

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **045086**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.10.27

(51) Int. Cl. **C22B 11/02** (2006.01)
C22B 9/10 (2006.01)
C22B 9/16 (2006.01)

(21) Номер заявки
202192799

(22) Дата подачи заявки
2019.08.20

(54) **СПОСОБ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ МПГ И ОСНАЩЁННЫЙ РУБАШКОЙ
ВРАЩАЮЩИЙСЯ КОНВЕРТЕР**

(31) **16/397,441; 16/507,158**

(56) **US-A1-20170002441**

(32) **2019.04.29; 2019.07.10**

GB-A-2086941

(33) **US**

US-A-3034776

(43) **2022.02.28**

US-A-3610596

(86) **PCT/US2019/047304**

US-A1-2018-0142329

(87) **WO 2020/222859 2020.11.05**

KR-A-10-2010-0096385

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
ТЕКЕМЕТ, ЛП (US)

(72) Изобретатель:
**Альбрехт Эдвард В., Маккаллоу
Стивен Д. (US)**

(74) Представитель:
**Компанец К.С., Абильманова К.С.
(KZ)**

(57) Предложены способ преобразования МПГ и оснащенный рубашкой вращающийся конвертер. Указанный способ может включать преобразование с низким уровнем флюса или без флюса; частичное предварительное окисление сплава-коллектора МПГ; использование защитного средства огнеупора в конвертере; магнитное разделение шлака; возврат части шлака в конвертер; плавление материала катализатора в основной печи для получения сплава-коллектора; и/или плавление конвертерного шлака во вторичной печи вместе со шлаком из основной печи. Конвертер может содержать наклонную полость конвертера, установленную с возможностью вращения; огнеупорную футеровку; отверстие в верхней части полости для введения сырья конвертера; фурму для инъекции кислородсодержащего газа в накопитель сплава; теплообменную рубашку, прилегающую к огнеупорной футеровке; и систему холодильного агента для циркуляции теплоносителя через рубашку для отвода тепла от накопителя сплава в тепловом контакте с огнеупорной футеровкой.

045086
B1

045086
B1

Перекрестная ссылка на родственную заявку

В настоящей заявке испрашивается приоритет по заявке США с серийным № 16/397,441, поданной 29 апреля 2019 г., и заявке США с серийным № 16/507,158, поданной 10 июля 2019 г.

Уровень техники

Металлы платиновой группы, то есть рутений, родий, палладий, осмий, иридий и платина ("МПП"), зачастую извлекают из использованных каталитических материалов, например, из автомобильных каталитических преобразователей. Каталитические материалы плавятся в печи, как правило, вместе с флюсовым материалом, например, CaO, и МПП предпочтительно собираются в накопителе сплава под шлаком. Хотя МПП являются разведёнными в печном шлаке, тем не менее эти потери могут быть значительными из-за большого объема шлака и неспособности, в целом, без экономического ущерба восстановить разведённые количественные значения. Сплавы-уловители МПП могут содержать до 12 мас.% МПП и, как правило, содержат более 40 мас.% железа. Обогащение необходимо, если требуется более высокое содержание МПП. Повышение концентрации МПП в богатом железом, обедненном сульфидами сплава-коллекторе методом пирометаллургического преобразования раскрыто в публикации S. D. McCullough, "Pyrometallurgical iron removal from a PGM-containing alloy", Третья международная конференция по платине 'Platinum in Transformation', Южноафриканский институт горного дела и металлургии (2008 г.). Повышение концентрации МПП в сплаве-коллекторе МПП, не содержащем серы или имеющем низкое содержание серы (<1 мас.%) было недавно предложено в патентных документах US 10202669 B2 и US 2018/0142330 A1. Обогащенные МПП сплавы, в целом, содержат относительно высокую долю железа (>10 мас.%).

Имеется ряд недостатков, связанных с известными конвертерами и процессами преобразования, которые препятствуют их практическому применению для обработки сплава-коллектора МПП, полученного при плавлении каталитических материалов. Указанный способ преобразования может быть относительно медленным. В упомянутых выше патентных документах сплав-коллектор и шлакообразующие материалы плавят в течение 10 часов перед введением кислорода. Вместе с тем, процесс преобразования является экзотермическим и скорость добавления кислорода, как правило, ограничивается во избежание избыточных температур. Кроме того, жёсткие условия в конвертере, особенно при высоких скоростях инъекции кислорода, приводят к коррозии и короткому сроку службы огнеупорной футеровки.

В отрасли принято считать, что, как и при плавке, относительно высокие уровни добавленных флюсовых материалов, например, SiO₂ и MgO/CaO необходимы для образования легкоплавкого шлака с низкой плотностью для полноценного удаления примесей и повышения содержания МПП в продукте из сплава, обогащенного МПП, из конвертера. Например, в вышеупомянутых патентных документах раскрыто добавление шлакообразующего материала, не содержащего серы и меди, в минимальных пропорциях 0,2 или 1 массовой доли на 1 массовую долю сплава-коллектора, причём шлакообразующие материалы содержат 70-90 мас.% SiO₂ и 10-30 мас.% MgO/CaO или 40-90 мас.% MgO/CaO и 10-60 мас.% SiO₂. Даже в этом случае, поскольку содержание вредных элементов в обогащенном сплаве снижено до очень низкого уровня, например, менее 10 мас.% железа, потери МПП в шлаке также начинают быстро расти. Промышленность нуждается в технологии, которая может устранить один или более недостатков обычного процесса преобразования сплавов-коллекторов МПП. Желательно, чтобы такая технология достигала одного или более из следующего: повышения скорости плавления сплава, скорости добавления кислорода и/или скорости обработки или производительности конвертера; обеспечения более низких уровней железа и/или вредных материалов в обогащенном МПП сплаве-коллекторе без чрезмерных потерь МПП в шлаке; снижения потерь МПП в шлаке конвертера при достижении высоких уровней обогащения сплава МПП; повышения надежности и/или долговечности комплектующих деталей конвертера; снижения требований к обслуживанию конвертера и/или снижения перебоев в работе; обеспечения жидкостного охлаждения и/или контроля температуры огнеупорной футеровки во вращающемся конвертере; и/или повышения эффективности и практичности использования конвертеров, встроенных в общий процесс извлечения и повышения концентрации МПП в сплаве-коллекторе, например, от катализатора или других МПП-содержащих материалов.

Сущность изобретения

Раскрытие сущности изобретения в этом разделе предложено для ознакомления с выбором концепций, которые дополнительно описаны ниже в подробном описании. Раскрытие сущности изобретения в этом разделе не предназначено для идентификации ключевых или существенных признаков заявленного объекта изобретения и не предназначено для использования в качестве средства ограничения объема заявленного объекта изобретения. Данное раскрытие относится к способу преобразования для восстановления металлов платиновой группы ("МПП"), который устраняет недостатки известных способов преобразования. Заявитель обнаружил, что высокие уровни добавленных флюсовых материалов, содержащих 10 мас.% или более CaO/MgO и/или 10 мас.% или более SiO₂, в известных процессах преобразования сплава-коллектора МПП могут быть снижены или их можно избежать в способах преобразования, раскрытых в данном документе, и что ограничение количества такого флюса, таким образом, приводит к уменьшению объема шлака в конвертере, сокращению времени плавления сплава и увеличению преобразующей способности и/или производительности. Заявитель также обнаружил, что может быть добавлено

относительно небольшое количество защитного средства огнеупора после плавления накопителя сплава для ингибирования коррозии огнеупора и продления срока службы огнеупора, и что печной шлак от плавления материала катализатора может быть с выгодой использован в качестве защитного средства.

Кроме того, заявитель обнаружил, что частичное предварительное окисление части (или всего) сплава-коллектора для исходного расплава и/или сырья конвертера может дополнительно сократить периоды времени, необходимые для плавления исходного накопителя сплава и преобразования сплава-коллектора. Также заявитель обнаружил, что возврат части конвертерного шлака в конвертер между циклами также позволяет снизить потери МПГ; и этот высокосортный шлак может быть выборочно извлечен для повторного использования в конвертере, например, посредством магнитного разделения конвертерного шлака. Вместе с тем, возврат шлака таким образом может вернуть в конвертер легко восстанавливаемые предварительно окисленные ценные металлы, например, никель, и, таким образом, эффективно увеличить скорость добавления кислорода.

Кроме того, заявитель обнаружил, что включение возвратного конвертерного шлака в сырьё конвертера облегчает окисление сплава, например, посредством повторного использования некоторых окисленных ценных материалов, например, никеля. Вместе с тем, присутствие возвратного конвертерного шлака может снизить температуру сплава-коллектора. Также, конвертер можно эксплуатировать, особенно в тех случаях, когда это выгодно, таким образом, чтобы значения МПГ в шлаке могли быть относительно высокими, поскольку шлак высокого качества может быть возвращен в процесс. Например, при окончательном сливе шлака перед сливом сплава, если желательно быстро слить шлак и сплав во избежание риска преждевременного затвердевания сплава, окончательный слив шлака может произойти до полного отделения сплава.

Заявитель также обнаружил, что конвертер может быть внедрен в общий процесс извлечения МПГ посредством плавления материала катализатора в основной печи для получения сплава-коллектора и/или посредством плавления конвертерного шлака во вторичной печи вместе со шлаком из основной печи. Шлак из любой из печей, предпочтительно из основной печи, может быть использован в качестве защитного средства огнеупора. Внедрение конвертера и печей таким образом также препятствует накоплению вредных элементов в конвертере. Заявитель также разработал способ охлаждения огнеупорной футеровки во вращающемся конвертере с использованием теплообменной рубашки, через которую циркулирует вода или водный теплоноситель. В одном аспекте данного изобретения, в вариантах осуществления изобретения предложен способ преобразования сплава-коллектора МПГ, включающий стадии:

(a) введения сырья конвертера в полость конвертера, удерживающую расплавленный накопитель сплава, содержащий никель, причём сырьё конвертера содержит:

(i) 100 массовых долей сплава-коллектора, содержащего не менее 0,5 мас.% МПГ, не менее 40 мас.% железа и не менее 0,5 мас.% никеля, в пересчете на общую массу сплава-коллектора; и

(ii) менее 20 массовых долей добавленного флюсового материала, содержащего 10 мас.% или более диоксида кремния и/или 10 мас.% или более оксида кальция, оксида магния или комбинации оксида кальция и оксида магния, по массе добавленного флюсового материала;

(b) инъекции кислородсодержащего газа в накопитель сплава для превращения железа из сплава-коллектора в оксид железа и повышения концентрации МПГ в накопителе сплава;

(c) предоставления возможности шлаку, содержащему оксид железа, собираться в слое низкой плотности над накопителем сплава;

(d) слива слоя низкой плотности для извлечения шлака из конвертера; и

(e) слива накопителя сплава для извлечения сплава, обогащенного МПГ. Предпочтительно, сплав-коллектор содержит не более 3 мас.% серы и не более 3 мас.% меди; сырьё содержит менее 20 массовых долей любого добавленного флюсового материала на 100 массовых долей сплава-коллектора, независимо от содержания диоксида кремния, оксида кальция или оксида магния; и/или введение сырья конвертера и инъекция кислородсодержащего газа по меньшей мере частично совпадают по времени. В другом аспекте, в данном изобретении предложен способ преобразования сплава-коллектора металлов платиновой группы (МПГ), включающий стадии:

(a) введения сырья конвертера в полость конвертера, удерживающую расплавленный накопитель сплава, содержащий никель, причём сырьё конвертера содержит:

(i) 100 массовых долей сплава-коллектора, содержащего не менее 0,5 мас.% МПГ, не менее 40 мас.% железа, не менее 0,5 мас.% никеля, не более 3 мас.% серы и не более 3 мас.% меди, в пересчете на общую массу сплава-коллектора; и

(ii) менее 20 массовых долей добавленного флюсового материала, содержащего 10 мас.% или более диоксида кремния и/или 10 мас.% или более оксида кальция, оксида магния или комбинации оксида кальция и оксида магния, по массе добавленного флюсового материала;

(b) инъекции кислородсодержащего газа в накопитель сплава для превращения железа из сплава-коллектора в оксид железа и повышения концентрации МПГ в накопителе сплава, при этом введение сырья конвертера и инъекция кислородсодержащего газа по меньшей мере частично совпадают по времени;

(c) предоставления возможности шлаку, содержащему оксид железа, собираться в слое низкой

плотности над накопителем сплава;

(d) слива слоя низкой плотности для извлечения шлака из конвертера; и

(e) слива накопителя сплава для извлечения сплава, обогащенного МПГ. Предпочтительно, сырьё содержит менее 20 массовых долей любого добавленного флюсового материала на 100 массовых долей сплава-коллектора, независимо от содержания диоксида кремния, оксида кальция или оксида магния.

В другом аспекте данного изобретения, в вариантах осуществления изобретения предложен способ преобразования сплава-коллектора МПГ, включающий стадии:

(I) частичного предварительного окисления сырьевого сплава-коллектора, содержащего не менее 0,5 мас.% МПГ, не менее 40 мас.% железа, не менее 0,5 мас.% никеля, не более 3 мас.% серы и не более 3 мас.% меди, в пересчете на общую массу сплава-коллектора;

(II) введения исходного заряда в полость конвертера, при этом исходный заряд содержит сырьевой сплав-коллектор, продукт частичного предварительного окисления сплава-коллектора стадии (I) или их комбинацию;

(III) плавления исходного заряда для формирования накопителя сплава в полости;

(IV) введения сырья конвертера в накопитель сплава, причём сырьё конвертера содержит сырьевой сплав-коллектор, продукт частичного предварительного окисления сплава-коллектора стадии (I) или их комбинацию, при этом по меньшей мере один или оба из исходного заряда и сырья конвертера содержат продукт частичного предварительного окисления сплава-коллектора стадии (I);

(V) инъекции кислородсодержащего газа в накопитель сплава для превращения железа в оксид железа и повышения концентрации МПГ в накопителе сплава, при этом введение сырья конвертера и инъекция кислородсодержащего газа по меньшей мере частично совпадают по времени;

(VI) предоставления возможности шлаку, содержащему оксид железа, собираться в слое низкой плотности над накопителем сплава;

(VII) слива слоя низкой плотности для извлечения шлака из конвертера; и

(VIII) слива накопителя сплава для извлечения сплава, обогащенного МПГ. Предпочтительно, исходный заряд содержит (i) по меньшей мере 20 массовых долей продукта частичного предварительного окисления сплава-коллектора стадии (I) и (ii) до 80 массовых долей сырьевого сплава-коллектора, при этом сумма массовых долей сырьевого сплава-коллектора и продукта частичного предварительного окисления сплава-коллектора стадии (I) равна 100.

В другом аспекте изобретения, в вариантах осуществления изобретения предложен способ преобразования сплава-коллектора МПГ, включающий цикл стадий:

(a) введения сырья конвертера в полость конвертера, удерживающую расплавленный накопитель сплава, причём сырьё конвертера содержит:

(i) 100 массовых долей сплава-коллектора, содержащего не менее 0,5 мас.% МПГ, не менее 40 мас.% железа, не менее 0,5 мас.% никеля, не более 3 мас.% серы и не более 3 мас.% меди, в пересчете на общую массу сплава-коллектора; и

(ii) возвратный конвертерный шлак в количестве от около 5 до 100 массовых долей на 100 массовых долей сплава-коллектора;

(b) инъекции кислородсодержащего газа в накопитель сплава для превращения железа из сплава-коллектора в оксид железа и повышения концентрации МПГ в накопителе сплава, при этом введение сырья конвертера и инъекция кислородсодержащего газа по меньшей мере частично совпадают по времени;

(c) предоставления возможности шлаку, содержащему оксид железа, собираться в слое низкой плотности над накопителем сплава;

(d) слива слоя низкой плотности для извлечения шлака из конвертера;

(e) разделения шлака, извлеченного на стадии (d), на первую часть шлака для возврата в сырьё конвертера на стадии (a) и вторую часть шлака, которая не возвращается на стадию (a); и

(f) слива накопителя сплава для извлечения сплава, обогащенного МПГ.

