



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 53645

(13) C2

(51) 7 C22B4/00, C21B13/12

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД(54) СПОСІБ ВІДНОВЛЕННЯ ТА ПЛАВЛЕННЯ МЕТАЛОВМІСНОЇ СПОЛУКИ ТА ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЙОГО
ЗДІЙСНЕННЯ

1

2

(21) 98115908

(22) 17.04.1997

(24) 17.02.2003

(86) PCT/EP97/01999, 17.04.1997

(31) 96/3126

(32) 19.04.1996

(33) ZA

(46) 17.02.2003, Бюл. № 2, 2003 р.

(72) Фаурі Луїс Йоханнес, ZA

(73) IPKOR N V, NL

(56) US, 5 411 570, A, 02.05.1995

US, 3 908 072, A, 23.09.1975

SE, 393 816, B, 23.05.1977

US, 4 080 195, A, 21.03.1978

US, 4 082 544, A, 04.04.1978

(57) 1. Способ восстановления и плавки металлосодержащего соединения, включающий загрузку шихты, содержащей смесь металлосодержащего соединения и соответствующего измельченного восстановителя, в нагревательную камеру индукционной печи канального типа с ванной расплавленного металла, формируя в ходе загрузки, по меньшей мере, одну кучу шихты над поверхностью ванны расплавленного металла, отличающийся тем, что шихту загружают в нагревательную камеру таким образом и с такой скоростью, которые обеспечивают формирование сплошного слоя шихты, размещенного наподобие моста над всей поверхностью ванны расплавленного металла и шлака, в результате чего в шихте формируют реакционную зону, в которой происходит восстановление всего металлосодержащего соединения, и расположенную под ней зону плавления, в которой происходит плавление всего восстановленного металла, причем процесс регулируют таким образом, что слой шихты поддерживают сплошным преимущественно в течение всего процесса восстановления металлосодержащего соединения в твердой фазе.

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что шихту загружают в нагревательную камеру через пространственно разнесенные загрузочные отверстия, причем сплошной слой шихты образуют за счет формирования воедино оснований формируемых куч шихты.

3. Способ по п. 1 или п. 2, отличающийся тем, что сплошной слой шихты поддерживают путем

регулирования размеров куч шихты внутри нагревательной камеры.

4. Способ по любому из пп. 1-3, отличающийся тем, что сплошной слой шихты формируют, загружая шихту в нагревательную камеру через загрузочные отверстия, расположенные в стратегически выверенных положениях, и/или путем выбора количества загрузочных отверстий и скорости, с которой шихту загружают через эти отверстия, и/или путем регулирования уровня расплавленного металла в нагревательной камере.

5. Способ по любому из пп. 1-4, отличающийся тем, что регулирование процесса осуществляют путем регулирования, по меньшей мере, одного из следующих параметров: параметров способа, при помощи которого шихту загружают в нагревательную камеру, скорости, с которой шихту загружают в нагревательную камеру, дисперсности шихты, степени однородности шихты, скорости, с которой нагревают нагревательную камеру.

6. Способ по любому из пп. 1-5, отличающийся тем, что размер частиц шихты не превышает 10 мм, предпочтительно 6 мм и более предпочтительно 3 мм.

7. Способ по любому из пп. 1-6, отличающийся тем, что образующуюся во время восстановления металлосодержащего соединения окись углерода, проходящую через шихту, сжигают, и выделяющееся тепло используют в процессе.

8. Способ по п. 7, отличающийся тем, что сжигание окиси углерода осуществляют с помощью кислородных и/или воздушных горелок, расположенных в камере над шихтой.

9. Способ по любому из пп. 1-8, отличающийся тем, что используют металлосодержащее соединение, содержащее один или несколько из следующих металлов: железо, хром, марганец, медь, цинк, свинец.

10. Способ по любому из пп. 1-8, отличающийся тем, что в качестве металлосодержащего соединения используют железосодержащее соединение.

