

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(21) **202092301** (13) **A1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ**(43) Дата публикации заявки  
**2021.04.06**(51) Int. Cl. **C22B 7/04** (2006.01)  
**C22B 15/00** (2006.01)  
**C22B 13/02** (2006.01)  
**C22B 19/30** (2006.01)(22) Дата подачи заявки  
**2019.06.18**(54) **УСТРОЙСТВО И СПОСОБ ОБЕДНЕНИЯ МЕДНОГО ШЛАКА**(31) **201810639270.5**

(72) Изобретатель:

(32) **2018.06.20****Го Ягуан, Ву Цзиньцай, Лян Шуайбяо,  
Пэй Чжуне, Чэнь Сюэган (CN)**(33) **CN**(86) **PCT/CN2019/091716**

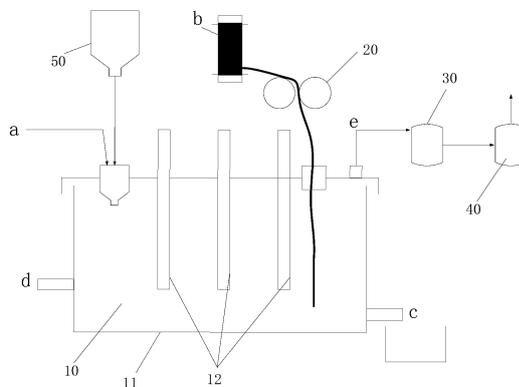
(74) Представитель:

(87) **WO 2019/242607 2019.12.26****Поликарпов А.В., Соколова М.В.,  
Путинцев А.И., Черкас Д.А., Игнатъев  
А.В., Билык А.В., Дмитриев А.В.,  
Бучака С.М., Бельтюкова М.В. (RU)**

(71) Заявитель:

**ЧАЙНА ЭНФИ ИНЖЕНИРИНГ  
КОРПОРЕЙШН (CN)**

(57) Предложено устройство и способ обеднения медного шлака. Устройство содержит печь (10) для обеднения медного шлака и механизм подачи проволоки (20), при этом в печи (10) для обеднения медного шлака используют в качестве источника тепла нагрев электрическим током или плазменный нагрев, печь (10) для обеднения медного шлака снабжена впуском для медного шлака, отверстием для подачи проволоки и отверстием для штейна, причем выпуск для медного шлака используют для подачи медного шлака (а), а отверстие для штейна используют для выгрузки медного штейна (с), полученного при обработке с восстановлением и обеднением; механизм подачи проволоки (20) используют для подачи проволоки с угольным порошком (b) в печь (10) для обеднения медного шлака через отверстие для подачи проволоки для выполнения обработки с восстановлением и обеднением медного шлака (а). Устройство для обеднения медного шлака обеспечивает повышение эффективности восстановления-обеднения медного шлака и имеет преимущества короткого технологического процесса, низкой стоимости, возможности извлечения таких тяжелых металлов, как свинец, цинк и т.п., из шлака и т.д.

**A1****202092301****202092301****A1**

## УСТРОЙСТВО И СПОСОБ ОБЕДНЕНИЯ МЕДНОГО ШЛАКА

### Область техники

Настоящее изобретение относится к технической области плавки металлов, в частности, к устройству и способу обеднения медного шлака.

### Уровень техники

В существующем в настоящее время процессе плавки меди при выплавке 1 т меди образуется от 2 до 7 т медного шлака, в котором содержание меди и других металлов относительно высокое. Содержание меди в образуемом шлаке изменяется в зависимости от различий в процессах плавки и составляет от 0,8 до 12 %; медный шлак также содержит другие металлы, такие как свинец, цинк и т. п., причем содержание свинца составляет примерно от 0,5 до 10 %, а содержание цинка составляет примерно от 1,0 до 8 %.

В настоящее время в Китае медный шлак в основном обедняют за счет применения технологии механической обработки шлака, который, главным образом, подвергают этапам медленного охлаждения, дробления, тонкого измельчения и т. п. Например: в заявке на патент Китая № 2014106829920.6 предложен способ прямой переработки составляющей железа в шлаке, при котором медный шлак охлаждают, а затем подвергают сухой грануляции и доводят до восстановления в виде обогащенной руды. Однако этот способ имеет такие недостатки, как большая занимаемая площадь, высокие инвестиционные затраты и значительные потери тепла. В последние годы ежегодный сброс медных шлаков в мире достигает более 60 миллионов тонн, а в Китае эта цифра достигает 15 миллионов тонн. Если всё обеднение и утилизация медного шлака будет осуществляться с использованием способов механической обработки шлака, накопление отходов от обогащения руды нанесет большой ущерб окружающей среде; кроме этого, свинец и цинк в шлаке не могут быть переработаны, поскольку это требует чрезмерной затраты ресурсов.

В последние годы многие исследования в области пирометаллургической обработки медных шлаков проводятся как в Китае, так и в мире, но не предлагается какой-либо готовый процесс. Пирометаллургический способ, как правило, имеет следующие недостатки: (1) кусковой уголь или порошкообразный уголь, введенный для восстановления и обеднения, будет плавать на поверхности расплавленного шлака, и большое количество восстановителя будет сгорать с превращением в отходящие газы, не достигнув значительного восстановления; кроме того, ванна расплава является

статической, что не способствует росту медного штейна (металла) в шлаке, а динамические условия плохие; и (2) процесс впрыска восстанавливающего вещества имеет недостатки, связанные с большими инвестициями и высокой стоимостью производства.

### **Сущность изобретения**

Настоящее изобретение в основном направлено на предоставление устройства и способа обеднения медного шлака при низкой стоимости для устранения недостатков предшествующего уровня техники, при котором, в частности, не удавалось одновременно достичь целей короткого технологического процесса, высокой эффективности и, в тоже время, невозможно повторно использовать тяжелые металлы, такие как свинец и цинк, и т. п., при обработке и переработке медного шлака.

Для достижения вышеупомянутой цели, в одном из аспектов настоящего изобретения, предлагается устройство для обеднения медного шлака, которое содержит: печь для обеднения медного шлака с использованием нагрева электрическим током или плазменного нагрева в качестве источника тепла, причем печь для обеднения медного шлака снабжена впуском для подачи медного шлака, отверстием для подачи проволоки и отверстием для выпуска медного штейна, полученного в результате обработки с восстановлением и обеднением; механизм подачи проволоки для подачи проволоки с угольным порошком в печь для обеднения медного шлака через отверстие для подачи проволоки для выполнения обработки с восстановлением и обеднением медного шлака.