Ещё в одном аспекте, в вариантах осуществления данного изобретения предложен способ преобразования сплава-коллектора МПГ, включающий стадии:

(I) плавления исходного заряда сплава-коллектора в полости конвертера для формирования накопителя сплава для начала конвертерного цикла;

(II) введения сырья конвертера в полость с накопителем сплава;

(III) инъекции кислородсодержащего газа в накопитель сплава для превращения железа в оксид железа и повышения концентрации МПГ в накопителе сплава, при этом введение сырья конвертера и инъекция кислородсодержащего газа по меньшей мере частично совпадают по времени;

(IV) предоставления возможности шлаку, содержащему оксид железа, собираться в слое низкой плотности над накопителем сплава;

(V) завершения стадий (II) и (III) и слива слоя низкой плотности для извлечения шлака из конвертера;

(VI) повторения последовательности стадий (II), (III), (IV) и (V) некоторое количество раз, включая одну или более неокончательных последовательностей и заключительную последовательность, при этом

стадия (V) в каждой последовательности следует за стадиями (III) и (IV);

(VII) перед сливом слоя низкой плотности на стадии (V) каждой неокончательной последовательности, предоставления возможности сплаву, увлечённому слоем низкой плотности, по существу осесть в накопителе сплава после прекращения инъекции кислородсодержащего газа;

(VIII) незамедлительного начала слива слоя низкой плотности после прекращения инъекции кислородсодержащего газа на стадии (V) в заключительной последовательности, при этом предотвращается затвердевание накопителя сплава в полости; и

(IX) в конце конвертерного цикла, слива накопителя сплава для извлечения сплава, обогащенного МПГ, при этом предотвращается затвердевание накопителя сплава в полости.

В дополнительном аспекте, в вариантах осуществления данного изобретения предложен способ извлечения и повышения концентрации МПГ, включающий стадии:

- (1) плавления материала катализатора (предпочтительно без преобразования) в основной печи;
- (2) извлечения шлака основной печи и первого сплава-коллектора из основной печи;
- (3) плавления шлака основной печи (предпочтительно без преобразования) во вторичной печи;
- (4) извлечения шлака вторичной печи и второго сплава-коллектора из вторичной печи;
- (5) преобразования первого и второго сплавов-коллекторов в конвертере для извлечения обогащенного МПГ сплава и конвертерного шлака;
- (6) разделения конвертерного шлака, извлеченного из конвертера на стадии (5), на первую и вторую части конвертерного шлака; и
- (7) подачи первой части конвертерного шлака во вторичную печь для плавления вместе со шлаком основной печи на стадии (3). Первый и/или второй сплавы предпочтительно содержат не менее 0,5 мас.% МПГ, не менее 40 мас.% железа, не менее 0,5 мас.% никеля, не более 3 мас.% серы и не более 3 мас.% меди.

Более того, в аспекте данного изобретения предложены варианты осуществления изобретения вращающегося конвертера, пригодного для повышения концентрации МПГ в сплаве-коллекторе, содержащего:

наклонную полость конвертера, установленную с возможностью вращения вокруг продольной оси; огнеупорную футеровку в полости для удерживания расплавленного накопителя сплава; отверстие в верхней части полости для введения сырья конвертера в полость с накопителем сплава; фурму для инъекции кислородсодержащего газа в накопитель сплава; теплообменную рубашку для полости, прилегающую к огнеупорной футеровке; и систему холодильного агента для циркуляции теплоносителя через рубашку для отвода тепла от накопителя сплава в тепловом контакте с огнеупорной футеровкой. Предпочтительно, вращающийся конвертер имеет вращательное соединение для одновременного вращения полости и циркуляции теплоносителя.

Ещё в одном аспекте, в вариантах осуществления данного изобретения предложен способ преобразования, включающий стадии:

- (a) футеровки полости вращающегося конвертера огнеупорным материалом;
- (b) удерживания расплавленного накопителя сплава, содержащего никель в полости;
- (c) введения сырья конвертера в полость с накопителем сплава, причём сырьё конвертера содержит сплав-коллектор МПГ, содержащий железо (предпочтительно содержащий не менее 0,5 мас.% МПГ, не менее 40 мас.% железа, не менее 0,5 мас.% никеля, не более 3 мас.% серы и не более 3 мас.% меди, в пересчете на общую массу сплава-коллектора);
- (d) инъекции кислородсодержащего газа в накопитель сплава для поддержания температуры в накопителе сплава в интервале между 1250 и 1800°C (предпочтительно по меньшей мере 1450°C) и превращения железа из сплава-коллектора в оксид железа и повышения концентрации МПГ в накопителе сплава (при этом предпочтительно введение сырья конвертера и инъекция кислородсодержащего газа по меньшей мере частично совпадают по времени);
- (e) оснащения полости рубашкой, прилегающей к огнеупорной футеровке;
- (f) циркуляции охлаждающего агента через рубашку для отвода тепла от накопителя сплава в тепловом контакте с огнеупорной футеровкой;
- (g) предоставления возможности шлаку, содержащему оксид железа, собираться в слое низкой плотности над накопителем сплава;
- (h) слива слоя низкой плотности для извлечения шлака из конвертера; и (i) слива накопителя сплава для извлечения сплава, обогащенного МПГ. Предпочтительно, полость вращается и одновременно с этим охлаждающий агент циркулирует через рубашку.

Краткое описание чертежей

На фиг. 1А проиллюстрирована упрощенная принципиальная технологическая схема конвертерного процесса в соответствии с вариантами осуществления данного изобретения.

На фиг. 1В проиллюстрирована упрощенная схема последовательности операций процесса извлечения МПГ с использованием конвертера по фиг. 1А в соответствии с вариантами осуществления данного изобретения.

На фиг. 1С проиллюстрирована блок-схема последовательности операций процесса извлечения МПГ с использованием частичного предварительного окисления сплава-коллектора в соответствии с вариантами осуществления данного изобретения. На фиг. 1D проиллюстрирована блок-схема последовательности операций типовой процедуры подготовки первичного сплава в соответствии с вариантами осуществления данного изобретения.

На фиг. 2А проиллюстрирован упрощенный вид сбоку полости вращающегося конвертера с верхним дутьём (TBRC, top blown rotary converter) в соответствии с вариантами осуществления данного изобретения.

На фиг. 2В проиллюстрирован упрощенный вид сбоку в разрезе полости TBRC по фиг. 2А.

На фиг. 2С проиллюстрирован упрощенный вид сбоку в разрезе полости TBRC по фиг. 2В, где показано предварительное окисление в пламени перед началом конвертерного цикла в соответствии с вариантами осуществления данного изобретения.

На фиг. 3 проиллюстрирован упрощенный вид сбоку полости TBRC, частично в разрезе, чтобы показать расплавленный накопитель сплава в начале цикла заполнения конвертера в соответствии с вариантами осуществления данного изобретения.

На фиг. 4 проиллюстрирована полость TBRC по фиг. 3, частично заполненная ранее сплавом и шлаком в конвертерном цикле.

На фиг. 5 схематически проиллюстрированы сплав и шлак в полости по фиг. 4 в конце цикла инжекции кислорода в конвертерном цикле.

На фиг. 6 схематически проиллюстрированы сплав и шлак в полости по фиг. 5 после отделения сплава от слоя шлака перед неокончательным сливом шлака в конвертерном цикле.

На фиг. 7 схематически проиллюстрированы сплав и шлак в полости по фиг. 4 незадолго до окончательного слива шлака в конвертерном цикле.

На фиг. 8 схематически проиллюстрирована упрощенная принципиальная технологическая схема процесса извлечения МПГ в соответствии с вариантами осуществления данного изобретения.

На фиг. 9 проиллюстрирована блок-схема последовательности операций процесса извлечения МПГ с использованием конвертера и печи окончательной обработки в соответствии с вариантами осуществления данного изобретения.

На фиг. 10 проиллюстрирована блок-схема последовательности операций процесса извлечения МПГ с использованием конвертера с огнеупорной футеровкой и защитного средства огнеупора в соответствии с вариантами осуществления данного изобретения.

На фиг. 11 проиллюстрирована блок-схема последовательности операций процесса извлечения МПГ с использованием частично предварительно окисленного сплава-коллектора МПГ в соответствии с вариантами осуществления данного изобретения.

На фиг. 12 проиллюстрирована блок-схема последовательности операций процесса извлечения МПГ с использованием конвертера, возврата конвертерного шлака в конвертер, и необязательной печи окончательной обработки в соответствии с вариантами осуществления данного изобретения.

На фиг. 13 проиллюстрирована блок-схема последовательности операций процесса извлечения МПГ с использованием конвертера, магнитного разделения конвертерного шлака и возврата конвертерного шлака в конвертер в соответствии с вариантами осуществления данного изобретения.

На фиг. 14 проиллюстрирована блок-схема последовательности операций процесса извлечения МПГ с использованием конвертера, отделения сплава перед неокончательным сливом шлака, окончательного слива шлака без полного отделения сплава и необязательного возврата окончательного слива шлака в конвертер в соответствии с вариантами осуществления данного изобретения.

Подробное описание предпочтительных вариантов осуществления изобретения

Во всем описании, включая формулу изобретения, слова и фразы, используемые в контексте данного изобретения, должны иметь значение, согласующееся со словами и фразами, используемыми специалистами в соответствующей области техники. Следующие определения конкретных терминов, используемых в этом раскрытии, предназначены для пояснения значений терминов в соответствии с их обычным значением. Никакое специальное определение термина или фразы, отличное от стандартного и обычного значения, понимаемого специалистами в данной области техники, не подразумевается, за исключением случаев, когда это прямо указано. "Добавленный" материал в контексте данного изобретения применительно к процессу означает введенный ингредиент или компонент, который добавляется в качестве дополнительного ингредиента или компонента в дополнение к тому, что уже присутствует в процессе. Например, в процессе с рециркуляцией, возвратный материал не является добавленным материалом.

Термин "и/или" означает как включающий случай "и", так и исключаящий случай "или", и такой

термин используется в данном документе для краткости. Например, композиция, содержащая "А и/или В", может содержать только А, только В или как А, так и В.

Термин "сплав" относится к веществу, имеющему металлические свойства и состоящему из двух или более химических элементов, из которых по меньшей мере один является металлом.

Термин "каталитический материал" относится к металлу на или в материале носителя, например, металлическое покрытие на диоксиде кремния, оксиде алюминия или другой керамике, используемому для увеличения скорости химической реакции без каких-либо самопроизвольно осуществляемых постоянных химических изменений. Материал катализатора может быть отработанным, частично отработанным, или новым, или активным, или неактивным.

Термин "сплав-коллектор" означает сплав, содержащий разбавленные количества одного или более благородных металлов, которые, необязательно, могут быть частично окислены. Если сплав-коллектор является частично окисленным, то "сплав-коллектор" также означает любой окисленный материал, который может присутствовать в сплаве. Термин "сырьевой сплав-коллектор" означает сплав-коллектор из печи, который не является обработанным и содержит менее 10 мас.% оксидов. Термин "измельчение" означает уменьшение среднего размера частиц твердого материала, например, посредством дробления, растирания, перемалывания, резки, сотрясения и так далее.

Термин "конвертер" означает устройство, используемое для окисления элементов в сплаве; термин "преобразование" означает превращение окисляемых элементов в сплаве в соответствующие оксиды и может быть использован взаимозаменяемо с термином "окисление".

Термин "сырьё" в контексте данного изобретения означает любой реактив, реагент, разбавитель, добавку и/или другой компонент, подаваемые в реактор или другую емкость в ходе процесса.

Термин "флюс" используется в металлургическом смысле для обозначения материала, добавляемого к плавкому или расплавленному материалу для облегчения агломерации, отделения и удаления нежелательных веществ, например, песка, золы или грязи. В некоторых вариантах осуществления изобретения термин "флюс" специально ограничивается материалами, содержащими 10 мас.% или более диоксида кремния и/или 10 мас.% или более оксида кальция, оксида магния или комбинации оксида кальция и оксида магния, по массе флюсового материала.

Термин "в" означает первый материал или компонент, который находится внутри, на или прилегает ко второму материалу или компоненту.

"Рубашка" означает внешнюю по отношению к емкости полость для теплообмена между жидкостью, циркулирующей через рубашку, и стенками емкости.

Рубашка может представлять собой оболочку, создающую кольцевое пространство вокруг емкости, полутрубную змеевиковую рубашку, пуклеванную рубашку охлаждения, пластинчатые змеевики и так далее.

Термин "фурма" относится к трубе для подачи кислорода в печь, пламя или другую высокотемпературную зону или область.

В контексте данного изобретения термины "менее" или "до" конкретного количества компонента, без указания нижнего предела, включают ноль, т.е. компонент является необязательным.

В контексте данного изобретения "фракция в меш" относится к серии стандартных сит США, где "-" указывает на прохождение, а "+" указывает на удержание.

Термин "металл" относится к непрозрачному блестящему элементному химическому веществу, которое является хорошим проводником тепла и электричества, а при полировке - хорошим отражателем света.

Термин "металлический" относится к металлу или другому веществу со свойствами металла.

Термин "оксид" со ссылкой на металл означает любой оксид металла, например, "оксид железа" означает оксиды Fe(II), например, FeO и FeO₂, смешанные оксиды Fe(II,III), например, Fe₃O₄, Fe₄O₅ и так далее, оксиды Fe(III), например, гематит и так далее.

Термин "полость" означает емкость для удерживания расплавленного материала.

Термин "частичное предварительное окисление" относится к превращению некоторых, но не всех, например, до 90 мас.%, окисляемых молекул в сплаве на отдельной стадии перед основной стадией преобразования.

Термин "защитное средство" означает вещество, которое обеспечивает защиту.

Термин "извлечение" в контексте данного изобретения означает сбор или выделение материала.

Термин "возврат" в контексте данного изобретения означает возврат материала, уже присутствующего в циклическом процессе, на предшествующую стадию процесса; "оборотный" относится к возвратному материалу.

Термин "огнеупор" означает вещество, устойчивое к нагреванию. "Набивной огнеупор" - это такой огнеупор, который наносят в виде смеси заполнителя, порошка, связующего и/или других добавок и уплотняют с использованием метода набивки, например, с использованием пневматической трамбовки или строительного молотка.

Термин "вращающийся" относится к детали или части оборудования, которые более или менее непрерывно вращаются или поворачиваются в процессе работы.

Термин "шлак" означает окисленный материал, отделенный от металлов и/или сплавов в процессе плавки или очистки. "Высокосортный шлак" означает шлак, имеющий относительно более высокое содержание МПГ, чем "низкосортный шлак". В рамках данного описания "высокосортный шлак" имеет концентрацию МПГ более 800 м.д., например, более 1000 м.д. МПГ, а "низкосортный шлак" имеет концентрацию МПГ менее или равную около 800 м.д. Например, шлак, имеющий содержание МПГ 2000-3000 м.д., является высокосортным шлаком по сравнению с низкосортным шлаком, имеющим содержание МПГ 800 м.д. Высокосортный шлак предпочтительно содержит не менее 2000 м.д. МПГ.

Термин "плавление" означает извлечение металла из материала, например руды, способом, включающим нагрев и плавление.

Термин "патрубок" означает трубу, выпускное отверстие или выступ для выпуска потока жидкости из контейнера.

Термин "слив" означает действие, приводящее к вытеканию жидкости из трубы или контейнера.

"Вращающийся конвертер с верхним дутьём" или "ТВРС" означает конвертер, в котором газ может быть вдут или инжектирован сверху в расплавленную фазу или на неё во вращающейся полости.

В соответствии с вариантами осуществления данного изобретения, способ преобразования сплава-коллектора металлов платиновой группы (МПГ) включает стадии: (а) введения сырья конвертера в полость конвертера, удерживающую расплавленный накопитель сплава, причём сырьё конвертера содержит: (i) 100 массовых долей сплава-коллектора, содержащего не менее 0,5 мас.% МПГ, не менее 40 мас.% железа, не менее 0,5 мас.% никеля и предпочтительно не более 3 мас.% серы и не более 3 мас.% меди, в пересчете на общую массу сплава-коллектора; и (ii) менее 20 массовых долей добавленного флюсового материала, если добавленный флюсовый материал содержит 10 мас.% или более диоксида кремния и/или 10 мас.% или более оксида кальция, оксида магния или комбинации оксида кальция и оксида магния, по массе добавленного флюсового материала; (b) инъекции кислородсодержащего газа в накопитель сплава для превращения железа и одного или более других окисляемых элементов из сплава-коллектора в соответствующие оксиды и повышения концентрации МПГ в накопителе сплава, при этом предпочтительно инъекция кислородсодержащего газа по меньшей мере частично совпадает по времени с введением сырья конвертера; (c) предоставления возможности шлаку, содержащему оксид железа, собираться в слое низкой плотности над накопителем сплава; (d) слива слоя низкой плотности для извлечения шлака из конвертера; и (e) слива накопителя сплава для извлечения сплава, обогащенного МПГ. Конвертер предпочтительно работает как реактор периодического действия. Предпочтительно, сырьё конвертера содержит менее 20 массовых долей (более предпочтительно менее 18 массовых долей и ещё более предпочтительно менее 15 массовых долей) любого добавленного флюсового материала на 100 массовых долей сплава-коллектора, независимо от содержания диоксида кремния, оксида кальция или оксида магния.

