

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **041497**

(13) **B1**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

**(45)** Дата публикации и выдачи патента  
**2022.10.31**

**(51)** Int. Cl. **C22B 7/04 (2006.01)**  
**C22B 5/10 (2006.01)**

**(21)** Номер заявки  
**202090208**

**(22)** Дата подачи заявки  
**2020.01.31**

---

**(54) СПОСОБ ОБЕДНЕНИЯ ШЛАКОВ ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ С  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ШУНГИТА**

---

**(43)** **2021.08.31**

**(56)** SU-A1-872585  
SU-A1-427078

**(96)** **2020000010 (RU) 2020.01.31**

**(71)(73)** Заявитель и патентовладелец:  
**ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ  
ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ  
"КАРЕЛЬСКАЯ  
ИНВЕСТИЦИОННАЯ КОМПАНИЯ  
"РБК" (RU)**

ХУДЯКОВА В.П., Магистерская  
диссертация, Моделирование работы прямоточно-  
вихревой плавильной камеры и ее практическое  
применение в системе переработки медных  
сульфидных концентратов по технологии прямо  
до меди, Национальный исследовательский  
университет "МЭИ", Москва, 2017, с. 18 -  
строка 5 снизу, с. 20, 25, 55, 75  
[онлайн], [найдено 2020-09-04]. Найдено  
в [https://mpei.m/Structure/Universe/peep/structure/eh  
tt/Documents/magister-example.pdf](https://mpei.m/Structure/Universe/peep/structure/eh<br/>tt/Documents/magister-example.pdf)

**(72)** Изобретатель:  
**Попов Владимир Анатольевич,  
Румянцев Денис Владимирович,  
Зубков Денис Геннадьевич, Засорин  
Андрей Владимирович (RU)**

**(74)** Представитель:  
**Пронин В.О. (RU)**

---

**(57)** Способ может быть использован в пирометаллургии для более полного и комплексного извлечения одного или нескольких из цветных, драгоценных, благородных и лёгких металлов из шлаков автогенной, барботажной, обеднительной, руднотермической и коллектирующей плавок, а также для обеднения шлаков от конвертирования медных и медно-никелевых штейнов с одновременной компенсацией дефицита тепла или увеличением температуры расплава. Технический результат достигается тем, что в способе обеднения шлаков, содержащих цветные, драгоценные и лёгкие металлы, включающем подачу восстановителя, содержащего шунгит, в горячий шлаковый расплав, получение шлакового расплава, донной коллектирующей фазы и выпуск шлака, характеризующемся тем, что шунгит в шлаковый расплав вводят в составе шихты непрерывно, с размером частиц 3-60 мм при содержании 20-50% углерода и 40-70% кремнезема с расходом шунгита 2-14% от массы исходной шихты. Техническим результатом является более полное и комплексное извлечение одного или нескольких из цветных, благородных и легких металлов из шлаков автогенной, барботажной, обеднительной, руднотермической и коллектирующей плавок с одновременной компенсацией дефицита тепла или увеличением температуры расплава, уменьшением расхода кремнийсодержащего флюса.

---

**041497**  
**B1**

**041497**  
**B1**

### Область техники

Изобретение относится к цветной металлургии, в частности к обеднению шлаков, и может быть использовано для более полного и комплексного извлечения цветных, благородных и лёгких металлов из шлаков автогенной, барботажной, обеднительной, руднотермической, коллектирующей плавок с одно-временной компенсацией дефицита тепла или увеличением температуры расплава. Также изобретение может быть использовано для обеднения шлаков от конвертирования медных и медно-никелевых штейнов (богатой массы, черновой меди, черного свинца).

### Уровень техники

Одним из основных способов обеднения шлаков по никелю, меди, кобальту, свинцу, цинку и благородным металлам является подача углеродистого восстановителя в горячий шлаковый расплав. За счет взаимодействия углерода с оксидами железа и цветных металлов образуются СО и металл (железо, никель, кобальт, медь и т.д.), который из-за разности плотностей между шлаком и металлом опускается в донную фазу, коллектируя на себя цветные и драгоценные металлы.