При этом печь для обеднения медного шлака представляет собой печь с закрытой дугой или плазменную печь.

Кроме того, печь для обеднения медного шлака содержит: корпус печи, в котором впуск для медного шлака и отверстие для подачи проволоки расположены в верхней части корпуса печи, отверстие для штейна предусмотрено в нижней части корпуса печи, при этом, корпус печи также снабжен отверстиями для электродов; нагревательный электрод, проходящий внутрь корпуса печи через отверстие для электрода, для подачи тепла в корпус печи.

Кроме того, выполнено множество отверстий для подачи проволоки, которые распределены в верхней части корпуса печи.

В частности, имеется от 3 до 8 отверстий для подачи проволоки, причем диаметр отверстий для подачи проволоки составляет от 30 до 100 мм.

Кроме того, дополнительно выполнено отверстие для шлака в нижней части стороны

корпуса печи, которое противоположно отверстию для штейна и предназначено для выпуска шлака, полученного в процессе восстановления и обеднения.

Кроме того, устройство для обеднения медного шлака дополнительно содержит устройство для охлаждения шлака, выходящего из отверстия для шлака.

Кроме того, в верхней части корпуса печи предусмотрен выпуск для подачи присадки.

Кроме того, выпуск для присадки находится в том же месте, что и выпуск для медного шлака.

Кроме того, устройство для обеднения медного шлака дополнительно содержит бункер для присадки, соединенный с выпуском для присадки.

Кроме того, печь для обеднения медного шлака дополнительно снабжена выпуском для отходящего газа, а устройство для обеднения медного шлака дополнительно содержит: устройство для утилизации отходящего тепла, снабженное выпуском для горячего отходящего газа, причем выпуск для горячего отходящего газа соединен с выпуском отходящего газа и выпуском холодного отходящего газа; пылеулавливающее устройство, соединенное с выпуском для холодного отходящего газа.

В другом аспекте настоящего изобретения дополнительно предложен способ обеднения медного шлака, причем устройство, используемое в способе обеднения медного шлака, содержит печь для обеднения медного шлака и механизм подачи проволоки, при этом в печи для обеднения медного шлака в качестве источника тепла используют нагрев электрическим током или плазменный нагрев, а печь для обеднения медного шлака снабжена выпуском для медного шлака, отверстием для подачи проволоки и отверстием для штейна; причем способ обеднения медного шлака включает следующие этапы: подача медного шлака в печь для обеднения медного шлака через выпуск для медного шлака; подача проволоки с угольным порошком в печь для обеднения медного шлака через отверстие для подачи проволоки с использованием механизма подачи проволоки и выполнение обработки с восстановлением и обеднением медного шлака под действием нагрева электрическим током или плазменного нагрева.

При этом печь для обеднения медного шлака представляет собой печь с закрытой дугой или плазменную печь.

Кроме того, на этапе обработки с восстановлением и обеднением, в печь для обработки с обеднением медного шлака одновременно вводят присадку, которая участвует в обработке с восстановлением и обеднением; предпочтительно, присадка представляет собой одно или более из: присадок из пирита, серы и низкосортного штейна.

При этом, медный шлак имеет содержание меди от 0,8 до 12 % по массе, содержание

свинца от 0,5 до 10 %, и содержание цинка от 1,0 до 8 %; предпочтительно присадку вводят в количестве от 1 до 20 % от массы медного шлака; предпочтительно, масса угольного порошка, вводимого в проволоку с угольным порошком, обозначена А, а теоретическая согласованная масса угля, необходимого для восстановления оксида меди, оксида свинца и оксида цинка в медном шлаке, обозначена В, при этом  $A/B$  равно от 0,8 до 2,0; предпочтительно, медный шлак представляет собой жидкий медный шлак, полученный при плавке меди.

Далее отметим, что проволока с угольным порошком имеет диаметр от 10 до 30 мм, и содержание угля в угольном порошке в проволоке с угольным порошком составляет от 50 до 98 %.

Следует уточнить, что проволока с угольным порошком включает сердцевину из угольного порошка и металлическую оболочку, покрывающую поверхность слоя сердцевины из угольного порошка, причем металлическая оболочка представляет собой железную или алюминиевую оболочку и, предпочтительно, имеет толщину от 0,1 до 0,5 мм.

При этом, на этапе подачи проволоки с угольным порошком, конец проволоки с угольным порошком помещают в слой расплава внутри печи для обеднения медного шлака, причем высота от внутренней нижней стенки печи для обработки с обеднением медного шлака до поверхности расплавленного шлака обозначена буквой Н, а высота от внутренней нижней стенки печи для обработки с обеднением медного шлака до конца проволоки с угольным порошком обозначена  $h$ , причем  $h/H$  равно от  $1/3$  до  $1/2$ .

Кроме того, температура обработки с восстановлением и обеднением составляет от 1200 до 1400 °С, а продолжительность процесса составляет от 1 до 3 часов.

Далее следует отметить, что на стадии обработки с восстановлением и обеднением получают медный штейн, шлак и отходящий газ, а способ обеднения медного шлака дополнительно включает этап проведения охлаждения шлака водой.

Кроме того, способ обеднения медного шлака дополнительно включает в себя этап проведения последующей обработки отходящего газа, при этом этап последующей обработки включает в себя: проведение обработки с рекуперацией отходящего тепла для получения холодного отходящего газа; проведение обработки с пылеулавливанием холодных отходящих газов.

В настоящем описании предложено устройство для обеднения медного шлака, которое содержит печь для обеднения медного шлака и механизм подачи проволоки, причем в печи для обеднения медного шлака в качестве источника тепла используется

нагрев электрическим током или плазменный нагрев, при этом печь для обработки с обеднением медного шлака, снабжена впуском для подачи медного шлака, отверстием для подачи проволоки и отверстием для выгрузки медного штейна, полученного при обработке с восстановлением и обеднением; при этом механизм подачи проволоки используют для подачи проволоки с угольным порошком в печь для обеднения медного шлака через отверстие для подачи проволоки, чтобы выполнить обработку с восстановлением и обеднением медного шлака.

