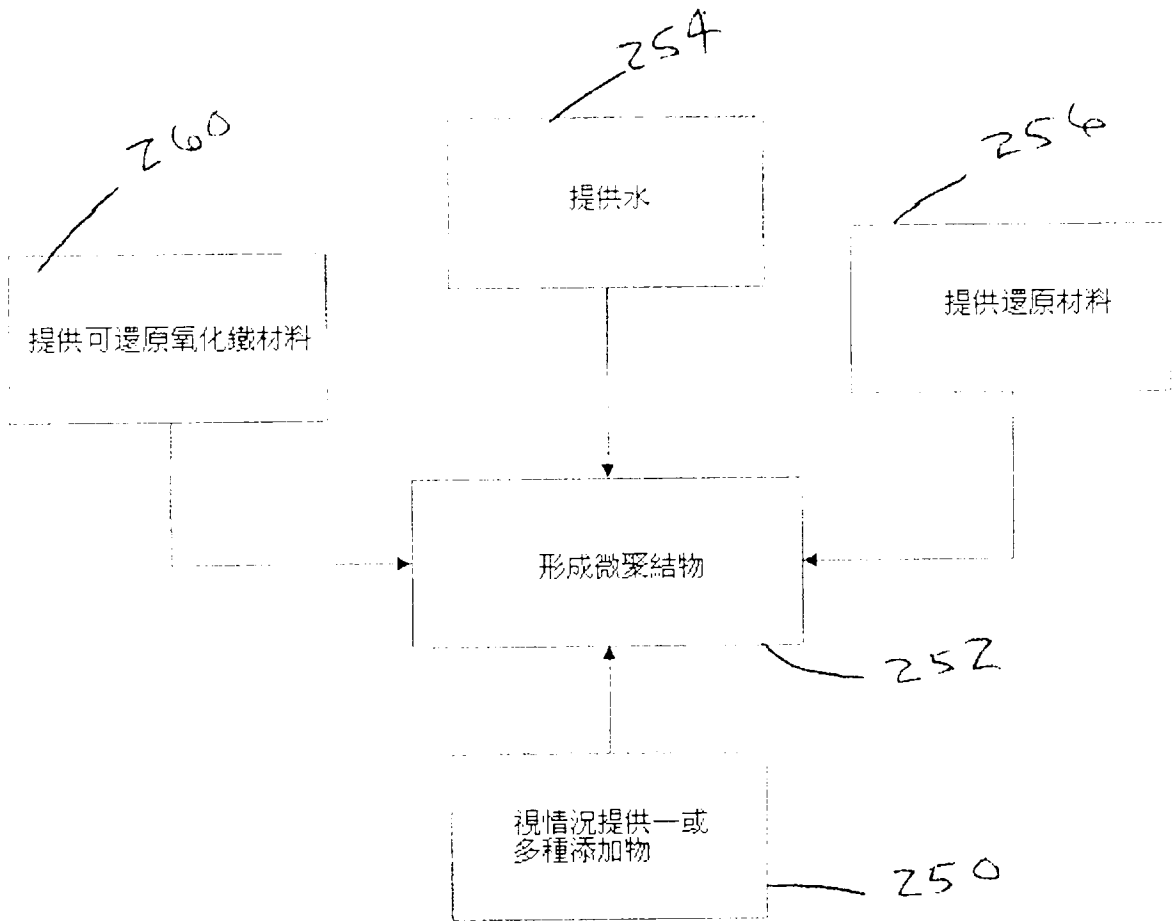


圖 28

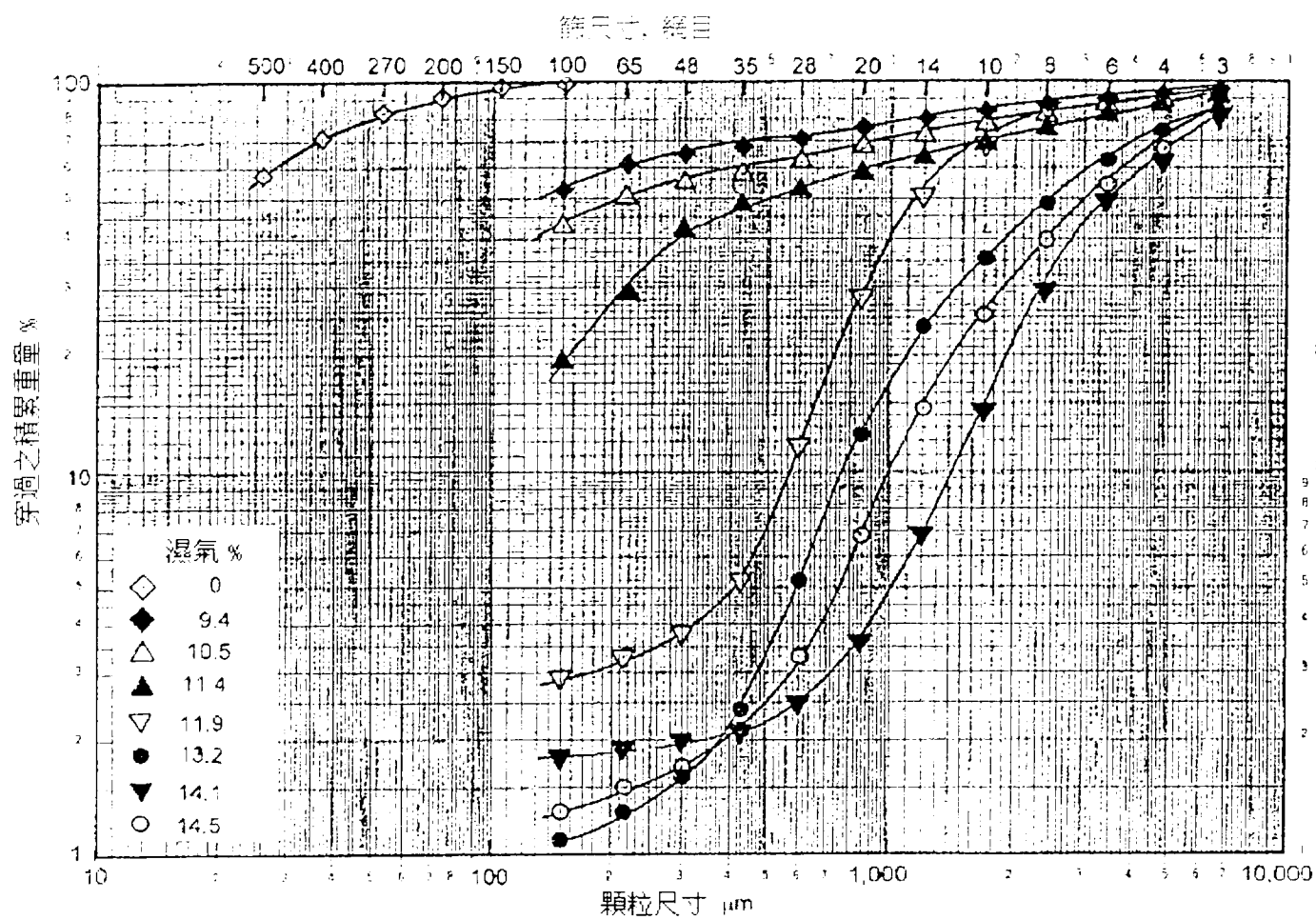
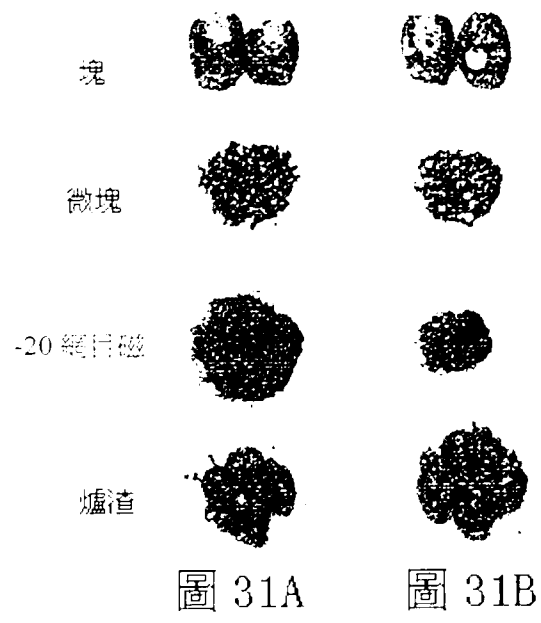