В любом варианте осуществления изобретения указанный способ может дополнительно включать футеровку полости огнеупорным материалом; и подачу защитного средства огнеупора в полость, удерживающую накопитель сплава, со скоростью не более 20 массовых долей сплава-коллектора, предпочтительно не более 18 массовых долей на 100 массовых долей сплава-коллектора, более предпочтительно со скоростью в интервале между 5 и 15 массовыми долями защитного средства огнеупора на 100 массовых долей сплава-коллектора. В любом варианте осуществления изобретения защитное средство огнеупора может быть подано в полость (i) после первоначального плавления накопителя сплава и до начала стадии (b), (ii) в ходе одной или обеих стадий (a) и (b), и/или (iii) после прекращения одной или обеих стадий (a) и (b), чтобы слить слой низкой плотности на стадии (d), перед возобновлением указанных одной или обеих стадий (a) и (b). Защитное средство огнеупора может быть подано в полость вместе со сплавом-коллектором, вводимым на стадии (a), или предпочтительно может быть подано в полость отдельно от сплава-коллектора, вводимого на стадии (a), при этом более предпочтительно, подача защитного средства огнеупора в полость является периодической. Защитное средство огнеупора предпочтительно содержит компонент, общий с огнеупорным материалом, например, оксид алюминия. В любом варианте осуществления изобретения указанный способ может дополнительно включать инъекцию кислородсодержащего газа в накопитель сплава на стадии (b) через фурму, переходящую в накопитель сплава, при этом фурма содержит расходоуемый огнеупорный материал и продвигается в накопитель по мере того, как торец фурмы расходует. Расходоуемый огнеупорный материал предпочтительно содержит компонент, общий с футеровкой, при этом предпочтительно, указанный общий компонент содержит оксид алюминия. В любом варианте осуществления изобретения огнеупорный материал футеровки может содержать набивной огнеупор, содержащий оксид алюминия, при этом предпочтительно набивной огнеупор содержит по меньшей мере 90 мас.% оксида алюминия.

В любом варианте осуществления изобретения указанный способ может дополнительно включать измерение температуры в огнеупорной футеровке с использованием радиально размещённых датчиков, установленных в огнеупорной футеровке; передачу информации об измерении температуры от датчиков к одному или более передающим устройствам; и передачу сигналов, содержащих информацию об измерении температуры, от одного или более передающих устройств на приемник. Предпочтительно, одно или более передающих устройств устанавливаются снаружи на полость и передают сигналы на приемник

по беспроводной сети.

В любом варианте осуществления изобретения указанный способ может дополнительно включать оснащение полости рубашкой, предпочтительно прилегающей к накопителю сплава, и циркуляцию охлаждающего агента, предпочтительно водного теплоносителя, например, воды/этиленгликоля/пропиленгликоля и аналогичных теплоносителей, через рубашку в ходе стадии (b), для отвода тепла от накопителя сплава. В любом варианте осуществления изобретения кислородсодержащий газ может быть инжектирован в конвертерный накопитель сплава со скоростью, достаточной для поддержания накопителя сплава в расплавленном состоянии при температуре не выше 1800°C, предпочтительно при температуре в диапазоне от около 1250 до 1700°C, более предпочтительно от 1450 до 1700°C.

В любом варианте осуществления изобретения указанный способ может дополнительно включать, перед стадией (a), стадию: (I) частичного предварительного окисления части сплава-коллектора из сырьевого состояния. Предпочтительно, частичное предварительное окисление на стадии (I) включает от 10 до 90 процентов превращения железа, более предпочтительно от 25 до 75 процентов превращения железа и ещё более предпочтительно от 30 до 60 процентов превращения железа, в пересчете на железо в части сплава-коллектора перед стадией (I). Сплав-коллектор может быть предварительно окислен посредством пропускания измельченных частиц через богатое кислородом пламя; посредством частичного преобразования сплава-коллектора и слива частично окисленного сплава, например, в более раннем конвертерном цикле; посредством приведения в контакт частиц сплава-коллектора с кислородсодержащим газом при температуре по меньшей мере 800°C, например, в интервале между 800 и 950°C, например, во вращающейся печи; в печи кипящего слоя; и так далее.

Предпочтительно, указанный способ может дополнительно включать стадии: (II) плавления частично предварительно окисленного сплава-коллектора в полости с образованием достаточного объема накопителя сплава для инъекции кислородсодержащего газа на стадии (b); и (III) начала введения сырья конвертера в полость на стадии (a) и инъекции кислородсодержащего газа в накопитель сплава на стадии (b). При желании, окисленные компоненты в частично предварительно окисленном сплаве-коллекторе со стадии (I) могут быть отделены и удалены полностью или частично перед плавлением на стадии (II), или им можно позволить остаться в частично предварительно окисленном сплаве-коллекторе, расплавленном на стадии (II). В любом варианте осуществления изобретения стадия предварительного окисления может включать (I.A) пропускание измельченного сплава-коллектора (например, фракции в меш от около -16, предпочтительно от -18 до + 200) через богатое кислородом пламя, при этом предпочтительно пламя обладает температурой пламени не менее 2000°C, более предпочтительно от 2000 до 3500°C и, в частности, от 2000 до 2800°C. Богатое кислородом пламя предпочтительно создается горелкой для подогрева полости и указанный способ может дополнительно включать (I.B) осаждение по меньшей мере частично расплавленных частиц сплава-коллектора из пламени в полость. Предпочтительно, указанный способ включает (I.C) охлаждение и затвердевание частиц с образованием покрытия предварительно окисленного сплава-коллектора на внутренней поверхности огнеупорной футеровки полости, например, когда стадия (II) включает плавление покрытия. В этой процедуре предварительного окисления окисленными компонентами в частично предварительно окисленном сплаве-коллекторе со стадии (I) предпочтительно позволяют остаться в частично предварительно окисленном сплаве-коллекторе, расплавленном на стадии (II).

В любом варианте осуществления изобретения стадия предварительного окисления может включать работу конвертера с использованием цикла предварительного окисления, состоящего из стадий (II), (III), (a), (b), (c), (d) и (e) для получения частично окисленного первичного сплава, причём частично предварительно окисленный сплав-коллектор из более раннего цикла предпочтительно плавится на стадии (II), а сплав, извлеченный со стадии (e), используется в качестве частично предварительно окисленного первичного сплава. Цикл подготовки первичного сплава может дополнительно включать плавление предварительно подготовленного заряда частично окисленного первичного сплава в полости для формирования накопителя сплава; периодическую или постоянную подачу сырья конвертера в накопитель сплава на стадии (a) одновременно с инъекцией кислородсодержащего газа на стадии (b); продолжение инъекции кислородсодержащего газа для частичного окисления накопителя сплава, при этом предпочтительно от 10 до 90 процентов, более предпочтительно от 25 до 75 процентов железа в сырье конвертера окислено, в пересчете на массу железа в сырье конвертера, подаваемом в конвертерный накопитель сплава; слив шлака из полости конвертера, предпочтительно некоторое количество раз; затем извлечение и затвердевание частично окисленного накопителя сплава. Предпочтительно, затвердевший частично окисленный сплав-коллектор из цикла подготовки первичного сплава разделяют на некоторое количество зарядов первичного сплава для аналогичных нескольких рабочих циклов конвертера и/или циклов подготовки первичного сплава.

В этой процедуре конвертерного цикла предварительного окисления, окисленные компоненты в частично предварительно окисленном сплаве-коллекторе со стадии (I) предпочтительно отделяют на стадии (c) и удаляют на стадии (d), а частично предварительно окисленный сплав-коллектор может быть извлечен на стадии (e) цикла предварительного окисления, охлажден и отвержден перед стадией (II). При желании, шлак, извлеченный на стадии (d) цикла предварительного окисления, может быть объединен с и/или расплавлен вместе с частично предварительно окисленным сплавом со стадии (e) в последующей

стадии (I) преобразования сплава-коллектора или цикла предварительного окисления.

В любом варианте осуществления изобретения стадия предварительного окисления может включать приведение в контакт частиц сплава-коллектора (например, фракции в меш от около -16, предпочтительно от -18 до +200) с кислородсодержащим газом при температуре выше 800°C, например, в интервале между 800 и 950°C, предпочтительно посредством прокаливания во вращающейся печи, в печи кипящего слоя, или в любом другом механизме прокаливания, стараясь не расплавить и чрезмерно не агрегировать частицы вместе.

В любом варианте осуществления изобретения указанный способ может дополнительно включать стадии: (A.1) разделения шлака, извлеченного на стадии (d), на несколько порций; (A.2) возврата первого шлака из извлеченной части шлаков со стадии (A.1) в сырьё конвертера, вводимое в полость на стадии (a). Сырьё конвертера предпочтительно содержит возвратный шлак в количестве от около 5 до 100 массовых долей на 100 массовых долей сплава-коллектора, более предпочтительно от 10 до 50 массовых долей на 100 массовых долей сплава-коллектора в сырьё конвертера. Указанный способ предпочтительно включает (A.2) объединение сплава-коллектора и оборотного шлака для одновременного введения в сырьё конвертера на стадии (a), предпочтительно из одного устройства подачи. Возвратный шлак на стадии (A.2) предпочтительно содержит высокосортную часть извлеченного шлака со стадии (d), т.е. более высокое содержание МПГ, чем среднее общее содержание МПГ в шлаке, извлеченном со стадии (d), и/или возвратный шлак имеет содержание оксида никеля более чем около 2 процентов по массе возвратного шлака.

В любом варианте осуществления изобретения указанный способ может включать стадии: (B.1) охлаждения, затвердевания и измельчения извлеченного шлака со стадии (d) (например, может быть приемлемым дробление до фракции в меш -4,8 мм (3/16 дюйма)); (B.2) магнитного разделения дробленого шлака на магнитно-восприимчивую фракцию и магнитно-невосприимчивую фракцию; (B.3) возврата магнитно-восприимчивой фракции в сырьё конвертера на стадии (A.2); и (B.4) необязательно возврата части магнитно-невосприимчивой фракции в сырьё конвертера на стадии (A.2). В любом варианте осуществления изобретения указанный способ может включать стадии: (C.1) перед стадиями (a)-(e), начала рабочего цикла конвертера посредством плавления частично предварительно окисленного сплава-коллектора в полости для формирования накопителя сплава; (C.2) затем, перед стадией (e), повторения последовательности стадий (a), (b), (c) и (d) некоторое количество раз, при этом стадия (d) в каждой последовательности следует за стадией (c); и (C.3) после окончательного слива слоя низкой плотности на стадии (d) в последней из последовательностей стадии (C.2), слива накопителя сплава на стадии (e). Предпочтительно на стадии (C.4) весь шлак или часть шлака, извлеченного из окончательного слива на стадии (d), возвращают в сырьё конвертера на стадии (A.2) независимо от магнитной восприимчивости, и/или всю магнитно-невосприимчивую фракцию или её часть, отделенную на стадии (B.2) от окончательного слива на стадии (d), возвращают в сырьё конвертера на стадии (A.2). Указанный способ предпочтительно включает стадии: (D.1) для слива(ов) слоя низкой плотности, предшествующего(их) окончательному сливу на стадии (C.2), предоставления возможности сплаву, увлечённому слоем низкой плотности, по существу осесть в накопителе сплава перед сливом соответствующего(их) слоя(ёв) низкой плотности; и (D.2) для окончательного слива на стадии (C.2), слива слоя низкой плотности в течение пяти минут, необязательно, с увлечением сплава в слой низкой плотности.

В любом варианте осуществления изобретения указанный способ может включать стадии: (E.1) плавления материала катализатора в основной печи, предпочтительно в печи без преобразования; (E.2) извлечения шлака основной печи и первого сплава-коллектора из основной печи; (E.3) плавления шлака основной печи во вторичной печи, предпочтительно в печи без преобразования; (E.4) извлечения шлака вторичной печи и второго сплава-коллектора из вторичной печи; (E.5) подачи первого и второго сплавов-коллекторов в сырьё конвертера на стадии (a); и (E.6) подачи по меньшей мере части шлака, извлеченного из конвертера на стадии (d), во вторичную печь для плавления вместе со шлаком основной печи на стадии (E.3). Полость конвертера предпочтительно футерована огнеупорным материалом и часть шлака основной печи со стадии (E.2) может быть подана в полость в качестве защитного средства огнеупора для стадий (a) и (b), предпочтительно со скоростью не более 20 массовых долей шлака основной печи на 100 массовых долей сплава-коллектора, более предпочтительно 18 массовых долей шлака основной печи на 100 массовых долей сплава-коллектора, более предпочтительно со скоростью в интервале между 5 и 15 массовыми долями шлака основной печи на 100 массовых долей сплава-коллектора.

В любом варианте осуществления изобретения указанный способ может включать любое одно, или более, или все из приведенного ниже: (F.1) инъекцию кислородсодержащего газа на стадии (b), предпочтительно продолжающуюся до тех пор, пока накопитель сплава не будет содержать не более чем около 10 мас.% железа, предпочтительно не более 5 мас.% железа; и/или (F.2) обогащенный МПГ сплав предпочтительно содержит не менее 25 мас.% МПГ, предпочтительно от 25 до 60 мас.% МПГ; (F.3) обогащенный МПГ сплав предпочтительно содержит не менее 25 мас.% никеля, более предпочтительно от 25 до 70 мас.% никеля; и/или (F.4) обогащенный МПГ сплав предпочтительно содержит не более 10 мас.% железа; и/или (F.5) обогащенный МПГ сплав предпочтительно содержит не более 2 мас.% кремния, не более 2 мас.% фосфора, не более 10 мас.% меди и/или не более 2 мас.% серы; и/или (F.6) сплав-

коллектор предпочтительно содержит от 0,5 до 12 мас.% МПГ; и/или (F.7) сплав-коллектор предпочтительно содержит не менее 40 мас.% железа, предпочтительно от 40 до 80 мас.% железа; и/или (F.8) сплав-коллектор предпочтительно содержит не менее 0,5 мас.% никеля, предпочтительно от 1 до 15 мас.% никеля; и/или (F.9) сплав-коллектор предпочтительно содержит не более 3 мас.% серы, более предпочтительно от 0,1 до 3 мас.% серы; и/или (F.10) сплав-коллектор предпочтительно содержит: не более 3 мас.% меди, более предпочтительно от 0,1 до 3 мас.% меди; и/или не более 2 мас.% хрома, предпочтительно от 0,1 до 2 мас.% хрома; и/или не более 20 мас.% кремния, более предпочтительно от 1 до 20 мас.% кремния.

Со ссылкой на чертежи, на которых одинаковые позиции обозначены одинаковыми цифрами, на фиг. 1А схематически проиллюстрирован способ преобразования 100А для преобразования сплава-коллектора МПГ в соответствии с вариантами осуществления данного изобретения. Сырьё 116 конвертера вводится в полость 120 конвертера 118, удерживающую расплавленный накопитель 122 сплава. Конвертер 118 может представлять собой любой подходящий конвертер для окисления железа и других элементов в сырьё 116, например, с использованием кислорода в газе, барботируемом в накопитель сплава сверху, или сбоку, или снизу (не показано), что приводит к образованию шлаковой фазы 128 низкой плотности. Конвертер 118 предпочтительно представляет собой вращающийся конвертер с верхним дутьём ("TBRC"), имеющий наклонную, как правило, цилиндрическую полость 120, удерживающую накопитель 122 сплава, как показано, который может быть приведен во вращение посредством двигателя 119, например, со скоростью от 1 оборота в час до 20 оборотов в минуту, например, 30 оборотов в час, для облегчения смешивания и перемешивания. Полость 120 зачастую футерована огнеупорным материалом 123. TBRC известны, например, из патентного документа США 4,581,064 и, как правило, они проектируются по индивидуальному заказу и создаются для конкретных областей применения рядом инженерных фирм, специализирующихся на металлургической обработке.