В соответствии с устройством для обеднения медного шлака, предлагаемым настоящим изобретением, проволоку с угольным порошком подают в печь для обеднения медного шлака посредством механизма подачи проволоки с последующей обработкой с восстановлением и обеднением медного шлака, проводимой с помощью нагрева электрическим током или плазменного нагрева в качестве источника тепла. По сравнению с традиционным способом обогащения руды, процесс обработки медного шлака, посредством предлагаемого устройства, прост, а тепло, переносимое медным шлаком из предыдущего процесса, может быть эффективно использовано, при этом занимаемая площадь устройства мала, а стоимость оборудования невысока. Кроме того, устройство может попутно восстанавливать оксид свинца и оксид цинка в медном шлаке и позволяет избегать, при извлечении меди и небольшого количества свинца и цинка, использования химических веществ, добавляемых в процессе обработки минералов. Это приносит большие экономические выгоды и значительно снижает скрытые угрозы безопасности. По сравнению с процессом пирометаллургического обеднения, проволока с угольным порошком может напрямую подаваться в нижний слой расплавленного шлака в корпусе печи посредством механизма подачи проволоки. Таким образом, угольный порошок в проволоке с угольным порошком может более полно контактировать с расплавом в нижней части расплавленного шлака, чтобы выполнять функцию восстанавливающего вещества, то есть оксид меди в медном шлаке восстанавливается до медного штейна в условиях повышенной кинетики обеднения, при этом небольшое количество оксида свинца и оксида цинка также может быть восстановлено до соответствующих элементарных металлов и поступать в отходящие газы (свинец и цинк могут быть превращены в газ, и поступать в отходящие газы), так что восстановление является удобным.

Основываясь на вышеизложенных доводах, устройство для обеднения медного шлака, предлагаемое в настоящем изобретении, может существенно повышать эффективность восстановления и обеднения медного шлака и имеет положительные эффекты, заключающиеся в коротком технологическом процессе, низкой стоимости,

способности одновременно извлекать тяжелые металлы, такие как свинец, цинк и т. п. из шлака.

### **Краткое описание чертежей**

Прилагаемые чертежи, которые включены в данную заявку и составляют ее часть, иллюстрируют варианты воплощения настоящего изобретения и вместе с описанием служат для объяснения настоящего изобретения, и не должны толковаться как ненадлежащее ограничение настоящего изобретения. На чертежах:

Фиг. 1 иллюстрирует принципиальную схему устройства для обеднения медного шлака согласно варианту воплощения настоящего изобретения.

Указанные выше фигуры включают следующие цифровые обозначения:

10 – печь для обеднения медного шлака; 11 – корпус печи; 12 – нагревательный электрод; 20 – механизм подачи проволоки; 30 – устройство для утилизации отходящего тепла; 40 – пылесборник; и 50 – бункер для присадок;

**a** – медный шлак; **b** – проволоки с угольным порошком; **c** – медный штейн; **d** – шлак; и **e** – отходящий газ.

### **Подробное описание вариантов воплощения изобретения**

Следует отметить, что варианты воплощения и признаки в вариантах воплощения, описанных здесь, могут быть объединены друг с другом без противоречия. Настоящее изобретение далее будет описано подробно в качестве примера со ссылкой на прилагаемые чертежи.

Настоящая заявка более подробно описана ниже со ссылкой на конкретные примеры, которые не следует истолковывать как ограничивающие объем заявки.

Как описано в разделе «Уровень техники», обработка медного шлака с помощью существующих технологий не может быть одновременно недорогим, коротким и высокоэффективным технологическим процессом, а также не позволяет извлекать такие тяжелые металлы, как свинец, цинк и т. п.

Для устранения указанных выше недостатков, в настоящем описании предложено устройство для обеднения медного шлака, как показано на фиг. 1, содержащее печь 10 для обеднения медного шлака и механизм подачи проволоки 20, при этом в печи 10 для обеднения медного шлака используется нагрев электрическим током или плазменный нагрев в качестве источника тепла, и печь 10 для обработки медного шлака с обеднением медного шлака снабжена впуском **a** для подачи медного шлака, отверстием для подачи

проволоки и отверстием с для выгрузки медного штейна, полученного при обработке с восстановлением и обеднением; при этом механизм подачи проволоки 20 используют для подачи проволоки с угольным порошком в печь 10 для обеднения медного шлака через отверстие для подачи проволоки, чтобы выполнить обработку с восстановлением и обеднением медного шлака.

При использовании устройства для обеднения медного шлака, предлагаемого настоящим изобретением, проволоку **в** с угольным порошком подают в печь 10 для обеднения медного шлака с применением подающего проволоку устройства 20, с последующей обработкой с восстановлением и обеднением медного шлака с помощью нагрева электрическим током или плазменного нагрева в качестве источника тепла. По сравнению с традиционным способом обогащения руды, процесс обработки медного шлака, посредством предлагаемого устройства, прост, а тепло, переносимое медным шлаком из предыдущего процесса, может быть эффективно использовано, при этом занимаемая площадь устройства мала, а стоимость оборудования невысока. Кроме того, с помощью предлагаемого устройства, оксид свинца и оксид цинка в медном шлаке могут быть попутно подвергнуты восстановительной обработке, при этом медь и небольшое количество свинца и цинка в медном шлаке могут быть извлечены, избегая добавления химических веществ и т. п., что не только приносит большие экономические выгоды предприятиям, но и значительно снижает потенциальные угрозы безопасности. В отличие от процесса пирометаллургического обеднения, проволока с угольным порошком может напрямую подаваться в нижний слой расплавленного шлака в корпусе печи посредством механизма подачи проволоки 20. Таким образом, угольный порошок в проволоке с угольным порошком может более полно контактировать с расплавом в нижней части расплавленного шлака, чтобы выполнять функцию восстанавливающего вещества, так что оксид меди в медном шлаке восстанавливается до медного штейна в условиях повышенной кинетики обеднения, а небольшое количество оксида свинца и оксида цинка также может быть восстановлено до соответствующих элементарных металлов и поступать в отходящие газы (свинец и цинк могут быть превращены в газ, и поступать в отходящие газы), так что восстановление является удобным.

Основываясь на вышеизложенных доводах, устройство для обеднения медного шлака, предлагаемое в настоящем изобретении, может существенно повышать эффективность восстановления и обеднения медного шлака и имеет положительные эффекты, заключающиеся в коротком технологическом процессе, низкой стоимости, способности одновременно извлекать тяжелые металлы, такие как свинец, цинк и т. п. из

шлака.

В реальном процессе обеднения скорость подачи проволоки с угольным порошком регулируется механизмом подачи проволоки 20. После поступления в расплав угольный порошок реагирует с тяжелыми металлами (небольшим количеством свинца и цинка) с образованием газообразного СО и СО<sub>2</sub>, металлы, существующие в виде оксидов, восстанавливаются до состояния элементарного металла, а другие металлы, такие как осаждаемая медь и т. п., выводятся через отверстие для штейна. Газ также может играть роль в перемешивании расплава в процессе выхода из расплава, способствуя агрегации, росту и осаждению металлических частиц, тем самым способствуя реакции восстановления.