圖 29

速率 m/s	直徑 mm										
	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.75	1	1.5	2	2.5
0.05	9.75	12.88	16.60	19.00	20.79	22.23	24.91	26.86	29.69	31.73	33.34
0.1	8.24	10.95	14.21	16.34	17.94	19.22	21.63	23.39	25.93	27.78	29.23
0.2	6.70	8.96	11.72	13.55	14.93	16.04	18.15	19.69	21.93	23.56	24.85
0.3	5.11	6.90	9.11	10.60	11.74	12.66	14.41	15.72	17.61	19.00	20.09
0.4	3.48	4.74	6.34	7.44	8.29	8.99	10.33	11.34	12.83	13.93	14.79
0.5	1.78	2.46	3.35	3.98	4.48	4.90	5.72	6.36	7.31	8.02	8.59
0.75	0.91	1.26	1.74	2.09	2.37	2.61	3.09	3.46	4.05	4.49	4.86
1	0.73	1.01	1.40	1.69	1.92	2.12	2.52	2.83	3.33	3.71	4.02
1.5	0.55	0.77	1.06	1.28	1.46	1.62	1.93	2.18	2.57	2.88	3.13
2	0.37	0.51	0.72	0.87	0.99	1.10	1.32	1.50	1.78	2.00	2.19
2.5	0.28	0.39	0.54	0.66	0.75	0.83	1.01	1.14	1.36	1.54	1.69
3	0.18	0.26	0.36	0.44	0.51	0.56	0.68	0.78	0.93	1.06	1.17
3.5	0.09	0.13	0.18	0.22	0.26	0.29	0.35	0.40	0.48	0.55	0.61
4	0.05	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07

圖 30



	分析基礎	揮發性物質	固定之碳	灰分	硫	濕氣 %	Btu/lb
無煙煤 *	如所接受 乾燥基礎	4.72 4.77	83.66 84.60	10.51 10.63	0.55 0.56	1.11 ---	12,832 12,976
低揮發性煙煤 I*	如所接受 乾燥基礎	17.49 17.81	73.73 75.05	7.01 7.14	0.72 0.73	1.77 ---	14,191 14,447
低揮發性煙煤 II*	如所接受 乾燥基礎	18.56 19.34	75.39 77.14	6.07 6.21	1.03 1.06	2.27 ---	14,309 14,642
低揮發性煙煤 III*	如所接受 乾燥基礎	17.76 19.06	70.63 75.78	4.81 5.16	0.72 0.77	6.80 ---	13,980 15,000
低揮發性煙煤 IV*	如所接受 乾燥基礎	18.56 19.34	71.84 74.90	5.53 5.76	0.85 0.89	4.07 ---	14,089 14,686
中等揮發性煙煤 I*	如所接受 乾燥基礎	22.24 22.62	66.10 67.24	9.97 10.14	0.42 0.42	1.69 ---	13,546 13,779
中等揮發性煙煤 II*	如所接受 乾燥基礎	21.55 21.83	72.20 73.12	4.98 5.05	0.64 0.64	1.27 ---	14,817 15,008
中等揮發性煙煤 III*	如所接受 乾燥基礎	21.64 21.81	67.67 68.21	9.90 9.98	0.40 0.40	0.79 ---	13,816 13,925

圖 32A

	分析基礎	揮發性物質	固定之碳	灰分	硫	濕氣 %	Btu/lb
中等揮發性煙煤 IV*	如所接受	22.81	67.40	9.37	0.47	0.42	13,960
	乾燥基礎	22.90	67.69	9.41	0.47	---	14,019
高揮發性煙煤 I*	如所接受	31.52	60.98	5.52	0.93	1.98	14,309
	乾燥基礎	32.16	62.20	5.64	0.95	---	14,598
高揮發性煙煤 II*	如所接受	35.43	51.21	7.09	1.72	6.27	12,962
	乾燥基礎	37.80	54.64	7.56	1.83	---	13,829/
亞煙煤 *	如所接受	39.99	41.71	5.20	0.47	13.10	10,742
	乾燥基礎	46.02	47.99	5.99	0.54	---	12,361
煤焦 *	如所接受	1.38	89.48	8.96	0.47	0.18	12,905
	乾燥基礎	1.38	89.64	8.98	0.47	---	12,929
石墨	如所接受	0.87	98.90	0.11	0.01	0.12	14,047
	乾燥基礎	0.87	99.02	0.11	0.01	---	14,063
亞煙煤木炭 I*	如所接受	10.26	66.13	22.10	0.13	1.51	10,619
	乾燥基礎	10.41	67.15	22.44	0.13	---	10,782
亞煙煤木炭 II	如所接受	1.43	73.94	24.19	0.17	0.44	11,200
	乾燥基礎	1.44	74.26	24.30	0.17	---	11,249