11. Устройство для восстановления и плавки металлосодержащего соединения, содержащее одноканальную индукционную печь канального типа, имеющую, по меньшей мере, два загрузочных отверстия, выпускное отверстие для расплавленного

(13) C2

(11) 53645

(19) UA

го металла и выпускное отверстие для шлака, отличающееся тем, что расположение и размеры, по меньшей мере, одного загрузочного отверстия обеспечивают рассыпание загружаемой че-

рез него шихты с образованием сплошного слоя, размещенного наподобие моста над всей поверхностью ванны расплавленного металла и шлака.

Заявляемая группа изобретений относится к получению металлов из металлосодержащих соединений путем электротермической обработки.

Наиболее близким по совокупности признаков к заявляемому способу является выбранный в качестве прототипа способ производства стали (патент США № 5411570, МПК C21C 5/28, опубл. 1995 г.), включающий загрузку шихты в нагревательную камеру индукционной печи канального типа с ванной расплавленного металла. Загружаемая шихта содержит смесь металлосодержащего соединения и соответствующего измельченного восстановителя. В ходе загрузки формируют две кучи шихты над поверхностью ванны расплавленного металла, которые отделены друг от друга слоем шлака, плавающего на поверхности ванны расплавленного металла.

У заявляемого способа восстановления и плавки металлосодержащего соединения и прототипа совпадают следующие существенные признаки: способы включают загрузку шихты, содержащей смесь металлосодержащего соединения и соответствующего измельченного восстановителя, в нагревательную камеру индукционной печи канального типа с ванной расплавленного металла, формируя в ходе загрузки, по меньшей мере, одну кучу шихты над поверхностью ванны расплавленного металла.

Наиболее близким по совокупности признаков к заявляемому устройству для восстановления и плавки металлосодержащего соединения является выбранное в качестве прототипа устройство для производства стали по патенту США № 5411570, МПК C21C 5/28, опубл. 1995 г. Это устройство содержит однокамерную индукционную печь канального типа с удлиненной поллой стальной цилиндрической камерой. Нагревательная камера имеет множество загрузочных отверстий, расположенных вдоль ее верхней стороны, выпускное отверстие для расплавленного металла и выпускное отверстие для шлака.

У заявляемого устройства для восстановления и плавки металлосодержащего соединения и прототипа совпадают следующие существенные признаки: устройства содержат однокамерную индукционную печь канального типа, имеющую, по меньшей мере, два загрузочных отверстия, выпускное отверстие для расплавленного металла и выпускное отверстие для шлака.

При использовании известного способа производства стали и устройства для его осуществления получению ожидаемого технического результата препятствуют следующие причины.

В большинстве традиционных способов восстановления металлосодержащего соединения используют нагревание металлосодержащего соединения (обычно окиси металла) в присутствии

восстановителя, такого как соответствующее углеродосодержащее соединение или ему подобное. Смесь металлосодержащего соединения и восстановителя обычно называют шихтой.

В упомянутом выше традиционном способе производства стали скорость, при которой происходит нагревание, обычно настолько высока, что значительная часть шихты расплавляется до момента завершения реакций восстановления. Поэтому значительная часть восстановления происходит в жидкой фазе.

При такой плавке шихты образуется шлак, который помимо окисей упомянутого металлосодержащего соединения содержит также окиси других металлов, которые могут присутствовать в шихте.

Для восстановления упомянутых окисей необходимо дополнительное количество восстановителя для реакции, что может увеличить выход металла с нежелательно высоким содержанием углерода. Высокое содержание углерода в продукте обычно последовательно уменьшают путем окисления либо вводя в продукт кислород в виде газообразного кислорода или воздуха, либо используя соответствующую окись металла, которая присутствует в реакционной среде. Следовательно, такая реакция окисления также происходит в жидкой фазе.

Понятно, что, помимо необходимости избыточного начального количества восстановителя, для последующего окисления этого восстановителя необходим еще и дополнительный этап в способе.