В предпочтительном варианте воплощения изобретения печь 10 для обеднения медного шлака представляет собой печь с закрытой дугой или плазменную печь. При использовании печи с закрытой дугой или плазменной печи можно обеспечить стабильный нагрев для процесса обеднения медного шлака, а присадочная проволока с угольным порошком может практически полностью служить восстановителем, что может дополнительно улучшить динамические условия обеднения и повысить эффективность производства.

В предпочтительном варианте воплощения, как показано на фиг. 1, печь 10 для обработки с обеднением медного шлака содержит корпус 11 печи и нагревательный электрод 12, при этом впуск для медного шлака и отверстие для подачи проволоки расположены в верхней части корпуса 11 печи, отверстие для штейна выполнено в нижней части стороны корпуса 11 печи, и корпус 11 печи также снабжен отверстием для электрода; при этом нагревательный электрод 12 проходит через отверстие для электрода во внутреннюю часть корпуса 11 печи для подачи тепла в корпус 11 печи. В реальном рабочем процессе питание подается на нагревательный электрод 12 через источник питания, а затем нагревательный электрод 12 используют для подачи тепла в систему медного шлака внутри корпуса 11 печи. Количество вышеупомянутых нагревательных электродов 12 может быть отрегулировано в соответствии с емкостью корпуса 11 печи и степенью обработки медного шлака, что должно быть понятно специалисту в данной области техники.

Чтобы выполнять операцию подачи проволоки и более удобно управлять высотой подачи проволоки, в предпочтительном варианте воплощения изобретения выполнено множество отверстий для подачи проволоки, и множество отверстий для подачи проволоки распределены в верхней части корпуса 11 печи. Отверстия для подачи

проволоки распределены в верхней части корпуса 11 печи и после того, как проволока с угольным порошком будет подана в отверстия для подачи проволоки посредством механизма подачи проволоки 20, проволока с угольным порошком может поступать в расплав, чтобы войти в контакт с расплавом под действием силы тяжести проволоки с угольным порошком, и высоту конца проволоки можно с удобством регулировать в процессе. Кроме того, выполнено множество отверстий для подачи проволоки, причем проволока с угольным порошком может подаваться в различных положениях, что способствует дальнейшему повышению эффективности обеднения. Предпочтительно, имеется от 3 до 8 отверстий для подачи проволоки, а диаметр отверстий для подачи проволоки составляет от 30 до 100 мм.

В предпочтительном варианте воплощения изобретения дополнительно выполнено отверстие для шлака в нижней части стороны корпуса 11 печи, напротив отверстия **d** для штейна, предназначенное для выпуска шлака, полученного в процессе восстановления и обеднения. Как показано на фиг. 1, в реальном производственном процессе в системе обеднения внутри корпуса 11 печи медный штейн располагается в нижней части, а некоторое количество шлака, плавающего на поверхности расплава, располагается в верхней части. Таким образом, шлак может быть выведен через отверстие для шлака. Предпочтительно, устройство для обеднения медного шлака дополнительно содержит устройство для охлаждения шлака **d**, выпускаемого из отверстия для шлака. Конкретным способом охлаждения может быть способ охлаждения, обычно используемый в данной области техники, такой как мокрая грануляция.

Чтобы дополнительно улучшить эффект обеднения медного шлака, в предпочтительном варианте воплощения дополнительно предусмотрен выпуск для введения присадки в верхней части корпуса 11 печи. Присадка может представлять собой вулканизирующее вещество, улавливающее вещество и т. п., которые полезны для снижения содержания медного штейна в шлаке и дополнительно повышают степень извлечения меди.

В предпочтительном варианте воплощения выпуск для присадки и выпуск для медного шлака находятся в одном месте. Следовательно, присадку и медный шлак можно подавать в одном месте, что повышает удобство работы. Предпочтительно устройство для обеднения медного шлака дополнительно содержит бункер 50 для присадки, который соединен с выпуском для добавления присадки.

В предпочтительном варианте воплощения печь 10 для обработки с обеднением медного шлака дополнительно снабжена выпуском для отходящего газа, а устройство для

удаления медного шлака дополнительно содержит устройство 30 для утилизации отходящего тепла и пылеулавливающее устройство 40, при этом устройство 30 для утилизации отходящего тепла снабжено впуском для горячего отходящего газа и выпуском для холодного отходящего газа, при этом впуск для горячего отходящего газа соединен с выпуском для отходящего газа; пылеулавливающее устройство 40 соединено с выпуском для холодного отходящего газа. С одной стороны, может быть повторно использовано отходящее тепло в отходящем газе **e**, с другой стороны, можно уменьшить выброс твердых частиц и улучшить экологичность устройства, и могут быть переработаны восстановленные элементарный свинец и цинк, переносимые в отходящем газе.

В соответствии с другим аспектом настоящего изобретения дополнительно предложен способ обеднения медного шлака, при котором, как показано на фиг. 1, устройство, используемое в способе обеднения медного шлака, содержит печь 10 для обеднения медного шлака и механизм подачи проволоки 20, при этом в печи 10 для обеднения медного шлака в качестве источника тепла используют нагрев электрическим током или плазменный нагрев, а печь 10 для обеднения медного шлака снабжена впуском для медного шлака, отверстием для подачи проволоки и отверстием для штейна; причем способ обеднения медного шлака включает следующие этапы: подача медного шлака в печь 10 для обеднения медного шлака через впуск для медного шлака; подача проволоки **b** с угольным порошком в печь 10 для обеднения медного шлака через отверстие для подачи проволоки с использованием подающего проволоку устройства 20, и выполнение обработки с восстановлением и обеднением медного шлака действием нагрева электрическим током или плазменного нагрева.