圖 32B

	分析基礎	揮發性物質	固定之碳	灰分	硫	濕氣 %	Btu/lb
亞煙煤木炭 III•	如所接受 乾燥基礎	10.10 10.59	77.87 81.67	7.38 7.74	0.12 0.13	4.65 —	13,142 13,782
亞煙煤木炭 IV	如所接受 乾燥基礎	9.04 9.27	79.87 81.98	8.60 8.82	0.29 0.30	2.49 ---	12,614 12,937

圖 32C

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃
無煙煤	51.99	30.64	2.06	1.36	9.21
低揮發性煙煤 I	47.29	25.34	6.69	1.49	11.09
低揮發性煙煤 II	49.69	25.25	5.98	1.04	11.84
低揮發性煙煤 III	34.50	22.79	11.70	2.11	16.95
低揮發性煙煤 IV	50.39	33.59	2.44	1.05	8.69
中等揮發性煙煤 I	55.30	30.91	3.97	0.52	5.18
中等揮發性煙煤 II	47.56	32.38	4.76	1.55	7.25
中等揮發性煙煤 III	58.34	26.99	2.15	0.43	7.89
中等揮發性煙煤 IV	57.44	27.65	1.97	0.54	6.80
高揮發性煙煤 I	53.91	30.11	2.77	1.20	8.72
高揮發性煙煤 II	48.41	22.58	3.90	1.06	19.91
亞煙煤	37.61	13.64	14.36	3.77	
亞煙煤木炭 I	35.46	11.70	32.04	11.93	5.06
亞煙煤木炭 III	15.76	19.70	36.17	6.99	6.87

圖 32D

	Fe	FeO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO
磁選精礦 I	67.2		5.74	0.18	0.31	0.45
磁選精礦 II	67.6		5.28	0.10	0.41	0.28
磁選精礦 III	67.8		5.24	0.085	0.24	0.29
浮選精礦 I	69.4		3.31	0.38	0.17	0.19
浮選精礦 II	70.3		2.13	0.077	0.10	0.19
浮選精礦 III	68.8		3.63	0.19	0.48	0.28
顆粒工廠廢料	62.6	2.16	6.58	0.63	3.20	1.15
顆粒過篩細粉	63.1		4.72	0.25	3.52	1.15

圖 33

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Fe	S	LOI
Al(OH) ₃ I	---	29.94	---	---	---	---	---
Al(OH) ₃ II	---	55.90	---	---	---	---	---
礬土	2.53	57.35	0.09	0.04	7.2	---	---
斑脫土	63.46	25.70	4.53	1.40	2.26	---	---
Ca(OH) ₂	---	---	75.7	---	---	---	---
水合石灰	0.71	0.65	76.67	1.12	---	---	30.84
石灰石	0.70	0.27	47.90	0.95	0.10	---	43.99
燃燒之白雲石	0.60	0.24	49.57	35.76	0.20	---	---
波特蘭水泥	19.61	4.63	66.65	3.32	1.77	0.90	---

圖 34

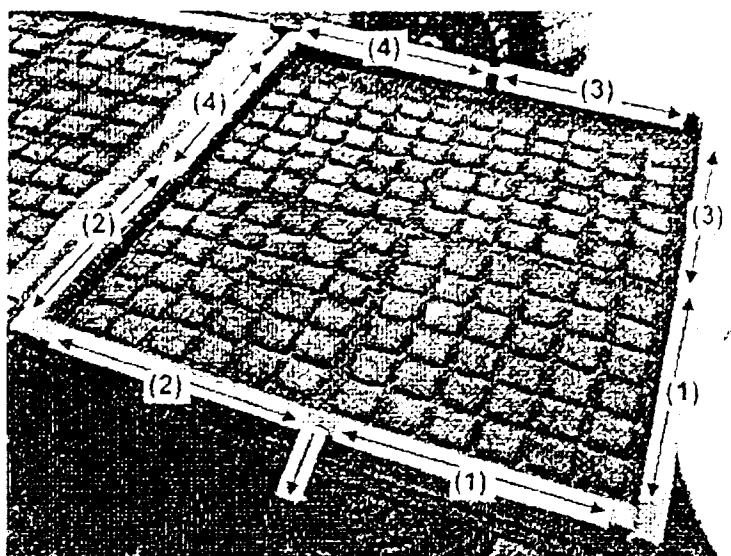


圖 35A

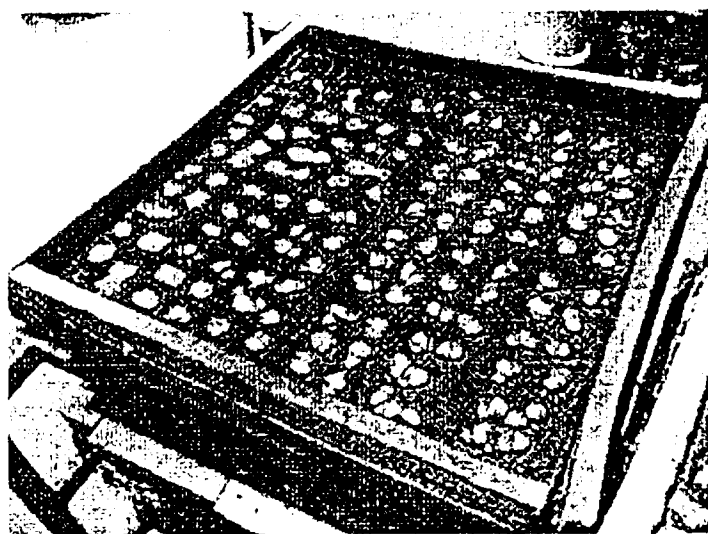


圖 35B

	時間 分鐘	%O ₂	%CO ₂	%CO
加熱期間，無托板				
區 1 (1750°F (954°C)) ⁽¹⁾		0.4 ⁽³⁾	10.8	0.5
		1.1 ⁽⁴⁾	---	0.8
區 2 (2100°F (1149°C))		2.5	10.0	0.0
		2.5	---	0.0
區 3 (2600°F (1427°C))		0.4	10.7	0.5
		0.9	---	0.7
-10 網目煤焦爐膛層(4 個具有 煤焦渣之托板，第三與第四 托板位於各區中央)				
區 1 (1750°F (954°C)) ⁽¹⁾		0.4	10.1	1.1
		0.4	---	2.2
區 2 (2100°F (1149°C))		0.4	10.3	2.1
		0.5	---	3.8
區 3 (2600°F (1427°C))	0 ⁽²⁾	0.0	---	3.8
	5	0.4	10.6	3.1
	7	1.6	---	3.7
	11	0.4	10.1	3.5
	18	1.8	---	4.1
	20	0.5	9.8	4.0