В качестве твёрдого восстановителя используются уголь, кокс, полукокс, антрацит и другие типы углеродсодержащих материалов, например шунгит. В черной металлургии достаточно широко известно использование шунгита в качестве замены дорогостоящего кокса.

В частности, известен способ выплавки литейного чугуна в доменной печи (патент РФ 2118371, опубл. 27.08.1998). Способ предусматривает загрузку в доменную печь рудных материалов, кокса, флюсов, вдувание в горн печи горячего обогащенного кислородом дутья и периодическую загрузку шунгита с размером частиц 10-100 мм в количестве 30-60 кг/т на каждый 1% содержания кремния в чугуне, при этом загрузку его ведут отдельными порциями с частотой 0,3-2,6 ч<sup>-1</sup>. Периодическая добавка шунгита в шихту для выплавки литейного чугуна в указанном количестве приводит к сокращению расхода кокса и повышению стабильности состава выплавляемого чугуна. Недостатком способа является добавка шунгита периодически, а не непрерывно.

Также известен способ, согласно которому в доменной печи предполагается выплавлять высококремнистый чугун путем использования в шихте кускового шунгита с размером частиц не более 100 мм, который вместе с железорудными материалами подают периодически в кольцевую зону колошника, ограниченную радиусами 0,98-0,4 радиуса колошника (патент РФ 2127316 опубл. 10.03.1999). В этом случае для увеличения содержания кремния в высококремнистом чугуне на 1% увеличивают, а для уменьшения содержания кремния на 1% - уменьшают количество загружаемого шунгита на 40-50 кг на 1 т чугуна. Недостатком способа является добавка шунгита периодически.

Также в известном способе (патент РФ 2154672, опубл. 20.08.2000) предполагается выплавлять в доменной печи разные марки высококремнистого чугуна при минимальном расходе кокса и максимальной производительности печи. Сущность этого изобретения заключается в том, что при выплавке высококремнистых чугунов и использовании в шихте шунгита, загружаемого периодически, регулирование содержания кремния в чугуне производят изменением количества загружаемого шунгита прямо пропорционально необходимому изменению содержания кремния в чугуне. Так же, как и в вышеописанном патенте, недостатком данного патента является периодическая подача шунгита.

Все вышеперечисленные известные способы относятся к чёрной металлургии и связаны в первую очередь с получением высококремнистых чугунов. Использование шунгита в данных способах направлено на корректировку состава шихты и частично на замену дорогостоящего кокса. Как такового обеднения шлаков по цветным, драгоценным, благородным металлам здесь не происходит.

В цветной металлургии широко известен способ подачи углеродсодержащих материалов в барботажные процессы с целью увеличения восстановительного потенциала и повышения температуры процесса за счёт сжигания углерода в воздухе.

В частности, в патенте RU 2398031 (опубл. 27.08.2010) приводится способ обеднения твёрдых медно-цинковых шлаков за счёт подачи шихты, состоящей из шлаков и углеродистого восстановителя при массовом отношении шлака к восстановителю 1:(0,06-0,1), в разогретую печь. При этом шихту в разогретой печи продувают кислородсодержащим окислителем с использованием верхнего не погружного дутья при расходе кислородсодержащего окислителя в количестве, определяемом по содержанию в нём кислорода, из условия 60-110 кг на 1 т шлака. Затем получают богатую по меди фазу и переводят цинк в газовую фазу. Недостатком данного способа является периодичность процесса и ограниченность процесса верхним не погружным кислородным дутьём.