В результате упомянутых выше реакций восстановления и окисления ниже поверхности расплавленного металла и шлака образуется относительно большой объем нежелательных газов, которые затем выходят из расплавленного металла и шлака в виде пузырьков.

В упомянутом выше способе производства стали, шихта загружается в однокамерную индукционную печь канального типа двумя кучами, которые отделены друг от друга слоем шлака, плавающего на поверхности ванны расплавленного металла. При таком расположении шихта имеет возможность попадать прямо в ванну расплавленного металла или в шлак, который может присутствовать, так что при этом, по крайней мере, частично восстановления шихты происходит в жидкой фазе. Это приводит не только к образованию нежелательных газов в нагревательной камере, но также и к возможным потерям продукта из-за его повышенной газовой пористости за счет повышенного содержания газов в расплавленном металле.

Заявляемое изобретение направлено на создание такого способа восстановления и плавки металлосодержащего соединения, при реализа-

ции которого, за счет обеспечения новых условий восстановления и плавки металлосодержащего соединения, обеспечивается достижение технического результата, заключающегося в сокращении продолжительности процесса, уменьшении выхода металла с нежелательно высоким содержанием углерода и повышенной газовой пористостью.

Заявляемое изобретение направлено на создание такого устройства для восстановления и плавки металлосодержащего соединения, при реализации которого, за счет изменения расположения загрузочных отверстий и их параметров, обеспечивается достижение технического результата, заключающегося в сокращении продолжительности процесса, уменьшении выхода металла с нежелательно высоким содержанием углерода и повышенной газовой пористостью.

В соответствии с изобретением поставленная задача решается с помощью способа, который включает загрузку шихты, содержащей смесь металлосодержащего соединения и соответствующего измельченного восстановителя, в нагревательную камеру индукционной печи канального типа с ванной расплавленного металла. В ходе загрузки формируют, по меньшей мере, одну кучу шихты над поверхностью ванны расплавленного металла. При этом шихту загружают в нагревательную камеру индукционной печи таким образом и с такой скоростью, которые обеспечивают формирование сплошного слоя шихты, размещенного наподобие моста над всей поверхностью ванны расплавленного металла и шлака. В результате этого в шихте формируют реакционную зону, в которой происходит восстановление всего металлосодержащего соединения, и расположенную под ней зону плавления, в которой происходит плавление всего восстановленного металла. Причем процесс регулируют таким образом, что слой шихты поддерживают сплошным преимущественно в течение всего процесса восстановления металлосодержащего соединения в твердой фазе.

В соответствии с изобретением поставленная задача решается с помощью устройства для осуществления вышеупомянутого способа, которое содержит однокамерную индукционную печь канального типа. Нагревательная камера этой индукционной печи имеет, по меньшей мере, два загрузочных отверстия, выпускное отверстие для расплавленного металла и выпускное отверстие для шлака. При этом расположение и размеры, по меньшей мере, одного загрузочного отверстия обеспечивают рассыпание загружаемой через него шихты с образованием сплошного слоя, размещенного наподобие моста над всей поверхностью ванны расплавленного металла и шлака.

Заявитель установил, что такое устройство является особо подходящим благодаря легкости регулирования скорости нагревания в такой печи. Между признаками заявляемой группы изобретений и достигаемым техническим результатом существует следующая причинно-следственная связь.

Вследствие того, что ни одна реакция в нагревательной камере индукционной печи теперь не происходит в жидкой фазе, практически устраняется появление нежелательных вышеупомянутых

газов. На практике отсутствие пузырьковых образований в ванне расплавленного металла и в образующем шлаке используется в качестве показателя того, что процесс проходит правильно и газовой пористости в готовом металле практически не будет.