(1) 溫度設定在 1000° F (538°C)。在低於化學計量之空氣中操作燃燒器。

(2) 溫度達到 2600° F 時開始計時。

(3) 細體字使用 AGA 5000 氣體分析器 (紅外傳感器)。

(4) 粗體字使用 Testo 350 氣體分析器 (電化傳感器)。

圖 36

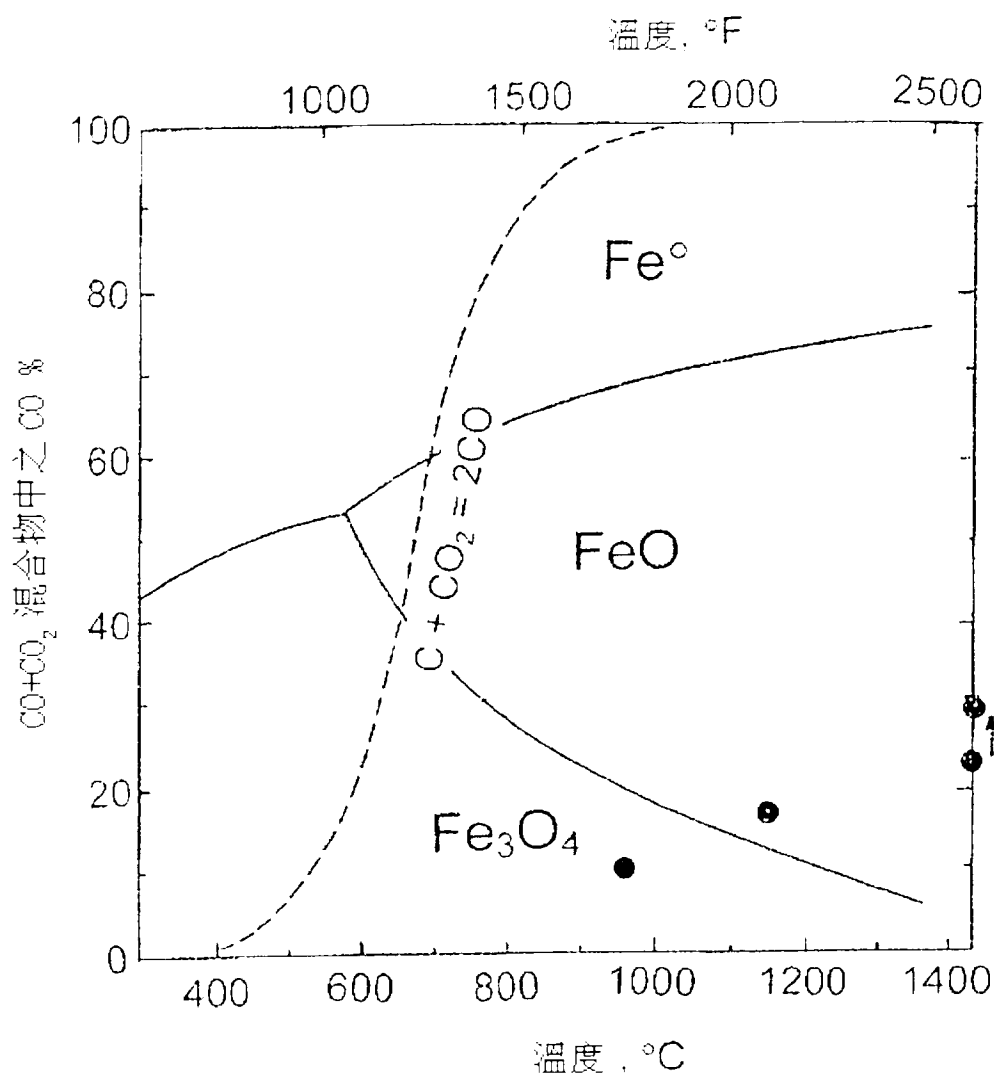


圖 37

	LHF 14	LHF 15	LHF 17
(a) 塊分析 , %			
C	2.92	2.70	3.15
S	0.203	0.266	0.152
(b) 爐渣分析			
CaO/SiO ₂	1.48	1.53	1.71
$\frac{\text{CaO}+\text{MgO}}{\text{SiO}_2+\text{Al}_2\text{O}_3}$	1.35	1.38	1.53
(S)/[S]	0.64	0.64	1.40
(c) 爐渣分析 , %			
Fe _T	6.3	6.7	6.0
FeO	6.70	7.18	6.31
SiO ₂	35.01	34.03	32.24
Al ₂ O ₃	5.11	5.24	5.18
CaO	51.90	52.18	55.27
MgO	2.36	2.01	1.89
S	0.129	0.169	0.213

圖 38

爐渣組成 (英 化學計量%)	塊		爐渣		
	%C	%S	%Fe	%FeO	%S
LHF 14 (2600°F)					
L _{1.5} FS ₁ (115%)	2.92	0.203	6.3	6.70	0.129
LHF 15 (2600°F)					
L _{1.5} FS ₁ (115%)	2.70	0.266	6.7	7.18	0.169
LHF 17 (2600°F)					
L _{1.5} FS ₂ (115%)	3.15	0.152	6.0	6.31	0.213
LHF 21 (2625°F)					
L _{1.5} FS _{1.5} (115%)	2.98	0.213	6.5	6.66	0.17
L _{1.5} FS _{1.5} (120%)	3.06	0.215	6.3	6.41	0.17
L _{1.5} FS ₂ (115%)	3.63	0.114	3.2	2.75	0.28
L _{1.5} FS ₂ (120%)	3.24	0.195	4.1	3.83	0.31
LHF 22 (2625°F)					
L _{1.5} FS ₁ SC ₁ (120%)	3.05	0.169	4.2	4.06	0.21
L _{1.5} FS ₂ SC ₁ (125%)	3.22	0.162	2.8	2.27	0.31
L _{1.5} FS ₂ SC ₂ (125%)	3.49	0.117	3.0	2.51	0.33

圖 39

測試號	區 3 溫度 °F	區 3 時間, 分鐘 **	區 3 %CO
16	2600	40	2.9 → 3.8
17	2600	20	3.1 → 4.0
18*	2600	30	1.6 → 3.9
19	2600	20	1.6 → 2.9
20	2625	25	1.3 → 2.7
21	2625	25	1.4 → 3.0
22	2625	25	0.9 → 3.0