В любом варианте осуществления изобретения сырьё 116 конвертера может представлять собой сплав-коллектор, полученный от плавления материала катализатора, включая сырьевой сплав-коллектор и/или частично предварительно окисленный сплав-коллектор и предпочтительно содержит не менее 0,5 мас.% МПГ, например, от 0,5 до 12 мас.%; не менее 30 мас.% железа, например, от 40 до 80 мас.% железа; и не менее 0,5 мас.% никеля, например, от 1 до 15 мас.% никеля, в пересчете на общую массу сырья 116 конвертера. Сырьё 116 конвертера также может содержать по меньшей мере около 0,1 мас.% каждого из меди, серы и хрома; например, от 0,1 до 3 мас.% меди, от 0,1 до 3 мас.% серы и от 0,1 до 2 мас.% хрома, в пересчете на общую массу сырья 116 конвертера. Сырьё 116 конвертера и/или его компоненты также могут содержать до 20 мас.% кремния, например, от 1 до 20 мас.% кремния; и до 15 мас.% фосфора, например, от 1 до 15 мас.% фосфора, все в пересчете на массу сырья 116 конвертера. Также могут присутствовать другие элементы, как правило, в количествах до 5 мас.%.

Сырьё 116 конвертера необязательно может содержать добавленный флюсовый материал, но если добавленный флюсовый материал содержит 10 мас.% или более диоксида кремния и 10 мас.% или более оксида кальция, оксида магния или комбинации оксида кальция и оксида магния, по массе добавленного флюсового материала, то сырьё 116 конвертера предпочтительно содержит менее 20 массовых долей добавленного флюсового материала на 100 массовых долей сплава-коллектора, более предпочтительно не более 18 массовых долей добавленного флюсового материала на 100 массовых долей сплава-коллектора.

Конвертер 118 предпочтительно может быть снабжен горелкой 117 в сборе с водяным охлаждением для плавления накопителя 122 сплава. Накопитель 122 сплава может представлять собой сырьё 116 конвертера и/или сплав-коллектор, который предпочтительно изначально по меньшей мере частично окисляется или преобразуется и может становиться все более окисленным или преобразованным в ходе рабочего цикла процесса преобразования.

Газ-окислитель, например, кислород 124, предпочтительно инжектируют в полость 120 через фурму 126 в процессе вращения полости вокруг продольной оси. Кислород преобразует железо и другие окисляемые элементы в накопителе 122 сплава, соответственно, в железо и другие оксиды, например железо - в оксид железа, кремний - в диоксид кремния, фосфор - в пятиокись фосфора, хром - в оксид хрома, медь - в оксид меди, титан - в оксид титана и так далее. В данном документе описание относится к железу в качестве иллюстративного преобразования молекул в качестве примера, а не ограничения, в целях краткости, ясности и удобства. Вращение и инжекция газа обеспечивают перемешивание и смешивание, поскольку концентрация железа и других примесей уменьшается в накопителе 122 сплава посредством окисления, и они собираются в виде плавающего слоя 128 низкой плотности, таким образом, в накопителе 122 сплава увеличивается концентрация МПГ. Слой 128 низкой плотности сливается периодически или непрерывно и извлекается в виде шлака 130, например, из патрубка и/или посредством опрокидывания полости 120. Никель и МПГ, в целом, не являются легко окисляемыми, и они обогащаются в накопителе 122 сплава и аналогичным образом извлекаются из патрубка и/или посредством опрокидывания полости 120, как обогащенный МПГ никелевый сплав 132, который зачастую затвердевает в мульде для формирования слитков. Шлак 130 зачастую охлаждают, отверждают, измельчают, например, посредством дробления и/или перемалывания, для облегчения обработки. Например, приемлемой может быть

фракция в меш -4 (-4,8 мм, -3/16 дюйма). Предпочтительно, защитное средство 138 огнеупора подаётся в конвертер 118 в эффективном количестве. Защитное средство 138 может замедлить потерю огнеупорного материала из футеровки 123, таким образом, продлевая срок службы огнеупора и уменьшая частоту замены огнеупорной футеровки 123. Защитное средство 138 может содержать материал, общий с огнеупорной футеровкой 123, например, оксид алюминия, если огнеупор 123 изготовлен на основе оксида алюминия. Если огнеупор 123 изготовлен на основе оксида алюминия, то защитное средство 138 предпочтительно представляет собой алюмосиликат, плавящийся при более низкой температуре, чем огнеупор, т.е. алюмосиликатное стекло, которое удобно подавать из печных шлаков 106 и/или 112 (см. фиг. 1В), предпочтительно из шлака основной печи 106, например, если шлаки 106 и/или 112 также содержат оксид алюминия. Если огнеупор 123 изготовлен на основе оксида алюминия, то количество оксида алюминия в защитном средстве 138 предпочтительно должно быть не менее 10 мас.%, причём защитное средство 138 предпочтительно содержит оксид алюминия в количестве от 25 до 75 мас.% в пересчете на общую массу защитного средства.

Количество защитного вещества 138, необходимое для его действия, как правило, невелико по сравнению с количеством сырья 116 конвертера. Предпочтительно, общее количество добавляемого защитного средства менее 20 мас.%, в пересчете на массу сырья 116 конвертера, например, от 1 до 10% мас. сырья конвертера. Защитное средство 138 может быть добавлено непрерывно, но предпочтительным является его периодическое добавление порциями, например, аликвотами, на верхнюю часть накопителя 122 сплава, после первоначального плавления накопителя и после каждого слива шлака 128. Избыточное количество защитного средства 138 обеспечивает ограниченную дополнительную защиту и приводит к увеличению объема шлака 130, при этом недостаточное количество защитного средства 138 приводит к более высоким потерям огнеупора.

Фурма 126 зачастую находится в области высокой температуры из-за добавления кислорода и экзотермического характера реакций превращения в непосредственной близости, и зачастую является расходной частью. Если фурма 126 изготовлена из расходного материала, например, огнеупорного материала, общего с футеровкой 123, например, оксида алюминия, то на неё также может оказывать благоприятное действие использование защитного средства огнеупора 138. Если фурма 126 является расходной частью, то она зачастую продвигается, периодически или непрерывно, по мере расходования торца фурмы, чтобы поддерживать инъекцию кислорода ниже верхнего уровня накопителя 122 сплава и минимизировать непрореагировавший кислород, улетучивающийся из накопителя 122 сплава и/или шлака 128. В целом, скорость инъекции кислородсодержащего газа предпочтительно настолько высока, чтобы быстро завершить преобразование, но не настолько, чтобы превысить пределы рабочих температур TBRC 118 или привести к пузырькам непрореагировавшего кислорода через верхнюю поверхность накопителя 122 сплава и/или слой низкой плотности 128.

На фиг. 1В схематически проиллюстрирован способ 100В извлечения МПГ, включающий конвертер 118, предпочтительно конвертерный процесс 100А (см. фиг. 1А), в соответствии с вариантами осуществления данного изобретения. Сплав-коллектор МПГ предпочтительно получен от плавления материала 102 катализатора в основной печи 104. Материал 102 катализатора зачастую содержит МПГ на или в подложке, например, из диоксида кремния, оксида алюминия, глины, цеолита, кордиерита и аналогичных подложек, например, покрытие из МПГ-содержащего материала на керамической подложке. Материал 102 катализатора может представлять собой любой МПГ-содержащий материал, например, отработанный катализатор, например, каталитические преобразователи выхлопных газов автомобилей, катализаторы нефтеперерабатывающей или химической промышленности и аналогичные катализаторы.

При желании, материал катализатора может быть обработан обычным способом для подготовки его к плавке, например, посредством уменьшения размера, удаления вредных материалов и/или инертных материалов, которые содержат мало или не содержат МПГ, например, посредством измельчения, химической обработки, магнитного разделения т.д. В патентном документе US 5,279,464, например, раскрыто измельчение и магнитное разделение материала катализатора из автомобильных каталитических преобразователей.

Выплавляемый материал катализатора, например, в печи 104, хорошо известен и используется обычная печь, например, печь без преобразования, например, электродуговая печь, индукционная печь, плазменно-дуговая печь, топочная печь и так далее. Например, в патентном документе US 5,030,274 раскрыта обработка материала катализатора в электродуговой печи для извлечения МПГ, а в патентных документах US 4,295,881 и WO 2014154945A1 раскрыта выплавка хромитсодержащих руд для извлечения МПГ. Материал катализатора, зачастую с добавлением шлака, флюса или металла-коллектора, как правило, подается непрерывно и при нагревании в печи образует шлак 106 и сплав-коллектор, содержащий МПГ. Сплав-коллектор является относительно плотным по сравнению с более легким шлаком и собирается в накопителе 108 сплава под верхним слоем шлака 106.

Шлак 106 и сплав-коллектор 108 периодически или непрерывно извлекают и зачастую охлаждают и отверждают для дальнейшей обработки. Например, сплав-коллектор 108 зачастую разливают в мульды, а шлак 106 зачастую гранулируют, сушат во вращающейся печи и упаковывают в мешки или подходящий контейнер. Шлак 106 из основной печи 104 может содержать остаточный МПГ, зачастую 1-5 мас.% МПГ

в материале катализатора 102 и, в свою очередь, предпочтительно, выплавляется во вторичной печи 110, которая может представлять собой печь, аналогичную печи 104, например, печь без преобразования, например, электродуговую печь, индукционную печь, плазменно-дуговую печь, топочную печь и аналогичные печи, с добавлением металлургического кокса. В шлаке 112, извлеченном из печи 110, дополнительно уменьшают концентрацию МПГ и он может быть аналогичным образом охлажден, отвержден, гранулирован, высушен, упакован и т.д. Шлак 112 может быть утилизирован, как побочный продукт или отходы. МПГ концентрируют и извлекают в сплаве-коллекторе 114 из вторичной печи 110, разливают в мульды и отверждают аналогично сплаву-коллектору 108.

В любом варианте осуществления изобретения первый сплав-коллектор 108 МПГ, второй сплав-коллектор 114 МПГ или предпочтительно оба вводят в качестве сырья 116 конвертера в конвертер 118. Конвертер 118, проиллюстрированный на фиг. 1В, может представлять собой любой подходящий конвертер для окисления железа и других элементов в сырье 116 и предпочтительно включает конвертер 118, описанный выше для способа 100А со ссылкой на фиг. 1А. Сплавы-коллекторы 108, 114 МПГ зачастую измельчают, например, посредством дробления и/или перемалывания, и подают в конвертер 118 из бункера 225 через вибрационный питатель 226, как показано на фиг. 8. Сплав-коллектор 108 и сплав-коллектор 114, по отдельности и/или вместе в сырье 116 конвертера, предпочтительно содержат не менее 0,5 мас.% МПГ, например, от 0,5 до 12% мас.; не менее 30 мас.% железа, например, от 40 до 80 мас.% железа; и не менее 0,5 мас.% никеля, например, от 1 до 15 мас.% никеля, в пересчете на общую массу сырья 116 конвертера, сплава-коллектора 108 и/или сплава-коллектора 114. Первый и/или второй сплавы-коллекторы 108, 114 также могут содержать по меньшей мере около 0,1 мас.% каждого из меди, серы и хрома; например, от 0,1 до 3 мас.% меди, от 0,1 до 3 мас.% серы и от 0,1 до 2 мас.% хрома, в пересчете на общую массу первого и/или второго сплавов-коллекторов. Сырьё 116 конвертера и/или его компоненты также могут содержать до 20 мас.% кремния, например, от 1 до 20 мас.% кремния; и до 15 мас.% фосфора, например, от 1 до 15 мас.% фосфора, все в пересчете на массу никелевого сплава, обогащенного МПГ. Также могут присутствовать другие элементы, как правило, в количествах до 5% мас.

Шлак 130 из конвертера 118 зачастую охлаждают, отверждают, измельчают, например, посредством дробления и/или перемалывания, для облегчения обработки. Никель и МПГ, как правило, не являются легко окисляемыми, их концентрация в накопителе 122 сплава повышается и их извлекают в виде обогащенного МПГ никелевого сплава 132, например, затвердевающего в мульде для формирования слитков. В любом варианте осуществления изобретения конвертерный шлак 130 может быть расплавлен в печах 104 и/или 110. Шлак 130 может содержать остаточный МПГ и эти значения могут быть по существу извлечены в сплавы-коллекторы 108 и/или 114. Предпочтительно, по меньшей мере первая часть 134 конвертерного шлака 130 обрабатывается во вторичной печи 110 вместе со шлаком основной печи 106, поскольку это может помочь ограничить накопление вредных элементов в сплаве-коллекторе 108, что может произойти, если конвертерный шлак 130 обрабатывать только в основной печи 104.

В любом варианте осуществления изобретения вторая часть 136 конвертерного шлака 130 может быть возвращена в сырьё 116 конвертера.

Со ссылкой на фиг. 1С, в варианте осуществления данного изобретения предложен конвертерный процесс 175, в котором сплав-коллектор частично предварительно окисляется, чтобы ускорить процесс преобразования. В конвертерном процессе 175 сырьевой сплав-коллектор 108 и/или 114 (фиг. 1В) на стадии 180 вступает в контакт с окислителем 182 при повышенной температуре с получением частично предварительно окисленного сплава-коллектора 184 МПГ. Окислитель 182 может представлять собой кислородсодержащий газ, например, воздух, обогащенный кислородом воздух, кислород, обогащенный кислородом дымовой газ или аналогичные окислители. Повышенная температура составляет предпочтительно не менее 800°C и более предпочтительно не менее 2000°C.

На стадии 186 частично предварительно окисленный сплав 184 зачастую плавят в полости 120 конвертера 118 (фиг. 1А или 1В) с использованием, например, горелки 117 в сборе (фиг. 1А), для формирования накопителя 122 сплава. На стадии преобразования 187 сырьё 116 конвертера вводят в накопитель 122 сплава в полости 120 и инжестируют кислородсодержащий газ 124. Сырьё 116 конвертера предпочтительно содержит частично предварительно окисленный сплав 184, сырьевой сплав-коллектор 108, 114 или их комбинацию. Затем на стадии 188 конвертерный шлак 130 может быть при необходимости слит, предпочтительно некоторое количество раз, и на стадии 189 накопитель 122 сплава (фиг. 1А) сливают и извлекают обогащенный МПГ сплав 132. Слив заключается в прекращении вращения полости 120 и отведении расплавленного материала через патрубок, сформированный через боковую стенку (не показан), или посредством опрокидывания полости 120 и декантации расплавленного материала и/или мусора, например, через носик 139 (см. фиг. 2А).

Предварительное окисление 180, как показано на фиг. 1С, решает проблемы в известной технологии преобразования. Например, непосредственное плавление сплавов-коллекторов 108 МПГ, 114 из печей 104, 110 может привести к образованию исходного шлака 128В (фиг. 4) с нежелательными характеристиками плавления. Кроме того, сплавы-коллекторы МПГ могут быть нежелательно реакционноспособными с кислородом, что приводит к чрезмерному экзотермическому воздействию и/или требует относительно низкой скорости добавления кислорода и продолжительного периода времени для подходящего

преобразования. Предпочтительно, частичным предварительным окислением на стадии 180 достигается от 10 до 90 процентов превращения железа в оксид железа в сплаве-коллекторе, более предпочтительно от 25 до 75 процентов превращения железа и, в частности, от 30 до 60 процентов превращения железа. При желании, окисленное железо может быть удалено из частично предварительно окисленного сплава-коллектора МПГ 184, например, если он подготовлен в качестве первичного сплава в более раннем конвертерном цикле, от которого отделен шлак; или предпочтительно окисленное железо может оставаться в частично предварительно окисленном сплаве-коллекторе МПГ 184, как при окислении на воздухе в печи или, особенно, при окислении в пламени.