При такой плавке в шихте образуется шлак, который не содержит окиси других металлов, которые могут присутствовать в шихте. Следовательно, нет необходимости в дополнительном количестве восстановителя для реакции, что приводило к увеличению выхода металла с нежелательно высоким содержанием углерода. Вследствие того, что можно осуществлять процесс таким образом, что нет необходимости в последующем удалять какое-то избыточное количество восстановителя, количество дополнительных этапов в способе уменьшается по отношению к их числу в известных вышеупомянутых способах.

Согласно изобретению регулирование процесса восстановления и плавки металлосодержащего соединения осуществляют путем регулирования, по меньшей мере, одного из следующих параметров:

параметров способа, при помощи которого шихту загружают в нагревательную камеру индукционной печи;

скорости, с которой шихту загружают в нагревательную камеру;

дисперсности шихты;

степени однородности шихты;

скорости, с которой нагревают нагревательную камеру.

Так как согласно изобретению шихту загружают в нагревательную камеру таким образом и с такой скоростью, которые обеспечивают формирование сплошного слоя шихты, размещенного наподобие моста над всей поверхностью ванны расплавленного металла и шлака, не вступающая в реакцию шихта не сможет вступить в непосредственный контакт с жидким металлом или шлаком. Поэтому значительно устраняется такой "короткий цикл", который мог бы стать причиной некоторых реакций, происходящих в жидкой фазе.

Там, где шихту, например, загружают в нагревательную камеру через пространственно разнесенные загрузочные отверстия, способ включает этап осуществления загрузки так, чтобы сплошной слой шихты образовывался за счет формирования воедино оснований формируемых куч шихты.

Загрузка шихты должна осуществляться таким образом, чтобы основания куч слились, образуя непрерывный слой шихты, который размещался бы наподобие моста над всей поверхностью ванны расплавленного металла и шлака. Такой мост позволяет предупредить прямой контакт материала шихты, падающего с куч, с жидким металлом или шлаком.

Факт формирования такого моста можно установить любым удобным образом, например, визуально и/или с помощью аппарата, регистрирующего изображение нагревательной камеры и т.д. Практически такую визуальную регистрацию можно осуществить, вставив жесткий элемент в виде "мерной рейки" от верха нагревательной камеры в шихту.

Формирование упомянутого моста и поддержание сплошного слоя шихты можно осуществить путем регулирования размера куч шихты внутри нагревательной камеры. Альтернативно и/или дополнительно это можно осуществить, загружая шихту в камеру через загрузочные отверстия, расположенные в стратегически выверенных положениях, и/или путем выбора количества загрузочных отверстий и скорости, с которой шихту загружают через эти отверстия, и/или путем регулирования уровня расплавленного металла в нагревательной камере.

Заявитель установил, что размер частиц используемой шихты не должен превышать 10 мм, предпочтительно 6 мм, и более предпочтительно 3 мм. При использовании шихты из частиц такого небольшого размера практически каждая частица полностью восстанавливается до отдельного металла в реакционной зоне и, следовательно, остается твердой до тех пор, пока температура частицы не повысится до температуры, необходимой для плавления невосстановленных окисей, которые могут присутствовать в частице.

Следовательно, существует очень незначительная возможность для какого-то количества расплавленной окиси металла, плавящейся при более низкой по сравнению с металлом температуре, перейти из такой частицы в шлак.

Так, например, в случае с железом, ядро частицы обычно включает FeO , которая плавится при температуре 1378°C , в то время как корка частицы включает Fe , который плавится только при 1535°C . Следовательно, при использовании более крупных частиц, по сравнению с вышеупомянутыми, температура ядра такой частицы могла бы повыситься до вышеупомянутой температуры 1378°C еще до того, как Fe или FeO в частице восстановились, что могло привести к выходу жидкой FeO из ядра.

Так как упомянутые реакции в твердой фазе регулируются путем диффузии, максимальная скорость требуемого нагрева будет зависеть от размера частиц и степени однородности шихты, причем степень смешивания компонентов шихты предпочтительно должна быть такой, чтобы шихта представляла собой однородную смесь.