* 氧氣濃度高且產物不令人滿意

** 在區 2, 將托板蛭 2100°F 下保持 5 分鐘, 但測試號 22 除外,
其中 2100°F 之時間為 3 分鐘

圖 40

爐渣明次	測試號	區 3 溫度, °F	模 化 率 計量%	微塊 %
$L_{1.5}FS_1$	15	2600	105	10.6
	14	2600	110	10.6
	14	2600	115	17.1
	15	2600	115	12.6
	14	2600	120	15.0
	14	2600	125	16.2
	21	2625	115	12.7
$L_{1.5}FS_{1.5}$	21	2625	120	8.6
	21	2625	120	8.6
$L_{1.5}FS_2$	17	2600	105	12.0
	17	2600	110	12.3
	17	2600	115	11.9
	21	2625	115	10.3
	21	2625	120	8.7
	21	2625	120	8.7
$L_{1.5}FS_3$	17	2600	115	12.4

圖 41

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：

(無元件符號說明)

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)

十、申請專利範圍：

102年7月9日修(更)正替換頁
P.1-P.18

1. 一種用於製造金屬鐵塊之方法，其中該方法包含：

提供一包含耐火材料之爐膛；

在該耐火材料上提供一爐膛材料層，其中該爐膛材料層至少包含含碳材料；

在至少一部分該爐膛材料層上提供一可還原混合物之層，該可還原混合物之至少一部分至少包含還原材料及承載可還原鐵之材料；

形成複數個至少部分延伸至該可還原混合物之層中的通道開口以界定複數個塊形成之可還原材料區；

以至少包含含碳材料之塊分離填充材料至少部分填充該等複數個通道開口；及

熱處理該可還原混合物之層以在一或多個該等複數個塊形成之可還原材料區中形成一或多個金屬鐵塊，及

其中還原材料的化學計量之量為自一預定量之承載可還原鐵之材料完全金屬化及形成金屬鐵塊所必需之量，且

該可還原混合物包含一預定量之承載可還原鐵之材料，係介於其完全金屬化所必需之該化學計量之約70%與約90%之間的量的還原材料。

2. 如請求項1之方法，其中熱處理該可還原混合物之層之該步驟在一或多個該等複數個塊形成之可還原材料區之每個中形成一單個金屬鐵塊。
3. 如請求項1之方法，其中熱處理該可還原混合物之層之該

步驟包含在小於1450℃之溫度下處理該可還原混合物之層。

4. 如請求項1之方法，其中熱處理該可還原混合物之層之該步驟包含在小於1375℃之溫度下處理該可還原混合物之層。

5. 如請求項1之方法，其中熱處理該可還原混合物之層之該步驟包含在小於1350℃之溫度下處理該可還原混合物之層。

6. 如請求項1之方法，其中熱處理該可還原混合物之層之該步驟包含：首先形成一金屬鐵形成物；

在該金屬鐵形成物內燒結金屬化之顆粒；及

凝結該等經燒結之金屬化顆粒。

7. 如請求項1之方法，其中該等塊形成之可還原材料區具有小於約2.4之密度。

8. 如請求項1之方法，其中該等塊形成之可還原材料區具有介於約1.4與2.2之間的密度。

9. 如請求項1之方法，其中複數個塊形成之可還原材料區各自包含一包含至少一個彎曲或傾斜部分的可還原混合物之堆。

10. 如請求項9之方法，其中複數個塊形成之可還原材料區各自包含一可還原混合物之圓頂狀堆。

11. 如請求項9之方法，其中複數個塊形成之可還原材料區各自包含一可還原混合物之錐狀堆。

12. 如請求項1之方法，其中在該爐膛材料層上提供一可還原

混合物之層之該步驟包含提供一包含該可還原混合物之緊密物之層。

13. 如請求項12之方法，其中該等緊密物包含複數個可還原混合物之層，該等複數個層之至少一層係位於該爐膛材料層鄰近處。
14. 如請求項1之方法，其中該等複數個通道開口通過該可還原混合物之層延伸至一通道深度，至少約四分之一之該通道深度係由該塊分離填充材料填充。
15. 如請求項1之方法，其中該等複數個通道開口通過該可還原混合物之層延伸至一通道深度，小於約四分之三之該通道深度係由該塊分離填充材料填充。
16. 如請求項1之方法，其中一或多個所形成之金屬鐵塊之每個均具有最大橫截面，且進一步其中一或多個該等金屬鐵塊具有穿過該最大橫截面之大於約0.25吋且小於約4.0吋的最大長度。
17. 如請求項16之方法，其中一或多個該等金屬鐵塊具有穿過該最大橫截面之大於約0.5吋且小於約1.5吋的最大長度。
18. 如請求項1之方法，其中在該爐膛材料層上提供一可還原混合物之層包含提供一可還原微聚結物之層，至少50%之該可還原混合物之層包含具有約2毫米或更小之平均尺寸的微聚結物。
19. 如請求項18之方法，其中在該爐膛材料層上提供一可還原混合物之層之該步驟包含提供一可還原微聚結物之

層，該等微聚結物具有在約10%至約20%範圍內之水分含量。

20. 如請求項1之方法，其中在該爐膛材料層上提供一可還原混合物之層之該步驟包含在該爐膛材料層上提供可還原微聚結物之一第一層且隨後在該第一層上提供可還原微聚結物之一或多個額外層，至少一個該等隨後提供之額外層之可還原微聚結物之平均尺寸與先前提供之微聚結物之平均尺寸不同。
21. 如請求項20之方法，其中至少一個該等隨後提供之額外層之該等可還原微聚結物之平均尺寸小於該第一層之微聚結物之尺寸。
22. 如請求項1之方法，其中熱處理該可還原混合物之層之該步驟包含在小於1450°C之溫度下熱處理該可還原混合物之層，從而引起在各塊形成之可還原材料區中之該可還原混合物收縮且自其它鄰近塊形成之可還原材料區分離。
23. 如請求項1之方法，其中該可還原混合物進一步包含至少一種由以下各物組成之群中選出的添加物：氧化鈣、其熱分解後能夠產生氧化鈣之一或多種化合物、氧化鈉及其熱分解後能夠產生氧化鈉之一或多種化合物。
24. 如請求項23之方法，其中該可還原混合物包含氧化鈣及/或石灰石。
25. 如請求項23之方法，其中該可還原混合物包含蘇打灰、 Na_2CO_3 、 NaHCO_3 、 NaOH 、硼砂、 NaF 及/或鋁熔煉工業