Другой способ обеднения шлаков, описанный в патенте RU 2542042 (опубл. 11.06.2013), предполагает обработку шлака оксидом кальция в присутствии восстановителя при повышенной температуре. При этом массовое отношение медного шлака к углероду твёрдого углеродистого восстановителя составляет 1:(0,05-0,09) с использованием верхнего не погружного дутья с расходом кислородсодержащего окислителя в количестве, определяемом по содержанию в нём кислорода, 50-100 кг на 1 т шлака. Техническим результатом является снижение содержания цветных металлов в обеднённом шлаке и упрощение процесса за счёт устранения сложности, связанной с подготовкой смеси соединений щелочноземельного металла и восстановителя. Существенным недостатком данного способа является ввод дополнительного флюса в виде оксида кальция, что требует дополнительных затрат тепла на разогрев. Увеличение содер-

жания оксида кальция в шлаке вместе с повышением температуры, как это описано в патенте, само по себе приводит к частичному обеднению шлаков. Восстановитель в составе шихты частично расходуется на нагрев шлакового расплава с повышением его температуры, частично на восстановление металлов. Учитывая не погружной характер дутья и высокую разность плотностей между расплавом и восстановителем, тепловыделение происходит в основном в верхней части расплава, что приводит к неравномерному нагреву и, как следствие, к неравномерному обеднению шлаков, что является ещё одним недостатком данного способа.

Ещё одним известным способом обеднения шлаков является восстановительно-сульфидирующая обработка (патент RU 2255996, опубл. 10.07.2005), когда согласно изобретению в плавильной зоне печи сначала получают сульфидные расплавы, содержащие 3-15% железа, а в восстановительной зоне, имеющей общую сульфидную ванну с плавильной, продувку шлакового расплава ведут продуктами сжигания газообразного или жидкого топлива дутьём с содержанием кислорода не менее 60-80% при коэффициенте расхода кислорода  $\alpha=0,5-0,8$  в присутствии 3-8% твёрдого восстановителя от количества поступающего шлака, в отсутствие перемешивания шлака и донного сульфидного расплава при температуре выше 1300°C. В данном процессе достигается глубокое обеднение шлаков по цветным металлам, связанное в первую очередь с использованием газообразных или жидких восстановителей, подаваемых непосредственно в жидкую ванну расплава через погружные фурмы.

Недостатком данного способа является необходимость подачи жидкого или газообразного восстановителя в расплав для достижения высокой степени обеднения, а также использование печи специальной конструкции с двумя отдельными зонами. Как отмечено в патенте: "в восстановительной зоне, имеющей общую сульфидную фазу с плавильной зоной, производят продувку шлакового расплава продуктами сжигания газообразного или жидкого топлива дутьём с содержанием кислорода не менее 60% при коэффициенте расхода кислорода  $\alpha=0,5-0,8$  в присутствии 3-8% твёрдого восстановителя от количества поступающего шлака ...". Таким образом, обеднение достигается за счёт совместной подачи твёрдого и газообразного восстановителя с коэффициентом расхода кислорода меньше 1, т.е. при недожоге природного газа, что приводит к уменьшению генерации тепла в ванне расплава.

Также во всех вышеописанных известных способах - аналогах: патенты RU 2398031, RU 2542042, RU 2255996, основным недостатком является использование классического твёрдого восстановителя с низкой плотностью, что не позволяет хорошо перемешивать восстановитель с расплавом из-за существенной разницы плотностей, а также отдельная подача восстановителя и флюсов, что приводит ко вторичному переокислению восстановленных металлов. При этом подача твёрдого восстановителя может осуществляться как в непрерывном (патент RU 2255996), так и в периодическом режимах (патент RU 2398031), но при этом требуется либо введение дополнительных флюсов (патент RU 2542042), либо печи специальной конструкции (патент RU 2255996).

В авторском свидетельстве СССР № 427078, опубл. 05.05.1974, описано использование шунгита, как удешевляющей добавки для увеличения жидкоподвижности шлаков, удешевления смеси и снижения ее расхода. Заявленной целью данного изобретения является удешевление заправочного материала и снижение его расхода. Недостатком данного решения является то, что шунгит используется только как топливо без использования его более высокой по сравнению с классическими восстановителями восстановительной способности. Задачи по обеднению шлаков или более полному извлечению ценных компонентов в данном изобретении не ставилось.