В соответствии со способом обеднения медного шлака, предлагаемым в настоящем изобретении, проволоку с угольным порошком подают в печь 10 для обеднения медного шлака посредством механизма подачи проволоки 20, с последующим выполнением обработки с восстановлением и обеднением медного шлака с использованием нагрева электрическим током или плазменного нагрева в качестве источника тепла. По сравнению с традиционным способом обогащения руды, процесс обработки медного шлака, посредством предлагаемого устройства, прост, тепло, переносимое медным шлаком из предыдущего процесса, может быть эффективно использовано, занимаемая площадь устройства мала, а стоимость оборудования невысока. Между тем, с помощью устройства оксид свинца и оксид цинка в медном шлаке могут быть попутно подвергнуты восстановительной обработке, медь, небольшое количество свинца и цинка в медном шлаке могут быть извлечены, избегая добавления химических веществ и т. п., что не

только приносит большие экономические выгоды предприятиям, но и значительно снижает потенциальные угрозы безопасности. В отличие от процесса пирометаллургического обеднения, проволока с угольным порошком может напрямую подаваться в нижний расплавленный слой расплавленного шлака в корпусе печи посредством механизма подачи проволоки 20. Таким образом, угольный порошок в проволоке с угольным порошком может более полно контактировать с расплавом в нижней части расплавленного шлака, чтобы выполнять функцию восстанавливающего вещества, так что оксид меди в медном шлаке восстанавливается до медного штейна в условиях повышенной кинетики обеднения, а небольшое количество оксида свинца и оксида цинка также может быть восстановлено до соответствующих элементарных металлов и попадет в отходящие газы, так что восстановление является удобным.

Основываясь на вышеизложенных доводах, эффективность восстановления и обеднения медного шлака может быть существенно повышена за счет использования устройства для обеднения медного шлака, предлагаемого настоящим изобретением, которое имеет положительные эффекты короткого технологического процесса, низкой стоимости и возможности извлечения тяжелых металлов, таких как свинец, цинк и т. п., в то же время представляющих собой шлак.

В предпочтительном варианте воплощения изобретения печь 10 для обеднения медного шлака представляет собой печь с закрытой дугой или плазменную печь. При использовании печи с закрытой дугой или плазменной печи можно обеспечить стабильный нагрев для процесса обеднения медного шлака, а добавляемая проволока с угольным порошком может практически полностью служить восстановителем, что может дополнительно улучшить динамические условия обеднения и повысить эффективность производства.

В предпочтительном варианте воплощения изобретения, на этапе обработки с восстановлением и обеднением в печь 10 для обработки с обеднением медного шлака одновременно вводят присадку, которая участвует в обработке с восстановлением и обеднением; предпочтительно, присадка представляет собой одну или более из: присадки из пирита, серы и низкосортного штейна. Кроме того, добавление присадок способствует снижению содержания штейна в шлаке и дальнейшему повышению степени извлечения меди.

Обработка с обеднением медного шлака на основе специального процесса подачи проволоки позволяет использовать более широкий диапазон медного шлака в процессе, предлагаемом настоящим изобретением, и в предпочтительном варианте воплощения

медный шлак имеет содержание меди от 0,8 до 12 % по массе, содержание свинца от 0,5 до 10 % и содержание цинка от 1,0 до 8 %.

Для дальнейшего повышения эффективности обеднения медного шлака и повышения степени извлечения меди (небольшого количества свинца, цинка и других металлов) добавляемое количество присадки составляет от 1 до 20 % от массы медного шлака. Более предпочтительно, масса угольного порошка, добавляемого в проволоку с угольным порошком, обозначена А, а теоретическая масса угля, необходимая для восстановления оксида меди, оксида свинца и оксида цинка в медном шлаке, обозначена В, при этом А/В составляет от 0,8 до 2,0. «Теоретическая масса угля, необходимая для восстановления оксида меди, оксида свинца и оксида цинка в медном шлаке» в данном документе относится к теоретическому количеству угля, необходимому для восстановления этих оксидов до элементарного металла.

Чтобы полностью использовать тепло, переносимое медным шлаком, и снизить потребление энергии, медный шлак, предпочтительно, представляет собой жидкий медный шлак, полученный в процессе плавки меди. Температура жидкого медного штейна, получаемого при плавке меди, обычно составляет от 1180 до 1250 °С. Жидкий медный шлак напрямую перемещают в печь 10 для обеднения медного шлака по желобу или в шлаковом ковше, с полным использованием остаточного тепла жидкого медного шлака.

Проволока с угольным порошком, используемая в вышеописанном способе обеднения согласно настоящему изобретению, в настоящее время имеется на рынке. В предпочтительном варианте воплощения изобретения, диаметр проволоки с угольным порошком составляет от 10 до 30 мм, и содержание угля в проволоке с угольным порошком составляет от 50 до 98 %. Кроме того, проволока с угольным порошком включает сердцевину из угольного порошка и металлическую оболочку, покрывающую поверхность слоя сердцевины из угольного порошка, причем металлическая оболочка представляет собой железную или алюминиевую оболочку, предпочтительно имеющую толщину от 0,1 до 0,5 мм. Металлическая оболочка плавится при высокой температуре после поступления в расплав в корпусе 11 печи, или растворяется в шлаке после реакции и окисления с другими оксидами металлов.

В предпочтительном варианте воплощения изобретения, на этапе подачи проволоки с угольным порошком, конец проволоки с угольным порошком помещают в слой расплава внутри печи 10 для обеднения медного шлака, при этом высота от внутренней нижней части печи 10 для обработки с обеднением медного шлака до слоя расплавленного шлака

обозначена буквой  $H$ , а высота от внутренней нижней части печи 10 для обработки с обеднением медного шлака до конца проволоки с угольным порошком обозначена  $h$ , причем  $h/H$  равно от  $1/3$  до  $1/2$ . Таким образом, с одной стороны, контакт между проволокой с угольным порошком и массой расплава достаточен, условия обеднения лучше, а с другой стороны, после того как реакция восстановления оксида металла в средней части ванны расплава завершится, оксид металла может поступать на дно ванны расплава путем осаждения с образованием более устойчивого слоя медного штейна, так что медный штейн может быть легко удален.

Как описано выше, процесс обеднения медного шлака, основанный на настоящем изобретении, имеет хорошие кинетические условия и может значительно сокращать время процесса обеднения. В предпочтительном варианте воплощения изобретения температура обработки с восстановлением-обеднением составляет от 1200 до 1400 °C, а продолжительность составляет от 1 до 3 часов.

В предпочтительном варианте воплощения изобретения медный штейн  $c$ , шлак  $d$  и отходящий газ  $e$  получают на стадии обработки с восстановлением и обеднением, а способ обеднения медного шлака дополнительно включает этап проведения охлаждения шлака водой. При этом шлак  $d$  выгружают из отверстия для шлака и подвергают охлаждению водой, и, поскольку шлак  $d$  не подвергается тонкому измельчению или обогащению, как руда, химическое вещество не добавляется, а тяжелые металлы, такие как свинец, цинк и т. п. в шлаке утилизируются, шлак  $d$  не относится к опасным отходам и оказывает незначительное воздействие на окружающую среду.