爐渣。

26. 如請求項1之方法，其中該可還原混合物包含至少一種由氟石、 CaF_2 、硼砂、 NaF 及鋁熔煉工業爐渣組成之群中選出的助熔劑。
27. 如請求項1之方法，其中該爐膛材料層包含以 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 、 CaF_2 或 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 與 CaF_2 之化合物中一者塗覆之含碳材料。
28. 一種用於製造金屬鐵塊之方法，其中該方法包括

提供一包含耐火材料之爐膛；

在該耐火材料上提供一爐膛材料層，其中該爐膛材料層至少包含以 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 、 CaF_2 或 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 與 CaF_2 之組合中之一者塗覆之含碳材料；

在至少一部分該爐材料層上提供一可還原混合物之層，該可還原混合物之至少一部分至少包含還原材料及承載可還原鐵之材料；

該可還原混合物包含至少一種由以下各物組成之群中選出的添加物：氧化鈣、其熱分解後能夠產生氧化鈣之一或多種化合物、氧化鈉及其熱分解後能夠產生氧化鈉之一或多種化合物；

形成複數個至少部分通過該可還原混合物之層延伸之通道開口以界定複數個具有小於約2.4密度之塊形成之可還原材料區；

以至少包含含碳材料之塊分離填充材料至少部分填充該等複數個通道開口；及

在小於 1450°C 之溫度下熱處理該可還原混合物之層以

在一或多個該等複數個塊形成之可還原材料區中形成一或多個金屬鐵塊。

29. 如請求項28之方法，其中該等塊形成之可還原材料區具有介於約1.4與2.2之間的密度。
30. 如請求項28之方法，其中熱處理該可還原混合物之層之該步驟包含在小於1375℃之溫度下處理該可還原混合物之層。
31. 如請求項28之方法，其中熱處理該可還原混合物之層之該步驟包含在小於1350℃之溫度下處理該可還原混合物之層。
32. 如請求項28之方法，其中還原材料的化學計量之量為自一預定量之承載可還原鐵之材料完全金屬化及形成金屬鐵塊所必需之量，且

該可還原混合物包含一預定量之承載可還原鐵之材料及介於其完全金屬化所必需之該化學計量之約70%與約90%之間的量的還原材料。

33. 如請求項28之方法，其中該可還原混合物包含氟化鈣及 Na_2CO_3 。
34. 一種用於製造金屬鐵塊之系統，其中該系統包含：
 - 一用於在其上接受爐膛材料層的包含耐火材料之爐膛，該爐膛材料層至少包含含碳材料；
 - 一在至少一部分該爐膛材料層上提供一可還原混合物層之饋料裝置，至少一部分該可還原混合物至少包含還原材料及承載可還原鐵之材料；

一產生複數個通道開口之通道界定工具，該等通道開口至少部分通過該可還原混合物之層延伸以界定複數個塊形成之可還原材料區；

一通道填充裝置，其以至少包含含碳材料之塊分離填充材料至少部分填充該等複數個通道開口；及

一爐，其熱處理該可還原混合物之層以在一或多個該等複數個塊形成之可還原材料區中形成一或多個金屬鐵塊。

35. 如請求項34之系統，其中該通道界定工具產生包含至少一個彎曲或傾斜部分之該可還原混合物之堆。
36. 如請求項35之系統，其中該通道界定工具產生該可還原混合物之圓頂狀堆。
37. 如請求項35之系統，其中該通道界定工具產生該可還原混合物之錐狀堆。
38. 如請求項34之系統，其中該等複數個通道開口通過該可還原混合物之層延伸至一通道深度，且該通道填充裝置係以塊分離填充材料至少部分填充該等複數個通道開口至至少約四分之一之該通道深度。
39. 如請求項34之系統，其中該等複數個通道開口通過該可還原混合物之層延伸至一通道深度，且該通道填充裝置係以塊分離填充材料至少部分填充該等複數個通道開口至小於約四分之三之該通道深度。
40. 如請求項34之系統，其中該饋料裝置提供一可還原微聚結物之層，至少50%之該可還原混合物之層包含具有約2

毫米或更小之平均尺寸的微聚結物。

41. 如請求項34之系統，其中該爐在小於1450℃之溫度下熱處理該可還原混合物之層，從而引起各塊形成之可還原材料區中之可還原混合物收縮且自其它鄰近塊形成之可還原材料區分離。

42. 一種用於製造金屬鐵塊之方法，其包含以下步驟：

提供一包含耐火材料之爐膛；

在該耐火材料上提供一爐膛材料層，該爐膛材料至少包含含碳材料；

在至少一部分該爐膛材料層上提供一可還原微聚結物之層，至少50%之該可還原微聚結物之層包含具有約2毫米或更小之平均尺寸的微聚結物，該等可還原微聚結物至少係由還原材料及承載可還原鐵之材料形成；及

熱處理該可還原微聚結物之層以形成一或多個金屬鐵塊。

43. 如請求項42之方法，其中在爐膛材料層之至少一部分上提供一可還原微聚結物之層之該步驟包含在該爐膛材料層上提供可還原微聚結物之一第一層且隨後在該第一層上提供可還原微聚結物之一或多個額外層，至少一個該等隨後提供之額外層之該等可還原微聚結物之平均尺寸與先前所提供之微聚結物之平均尺寸不同。

44. 如請求項43之方法，其中至少一個該等隨後提供之額外層的該等可還原微聚結物之平均尺寸小於該第一層之微聚結物之平均尺寸。

45. 如請求項42之方法，其中還原材料的化學計量之量為自一預定量之承載可還原鐵之材料完全金屬化及形成金屬鐵塊所必需之量，且

在該爐膛材料層上提供一可還原微聚結物之層的該步驟包含在該爐膛材料層上提供可還原微聚結物之一第一層，該層具有一預定量之承載可還原鐵之材料，係介於其完全金屬化所必需之該化學計量之約70%與約90%之間的量的還原材料，且隨後提供可還原微聚結物之一或多個額外層，其具有一預定量之承載可還原鐵之材料及介於其完全金屬化所必需之該化學計量之約105%與約140%之間的量的還原材料。

46. 如請求項42之方法，其中提供該可還原微聚結物之層的該步驟包含使用至少以下物質來形成該等可還原微聚結物：水、還原材料、承載可還原鐵之材料及一或多種由氧化鈣、其熱分解後能夠產生氧化鈣之一或多種化合物、氧化鈉及其熱分解後能夠產生氧化鈉之一或多種化合物組成之群中選出的添加物。