Снова со ссылкой на фиг. 1С, указанный способ 175 может обеспечить процедуру запуска конвертера. В любом варианте осуществления изобретения заряд частично предварительно окисленного сплава-коллектора зачастую используется для ускорения процесса преобразования, например, первоначального плавления и/или получения исходного шлака с низкой температурой плавления. В любом варианте осуществления изобретения любой металл, который плавится быстрее и/или при более низкой температуре по сравнению с сырьём 116 конвертера (фиг. 1А и 1В), может быть использован в качестве частично предварительно окисленного сплава-коллектора 184 или вместо него. В процедуре 175 запуска конвертера сырьевой сплав-коллектор 108 и/или 114 (фиг. 1В) вступает в контакт на стадии 180 с кислородсодержащим газом 182 при повышенной температуре с получением частично предварительно окисленного сплава-коллектора МПГ 184, который, в свою очередь, плавится на стадии 186 с использованием, например, горелки 117 в сборе (фиг. 1А), для формирования накопителя 122 сплава в полости 120 конвертера 118 (фиг. 1А или 1В).

Например, предварительное окисление 180 может быть осуществлено (1) посредством приведения в контакт частиц сырьевого сплава-коллектора 108/114 (например, может быть приемлемым дробление до фракции в меш -16, например, -16 или -18/+200) с кислородсодержащим газом при температуре, составляющей по меньшей мере 800°C, например, в интервале между 800°C и 950°C, например, во вращающейся печи или печи кипящего слоя; (2) посредством частичного превращения сырьевого сплава-коллектора в конвертере 118 (фиг. 1А) с использованием кислородсодержащего газа 124 при температуре не менее 1250°C, предпочтительно по меньшей мере 1450°C, например, от 1450 до 1700°C и слива частично окисленного сплава, например, в более раннем или предшествующем цикле конвертера (см. фиг. 1D); (3) посредством пламенного окисления, включающего пропускание измельченных частиц 157 (например, приемлемым может быть дробление до фракции в меш -16, например, -16 или -18/+200) через богатое кислородом пламя 156 (фиг. 2С), предпочтительно при температуре не менее 2000°C, более предпочтительно от 2000 до 3500°C и, в частности, от 2000 до 2800°C; и так далее. Некоторые предпочтительные варианты осуществления изобретения пламенного предварительного окисления описаны более подробно со ссылкой на фиг. 2С ниже.

Со ссылкой на фиг. 1D схематически проиллюстрирован пример осуществления процедуры 190 подготовки первичного сплава для подготовки частично предварительно окисленного первичного сплава в количестве, достаточном для некоторого количества партий. На стадии 191 заряд частично предварительно окисленного сплава-коллектора 184 (фиг. 1С), например, из более ранней партии первичного сплава, помещают в необязательно опорожненную полость 120. На стадии 192 первичный сплав 186 плавят, например, с использованием горелки 117 в сборе (фиг. 1А) для формирования конвертерного накопителя 122 сплава. На стадии 193, подают (периодически или непрерывно) сырьё 116 конвертера, содержащее сплав-коллектор МПГ, и на стадии 194 инжектируют кислородсодержащий газ 124 в накопитель 122 сплава. Инжекцию кислорода продолжают до частичного окисления сырья конвертера, при этом предпочтительно от 10 до 90 процентов железа превращается в оксид железа, более предпочтительно, если превращение железа составляет от 25 до 75 процентов и, в частности, от 30 до 60 процентов превращения железа, в пересчете на массу железа в общем количестве сырья 116 конвертера и первичного сплава, подаваемого в накопитель 122 сплава. На стадии 195 конвертерный шлак 130 может быть слит при необходимости, чтобы избежать переполнения полости 120, предпочтительно некоторое количество раз. Затем на стадии 196, накопитель 122 сплава (фиг. 1А) выпускают и извлекают первичный сплав 184'. Извлеченный первичный сплав 184' зачастую отверждают и разбивают на кусочки, или при желании он может быть измельчен, например, посредством дробления, перемалывания и т.д., хотя, как правило, это не является обязательным требованием. Например, затвердевший частично окисленный сплав-коллектор из цикла подготовки первичного сплава может быть разделен на некоторое количество зарядов первичного сплава, как правило, одинакового размера, для аналогичных нескольких рабочих циклов конвертера и/или циклов подготовки первичного сплава. Например, одна партия первичного сплава 184' может обеспечить достаточное количество первичного сплава для некоторого количества партий, например, 3-10, и, таким образом, первичная партия, подготовленная для семи партий, может быть подготовлена для каждой седьмой партии, т.е. с использованием седьмой партии из первичных партий после шестой партии продукта из никелевого сплава, обогащенного МПГ.

Со ссылкой на фиг. 2А, схематически проиллюстрирован упрощенный вид сбоку предпочтительно-го ТВРС 118, оснащенного кислородно-топливной горелкой 117 в сборе с водяным охлаждением, двигателем 119, вытяжным колпаком 121, теплозащитным экраном 121А с водяным охлаждением, фурмой 126

для инъекции кислорода и вращательным соединением 148. TBRC 118 имеет вытяжной колпак 121 и теплозащитный экран 121А с водяным охлаждением, который имеет отверстия, позволяющие установить в заданном положении горелку 117 и фурму 126, вход сырья 116 (фиг. 1А) и защитное средство 138 (фиг. 1А), и слив накопителя 122 сплава (фиг. 1А) и слоя 128 низкой плотности (фиг. 1А) через сливной носик 139. Двигатель 119 может быть приведен в движение, например, посредством цепи 119А и звездочек 119В, 119С и способен вращать полость 120 с подходящей скоростью, обеспечивающей перемешивание, например, 1/2 оборота в минуту. Установленные снаружи передающие устройства 144 могут быть соединены проводом 141 через канал 143 с температурными датчиками 140 (см. фиг. 2В), установленными в огнеупоре 123 или рядом с ним (см. фиг. 2В), и могут посылать температурный сигнал на удаленный приемник 145. Впуск и выпуск охлаждающей жидкости могут быть выполнены в виде гибких шлангов 147а и 147б для подачи и возврата охлаждающей жидкости из системы 149 холодильного агента через двухпоточное вращательное соединение 148 в рубашку 146 (см. фиг. 2В). Со ссылкой на фиг. 2В, показан вид сбоку в разрезе TBRC 118, содержащего полость 120. Датчик температуры 140, например, термопара, расположен в огнеупоре 123, предпочтительно прилегающем к внутренней стенке 142 полости 120, и соединен через провод 141, проходящий через канал 143, с установленным снаружи передающим устройством 144 температуры, которое может передавать информацию о температуре по беспроводной связи на удаленный приемник 145 (фиг. 2А). В любом варианте осуществления изобретения кислородсодержащий газ инжeksiруют в конвертерный накопитель сплава со скоростью, достаточной для поддержания накопителя сплава в расплавленном состоянии при температуре не выше 1800°C, например, температура в накопителе сплава не менее 1250°C, предпочтительно от около 1450 до 1700°C. Более низкие температуры создают риск преждевременного затвердевания накопителя 122 сплава, при этом чрезмерно высокие температуры создают риск выхода из строя компонентов TBRC 118. В любом варианте осуществления изобретения температуру огнеупора 123 можно контролировать, например, для управления технологическим процессом и/или для обнаружения преждевременного истончения.

В любом варианте осуществления изобретения полость 120 может быть оснащена рубашкой 146, прилегающей к слою шлака и/или накопителю сплава для циркуляции охлаждающей жидкости, например, водного теплоносителя, например, воды/этиленгликоля/пропиленгликоля и аналогичных теплоносителей. Например, жидкость из гибкого шланга 147а может входить в рубашку 146 через центральный канал вращательного соединения 148, протекать во внутренний кольцевой канал 150, прилегающий к стенке 142, и выходить через внешний кольцевой канал 152 (или во внешний канал 152 и из внутреннего канала 150), чтобы выйти через соединение 148 из гибкого шланга 147б. Таким образом, срок службы огнеупора 123 может быть продлен, и/или кислород может быть инжeksiрован с более высокой скоростью, чтобы облегчить более быструю обработку и/или большую производительность конвертера, поскольку накопитель сплава может находиться в тепловом сообщении с рубашкой через огнеупорную футеровку для отвода тепла реакции. При желании, дно полости 120 и рубашка 146 могут иметь нижний фланец (не показан) для облегчения сборки/разборки. Со ссылкой на фиг. 2С, показан упрощенный вид сбоку в разрезе TBRC 118 по фиг. 2А и 2В, где схематически проиллюстрирован вариант осуществления изобретения горелки 117 в сборе для предварительного окисления на месте в соответствии с вариантами осуществления данного изобретения. Горелка 117 в сборе снабжена линией(ями) 154 подачи топлива/кислорода к соплу 155 горелки для создания богатого кислородом пламени 156. Частицы сплава-коллектора 157 подаются через прилегающую подающую трубку 158, например, от верхнего вибрирующего подающего устройства (не показано). Частицы 157 сплава коллектора падают из подающей трубы 158 через пламя 156, где они частично окисляются. Частично окисленные частицы 157А затем падают и накапливаются в полости 120. Вращение полости 120 в процессе работы распределяет частицы 157А по поверхности огнеупорной футеровки 123. Если частицы 157А плавятся или частично плавятся в пламени 156, они могут образовывать покрытие на огнеупорной футеровке 123 при их охлаждении и затвердевании. Сыпучие и/или сплавленные частицы 157А затем могут быть расплавлены, при желании, посредством увеличения скорости горения горелки 156. Если горелка 156 работает с большей скоростью в процессе предварительного окисления, то частично окисленные частицы 157А могут собираться в расплавленном накопителе 122А сплава (см. фиг. 3).

Частицы 157 сплава-коллектора зачастую измельчают или перемалывают в форму порошка для увеличения площади поверхности, подверженной воздействию пламени 156, но предпочтительно они достаточно большие, чтобы проходить через пламя 156 и оседать в полости 120. Частицы сплава 157 также предпочтительно должны быть достаточно большими, чтобы облегчить разделение, например, с использованием циклона (не показан) или силы тяжести, и избегать чрезмерного уноса в выпускаемых газообразных продуктах сгорания. Например, для гравитационного разделения подходящей может быть фракция в меш -16 или -18/+200. Чрезмерно мелкую фракцию, например, -200 меш, предпочтительно сводят к минимуму или избегают. Пламя 156 предпочтительно богато кислородом для обеспечения окислительной среды для частичного окисления частиц 157, например, горелка 155 может работать с топливным газом, например, природным газом или пропаном, и с 10% избытком кислорода относительно теоретического для полного сгорания, предпочтительно 15-30% избытка кислорода, более предпочтительно 20-25% избытка кислорода. Окисляющим газом для горения предпочтительно является воздух,

обогащенный кислородом, или более предпочтительно кислород с концентрацией > 99% об., таким образом, температура горения в пламени 156 составляет не менее 2000°C. Частичное предварительное окисление должно быть достаточным для преобразования от 10 до 90 процентов железа в частицах 157 в оксид железа в частицах 157А, предпочтительно для преобразования от 25 до 75 процентов железа, и более предпочтительно для преобразования от 30 до 60 процентов железа. Частицы 157 сплава-коллектора могут быть удобно предварительно окислены вне смены, например, в течение ночи, с использованием относительно низкой скорости подачи и низкой скорости горелки по сравнению с окислением в процессе работы. Заряд частиц 157 сплава-коллектора, достаточный для образования желаемого накопителя 122А сплава (фиг. 3) в начале рабочего цикла, может быть загружен в устройство подачи (не показано). Частицы 157 могут накапливаться в слое, покрытии или в виде расплавленного накопителя внутри полости 120, которая поддерживается пламенем 156 в горячем состоянии. После завершения предварительного окисления заряда, продолжение горения горелки 155 способствует поддержанию полости 120 и частично предварительно окисленных частиц 157 сплава-коллектора теплыми, например, от 500 до 1200°C, предпочтительно от 800 до 1200°C, таким образом, рабочий цикл преобразования может быть быстро запущен. В начале дневной рабочей смены накопленные частицы 157 могут быть расплавлены или быстро расплавлены с образованием накопителя 122А сплава (см. фиг. 3) посредством увеличения скорости горения горелки 155 для быстрого запуска цикла преобразования.

Предпочтительный рабочий цикл или партия преобразователя 118 показаны на фиг. 3-7. Рабочий цикл зачастую начинается посредством плавления заряда частично предварительно окисленного сплава-коллектора в конвертерной полости 120 для формирования конвертерного накопителя 122А сплава, как показано на фиг. 3. Накопителя 122А предпочтительно достаточно для инъекции кислорода под поверхность, например, приблизительно 10-15% об. от доступного объема полости 120, где доступный объем - это объем полости 120, который может быть заполнен без перелива материала из верхней части под углом, под которым полость 120 наклонена для работы. Однако поскольку сплавы-коллекторы 108, 114 МПГ из печей 104, 110 при плавлении могут образовывать шлак (128В) с нежелательными характеристиками плавления, частично предварительно окисленную загрузку сплава-коллектора предпочтительно использовать для ускорения первоначального плавления и получения исходного шлака с низкой температурой плавления. В любом варианте осуществления изобретения любой металл, который плавится быстрее и/или при более низкой температуре по сравнению с сырьем 116 конвертера, может быть использован в качестве или вместо частично предварительно окисленного сплава-коллектора.

После плавления заряда 122А исходного предварительно окисленного сплава по фиг. 3, вводят сырьё 116 конвертера и одновременно инжектируют кислород. Подаваемый материал 116 расплавляется и объем накопителя 122В сплава увеличивается, как показано на фиг. 4. Взаимодействие с кислородом превращает железо и другие материалы в шлаковую фазу 128В, что уменьшает объем накопителя сплава. Шлаковая фаза 128В менее плотная, чем накопитель 122В сплава, и плавает сверху. Перемешивание в результате инъекции кислородсодержащего газа и/или вращения полости 120 увлекает частицы или капли 160 сплава в шлаковую фазу 128В.

Взаимодействие железосодержащего сплава с кислородом является экзотермичным и следует соблюдать осторожность, чтобы избежать введения кислородсодержащего газа со скоростью, которая вызывает чрезмерную температуру, например, кислород, как правило, вводят со скоростью, достаточной для поддержания накопителя сплава в расплавленном состоянии, например, выше 1250°C и ниже максимальной температуры в накопителе сплава, не выше 1800°C, например, температура составляет от 1450 до 1700°C. Введение сырья конвертера в виде твердого вещества, включая любой флюс, защитное средство огнеупора, оборотный шлак и т.д., одновременно с инъекцией кислорода помогает уменьшить экзотермический эффект за счет энтальпии, необходимой для плавления твердых частиц. Кроме того, циркуляция охлаждающего агента через рубашку 146 также служит для отвода некоторого тепла реакции, что позволяет увеличить скорость инъекции кислорода.

Введение сырья 116 и инъекцию кислородсодержащего газа продолжают до тех пор, пока полость 120 не будет заполнена до желаемой ёмкости увеличенным накопителем 122С сплава и шлаковой фазой 128С, как показано на фиг. 5. Шлаковые фазы 128В и 128С в процессе стадии заполнения полости, как правило, содержат некоторое количество уносимого сплава 160, диспергированного в шлаковых фазах 128В, 128С из-за перемешивания и смешивания посредством инъекции кислорода и вращения полости 120. Введение сырья и инъекцию кислорода зачастую останавливают для слива шлака. В случае, если инъекцию кислорода и вращение останавливают, увлеченным каплям или частицам 160 сплава позволяют осесть из шлаковой фазы 128D и вернуться в накопитель 122D сплава, как показано на фиг. 6. После периода покоя, эффективного для ускорения гравитационного осаждения и отделения диспергированного металла 160 от шлака 128С (фиг. 5) и коалесценции в накопителе 122D сплава (фиг. 6), предпочтительно по меньшей мере 5 минут, шлак 128D может быть удален вместе с существенно меньшим количеством увлеченного сплава. Шлак 128D зачастую выпускают посредством наклона полости 120 для выливания шлаковой фазы 128D в мульды (не показаны) с минимальным уносом или сливом накопителя 122D сплава, то есть с чистой границей для шлаковой фазы 128D.