В предпочтительном варианте воплощения изобретения способ обеднения медного шлака дополнительно включает в себя этап проведения последующей обработки отходящего газа  $e$ , при этом этап последующей обработки включает в себя: проведение обработки с рекуперацией отходящего тепла для получения холодного отходящего газа  $e$ ; и проведение обработки с пылеулавливанием холодного отходящего газа. С одной стороны, отходящее тепло в отходящем газе может быть повторно использовано, с другой стороны, можно уменьшить выброс твердых частиц и улучшить экологичность устройства, при этом, могут быть переработаны элементарный свинец и элементарный цинк, полученные путем восстановления и переносимые в отходящем газе.

При обработке медного шлака способом, предлагаемым в настоящем изобретении, содержание  $Cu$  в шлаке может составлять не более 0,5 %, содержание  $Pb$  может составлять не более 0,2 %, а содержание  $Zn$  может составлять не более 0,2 %. Содержание меди в медном штейне может достигать от 40 до 80 %, и после выгрузки медный штейн может

быть использован в последующем процессе (например, в процессе дутья) для получения анодной пластины.

Следует заметить, что в реальном процессе обеднения восстановитель будет образовывать CO или CO<sub>2</sub> после участия в обеднении, часть горючих веществ будет уноситься с отходящим газом, который также может частично сжигаться над шлаком для поддержания тепла в корпусе 11 печи.

Положительные эффекты настоящего изобретения дополнительно иллюстрируются следующими примерами:

#### Пример 1

Медный шлак может быть обеднен с помощью устройства для обеднения медного шлака, показанного на фиг. 1, причем печь для обеднения показана на фиг. 1. Три нагревательных электрода были расположены в корпусе печи, причем объем части электродов, проходящих во внутреннее пространство, составлял 4 % от общего объема внутреннего пространства. Плотность энерговыделения электродов составляла 200 кВт/м<sup>2</sup>, а условия процесса были следующими:

Медный шлак подавался в печь и температура шлака в печи была увеличена до 1400 °С; начали подавать проволоку с угольным порошком (5 отверстий для подачи проволоки были расположены в верхней части корпуса печи), проволока с угольным порошком включала сердцевину из угольного порошка и железную оболочку толщиной 0,1 мм, покрывающую поверхность слоя сердцевины из угольного порошка, при этом диаметр проволоки с угольным порошком составлял 10 мм, содержание угля в углеродном порошке составляло 98%; причем, если масса угольного порошка в добавляемой проволоке с угольным порошком была обозначена А, а теоретическая масса угля, необходимая для восстановления оксида меди, оксида свинца и оксида цинка в медном шлаке, была обозначена В, то  $A/B = 0,8$ . В процессе подачи проволоки, конец проволоки с угольным порошком помещали в слой расплава в печи для обеднения медного шлака, причем, если высота от внутренней нижней части печи для обеднения медного шлака до слоя расплава была обозначена Н, а высота от внутренней нижней стенки печи для обеднения медного шлака до конца проволоки с угольным порошком обозначена h, то  $h/H = 1/3$ ; при этом, в корпус печи, для дальнейшего улавливания металлической меди в шлаке добавляли пирит, причем добавляемое количество составляло 3% от общей массы расплавленного шлака; полученный медный штейн возвращали в плавильную печь.

Результаты обработки: Ежегодно можно перерабатывать 200 000 тонн медеплавильного шлака, причем медный шлак содержит 3,5 % меди, 0,95 % свинца и 2,76

% цинка; после обработки медного шлака остатки содержали 0,32 % меди, 0,06 % свинца и 0,12 % цинка; содержание меди в медном штейне составляло 35,12 %. Извлечение меди, извлечение свинца и извлечение цинка по всей системе составило около 90,54 %, 98,5 % и 96 %, соответственно.

#### Пример 2

Используемое устройство и процесс были такими же, как в примере 1, за исключением того, что:  $h/H = 1/2$ .

Результаты обработки: Ежегодно можно перерабатывать 200 000 тонн медеплавильного шлака, причем медный шлак содержит 3,5 % меди, 0,95 % свинца и 2,76 % цинка; после обработки медного шлака шлак содержал 0,35 % меди, 0,09 % свинца и 0,17 % цинка; содержание меди в медном штейне составляло 33,81 %. Извлечение меди, извлечение свинца и извлечение цинка по всей системе составило около 88,8 %, 95,6 % и 93 %, соответственно.

#### Пример 3

Используемое устройство и процесс были такими же, как в примере 1, за исключением того, что:  $h/H = 2/3$ .

Результаты обработки: Ежегодно можно перерабатывать 200 000 тонн медеплавильного шлака, причем медный шлак содержит 3,5 % меди, 0,95 % свинца и 2,76 % цинка; после обработки медного шлака шлак содержал 0,33 % меди, 0,08 % свинца и 0,14 % цинка; содержание меди в медном штейне составляло 34,25 %. Извлечение меди, извлечение свинца и извлечение цинка по всей системе составило около 89,6 %, 97,0 % и 94,5 %, соответственно.

#### Пример 4

Используемое устройство и процесс были такими же, как в примере 1, за исключением того, что: количество добавленного пирита составляло 20 % от общей массы медного шлака, а  $A/B = 2,0$ .

Результаты обработки: Ежегодно можно перерабатывать 200 000 тонн медеплавильного шлака, причем медный шлак содержит 3,5 % меди, 0,95 % свинца и 2,76 % цинка; после обработки медного шлака хвосты содержали 0,30 % меди, 0,04 % свинца и 0,10 % цинка; содержание меди в медном штейне составляло 36,5 %. Извлечение меди, извлечение свинца и извлечение цинка по всей системе составило около 91,3 %, 98,9 % и 98,2 %, соответственно.

#### Пример 5

Используемое устройство и процесс были такими же, как в примере 1, за

исключением того, что: количество добавленного пирита составляло 1% от общей массы медного шлака, а  $A/B = 0,7$ .

Результаты обработки: Ежегодно можно перерабатывать 200 000 тонн медеплавильного шлака, причем медный шлак содержит 3,5 % меди, 0,95 % свинца и 2,76 % цинка; после обработки медного шлака шлак содержал 0,40 % меди, 0,12 % свинца и 0,21 % цинка; содержание меди в медном штейне составляло 30,54 %. Извлечение меди, извлечение свинца и извлечение цинка по всей системе составило около 85,2%, 87,0% и 91,3 %, соответственно.