Далее, согласно изобретению, способ может включать этап сжигания над шихтой окиси углерода (CO), которая образуется во время восстановления металлосодержащего соединения и которая проходит через шихту. Такое сжигание можно осуществлять, например, с помощью кислородных и/или воздушных горелок, расположенных в нагревательной камере над шихтой. Выделяющееся при этом тепло используют в процессе. Это позволяет увеличить температуру внутри нагревательной камеры, в основном благодаря излучению от свода нагревательной камеры.

В одном из предпочтительных вариантов осуществления изобретения в качестве металлосодержащего соединения используют соединение, которое предпочтительно включает или является железосодержащим соединением.

В других вариантах осуществления изобретения используют металлосодержащее соединение, содержащее один или несколько из следующих

металлов: железо, хром, марганец, медь, цинк, свинец.

Один из вариантов осуществления изобретения будет описан на примере со ссылкой на иллюстративный материал, который представляет собой схематический поперечный разрез индукционной печи согласно изобретению (см. фиг.).

В этом варианте осуществления изобретения используется индукционная печь 1 канального типа, которая включает вытянутую трубчатую нагревательную камеру 2 кольцевой конфигурации в поперечном сечении. Эта нагревательная камера снабжена вдоль всего пода двумя рядами индукторов, лишь два из которых 3 и 4 показаны на чертеже. При этом каждый ряд включает пять таких индукторов мощностью порядка 2,2 МВт каждый.

Нагревательная камера 2 содержит два параллельных ряда загрузочных отверстий, лишь два из которых, 5 и 6, показаны на чертеже. Загрузочные отверстия расположены вдоль противоположных продольных сторон нагревательной камеры 2.

Нагревательная камера 2 снабжена множеством кислородных горелок, расположенных вдоль ее верхней части, из которых лишь две горелки, 7 и 8, показаны на чертеже.

Загрузочные отверстия 5 и 6 используются для введения шихты 9 в индукционную печь 1 для формирования продольно размещенных куч 10 и 11, которые плавают на поверхности ванны расплавленного металла 12. При необходимости расплавленный металл можно ввести вначале процесса в нагревательную камеру через загрузочное отверстие (не показано).

Шихта 9 представляет собой однородную смесь в виде частиц углеродсодержащего соединения, например, такого как уголь, и окиси железа. Углеродсодержащее соединение представлено в концентрации немного меньшей по сравнению с концентрацией, обеспечивающей стехиометрическое количество углерода, необходимого для восстановления руды. Размер частиц шихты 9 позволяет ей проходить через 3-миллиметровое решето.

Шихту 9 вводят в нагревательную камеру 2 таким образом и с такой скоростью, что основания куч 10 и 11 сливаются друг с другом воедино, формируя тем самым сплошной слой 13 из шихты 9, который наподобие моста простирается над всей ванной расплавленного металла 12 и шлаком 15.

Факт формирования такого сплошного слоя 13 можно установить, например, визуально с помощью мерной рейки, которая вставляется в нагревательную камеру 2 сверху, или с помощью соответствующего смотрового окна (не показано) в стенке нагревательной камеры 2. Факт формирования сплошного слоя 13 также можно установить с помощью соответствующего устройства для записи изображения (не показано), которым снабжают нагревательную камеру 2.

В процессе восстановления и плавки металлосодержащего соединения образуется реакционная зона в кучах 10 и 11 шихты 9, которая в действительности простирается от основания куч до их вершин. В то же время формируется зона плавления

ния 14, которая простирается между основаниями куч 10 и 11 и верхней поверхностью ванны расплавленного металла 12. Во время реакции восстановленная шихта 9 передвигается под действием тяжести из реакционной зоны к зоне плавления 14.

Шлак 15, который образуется во время такого плавления, находится ниже зоны плавления 14 и плавает как в туннеле на поверхности ванны расплавленного металла 12. Туннель со шлаком 15 ведет к выходному отверстию для шлака (не показано) в нагревательной камере 2, а загрузочные отверстия, например 5 и 6, для шихты расположены относительно этого выходного отверстия для шлака так, чтобы шлак 15 в туннеле направлялся к выходному отверстию для шлака.