После удаления шлака 128D полость 120 имеет дополнительный объем для возобновления подачи

сырья и/или инъекции кислорода, как на фиг. 3 и 4. Цикл наполнения полости, как на фиг. 4 и 5, и слива шлака 128D после непродолжительного периода отделения сплава, как показано на фиг. 6, предпочтительно повторяют некоторое количество раз. После добавления желаемого заряда сырья 116 конвертера, инъекция кислородсодержащего газа может продолжаться до тех пор, пока не будет достигнут уровень желаемого превращения, например, по меньшей мере 90% превращения железа из сырья 116 конвертера, или предпочтительно по меньшей мере 95% превращения железа, или более предпочтительно 98% превращения железа. После заключительного цикла заполнения и/или инъекции кислорода, накопитель 122E сплава достигает желаемого конечного объема и уровня преобразования, как на фиг. 7, и последний слой 128E шлака и накопитель 122E сплава последовательно сливают и заливают в соответствующие мульды.

Однако, если желательно сливать сплав 122E и конечный шлак 128E, как показано на фиг. 7, предпочтительно немедленно сливать шлак 128E, не дожидаясь, пока фаза сплава 160 по существу отделится от шлака 128E. В конце инъекции кислорода реакция превращения является более полной, и экзотермический эффект может уменьшаться, что приводит к снижению температуры накопителя 122E сплава. В то же время повышается температура плавления сплава, обогащенного МПГ. Таким образом, предпочтительно сливать сплав 122E быстро, чтобы избежать преждевременного затвердевания, например, начав окончательный слив шлака 128E менее чем через 5 минут после прекращения инъекции кислорода. Чтобы избежать загрязнения накопителя 122E сплава шлаком 128E, зачастую предпочтительно сливать окончательный шлак 128E, чтобы обеспечить чистую границу накопителя 122E сплава, т.е. сливать верхнюю часть или поверхность у верхней границы накопителя 122E сплава со шлаком 128E. Однако, как описано выше, этот окончательный слив 128E шлака представляет собой высокосортный шлак, который предпочтительно возвращается в сырьё 116 конвертера в последующем конвертерном цикле, таким образом, чтобы количественные значения МПГ могли быть извлечены.

В предпочтительном варианте осуществления изобретения, как схематически показано на фиг. 8, способ 200 включает плавление материала катализатора 202 в основной электродуговой печи 204. Шлак 205, содержащий, главным образом, алюмосиликат, извлекают из печи 204, гранулируют в воде в грануляторе 206, сушат во вращающейся печи 208 и переупаковывают на станции 210 наполнения мешков. Сплав-коллектор 211 МПГ отливают в формы 212, отверждают и дробят в дробилке 214. Высушенный шлак 210 из основной печи 204 плавят во второй, электродуговой печи 218 окончательной обработки. Шлак 219, извлеченный из печи 218, гранулируют в грануляторе 220 и возвращают в качестве побочного продукта 222 для соответствующего использования, например, в качестве заполнителя. Сплав-коллектор 223 МПГ из вторичной печи 218 отливают в формы 224, отверждают и дробят в дробилке 214. Молотые сплавы-коллекторы 211 и 223 из дробилки 214 помещают в бункер 225, который подаёт сырьевой материал в вибрационный питатель 226 для ТВРС 227. ТВРС 227 оснащен горелкой 228 в сборе, фурмой 229 для инъекции кислорода, вытяжным колпаком 230 и двигателем (см. фиг. 2А) для вращения полости 232 ТВРС 227. При желании, полость 232 может быть оснащена рубашкой с водяным охлаждением, футерована набивным огнеупором на основе оксида алюминия и обеспечена любыми другими признаками ТВРС 118, как описано выше в отношении фиг. 2А, 2В, 2С. Для начала цикла превращения, в ходе вращения ТВРС 227, часть сырья конвертера из бункера 225 подаётся через дозатор 226, чтобы упасть через богатое кислородом пламя (см. пламя 156 на фиг. 2С) горелки 228 в сборе и частично предварительно окисляется. Предварительное окисление продолжается до накопления заряда частично предварительно окисленного сплава-коллектора, который при расплавлении создает накопитель сплава достаточного размера, чтобы позволить начать окисление, как правило, заполняя около 10-20% доступного объема полости. См. накопитель 122А сплава на фиг. 3. В альтернативном варианте, в качестве частично предварительно окисленного сплава-коллектора может быть использован предварительно подготовленный первичный сплав, окисленный в печи сплав-коллектор, окисленный в псевдооживленном слое сплав-коллектор или аналогичные сплавы. При необходимости, заряд частично предварительно окисленного сплава-коллектора плавят с использованием горелки 228 до температуры по меньшей мере 1250°C, предпочтительно по меньшей мере 1450°C. Часть от общего количества защитного средства, содержащего высушенный алюмосиликатный шлак 210 из первичной печи 204, предпочтительно помещают сверху накопителя сплава в качестве шлакового защитного средства 233.

Пока полость ТВРС 227 вращается, горелка, как правило, отключается и кислород 234 инжектируют в накопитель сплава с использованием фурмы 229 при скорости, поддерживающей температуру, достаточную для предотвращения затвердевания накопителя сплава, но при скорости, достаточной для поддержания температуры в накопителе сплава не выше 1800°C, например, от 1450 до 1700°C. Сплавы-коллекторы 211, 223 МПГ из печей 204, 218 помещают в бункер 225 и подают в ТВРС 227, как правило, с постоянной скоростью через вибрационный питатель 226. ТВРС 227 заполняют материалом по мере образования шлака, а накопитель сплава увеличивается за счет подачи в ТВРС. См. накопитель 122В сплава и шлак 128В на фиг. 4. В случае если объем полости был заполнен достаточно (см. накопитель 122С сплава и шлак 128С на фиг. 5), то вращение полости, инъекция кислорода и подача сплава могут быть прекращены. После ожидания в течение нескольких минут, как правило, по меньшей мере 5 минут, чтобы произошло разделение фаз (см. накопитель 122D сплава и шлак 128D на фиг. 4), шлак 242 сливают

в формы 244 посредством опрокидывания TBRC 227, заботясь о сохранении чистого края в шлаке 242 и избегая слива чрезмерного количества сплава.

Инжекцию кислорода и подачу сырья конвертера в оставшийся накопитель сплава затем возобновляют до тех пор, пока TBRC 227 снова не будет заполнен, а шлак 242 не будет слит, как описано выше. Цикл повторяют некоторое количество раз, пока накопитель сплава не вырастет до желаемого объема для слива. Последний выпуск шлака 242 непосредственно перед выпуском сплава предпочтительно выполняют сразу после прекращения инъекции кислорода и подачи сплава-коллектора, чтобы избежать преждевременного затвердевания в полости, при этом необходимо следить за тем, чтобы по существу весь шлак 242 был слит, например, обеспечивая чистую границу для накопителя сплава. Незначительные количества сплава необязательно могут быть увлечены шлаком. См. накопитель 122E сплава, шлак 128E и сплав 160 на фиг. 7. Однако, окончательный слив шлака предпочтительно возвращается в сырьё 116 конвертера в последующем цикле или партии, чтобы минимизировать потери МПГ. Обогащенный МПГ сплав 245 затем сливают в мульды 246, охлаждают и отверждают. После охлаждения мульд 244 со шлаком, затвердевший шлак 248 зачастую подают через дробилку шлака 250 и магнитный разделитель 252. Немагнитные фракции от окончательного слива шлака и от более ранних сливов могут быть отсортированы в контейнеры 254 и 256, соответственно. Немагнитная фракция 256 может быть переплавлена во вторичной печи 218 вместе со шлаком 210 из основной печи. Магнитные фракции 258 из всего конвертерного шлака и немагнитные фракции 254 из окончательного слива шлака предпочтительно помещают в бункер 225 для последующей партии TBRC. В альтернативном варианте весь окончательный слив шлака может быть помещен непосредственно в бункер 225 вместе со сплавом(ами)-коллектором(ами) 211, 223, минуя магнитный разделитель 252.

В другом аспекте, со ссылкой на фиг. 9, в варианте осуществления данного изобретения предложен способ 300 преобразования сплава-коллектора МПГ, включающий: на стадии 302, введение сырья 116 конвертера (фиг. 1A), содержащего сплав-коллектор 108 МПГ и/или 114 (фиг. 1B) в полость 120 конвертера 118 (фиг. 1A), удерживающую накопитель 122 сплава (фиг. 1A); на стадии 304, инъекцию кислородсодержащего газа 124 (фиг. 1A) в накопитель сплава; на стадии 306, извлечение шлака 130 (фиг. 1A) из полости 120; на стадии 308, плавление извлеченного шлака 130 в печи 104 и/или 110 (фиг. 1B), предпочтительно во вторичной печи 110; на стадии 310, извлечение сплава-коллектора 108 и/или 114 (фиг. 1B) из печи 104 и/или 110; необязательно, на стадии 312, введение сплава-коллектора 108 и/или 114, извлеченного из печи 104 и/или 110 на стадии 308, в сырьё 116 конвертера в полость 120 с накопителем 122 сплава; и на стадии 314, извлечение обогащенного МПГ сплава 132 (фиг. 1A) из полости 120. Сырьё 116 конвертера предпочтительно содержит сплавы-коллекторы 108 и/или 114, которые содержат не менее 0,5 мас.% МПГ, не менее 40 мас.% железа и не менее 0,5 мас.% никеля, в пересчете на общую массу сплава-коллектора. Сырьё 116 конвертера необязательно может содержать добавленный флюсовый материал, но если добавленный флюсовый материал содержит 10 мас.% или более диоксида кремния и 10 мас.% или более оксида кальция, оксида магния или комбинации оксида кальция и оксида магния, по массе добавленного флюсового материала, то сырьё конвертера предпочтительно содержит менее 20 массовых долей добавленного флюсового материала на 100 массовых долей сплава-коллектора. Предпочтительно, обогащенный МПГ сплав содержит не менее 25 мас.% МПГ, не менее 25 мас.% никеля и не более 10 мас.% железа, более предпочтительно от 25 до 60 мас.% МПГ и от 25 до 70 мас.% никеля. В другом аспекте, со ссылкой на фиг. 10, в варианте осуществления данного изобретения предложен способ 350 преобразования сплава-коллектора МПГ, включающий: на стадии 352, футеровку конвертерной полости 120 огнеупорным материалом 123 (фиг. 1A); на стадии 354, удерживание накопителя 122 сплава (фиг. 1A) в полости 120; на стадии 356, подачу защитного средства огнеупора 138 (фиг. 1A) в полость 120 с конвертерным накопителем 122 сплава; на стадии 358, введение сырья 116 конвертера (фиг. 1A), содержащего сплав-коллектор 108 МПГ и/или 114 (фиг. 1B) в полость 120 с накопителем 122 сплава; на стадии 360, инъекцию кислородсодержащего газа 124 (фиг. 1A) в накопитель 122 сплава; на стадии 362, извлечение шлака 130 (фиг. 1A) из полости 120; и на стадии 364, извлечение обогащенного МПГ сплава 132 из полости 120. Защитное средство 138 огнеупора предпочтительно содержит огнеупорный компонент, общий с огнеупорным материалом 123. Указанный общий компонент может содержать, например, оксид алюминия. Сырьё 116 конвертера предпочтительно содержит сплавы-коллекторы 108 и/или 114, которые содержат не менее 0,5 мас.% МПГ, не менее 40 мас.% железа и не менее 0,5 мас.% никеля, в пересчете на общую массу сплава-коллектора.

Сырьё 116 конвертера необязательно может содержать добавленный флюсовый материал, но если добавленный флюсовый материал содержит 10 мас.% или более диоксида кремния и 10 мас.% или более оксида кальция, оксида магния или комбинации оксида кальция и оксида магния, по массе добавленного флюсового материала, то сырьё конвертера предпочтительно содержит не более 20 массовых долей добавленного флюсового материала на 100 массовых долей сплава-коллектора. Предпочтительно, сырьё 116 конвертера содержит менее 20 массовых долей (более предпочтительно менее 18 массовых долей и ещё более предпочтительно менее 15 массовых долей) любого добавленного флюсового материала, на 100 массовых долей сплава-коллектора 108, 114, независимо от содержания диоксида кремния, оксида кальция или оксида магния. Предпочтительно, обогащенный МПГ сплав содержит не менее 25 мас.%

МПП, не менее 25 мас.% никеля и не более 10 мас.% железа, более предпочтительно от 25 до 60 мас.% МПП и от 25 до 70 мас.% никеля.

В другом аспекте, со ссылкой на фиг. 11, в варианте осуществления данного изобретения предложен способ 400 преобразования сплава-коллектора МПП, включающий: на стадии 401, приведение в контакт сырьевого сплава-коллектора 108/114 (фиг. 1В) с окислителем 182 с образованием частично предварительно окисленного сплава-коллектора 184 МПП (см. также фиг. 1С); на стадии 402, размещение заряда сырья 116А конвертера, содержащего частично предварительно окисленный сплав-коллектор 184 и необязательно содержащий сырьевой сплав-коллектор 108/114, в полости 120 конвертера 118 (фиг. 1А); на стадии 404, плавление заряда сырья 116А конвертера для формирования исходного накопителя 122А сплава (фиг. 3), например, с использованием горелки 117 в сборе; на стадии 406, введение сырья 116В конвертера (фиг. 1А), содержащего сырьевой сплав-коллектор 108/114 (фиг. 1В) и/или частично предварительно окисленный сплав-коллектор 184 в полость 120 с накопителем 122А сплава; на стадии 408, инъекцию кислородсодержащего газа 124 (фиг. 1А) в накопитель сплава; на стадии 410, извлечение шлака 130 (фиг. 1А) из полости 120; и на стадии 412, извлечение обогащенного МПП сплава 132 из полости 120. Сплавы-коллекторы 108 и/или 114 предпочтительно содержат не менее 0,5 мас.% МПП, не менее 40 мас.% железа и не менее 0,5 мас.% никеля, в пересчете на общую массу сплава-коллектора. Сырьё 116А, 116В конвертера необязательно может содержать добавленный флюсовый материал, но если добавленный флюсовый материал содержит 10 мас.% или более диоксида кремния и 10 мас.% или более оксида кальция, оксида магния или комбинации оксида кальция и оксида магния, по массе добавленного флюсового материала, то сырьё 116А, 116В конвертера предпочтительно содержит не более 20 массовых долей добавленного флюсового материала на 100 массовых долей (сырьевого и/или частично предварительно окисленного) сплава-коллектора. Предпочтительно, сырьё 116А, 116В конвертера содержит менее 20 массовых долей (более предпочтительно менее 18 массовых долей и ещё более предпочтительно менее 15 массовых долей) любого добавленного флюсового материала, на 100 массовых долей (сырьевого и/или частично предварительно окисленного) сплава-коллектора, независимо от содержания диоксида кремния, оксида кальция или оксида магния. Предпочтительно, заряд первичного сплава формирует накопитель сплава, имеющий объём от 5 до 20% об. от доступного объёма полости, или в противном случае глубина является достаточной для приёма фурмы для инъекции кислородсодержащего газа. Предпочтительно, обогащенный МПП сплав содержит не менее 25 мас.% МПП, не менее 25 мас.% никеля и не более 10 мас.% железа, более предпочтительно от 25 до 60% мас. МПП и от 25 до 70 мас.% никеля. Ещё в одном аспекте, со ссылкой на фиг. 12, в варианте осуществления данного изобретения предложен способ 450 преобразования сплава-коллектора МПП, включающий: на стадии 452, удерживание накопителя 122 сплава в полости 120 (фиг. 1А); на стадии 454, введение сырья 116 конвертера (фиг. 1А), содержащего сплав-коллектор МПП, в полость 120 с накопителем 122 сплава; на стадии 456, инъекцию кислородсодержащего газа 124 (фиг. 1А) в накопитель 122 сплава; на стадии 458, извлечение шлака 130 из полости 120; на стадии 460, разделение шлака 130 на первую и вторую части 134, 136; необязательно, на стадии 462, плавление первой части 134 в печи 104 и/или 110 (фиг. 1В); введение второй части 136 в сырьё 116 конвертера в полость 120; и на стадии 464, извлечение обогащенного МПП сплава 132 из полости 120. В любом варианте осуществления указанного способа 450 сырьё 116 конвертера может иметь массовое соотношение возвратного шлака 136 к сплаву-коллектору 108 и/или 114 (см. фиг. 1В) от 1:20 до 1:2, предпочтительно от 1:10 до 3:10. Предпочтительно, вся вторая часть доля второй части 136 извлеченного шлака имеет более высокое содержание МПП и/или никеля по сравнению с содержанием МПП и/или никеля в первой части 134, и/или вторая часть 136 извлеченного шлака имеет содержание никеля более чем около 2% мас. Например, разделение на стадии 460 может происходить в соответствии с магнитной восприимчивостью, где первая часть 134 содержит магнитно-невосприимчивую фракцию, а вторая часть 136 содержит магнитно-восприимчивую фракцию. В качестве другого примера, вторая часть 136 может содержать шлак 128D вместе с унесенным сплавом 160, как показано и рассмотрено со ссылкой на фиг. 7. Сырьё 116 конвертера предпочтительно содержит сплавы-коллекторы 108 и/или 114, которые содержат не менее 0,5 мас.% МПП, не менее 40 мас.% железа и не менее 0,5 мас.% никеля, в пересчете на общую массу сплава-коллектора. Сырьё 116 конвертера необязательно может содержать добавленный флюсовый материал, но если добавленный флюсовый материал содержит 10 мас.% или более диоксида кремния и 10 мас.% или более оксида кальция, оксида магния или комбинации оксида кальция и оксида магния, по массе добавленного флюсового материала, то сырьё 116 конвертера предпочтительно содержит менее 20 массовых долей добавленного флюсового материала на 100 массовых долей сплава-коллектора. Предпочтительно, сырьё 116 конвертера содержит менее 20 массовых долей (более предпочтительно менее 18 массовых долей и ещё более предпочтительно менее 15 массовых долей) любого добавленного флюсового материала, на 100 массовых долей сплава-коллектора 108, 114, независимо от содержания диоксида кремния, оксида кальция или оксида магния. В дополнительном аспекте, со ссылкой на фиг. 13, в варианте осуществления данного изобретения предложен способ 500 преобразования сплава-коллектора МПП, включающий: на стадии 502, удерживание накопителя 122 сплава в полости 120 (фиг. 1А); на стадии 504, введение сырья 116 конвертера, содержащего сплав-коллектор 108 и/или 114 МПП (см. фиг. 1В), содержащий железо и никель в полости 120 с накопителем 122 сплава; на стадии 506, ин-