В отличие от вышеперечисленных способов предполагается использовать шунгит, как комплексную флюсующую добавку, позволяющую заменить, одновременно, и восстановитель (топливо), и кремнийсодержащие флюсы.

Еще одним аналогом по технической сущности является способ получения анодного сплава, содержащего платиновые и благородные металлы (авторское свидетельство СССР № 872585, опубл. 15.10.1981). В данном изобретении показано, что за счёт введения в шихту одновременно и коллектора (в виде меди никеля, свинца или железа), и шунгита достигается обеднение шлаков. Показано, что при снижении доли коллектора ниже 10% даже при использовании шунгита ухудшаются показатели извлечения металлов. Недостатком данного изобретения является необходимость использования коллектора, специально вводимого в шихту с целью улучшения показателей извлечения, причем расход коллектора не может быть меньше 10% от массы шихты. Согласно данным, представленным в описании изобретения, увеличение расхода коллектора даёт больший эффект при обеднении шлаков, чем увеличение расхода шунгита, что может объясняться, в частности, неоптимальным размером частиц шунгита.

В отличие от вышеописанных изобретений, предполагается использование шунгита в барботажных, автогенных, руднотермических печах в постоянном (непрерывном) режиме подачи, без подачи специального коллектора (т.е. без увеличения массы шихты за счёт ввода новых добавок), при этом за счёт изменения окислительного потенциала углерод шунгита может использоваться как топливо.

Задачи изобретения:

более полное и комплексное извлечение цветных, благородных, драгоценных и лёгких металлов из шлакового расплава в барботажной, руднотермической, коллектирующей и обеднительной плавках за

счёт использования твёрдой флюсующей добавки - шунгита, которая обладает более высоким восстановительным потенциалом по сравнению с классическими твёрдыми восстановителями (например, кокс, уголь, антрацит, коксик) и за счёт предотвращения вторичного окисления металлов кислородом дутья;

снижение расхода кремнийсодержащих флюсов при использовании шунгита, где одной из составляющих является кремнезём;

увеличение температуры расплава шлака путём регулирования расхода шунгита и окислительного потенциала плавки.

### **Раскрытие изобретения**

Техническим результатом является более полное и комплексное извлечение цветных, драгоценных, благородных и лёгких металлов из шлаков автогенной, барботажной, обеднительной, руднотермической и коллектирующей плавки с одновременной компенсацией дефицита тепла или увеличением температуры расплава, уменьшением расхода кремнийсодержащего флюса, что достигается за счёт подачи шунгита размером частиц 3-60 мм в непрерывном режиме в шлаковый расплав в количестве 2-14% от массы исходной шихты.

Указанный технический результат достигается тем, что в способе обеднения шлаков, содержащих цветные, драгоценные, благородные и лёгкие металлы, включающем подачу восстановителя, содержащего шунгит, в горячий шлаковый расплав, получение обеднённого шлакового расплава, донной коллектирующей фазы и выпуск обеднённого шлака, характеризующемся тем, что шунгит в шлаковый расплав вводят в составе шихты непрерывно, с размером частиц 3-60 мм при содержании 20-50% углерода и 40-70% кремнезёма с расходом шунгита 2-14% от массы исходной шихты.

Способ может характеризоваться тем, что обеднение шлаков ведут в агрегате барботажного типа или автогенной или руднотермической печи в непрерывном режиме с подачей шунгита в составе шихты.

Также способ может характеризоваться тем, что шунгит подают (вводят) в составе шихты в виде равномерной структуры.

### **Описание изобретения**

Комплекс физико-химических свойств шунгита вместе с постоянным (непрерывным) режимом его подачи предотвращает вторичное окисление восстановленных металлов и обеспечивает более глубокое восстановление металлов. Одновременно снижается расход твёрдого восстановителя, кремнийсодержащих флюсов, а также увеличивается температура расплава путём регулирования расхода шунгита и окислительного потенциала плавки.