#### Сравнительный пример 1

Используемое устройство и процесс были такими же, как в примере 1, за исключением того, что: вместо использования процесса подачи проволоки такое же количество угольного порошка было добавлено непосредственно в корпус печи через загрузочное отверстие.

Результаты обработки: Ежегодно можно перерабатывать 200 000 тонн медеплавильного шлака, причем медный шлак содержит 3,5 % меди, 0,95 % свинца и 2,76 % цинка; после обработки медного шлака шлак содержал 1,05% меди, 0,56% свинца и 0,98% цинка; содержание меди в медном штейне составляло 23,38%. Извлечение меди, извлечение свинца и извлечение цинка по всей системе составило около 73,1 %, 63,8 % и 74,7 %, соответственно.

Из приведенного выше описания можно увидеть, что вышеописанные варианты воплощения настоящего изобретения достигают следующих технических эффектов:

В соответствии с устройством для обеднения медного шлака, предлагаемым настоящим изобретением, проволоку с угольным порошком подают в печь для обеднения медного шлака посредством механизма подачи проволоки с последующей обработкой с восстановлением и обеднением медного шлака, проводимой с использованием нагрева электрическим током или плазменного нагрева в качестве источника тепла. По сравнению с традиционным способом обогащения руды, процесс обработки медного шлака, посредством предлагаемого устройства, прост, тепло, переносимое медным шлаком из предыдущего процесса, может быть эффективно использовано, занимаемая площадь устройства мала, а стоимость оборудования невысока. При этом, посредством предлагаемого устройства, могут быть попутно подвергнуты восстановительной обработке оксид свинца и оксид цинка в медном шлаке, медь, небольшое количество свинца и цинка в медном шлаке могут быть извлечены, избегая в процессе обогащения добавления химических веществ и т. п., что не только приносит большие экономические

выгоды предприятиям, но и значительно снижает потенциальные угрозы безопасности. В отличие от процесса пирометаллургического обеднения, проволока с угольным порошком может напрямую подаваться в нижний слой расплавленного шлака в корпусе печи посредством механизма подачи проволоки. В следствие этого, угольный порошок в проволоке с угольным порошком может более полно контактировать с расплавом в нижней части расплавленного шлака, чтобы выполнять функцию восстанавливающего вещества, то есть оксид меди в медном шлаке восстанавливается до медного штейна в условиях повышенной кинетики обеднения, при этом. небольшое количество оксида свинца и оксида цинка также может быть восстановлено до соответствующих элементарных металлов и попадет в отходящие газы, что обеспечивает эффективность и удобство восстановления.

Хотя настоящее изобретение конкретно показано и описано со ссылкой на его предпочтительные варианты воплощения, специалистам в данной области техники будет понятно, что в нем могут быть сделаны различные изменения в форме и деталях. Предполагается, что настоящее изобретение охватывает модификации и вариации этого изобретения при условии, что они находятся в пределах сущности и объема этого изобретения.

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Устройство для обеднения медного шлака, содержащее:

печь (10) для обеднения медного шлака с использованием нагрева электрическим током или плазменного нагрева в качестве источника тепла, причем печь (10) для обеднения медного шлака снабжена впуском для подачи медного шлака, отверстием для подачи проволоки и отверстием для разгрузки медного штейна, полученного путем обработки с восстановлением и обеднением; и

механизм подачи проволоки (20) для подачи проволоки с угольным порошком в печь (10) для обеднения медного шлака через отверстие для подачи проволоки для выполнения обработки с восстановлением и обеднением медного шлака.

2. Устройство для обеднения медного шлака по п. 1, отличающееся тем, что печь (10) для обеднения медного шлака представляет собой печь с закрытой дугой или плазменную печь.

3. Устройство для обеднения медного шлака по п. 1, отличающееся тем, что печь (10) для обеднения медного шлака содержит:

корпус (11) печи, при этом, в верхней части корпуса (11) печи выполнено впускное отверстие для медного шлака и отверстие для подачи проволоки, в нижней части корпуса (11) печи выполнено отверстие для штейна, корпус (11) печи также снабжен отверстиями для электродов; и

нагревательный электрод (12), проходящий внутрь корпуса (11) печи через отверстие для электрода, для подачи тепла в корпус (11) печи.

4. Устройство для обеднения медного шлака по п. 3, отличающееся тем, что имеет множество отверстий для подачи проволоки которого распределено в верхней части корпуса (11) печи.

5. Устройство для обеднения медного шлака по п. 4, отличающееся тем, что имеет от 3 до 8 отверстий для подачи проволоки, диаметр которых составляет от 30 до 100 мм.

6. Устройство для обеднения медного шлака по п. 3, отличающееся тем, что дополнительно включает отверстие для выхода шлака в нижней части стороны корпуса (11) печи, которое противоположно отверстию для штейна и предназначено для выпуска шлака, полученного в процессе восстановления и обеднения.

7. Устройство для обеднения медного шлака по п. 6, отличающееся тем, что дополнительно содержит устройство для охлаждения шлака, выходящего из отверстия для шлака.

8. Устройство для обеднения медного шлака по любому из п.п. 3-7, отличающееся тем, что, в верхней части корпуса (11), дополнительно выполнен выпуск для присадки для подачи присадки.

9. Устройство для обеднения медного шлака по п. 8, отличающееся тем, что выпуск для присадки находится в том же месте, что и выпуск для медного шлака.

10. Устройство для обеднения медного шлака по п. 8, отличающееся тем, что дополнительно содержит бункер (50) для присадок, соединенный с выпуском для присадок.

11. Устройство для обеднения медного шлака по любому из п.п. 1-7, отличающееся тем, что печь (10) для обеднения медного шлака дополнительно снабжена выпуском для отходящего газа, при этом устройство для обеднения медного шлака дополнительно содержит:

устройство (30) рекуперации отходящего тепла, снабженное выпуском для горячего отходящего газа и выпуском для холодного отходящего газа, при этом вход для горячего отходящего газа соединен с выходом для отходящего газа; и

пылеулавливающее устройство (40), соединенное с выпуском для холодного отходящего газа.

12. Способ обеднения медного шлака, при котором устройство, используемое в способе обеднения медного шлака, включает печь (10) для обеднения медного шлака и механизм подачи проволоки (20), при этом в печи (10) для обеднения медного шлака в качестве источника тепла используют нагрев электрическим током или плазменный нагрев, и при этом печь (10) для обеднения медного шлака снабжена выпуском для медного шлака, отверстием для подачи проволоки и отверстием для штейна; при этом способ обеднения медного шлака включает следующие этапы:

подача медного шлака в печь (10) для обеднения медного шлака через выпуск для медного шлака;

подача проволоки с угольным порошком в печь (10) для обеднения медного шлака через отверстие для подачи проволоки посредством механизма подачи проволоки (20); и

выполнение обработки с восстановлением и обеднением медного шлака под действием нагрева электрическим током или плазменного нагрева.