Образующуюся во время восстановления металлосодержащего соединения окись углерода (CO), проходящую через шихту 9, сжигают с использованием множества кислородных горелок, из которых лишь две, 7 и 8, показаны. Выделяющееся при этом тепло используют в процессе.

В ходе восстановления и плавки металлосодержащего соединения сплошной слой 13 шихты 9 служит для того, чтобы предупредить попадание какого-то количества материала шихты 9 с куч 10 и 11 в туннель со шлаком 15 или в жидкий металл в ванне расплавленного металла 12, предупреждая тем самым "короткий цикл".

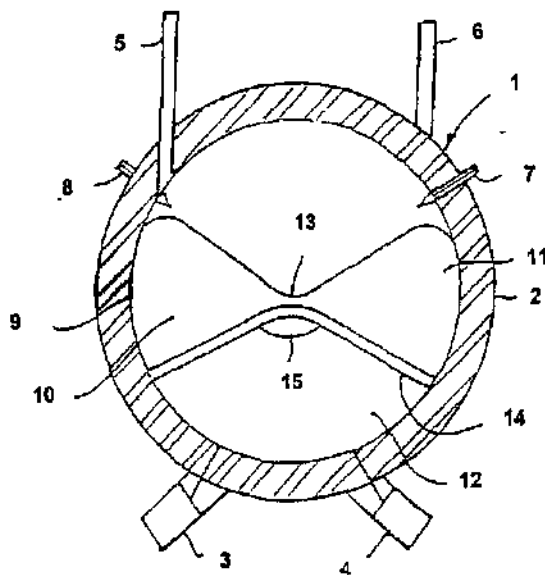
Тепло, подаваемое в ванну расплавленного металла 12 через индукторы, например 3 и 4, рассеивается в кучах 10 и 11 шихты 9. Это тепло, наряду с теплом, выделяющимся при сжигании окиси углерода (CO) горелками 7 и 8, заставляет окись железа и углерод шихты 9 вступать в реакцию, которая приводит к восстановлению окиси железа. Это восстановление происходит в самом верхнем 20-миллиметровом слое куч 10 и 11, следовательно, в твердой фазе, в основном, благо-

даря теплу, которое подается к этому слою от окиси углерода (CO), сжигаемого горелками 7 и 8. В то же время твердое восстановленное железо плавится в зоне плавления 14, из которой оно перемещается под действием тяжести в ванну расплавленного металла 12.

Вследствие того, что ни одна реакция в нагревательной камере 2 индукционной печи 1 теперь не происходит в жидкой фазе, практически устраняется появление нежелательных газов. Отсутствие пузырьковых образований в ванне расплавленного металла 12 и в образуемом шлаке 15 является показателем того, что процесс проходит правильно и газовая пористость в готовом металле практически отсутствует.

При такой плавке в реакционной зоне в шихте 9 образуется шлак, который не содержит окиси других металлов, которые могут присутствовать в шихте 9. Следовательно, нет необходимости в дополнительном количестве восстановителя для реакции, и поэтому готовый металл не содержит нежелательно высокое количество углерода. Вследствие того, что нет необходимости в последующем удалять какое-то избыточное количество восстановителя, количество дополнительных этапов в способе уменьшается. Так обеспечивается достижение технического результата, заключающегося в сокращении продолжительности процесса, уменьшении выхода металла с нежелательно высоким содержанием углерода и повышенной газовой пористостью.

Следует отметить, что еще одно преимущество заявляемого изобретения состоит в том, что поскольку при восстановлении и плавки металлосодержащего соединения используются частицы шихты относительно малого размера, до 10 мм, то можно использовать такие виды шихты, которые обычно ранее не применялись без предварительного гранулирования и/или спекания.



Фиг.