Уменьшение крупности (размера частиц) шунгита ниже 3 мм в условиях барботажных процессов приводит к росту пылевыноса, что отрицательно сказывается на работе системы газоочистки и эффективности использования шунгита. Подача в горячий расплав шунгита с размером частиц выше 60 мм приводит к термическому шоку и растрескиванию шунгита с увеличением выхода мелкой фракции, что также приводит к увеличению пылевыноса и снижению эффективности использования шунгита.

Расход шунгита составляет 2-14%, исходя из необходимости разрушения шпинельных составляющих, содержащих цветные, драгоценные, благородные и лёгкие металлы, а также для восстановления растворённых в фаялите компонентов выперечисленных металлов. Снижение расхода шунгита ниже 2% не позволяет обеспечить необходимую степень восстановления из-за низкого удельного расхода углерода шунгита на тонну шлака. Увеличение расхода шунгита выше 14% приводит к существенному росту степени восстановления железа из шлака, что снижает содержание цветных, драгоценных и лёгких металлов в донной фазе за счёт перехода железа в донную фазу, что, в свою очередь, приводит к потере качества получаемого донного продукта.

Постоянная (непрерывная) подача шунгита обусловлена необходимостью предотвращения вторичного окисления восстановленных металлов за счёт кислорода дутья или подсосов в металлургический агрегат. В случае использования шунгита в периодическом процессе его подача должна прекращаться не позже чем за 60 мин до окончания подачи окислителя с целью недопущения вторичного окисления восстановленных металлов.

Более высокая эффективность использования шунгита по сравнению с классическими восстановителями достигается за счёт особой внутренней структуры шунгита, который содержит в виде равномерной структуры аморфный (дисперсный) углерод и кремнезём. За счёт наличия аморфного углерода шунгит обладает более высокой восстановительной способностью по сравнению с классическими восстановителями. Равномерное распределение углерода и оксида кремния по объёму шунгита на уровне наночастиц позволяет более полно использовать восстановительную способность углерода за счёт частичного восстановления диоксида кремния до металлического кремния, его монооксида и карбида, которые, в свою очередь, также являются восстановителями.

Заявляемый способ обеднения шлаков, содержащих цветные, драгоценные, благородные и лёгкие металлы, включающий подачу восстановителя, содержащего шунгит, представляется следующим образом.

В состав твёрдой шихты, поступающей на плавку, непрерывно вводится шунгит в твёрдом виде. Размер частиц шунгита должен составлять не менее 3 мм и не более 60 мм для обеспечения наиболее эффективного его использования в расплаве за счёт снижения пылевыноса и недопущения растрескивания шунгита крупной фракции из-за термического шока. Расход шунгита составляет от 2 до 30% от мас-

сы исходных металлсодержащих продуктов (шихты) и определяется составом исходной шихты и получаемого в печи расплава (шлака), а также типом используемого шунгита. Содержание углерода в шунгите варьируется от 15 до 40%, содержание кремнезёма - от 10 до 60%. При более низком, чем 2%, расходе шунгита невозможно определить его влияние на процесс восстановления оксидов цветных металлов. При более высоком, чем 30%, расходе шунгита заметно возрастает выход шлака, что определяется наличием в шунгите, помимо углерода и двуокси кремния, шлакообразующих окислов: окиси магнезия, окиси алюминия и закиси железа. Содержание этих окислов в шунгите в зависимости от месторождения достигает 7%. При плавке все они переходят в шлак, увеличивая, тем самым, его количество в сравнении с ведением плавки с использованием только кокса или другого твёрдого восстановителя.

Пример осуществления способа.