47. 如請求項46之方法，其中形成該等可還原微聚結物之該步驟包含使用至少以下物質來形成該等可還原微聚結物：水、還原材料、承載可還原鐵之材料及至少一種由氧化鈣與石灰石組成之群中選出的添加物。

48. 如請求項46之方法，其中形成該等可還原微聚結物之該步驟包含至少使用以下物質來形成該等可還原微聚結物：水、還原材料、承載可還原鐵之材料及至少一種由

蘇打灰、 Na_2CO_3 、 NaHCO_3 、 NaOH 、硼砂、 NaF 及/或鋁熔煉工業爐渣組成之群中選出的添加物。

49. 如請求項42之方法，其中形成該等可還原微聚結物的該步驟包含至少使用以下各物來形成該等可還原微聚結物：水、還原材料、承載可還原鐵之材料及至少一種由氟石、 CaF_2 、硼砂、 NaF 及鋁熔煉工業爐渣組成之群中選出的助熔劑。

50. 如請求項42之方法，其進一步包含：

形成複數個至少部分延伸至該可還原微聚結物之層中的通道開口且界定複數個塊形成之可還原材料區；

以至少包含含碳材料之塊分離填充材料至少部分填充該等通道開口；及

熱處理該層之該步驟包含熱處理該等可還原微聚結物之該層以在一或多個該等複數個塊形成之可還原材料區中形成一或多個金屬鐵塊。

51. 如請求項50之方法，其中熱處理該層之該步驟包含在一或多個該等複數個塊形成之可還原材料區之每個中形成一單個金屬鐵塊。

52. 如請求項50之方法，其中一或多個該等複數個塊形成之可還原材料區包含一至少包含一個彎曲或傾斜部分之可還原微聚結物之堆。

53. 如請求項50之方法，其中該等複數個通道開口延伸至該等可還原微聚結物之該層中至一通道深度，至少約四分之一之該通道深度係由塊分離填充材料填充。

54. 如請求項50之方法，其中該等複數個通道開口延伸至該等可還原微聚結物之該層中至一通道深度，小於約四分之三之該通道深度係由塊分離填充材料填充。

55. 一種用於製造金屬鐵塊之方法，其中該方法包含：

提供一包含耐火材料之爐膛；

在至少一部分該耐火材料上提供可還原混合物，其中該可還原混合物至少包含還原材料及承載可還原鐵之材料；

其中還原材料的化學計量之量為自一預定量之承載可還原鐵之材料完全金屬化及形成金屬鐵塊所必需之量，且

形成該可還原混合物之至少一部分，其具有一預定量之承載可還原鐵之材料，係介於其完全金屬化所必需之該化學計量之約70%與約90%之間的量的還原材料；及

熱處理該可還原混合物以形成一或多個金屬鐵塊。

56. 如請求項55之方法，其進一步包含：

在至少一部分該耐火材料上提供一爐膛材料層，其中該爐膛材料層至少包含含碳材料；且

其中在該耐火材料之至少一部分上提供可還原混合物之該步驟包含在至少一部分該爐膛材料層上提供該可還原混合物。

57. 如請求項56之方法，其中該爐膛材料層包含以 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 及 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 與 CaF_2 之組合中之一者塗覆之含碳材料。

58. 如請求項55之方法，其進一步包含：

提供可還原混合物之一或多個額外層，其包含一預定

量之承載可還原鐵之材料及介於其完全金屬化所必需之該化學計量之約105%與約140%之間的量的還原材料。

59. 如請求項58之方法，其中在該爐膛材料層上提供可還原混合物之該步驟包含在爐膛材料層上提供可還原微聚結物之一第一層，且

提供一或多個額外部分之該步驟包含隨後在該第一層上提供可還原微聚結物之一或多個額外層，至少一個該等隨後提供之額外層之該等可還原微聚結物的標稱尺寸與先前所提供之微聚結物之尺寸不同。

60. 如請求項59之方法，其中至少一個該等隨後提供之額外層之該等可還原微聚結物之標稱尺寸小於該第一層之微聚結物之尺寸。

61. 如請求項56之方法，其中在該爐膛材料層之至少一部分上提供可還原混合物之該步驟包含在該爐膛材料層上提供可還原混合物之一或多個層，及

形成複數個至少部分延伸至該可還原混合物之該層中的通道開口，其界定複數個塊形成之可還原材料區；

以塊分離填充材料至少部分填充該等通道開口，該塊分離填充材料至少包含含碳材料；及

熱處理該層之該步驟包含熱處理該可還原混合物之層以在一或多個該等複數個塊形成之可還原材料區形成金屬鐵塊。

62. 如請求項61之方法，其中一或多個該等複數個塊形成之可還原材料區包含一包含至少一個彎曲或傾斜部分之可

還原混合物之堆。

63. 如請求項61之方法，其中該等複數個通道開口延伸至該可還原混合物之層中至一通道深度，至少約四分之一之該通道深度係由塊分離填充材料填充。
64. 如請求項61之方法，其中該等複數個通道開口延伸至該可還原混合物之層中至一通道深度，小於約四分之三之該通道深度係由塊分離填充材料填充。
65. 如請求項64之方法，其中複數個開口係在可還原混合物的部分之間界定，該等開口係以至少包含含碳材料之塊分離填充材料至少部分地填充。
66. 如請求項64之方法，其中該可還原混合物包含一或多個包含至少一個彎曲或傾斜部分之可還原混合物之堆。
67. 如請求項64之方法，其中該可還原混合物包含在爐膛材料層上之可還原微聚結物且提供一或多個額外部分之該步驟包含隨後提供可還原微聚結物之一或多個額外層。
68. 如請求項64之方法，其中該可還原混合物包含緊密物。
69. 如請求項68之方法，其中該等緊密物具有小於約2.4之密度。
70. 如請求項68之方法，其中該等緊密物具有介於約1.4與2.2之間的密度。
71. 如請求項68之方法，其中該等緊密物包含至少一種以下物質：煤磚、半煤磚、緊密球、包含至少一個彎曲或傾斜部分之可還原混合物之緊密堆、可還原混合物之緊密圓頂狀堆及可還原混合物之緊密錐狀堆。

72. 如請求項71之方法，其中還原材料的化學計量之量為自一預定量之承載可還原鐵之材料完全金屬化及形成金屬鐵塊所必需之量，

該等包含煤磚之緊密物包含至少三層，該等至少三層包含至少兩個外層及一中間層，且該等兩個外層之至少一層包含一或多個緊密物之每個之一第一部分，該緊密物具有預定量之承載可還原鐵之材料，係介於其完全金屬化所必需之該化學計量之約70%與約90%之間的量的還原材料。