13. Способ обеднения медного шлака по п. 12, отличающийся тем, что печь (10) для обеднения медного шлака представляет собой печь с закрытой дугой или плазменную печь.

14. Способ обеднения медного шлака по п. 12, отличающийся тем, что, на этапе обработки с восстановлением и обеднением, в печь (10) для обработки с обеднением

медного шлака одновременно вводят присадку, которая участвует в обработке с восстановлением и обеднением; при этом, предпочтительно, присадка представляет собой одно или более из: присадок из пирита, серы и низкосортного штейна.

15. Способ обеднения медного шлака по п. 14, отличающийся тем, что медный шлак имеет содержание меди от 0,8 до 12 % по массе, содержание свинца от 0,5 до 10 % и содержание цинка от 1,0 до 8 %;

предпочтительно, добавляют присадку в количестве от 1 до 20 % от массы медного шлака;

предпочтительно, масса угольного порошка, добавляемого в проволоку с угольным порошком, обозначена А, а теоретическая масса угля, необходимая для восстановления оксида меди, оксида свинца и оксида цинка в медном шлаке, обозначена В, при этом А/В составляет от 0,8 до 2,0, и

предпочтительно, медный шлак представляет собой жидкий медный шлак, полученный при плавке меди.

16. Способ обеднения медного шлака по любому из п.п. 12-15, отличающийся тем, что проволока с угольным порошком имеет диаметр от 10 до 30 мм, а содержание угля в угольном порошке в проволоке с угольным порошком составляет от 50 до 98 %.

17. Способ обеднения медного шлака по п. 16, отличающийся тем, что проволока с угольным порошком включает сердцевину из угольного порошка и металлическую оболочку, покрывающую поверхность слоя сердцевины из угольного порошка, при этом металлическая оболочка представляет собой железную или алюминиевую оболочку, предпочтительно имеющую толщину от 0,1 до 0,5 мм.

18. Способ обеднения медного шлака по любому из п.п. 12-15, отличающийся тем, что, на этапе подачи проволоки с угольным порошком, конец проволоки с угольным порошком помещают в слой расплава внутри печи (10) для обеднения медного шлака, при этом высота от внутренней нижней части печи (10) для обработки с обеднением медного шлака до верхнего уровня расплавленного шлака обозначена буквой Н, а высота от внутренней нижней части печи (10) для обработки с обеднением медного шлака до конца проволоки с угольным порошком обозначена h, при этом h/Н равно от 1/3 до 1/2.

19. Способ обеднения медного шлака по п. 18, отличающийся тем, что температура обработки с восстановлением и обеднением составляет от 1200 до 1400 °С, а продолжительность процесса составляет от 1 до 3 часов.

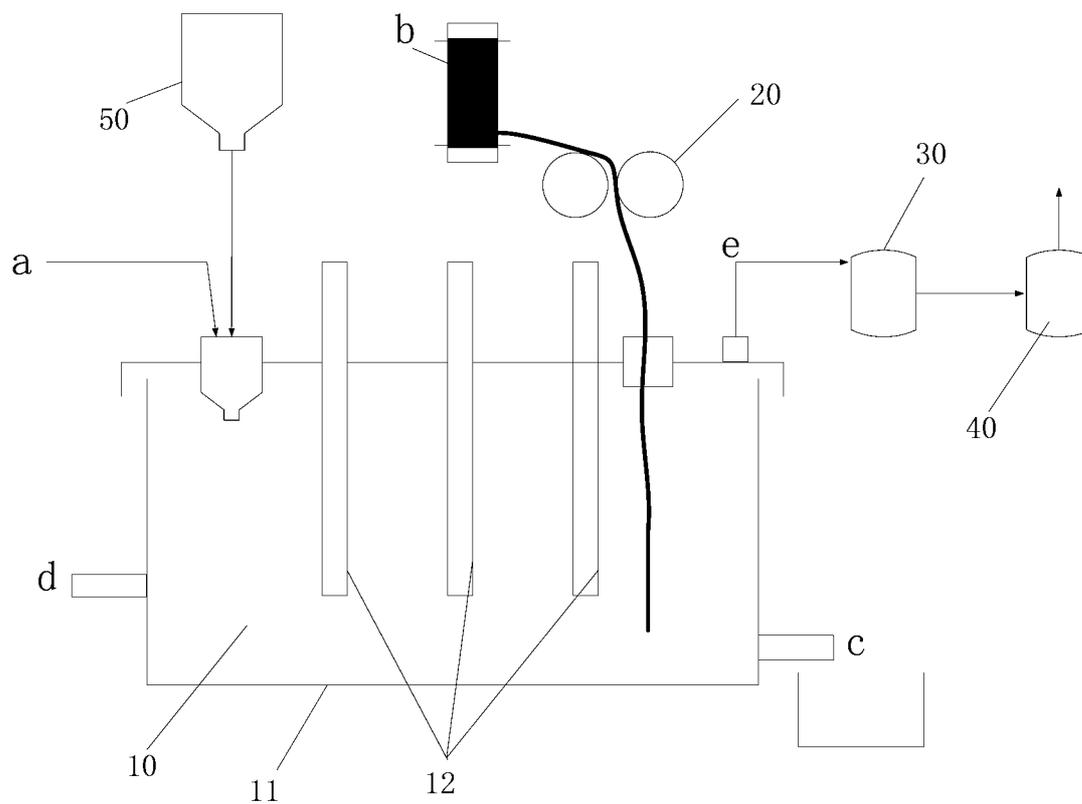
20. Способ обеднения медного шлака по любому из п.п. 12-15, отличающийся тем, что указанный медный штейн, шлак и отходящий газ получают на этапе обработки с

восстановлением и обеднением, при этом способ обеднения медного шлака дополнительно включает этап охлаждения шлака водой.

21. Способ обеднения медного шлака по п. 20, отличающийся тем, что дополнительно включает этап проведения последующей обработки отходящего газа, включающий:

проведение обработки отходящего газа для рекуперации тепла с целью получения холодного отходящего газа; и

проведение обработки с пылеулавливанием холодного отходящего газа.



ФИГ. 1