Испытания проводились с никелевым и отвальным шлаком печи Ванюкова (ПВ) Медного завода Заполярного филиала ПАО "ГМК "Норильский Никель". Никелевый шлак является продуктом второго периода конвертирования штейнов ПВ. Из-за высокого содержания тугоплавких компонентов - ферритов никеля - он имеет высокую температуру плавления и вязкость. Восстановитель доводили до размера частиц 3 мм, далее навеску обедненного шлака перемешивали с кварцевым флюсом и восстановителем (расход флюса рассчитывали, исходя из необходимости получения во всех опытах отвального шлака с примерно равным содержанием кремнезёма). Готовую шихту помещали в тигель, устанавливали его в печь и нагревали до температуры опыта (1350°C). Расплав выдерживали при постоянной температуре 30 мин, отбирали пробу шлака "на ломок" (т.е. намораживанием на холодный металлический прут), отключали печь, извлекали и охлаждали тигель. Продукты плавки разделяли, взвешивали и отправляли на анализ.

Методика проведения исследований заключалась в следующем. Никелевый шлак Медного завода Заполярного филиала ПАО "ГМК "Норильский Никель" и отвальный шлак ПВ (печи Ванюкова) предварительно смешивали в соотношении 3-7 (никелевый к отвалному), тщательно перемешивали с флюсом (диоксидом кремния) и нагревали до температуры 1350°C. После проплавления шихты на поверхность расплава загружали восстановитель и продували расплав через трубку. Расход аргона составлял 0,5 л/мин. По окончании продувки расплав выдерживали в печи в течение 30 мин, отбирали пробу шлака на стальной ломок, вынимали тигель из печи и охлаждали его. Шлак и донную фазу тщательно отделяли от тигля, разделяли и взвешивали.

Расход кварцевого флюса рассчитывали таким образом, чтобы содержание кремнезёма ( $\text{SiO}_2$ ) в конечном шлаке было приблизительно одинаковым (~28%). При проведении экспериментов расход чистого углерода во всех опытах составлял одинаковую величину, для этого менялся расход восстановителя в зависимости от его состава. Такой подход позволяет оценить эффективность восстановительной способности различных типов восстановителя.

В качестве восстановителя использовали кокс и шунгит трёх разных типов. В табл. 1 приведён состав полученных шлаков при использовании различных типов восстановителя и реперная точка - плавка без восстановителя.

Таблица 1

Состав шлаков от модельных плавок с различными восстановителями

Тип восстановителя	Массовая доля компонентов, %									
	Cu	Ni	Fe <sub>общ</sub>	S	Co	SiO <sub>2</sub>	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	TiO <sub>2</sub>
Без восстановителя	3,57	2,89	38,5	0,19	0,085	31,9	1,21	6,33	0,92	0,151
Уголь	2,02	1,78	41,2	0,18	0,083	28,8	1,36	6,72	1,04	0,166
Шунгит №1	1,44	0,55	43,3	0,32	0,080	27,1	1,40	9,41	1,10	0,210
Шунгит №1	1,27	0,64	44,0	0,22	0,083	26,7	1,43	9,75	1,10	0,203
Шунгит №2	0,83	0,134	38,7	0,42	0,042	29,6	1,35	16,8	1,19	0,256
Шунгит №2	0,78	0,148	36,8	0,26	0,049	27,4	1,24	19,8	1,04	0,228
Шунгит №3	1,33	0,96	43,4	0,23	0,083	28,2	1,52	7,57	1,24	0,160
Шунгит №3	1,23	0,54	41,6	0,26	0,081	28,4	1,45	9,78	1,26	0,169

Другим примером эффективности замены классического твёрдого восстановителя на шунгит является обеднение шлаков по драгоценным металлам (ДМ). Испытания по замене коксика на шунгит проводились в дуговой печи постоянного тока ДППТ-0,06. Масса одной плавки составляла 100 кг. Расход коксика составлял 5%, расход шунгита составлял: 3 и 7%. Исходные материалы, содержащие исходный шлак, флюсы и восстановитель, предварительно перемешивались и загружались в печь, где плавилась при температуре 1370-1440°C. После полного расплавления шихты расплав выдерживался в печи примерно 20-40 мин, после чего сливался. Полученный шлак анализировался на содержание ДМ. Содержание ДМ в шлаке при использовании кокса и шунгита приведены в табл. 2.