73. 如請求項55之方法，其中提供該可還原混合物之該步驟包含提供一或多個包含至少一個彎曲或傾斜部分之可還原混合物之堆。

74. 如請求項55之方法，其中提供該可還原混合物之該步驟包含提供可還原微聚結物。

75. 如請求項55之方法，其中提供該可還原混合物之該步驟包含提供一或多個緊密物。

76. 如請求項75之方法，其中還原材料的化學計量之量為自一預定量之承載可還原鐵之材料完全金屬化及形成金屬鐵塊所必需之量，提供可還原混合物之該第一部分之該步驟包含：

提供一或多個緊密物之每個之一第一部分，該緊密物具有預定量之承載可還原鐵之材料，其介於其完全金屬化所必需之該化學計量之約70%與約90%之間的量的還原材料；及

提供一或多個額外部分，其包含提供一或多個緊密物之每個的一或多個額外部分，該部分具有預定量之承載可還原鐵之材料及介於其完全金屬化所必需之該化學計量之約70%與約90%之間的量的還原材料。

77. 如請求項75之方法，其中提供該可還原混合物之該步驟包含在一用於熱處理該可還原混合物之爐系統之區內就地形成一或多個緊密物。
78. 如請求項75之方法，其中該等緊密物包含至少一種以下物質：煤磚、半煤磚、緻密球、包含至少一個彎曲或傾斜部分之可還原混合物之緻密堆、可還原混合物之緻密圓頂狀堆及可還原混合物之緊密錐狀堆。
79. 如請求項78之方法，其中該等緊密物包含包含至少三層之煤磚，該等至少三層包含至少兩個外層及一中間層，該等兩個外層之至少一層包含一或多個緊密物之每個的一第一部分，該部分具有一預定量之承載可還原鐵之材料，其介於其完全金屬化所必需之該化學計量之約70%與約90%之間的量的還原材料。
80. 如請求項54之方法，其中提供該可還原混合物之該步驟包含提供乾燥球。
81. 如請求項80之方法，其中該等乾燥球包含至少一個外層及一內部部分，可還原混合物之一第一部分包含具有一預定量之承載可還原鐵之材料的外層，該承載可還原鐵之材料係介於其完全金屬化所必需之該化學計量之約70%與約90%之間的量之還原材料。

82. 如請求項81之方法，其中該內部部分包含一預定量之承載可還原鐵之材料，係介於其完全金屬化所必需之該化學計量之約105%與約140%之間的量的還原材料。
83. 如請求項55之方法，其中該可還原混合物進一步包含至少一種由以下各物組成之群中選出的添加物：氧化鈣、其熱分解後能夠產生氧化鈣之一或多種化合物、氧化鈉及其熱分解後能夠產生氧化鈉之一或多種化合物。
84. 如請求項55之方法，其中該可還原混合物包含氧化鈣及/或石灰石。
85. 如請求項55之方法，其中該可還原混合物包含蘇打灰、 Na_2CO_3 、 NaHCO_3 、 NaOH 、硼砂、 NaF 及/或鋁熔煉工業爐渣。
86. 如請求項55之方法，其中該可還原混合物包含至少一種由氟石、 CaF_2 、硼砂、 NaF 及鋁熔煉工業爐渣組成之群中選出的助熔劑。
87. 如請求項55之方法，其中提供該可還原混合物之該步驟包含提供緊密物，且進一步包含在鄰近該等緊密物之至少一部分處提供還原材料。
88. 一種用於製造金屬鐵塊之方法，其中該方法包含：
提供一包含耐火材料之爐膛；
在該爐膛之至少一部分上提供可還原混合物，其中該可還原混合物包含：
還原材料，
承載可還原鐵之材料，

一或多種由以下各物組成之群中選出的添加物：氧化鈣、其熱分解後能夠產生氧化鈣之一或多種化合物、氧化鈉及其熱分解後能夠產生氧化鈉之一或多種化合物；

至少一種由氟石、 CaF_2 、硼砂、 NaF 及鋁熔煉工業爐渣組成之群中選出的助熔劑；

熱處理該可還原混合物以形成一或多個金屬鐵塊，及其中還原材料的化學計量之量為自一預定量之承載可還原鐵之材料完全金屬化及形成金屬鐵塊所必需之量，且

該可還原混合物包含一預定量之承載可還原鐵之材料，係介於其完全金屬化所必需之該化學計量之約70%與約90%之間的量的還原材料。

89. 如請求項88之方法，其中熱處理該可還原混合物之該步驟包含在小於約 1450°C 之溫度下處理該可還原混合物以形成一或多個金屬鐵塊。

90. 如請求項88之方法，其中該可還原混合物包含至少一種由氧化鈣與石灰石組成之群中選出的添加物。

91. 如請求項88之方法，其中該可還原混合物包含至少一種由蘇打灰、 Na_2CO_3 、 NaHCO_3 、 NaOH 、硼砂、 NaF 及鋁熔煉工業爐渣組成之群中選出的添加物。

92. 如請求項88之方法，其進一步包含：

在至少一部分該耐火材料上提供一爐膛材料層，其中該爐膛材料層至少包含含碳材料。

93. 如請求項92之方法，其中該爐膛材料層包含以 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 及

$\text{Ca}(\text{OH})_2$ 與 CaF_2 之組合中之一者塗覆之含碳材料。

94. 如請求項88之方法，其中該可還原混合物包含乾燥球。
95. 如請求項94之方法，其中該等乾燥球包含至少一個外層及一內部部分。
96. 一種可還原之混合物，其包含：
- 還原材料，
- 承載可還原鐵之材料，
- 一或多種由以下各物組成之群中選出的添加物：氧化鈣、其熱分解後能夠產生氧化鈣之一或多種化合物、氧化鈉及其熱分解後能夠產生氧化鈉之一或多種化合物，及至少一種由氟石、 CaF_2 、硼砂、 NaF 及鋁熔煉工業爐渣組成之群中選出的助熔劑，及至少一種由蘇打灰、 Na_2CO_3 、 NaHCO_3 、 NaOH 、硼砂、 NaF 及/或鋁熔煉工業爐渣組成之群中選出的添加物。
97. 如請求項96之可還原混合物，其中該可還原混合物包含至少一種由氧化鈣及石灰石組成之群中選出的添加物。
98. 如請求項96之可還原混合物，其中該可還原混合物包含氟化鈣及 Na_2CO_3 。