жекцию кислородсодержащего газа 124 (фиг. 1А) в накопитель 122 сплава, предпочтительно по меньшей мере частично одновременно с введением сырья на стадии 504; на стадии 508, извлечение шлака 130 из полости 120; на стадии 510, затвердевание и измельчение извлеченного шлака 130; на стадии 511, разделения шлака 130 на высокосортную фракцию для возврата на стадию 518 и низкосортную фракцию 524, причём высокосортная фракция имеет более высокое содержание МПГ, чем низкосортная фракция 524; на стадии 518, введение оборотной части извлеченного шлака, содержащей магнитно-восприимчивую фракцию 136, в сырьё 116 конвертера для введения в полость 120; и на стадии 520, извлечение обогащенного МПГ сплава 132 из полости 120. В любом варианте осуществления изобретения стадия 511 разделения необязательно может включать стадию 512 магнитного разделения для магнитного разделения измельченного шлака на магнитно-невосприимчивую фракцию 134 и магнитно-восприимчивую фракцию 136, содержащую высокосортный шлак. В любом варианте осуществления изобретения оборотная часть извлеченного шлака на стадии 518 необязательно может включать первую, высокосортную часть 522 магнитно-невосприимчивой фракции 516. Например, высокосортная часть 522 может содержать шлак 128Е (фиг. 7) из окончательного слива. Вторая, низкосортная часть 524 магнитно-невосприимчивой фракции 516 не возвращается в процесс и может быть удалена из процесса преобразования, например, для плавления во вторичной печи 110. В любом варианте осуществления изобретения сырьё 116 конвертера может иметь массовое соотношение шлака 136 и 522 к сплаву-коллектору от 1:20 до 1:2, предпочтительно от 1:10 до 3:10. Предпочтительно, полностью оборотная часть 136 и 522 извлеченного шлака 512 имеет более высокое содержание МПГ и/или содержание никеля по сравнению с необоротной частью 524. Зачастую оборотная часть извлеченного шлака имеет общее содержание никеля не менее около 2% мас.

В дополнительном аспекте, со ссылкой на фиг. 14, в варианте осуществления данного изобретения предложен способ 550 преобразования для преобразования сырья 116 конвертера, содержащего сплав-коллектор, содержащий не менее 0,5 мас.% МПГ, не менее 40 мас.% железа и не менее 0,5 мас.% никеля, в пересчете на общую массу сплава-коллектора. Сырьё 116 конвертера необязательно может содержать добавленный флюсовый материал, но если добавленный флюсовый материал содержит 10 мас.% или более диоксида кремния и 10 мас.% или более оксида кальция, оксида магния или комбинации оксида кальция и оксида магния, по массе добавленного флюсового материала, то сырьё конвертера предпочтительно содержит менее 20 массовых долей добавленного флюсового материала на 100 массовых долей сплава-коллектора. Предпочтительно, сырьё 116 конвертера содержит менее 20 массовых долей (более предпочтительно менее 18 массовых долей и ещё более предпочтительно менее 15 массовых долей) любого добавленного флюсового материала, на 100 массовых долей сплава-коллектора, независимо от содержания диоксида кремния, оксида кальция или оксида магния.

Указанный способ 550 включает: (а) на стадии 552, размещение заряда частично предварительно окисленного сплава-коллектора 184 МПГ (фиг. 1С) в конвертерной полости 120 (фиг. 1А); (b) на стадии 554, плавление заряда частично предварительно окисленного сплава-коллектора 184 МПГ в полости 120, например, с использованием горелки 117 в сборе (фиг. 1А), для формирования накопителя 122А сплава (фиг. 3); (c) на стадии 556, периодическое или непрерывное введение заряда сырья 116 конвертера в полость 120; (d) на стадии 558, инжекцию кислородсодержащего газа 124 в накопитель сплава с образованием шлака 128В (фиг. 4); (e) при подготовке к одному или более периодическим неокончательным сливам шлака на стадии 560, предоставление возможности сплаву 160, увлеченному шлаком 128С, по существу осесть в накопителе 122D сплава, как показано на фиг. 5, например, в течение периода не менее 5 минут; (f) затем на стадии 562, слив шлака 128D из полости 120; (g) повторение стадии 558 в (d) один или более раз с последующими стадиями 560 и 562 до окончательного раза; (h) после заключительной стадии 558, на стадии 564, слив шлака 128Е с увлеченным сплавом 160, как видно на фиг. 7. Стадия 556 введения сырья конвертера в (c) и стадия 558 инжекции кислородсодержащего газа в (d) предпочтительно останавливаются для периодических стадий 562 в (e) и 564 в (h) слива шлака. Предпочтительно, стадию 558 инжекции кислородсодержащего газа продолжают до тех пор, пока накопитель 122Е сплава не будет содержать 10 мас.% железа или менее, более предпочтительно 5 мас.% железа или менее, по массе накопителя сплава. В любом варианте осуществления изобретения весь или часть конвертерного шлака 128Е, извлеченного из окончательного слива шлака в (h), могут быть введены в сырьё 116 конвертера, например, в более позднюю партию. Ещё в одном аспекте, со ссылкой на фиг. 1В, в вариантах осуществления данного изобретения предложен способ 100В извлечения МПГ из материала катализатора, включающий: плавление материала катализатора 102 в основной печи 104 с образованием шлака 106 и первого сплава-коллектора 108; извлечение шлака 106 из основной печи 104; плавление шлака основной печи 106 во вторичной печи 110 с образованием второго сплава-коллектора 114 во вторичной печи 110; извлечение шлака 112 из вторичной печи 110; извлечение первого и второго сплавов-коллекторов 108, 114, соответственно, из первой и вторичной печей 104, 110; введение сырья 116 конвертера, содержащего первый и второй сплавы-коллекторы 108, 114, в полость 120, удерживающую конвертерный накопитель 122 сплава, при этом первый и второй сплавы-коллекторы 108, 114 предпочтительно содержат по меньшей мере 0,5 мас.% МПГ, по меньшей мере 40 мас.% железа и по меньшей мере 0,5 мас.% никеля, в пересчете на общую массу сырья 116 конвертера; инжекцию кислородсодержащего газа 124 в конвертерный накопи-

тель 122 сплава; извлечение конвертерного шлака 130 из полости 120; плавление по меньшей мере первой части 134 конвертерного шлака 130 во вторичной печи 110 вместе со шлаком основной печи 106; и извлечение обогащенного МПГ никелевого сплава 132 из полости 120. Необязательно, вторую часть 136 конвертерного шлака 130 вводят в сырьё 116 конвертера вместе с первым и вторым сплавами-коллекторами 108, 114 МПГ в полость 120. Предпочтительно, инжекцию кислородсодержащего газа продолжают до тех пор, пока конвертерный накопитель 122 сплава не будет содержать 10 мас.% железа или менее, более предпочтительно 5 мас.% железа или менее, по массе конвертерного накопителя сплава.

Ещё в одном аспекте, со ссылкой на фиг. 2А, 2В и 2С, в варианте осуществления данного изобретения предложен ТВРС 118, содержащий наклоняемую полость 120; горелку 117 в сборе для подогрева полости 120; впускные и выпускные патрубки 147а, 147б для жидкости для циркуляции охлаждающей жидкости через рубашку 146; огнеупорную футеровку 123 в полости 120 для удерживания накопителя 122 сплава (фиг. 1А); двигатель 119 для вращения полости 120; и фурму 126 для инжекции кислорода в накопитель 122 сплава. Предпочтительно, ТВРС 118 дополнительно содержит некоторое количество передающих устройств 144 температуры, выполненных с возможностью соединения с некоторым количеством температурных датчиков 140, расположенных с радиальным разнесением в огнеупорной футеровке 123, прилегающей к внутренней стенке 142 полости 120. Предпочтительно, ТВРС 118 дополнительно содержит подающий канал 158 для подачи частиц в пламя 156 от горелки 155 из горелки в сборе 117. В любом варианте осуществления изобретения ТВРС 118 может дополнительно содержать вытяжной колпак 121 и/или теплозащитный экран с водяным охлаждением 121А.

Перечень вариантов осуществления изобретения

Соответственно, в данном изобретении предложены следующие неограничивающие варианты осуществления изобретения.

1. Способ преобразования сплава-коллектора металлов платиновой группы (МПГ), включающий стадии:

(а) введения сырья конвертера в полость конвертера, удерживающую расплавленный накопитель сплава (предпочтительно содержащий никель), причём сырьё конвертера содержит:

(i) 100 массовых долей сплава-коллектора, содержащего не менее 0,5 мас.% МПГ, не менее 40 мас.% железа и не менее 0,5 мас.% никеля (и предпочтительно не более 3 мас.% серы и не более 3 мас.% меди), в пересчете на общую массу сплава-коллектора; и

(ii) менее 20 массовых долей добавленного флюсового материала, если добавленный флюсовый материал содержит 10 мас.% или более диоксида кремния и 10 мас.% или более оксида кальция, оксида магния или комбинации оксида кальция и оксида магния, по массе добавленного флюсового материала;

(б) инжекции кислородсодержащего газа в накопитель сплава для превращения железа и одного или более других окисляемых элементов из сплава-коллектора в соответствующие оксиды и повышения концентрации МПГ в накопителе сплава (при этом предпочтительно введение сырья конвертера и инжекция кислородсодержащего газа по меньшей мере частично совпадают по времени);

(с) предоставления возможности шлаку, содержащему оксид железа, собираться в слое низкой плотности над накопителем сплава;

(d) слива слоя низкой плотности для извлечения шлака из конвертера; и

(е) слива накопителя сплава для извлечения сплава, обогащенного МПГ.

2. Способ по варианту осуществления изобретения 1, дополнительно включающий:

футеровку полости огнеупорным материалом; и

подачу защитного средства огнеупора в полость, удерживающую накопитель сплава, со скоростью до 20 массовых долей защитного средства огнеупора на сто массовых долей сплава-коллектора в сырьё конвертера, предпочтительно не более 18 массовых долей на 100 массовых долей сплава-коллектора и более предпочтительно со скоростью в интервале между 5 и 15 массовыми долями защитного средства огнеупора на 100 массовых долей сплава-коллектора.

3. Способ по варианту осуществления изобретения 2, в котором защитное средство огнеупора подаётся в полость (i) после первоначального плавления накопителя сплава и до начала стадии (b), (ii) в ходе одной или обеих стадий (a) и (b), и/или (iii) после прекращения одной или обеих стадий (a) и (b), чтобы слить слой низкой плотности на стадии (d), перед возобновлением указанных одной или обеих стадий (a) и (b).

4. Способ по варианту осуществления изобретения 2 или варианту осуществления изобретения 3, в котором защитное средство огнеупора подаётся в полость вместе со сплавом-коллектором, вводимым на стадии (a).

5. Способ по варианту осуществления изобретения 2 или варианту осуществления изобретения 3, в котором защитное средство огнеупора подаётся в полость отдельно от сплава-коллектора, вводимого на стадии (a), при этом предпочтительно, подача защитного средства огнеупора в полость является периодической.

6. Способ по любому из вариантов осуществления изобретения 2-5, в котором защитное средство огнеупора содержит компонент, общий с огнеупорным материалом, при этом предпочтительно указанный общий компонент содержит оксид алюминия.

7. Способ по любому из вариантов осуществления изобретения 2-6, в котором сырьё конвертера содержит менее 20 массовых долей любого добавленного флюсового материала, независимо от содержания диоксида кремния, оксида кальция и/или оксида магния, на 100 массовых долей сплава-коллектора.

8. Способ по любому из вариантов осуществления изобретения 2-7, дополнительно включающий инжекцию кислородсодержащего газа в накопитель сплава на стадии (b) через фурму, переходящую в накопитель сплава, при этом указанная фурма содержит расходный огнеупорный материал и продвигается в накопитель по мере того, как торец фурмы расходует, при этом расходный огнеупорный материал содержит компонент, общий с футеровкой, при этом предпочтительно, указанный общий компонент содержит оксид алюминия.

9. Способ по любому из вариантов осуществления изобретения 2-8, в котором огнеупорный материал футеровки содержит набивной огнеупор, содержащий оксид алюминия, при этом предпочтительно набивной огнеупор содержит по меньшей мере 90 мас. % оксида алюминия.

10. Способ по любому из вариантов осуществления изобретения 2-9, дополнительно включающий: измерение температуры в огнеупорной футеровке с использованием радиально разнесённых датчиков, установленных в огнеупорной футеровке;

передачу информации об измерении температуры от датчиков к одному или более передающим устройствам; и

передачу сигналов, содержащих информацию об измерении температуры, от одного или более передающих устройств на приемник;

при этом предпочтительно датчики установлены прилегающими к металлической стенке полости и/или одно или более передающих устройств установлены снаружи на полость и передают сигналы на приемник по беспроводной сети.

11. Способ по любому из вариантов осуществления изобретения 2-10, дополнительно включающий оснащение полости рубашкой и циркуляцию охлаждающего агента, предпочтительно воды, через рубашку в ходе стадии (b).

12. Способ по любому из вариантов осуществления изобретения 2-11, в котором кислородсодержащий газ инжектируют в конвертерный накопитель сплава со скоростью, достаточной для поддержания накопителя сплава в расплавленном состоянии при температуре не выше 1800°C, предпочтительно при температуре в диапазоне от около 1250 до 1700°C, более предпочтительно от 1450 до 1700°C.

13. Способ по любому из предшествующих вариантов осуществления изобретения дополнительно включающий, перед стадией (a), стадию (I) частичного предварительного окисления части сплава-коллектора из сырьевого состояния, при этом предпочтительно частичное предварительное окисление на стадии (I) включает от 10 до 90 процентов превращения железа, более предпочтительно от 25 до 75 процентов превращения железа и ещё более предпочтительно от 30 до 60 процентов превращения железа, в пересчете на железо в сырьевой части сплава-коллектора перед стадией (I).