Таблица 2

Содержание ДМ в конечном шлаке при использовании различных восстановителей

Содержание ДМ в шлаке после использования различных типов восстановителя, г/т	Pt	Pd	Rh	Ir	Ru	Au
Исходный шлак	139	440	63,1	8,62	45,9	375
шлак после обеднения с использованием коксика (расход коксика - 5%)	58,8	73,8	8,4	6,5	19,3	58,1
шлак после обеднения с использованием шунгита (расход шунгита - 3%)	18	56	4,8	1	4,4	30
шлак после обеднения с использованием шунгита (расход шунгита - 7%)	11	26	1,6	1,23	3,5	8,4

Для использования шунгита как топлива в печи Ванюкова при переработке сульфидного сырья был проведён расчёт замены части флюса на шунгит с определением температуры расплава в зависимости от расхода шунгита. Расход сульфидной составляющей шихты был одинаковым для всех вариантов и составлял 100 т/ч. Расход флюса и шлакообразующих компонентов шунгита рассчитывался таким образом, чтобы получить одинаковые по составу штейн и шлак. Все это приводило к одинаковым выходам штейна и отвального шлака. Дефицит тепла компенсируется загрузкой угля в количестве ~1% от шихты, что хорошо совпадает с практикой работы ПВ на Балхашском Горно-металлургическом комбинате. При этом температура шлака составляет 1250°C. По результатам расчётов (табл. 3) видно, что замена 30% хвостов шунгитом приводит к экономии угля, а замена 70% хвостов шунгитом позволяет полностью исключить загрузку угля и поднять температуру шлаков и штейна, что приведёт к уменьшению количества магнетита, способного выделиться в отдельную фазу и снизить расход кремнийсодержащего флюса.

Таблица 3

Основные показатели работы ПВ при различной доле шунгита во флюсе

Доля шунгита во флюсе, %	Расход угля для компенсации дефицита тепла, кг	Приход углерода от шунгита	Суммарный расход углерода, кг	Температура шлака (штейна), 0С	Объем отходящих газов, нм3/час
0	1044	0	1044	1250 (1200)	31 880
30	546	445	991	1250 (1200)	31 730
70	0	1175	1175	1305 (1250)	31 480
100	0	1862	1862	1475 (1350)	31 250

Использование предложенного и вышеописанного способа позволит снизить потери с отвальными шлаками по цветным металлам, %: Ni - 20-50, Cu - 10-30, платины и палладия не менее чем в 2 раза, снизить расход флюса на 1-3%. Использование шунгита с высокой плотностью и низким содержанием летучих в качестве топлива позволяет поднять температуру расплава в зависимости от расхода на 55-120°C без изменения объёма газовой фазы и существенного изменения температуры отходящих газов.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ обеднения шлаков, содержащих цветные, драгоценные, благородные и лёгкие металлы, включающий подачу восстановителя, содержащего шунгит, в горячий шлаковый расплав; получение обеднённого шлакового расплава и донной коллектирующей фазы; выпуск обеднённого шлака, отличающийся тем, что в шлаковый расплав шунгит вводят в составе шихты непрерывно, с размером частиц 3-60 мм при содержании 20-50% углерода и 40-70% кремнезема с расходом шунгита 2-14% от массы исходной шихты.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что обеднение шлака ведут в агрегате барботажного типа, автогенной печи или руднотермической печи в непрерывном режиме с подачей шунгита в составе шихты.

3. Способ по п.1, отличающийся тем, что шунгит вводят в составе шихты в виде равномерной структуры.



Евразийская патентная организация, ЕАПВ

Россия, 109012, Москва, Малый Черкасский пер., 2