14. Способ по варианту осуществления изобретения 13, в котором предварительное окисление на стадии (I) включает (I.A) пропускание частиц сырьевого сплава-коллектора через богатое кислородом пламя, при этом предпочтительно пламя обладает температурой пламени не менее 2000°C, более предпочтительно от 2000 до 3500°C и, в частности, от 2000 до 2800°C.

15. Способ по варианту осуществления изобретения 14, в котором богатое кислородом пламя создаётся горелкой для подогрева полости, и дополнительно включающий (I.B) осаждение частиц по меньшей мере частично расплавленного и/или предварительно окисленного сплава-коллектора из пламени в полость.

16. Способ по варианту осуществления изобретения 14 или варианту осуществления изобретения 15, дополнительно включающий (I.C) охлаждение и затвердевание частиц с образованием покрытия предварительно окисленного сплава-коллектора на внутренней поверхности огнеупорной футеровки полости, при этом стадия (II) включает плавление покрытия.

17. Способ по любому из вариантов осуществления изобретения 13-16, дополнительно включающий, перед стадией (a), стадии:

(II) плавления частично предварительно окисленного сплава-коллектора в полости с образованием достаточного объёма накопителя сплава для инжекции кислородсодержащего газа на стадии (b); и

(III) затем начала введения сырья конвертера в полость на стадии (a) и инжекции кислородсодержащего газа в накопитель сплава на стадии (b).

18. Способ по варианту осуществления изобретения 17, в котором предварительное окисление на стадии (I) включает работу конвертера посредством применения цикла стадий (II), (III), (a), (b), (c), (d) и (e) для подготовки частично окисленного первичного сплава, при этом цикл подготовки первичного сплава включает:

плавление предварительно подготовленного заряда частично окисленного первичного сплава в полости для формирования накопителя сплава;

периодическую или постоянную подачу сырья конвертера в накопитель сплава на стадии (a) одновременно с инжекцией кислородсодержащего газа на стадии (b);

продолжение инжекции кислородсодержащего газа для частичного окисления накопителя сплава,

при этом предпочтительно окисляется от 10 до 90 процентов, более предпочтительно от 25 до 75 процентов железа в сырье конвертера, в пересчете на массу железа в сырье конвертера, подаваемом в конвертерный накопитель сплава;

слив шлака из конвертерной полости, предпочтительно некоторое количество раз;

затем извлечение и затвердевание частично окисленного накопителя сплава; и

предпочтительно, разделение затвердевшего частично окисленного сплава-коллектора из цикла подготовки первичного сплава на некоторое количество зарядов первичного сплава для аналогичных нескольких рабочих циклов конвертера и/или циклов подготовки первичного сплава.

19. Способ по варианту осуществления изобретения 13, в котором предварительное окисление на стадии (I) включает приведение в контакт частиц сплава-коллектора с кислородсодержащим газом при температуре по меньшей мере 800°C, например, в интервале между 800 и 950°C, предпочтительно во вращающейся печи или печи кипящего слоя.

20. Способ по любому из предшествующих вариантов осуществления изобретения, дополнительно включающий стадии:

(A.1) разделения шлака, извлеченного на стадии (d), на некоторое количество частей;

(A.2) возврата первого шлака из извлеченных частей шлака со стадии (A.1) в сырьё конвертера, вводимое в полость на стадии (a), причём сырьё конвертера содержит возвратный шлак в количестве от около 5 до 100 массовых долей на 100 массовых долей сплава-коллектора, при этом предпочтительно сырьё конвертера содержит возвратный шлак в количестве от 10 до 50 массовых долей на 100 массовых долей сплава-коллектора.

21. Способ по варианту осуществления изобретения 20, дополнительно включающий (A.3) объединение сплава-коллектора и обратного шлака для одновременного введения в сырьё конвертера на стадии (a), предпочтительно из одного устройства подачи.

22. Способ по варианту осуществления изобретения 20 или варианту осуществления изобретения 21, в котором возвратный шлак на стадии (A.2) содержит высокосортную часть извлеченного шлака со стадии (d), имеющую более высокое содержание МПГ, чем среднее общее содержание МПГ в извлеченном шлаке со стадии (d) и/или содержание никеля более чем около 2 процентов по массе возвратного шлака.

23. Способ по любому из вариантов осуществления изобретения 18-22, дополнительно включающий стадии:

(8.1) охлаждения, затвердевания и измельчения извлеченного шлака со стадии (d);

(8.2) магнитного разделения измельчённого шлака на магнитно-восприимчивую фракцию и магнитно-невосприимчивую фракцию;

(8.3) возврата магнитно-восприимчивой фракции в сырьё конвертера на стадии (A.2); и

(8.4) необязательно возврата части магнитно-невосприимчивой фракции в сырьё конвертера на стадии (A.2).

24. Способ по любому из вариантов осуществления изобретения 20-23, дополнительно включающий стадии:

(C.1) перед стадиями (a)-(e), начала рабочего цикла конвертера посредством плавления частично предварительно окисленного сплава-коллектора в полости для формирования накопителя сплава;

(C.2) затем, перед стадией (e), повторения последовательности стадий (a), (b), (c) и (d) некоторое количество раз, при этом стадия (d) в каждой последовательности следует за стадиями (b) и (c);

(C.3) возврата шлака, извлеченного из окончательного слива слоя низкой плотности на стадии (d) в последней из последовательностей стадии (C.2), в сырьё конвертера на стадии (A.2) независимо от магнитной восприимчивости, и/или возврата всей или части магнитно-невосприимчивой фракции, отделенной на стадии (B.2) от окончательного слива на стадии (d), в сырьё конвертера на стадии (A.2); и

(C.4) после окончательного слива слоя низкой плотности на стадии (d) в последней из последовательностей стадии (C.2), слива накопителя сплава на стадии (e).

25. Способ по варианту осуществления изобретения 24, дополнительно включающий стадии:

(D.1) для слива(ов) слоя низкой плотности, предшествующего(их) окончательному сливу на стадии (C.2), предоставления возможности сплаву, увлечённому слоем низкой плотности, по существу осесть в накопителе сплава перед сливом соответствующего(их) слоя(ёв) низкой плотности; и

(D.2) для окончательного слива на стадии (C.2), быстрого начала слива во избежание затвердевания накопителя сплава в полости, что необязательно приводит к увлечению сплава в слой низкой плотности при окончательном сливе на стадии (C.2).

26. Способ по любому из предшествующих вариантов осуществления изобретения дополнительно включающий стадии:

(1) перед стадиями (a)-(e), начала рабочего цикла конвертера посредством плавления частично предварительно окисленного сплава-коллектора в полости для формирования накопителя сплава для стадии (a);

(2) затем, перед стадией (e), повторения последовательности стадий (a), (b), (c) и (d) некоторое количество раз, при этом стадия (d) в каждой последовательности следует за стадиями (b) и (c);

(3) для слива(ов) слоя низкой плотности на стадии (d) в каждой последовательности стадии (2), предшествующей окончательному сливу слоя низкой плотности на стадии (d) в заключительной последовательности стадии (2), предоставления возможности сплаву, увлечённому слоем низкой плотности, по существу осесть в накопителе сплава перед сливом соответствующего(их) слоя(ёв) низкой плотности, предпочтительно в течение периода не менее 5 минут после прекращения инъекции кислородсодержащего газа в соответствующей стадии (b) соответствующей последовательности стадии (2);

(4) для окончательного слива слоя низкой плотности на стадии (d) заключительной последовательности стадии (2), быстрого проведения окончательного слива во избежание затвердевания накопителя сплава в полости и, необязательно, увлечения сплава в слой низкой плотности окончательного слива на стадии (d) заключительной последовательности стадии (2), предпочтительно посредством начала окончательного слива слоя низкой плотности на стадии (d) в пределах периода не более 5 минут после прекращения инъекции кислородсодержащего газа на стадии (b) заключительной последовательности стадии (2); и

(5) после окончательного слива слоя низкой плотности на стадии (d) в последней из последовательностей стадии (2), слива накопителя сплава на стадии (e).

27. Способ по варианту осуществления изобретения 26, дополнительно включающий стадии:

(6) охлаждения, затвердевания и измельчения извлеченного шлака со стадии (d) в каждой последовательности стадии (2); и

(7) возврата шлака, извлеченного из окончательного слива слоя низкой плотности на стадии (d) в заключительных последовательностях стадии (2), в сырьё конвертера на стадии (a).

28. Способ по любому из предшествующих вариантов осуществления изобретения дополнительно включающий стадии:

(E.1) плавления материала катализатора (предпочтительно без преобразования) в основной печи;

(E.2) извлечения шлака основной печи и первого сплава-коллектора из основной печи;

(E.3) плавления шлака основной печи (предпочтительно без преобразования) во вторичной печи;

(E.4) извлечения шлака вторичной печи и второго сплава-коллектора из вторичной печи;

(E.5) подачи первого и второго сплавов-коллекторов в сырьё конвертера на стадии (a); и

(E.6) подачи по меньшей мере части шлака, извлеченного из конвертера на стадии (d), во вторичную печь для плавления вместе со шлаком основной печи на стадии (E.3).

29. Способ по варианту осуществления изобретения 28, в котором полость конвертера футерована огнеупорным материалом, и дополнительно включающий подачу части шлака основной печи со стадии (E.2) в полость в качестве защитного средства огнеупора для стадий (a) и (b), предпочтительно со скоростью не более 20 массовых долей шлака основной печи на 100 массовых долей сплава-коллектора, более предпочтительно 18 массовых долей шлака основной печи на 100 массовых долей сплава-коллектора, более предпочтительно со скоростью в интервале между 5 и 15 массовыми долями шлака основной печи на 100 массовых долей сплава-коллектора.

30. Способ по любому из предшествующих вариантов осуществления изобретения, в котором инъекцию кислородсодержащего газа на стадии (b) продолжают до тех пор, пока накопитель сплава не будет содержать не более чем около 10 мас.% железа, предпочтительно не более 5 мас.% железа, в пересчете на общую массу накопителя сплава.

31. Способ по любому из предшествующих вариантов осуществления изобретения, в котором сплав-коллектор содержит:

от 0,5 до 12 мас.% МПГ;

не менее 40 мас.% железа, предпочтительно от 40 до 80 мас.% железа;

не менее 0,5 мас.% никеля, предпочтительно от 1 до 15 мас.% никеля;

не более 3 мас.% серы, предпочтительно не менее 0,1 мас.% серы;

предпочтительно не более 3 мас.% меди, более предпочтительно от 0,1 до 3 мас.% меди; предпочтительно не более 2 мас.% хрома, более предпочтительно от 0,1 до 2 мас.% хрома; и предпочтительно не более 20 мас.% кремния, более предпочтительно от 1 до 20 мас.% кремния.

32. Способ по любому из предшествующих вариантов осуществления изобретения, в котором обогащенный МПГ сплав содержит:

не менее 25 мас.% МПГ, предпочтительно от 25 до 60 мас.% МПГ; не менее 25 мас.% никеля, предпочтительно от 25 до 70 мас.% никеля; и предпочтительно не более 2 мас.% кремния, не более 2 мас.% фосфора, не более 10 мас.% меди и не более 2 мас.% серы.

33. Способ по любому из предшествующих вариантов осуществления изобретения, в котором введение сырья конвертера и инъекция кислородсодержащего газа по меньшей мере частично совпадают по времени.

34. Способ по любому из предшествующих вариантов осуществления изобретения, в котором расплавленный накопитель сплава содержит никель.

35. Способ по любому из предшествующих вариантов осуществления изобретения, в котором сплав-коллектор содержит не более 3 мас.% серы и не более 3 мас.% меди.

36. Способ по любому из предшествующих вариантов осуществления изобретения, в котором рас-

плавленный накопитель сплава содержит никель, при этом сплав-коллектор содержит не более 3 мас.% серы и не более 3 мас.% меди и при этом введение сырья конвертера и инжекция кислородсодержащего газа по меньшей мере частично совпадают по времени.

Варианты осуществления изобретения конвертерного процесса с низким содержанием флюсового материала.

A1. Способ преобразования сплава-коллектора металлов платиновой группы (МПП), включающий стадии:

(a) введения сырья конвертера в полость конвертера, удерживающую расплавленный накопитель сплава, содержащий никель, причём сырьё конвертера содержит:

(i) 100 массовых долей сплава-коллектора, содержащего не менее 0,5 мас.% МПП, не менее 40 мас.% железа и не менее 0,5 мас.% никеля, в пересчете на общую массу сплава-коллектора; и

(ii) менее 20 массовых долей добавленного флюсового материала, содержащего 10 мас.% или более оксида кремния и/или 10 мас.% или более оксида кальция, оксида магния или комбинации оксида кальция и оксида магния, по массе добавленного флюсового материала;

(b) инжекции кислородсодержащего газа в накопитель сплава для превращения железа из сплава-коллектора в оксид железа и повышения концентрации МПП в накопителе сплава, при этом введение сырья конвертера и инжекция кислородсодержащего газа по меньшей мере частично совпадают по времени;

(c) предоставления возможности шлаку, содержащему оксид железа, собираться в слое низкой плотности над накопителем сплава;

(d) слива слоя низкой плотности для извлечения шлака из конвертера; и

(e) слива накопителя сплава для извлечения сплава, обогащенного МПП.

A2. Способ по варианту осуществления изобретения A1, дополнительно включающий:

футеровку полости огнеупорным материалом; и

подачу защитного средства огнеупора в полость, удерживающую накопитель сплава, со скоростью до 20 массовых долей защитного средства огнеупора на сто массовых долей сплава-коллектора в сырье конвертера, предпочтительно не более 18 массовых долей на 100 массовых долей сплава-коллектора и более предпочтительно со скоростью в интервале между 5 и 15 массовыми долями защитного средства огнеупора на 100 массовых долей сплава-коллектора.

A3. Способ по варианту осуществления изобретения A2, в котором защитное средство огнеупора подаётся в полость (i) после первоначального плавления накопителя сплава и до начала стадии (b), (ii) в ходе одной или обеих стадий (a) и (b), и/или (iii) после прекращения одной или обеих стадий (a) и (b), чтобы слить слой низкой плотности на стадии (d), перед возобновлением указанных одной или обеих стадий (a) и (b).

A4. Способ по варианту осуществления изобретения A3, в котором защитное средство огнеупора подаётся в полость вместе со сплавом-коллектором, вводимым на стадии (a).

A5. Способ по варианту осуществления изобретения A3, в котором защитное средство огнеупора подаётся в полость отдельно от сплава-коллектора, вводимого на стадии (a), при этом предпочтительно подача защитного средства огнеупора в полость является периодической.

A6. Способ по любому из вариантов осуществления изобретения A2-A5, в котором защитное средство огнеупора содержит компонент, общий с огнеупорным материалом, при этом предпочтительно указанный общий компонент содержит оксид алюминия.

A7. Способ по варианту осуществления изобретения A6, дополнительно включающий инжекцию кислородсодержащего газа в накопитель сплава на стадии (b) через фурму, переходящую в накопитель сплава, при этом указанная фурма содержит расходный огнеупорный материал и продвигается в накопитель по мере того, как торец фурмы расходует, при этом расходный огнеупорный материал содержит компонент, общий с футеровкой, при этом предпочтительно указанный общий компонент содержит оксид алюминия.

A8. Способ по любому из вариантов осуществления изобретения A2-A7, в котором огнеупорный материал футеровки содержит набивной огнеупор, содержащий оксид алюминия, при этом предпочтительно набивной огнеупор содержит по меньшей мере 90 мас.% оксида алюминия.

A9. Способ по любому из вариантов осуществления изобретения A2-A8, дополнительно включающий:

измерение температуры в огнеупорной футеровке с использованием радиально разнесённых датчиков, установленных в огнеупорной футеровке;

передачу информации об измерении температуры от датчиков к одному или более передающим устройствам; и

передачу сигналов, содержащих информацию об измерении температуры, от одного или более передающих устройств на приемник;

при этом предпочтительно датчики установлены прилегающими к металлической стенке полости и/или одно или более передающих устройств установлены снаружи на полость и передают сигналы на приемник по беспроводной сети.

A10. Способ по любому из вариантов осуществления изобретения A2-A9, дополнительно включающий оснащение полости рубашкой и циркуляцию охлаждающего агента, предпочтительно воды и/или водного теплоносителя, через рубашку в ходе стадии (b).

A11. Способ по любому из вариантов осуществления изобретения A2-A10, в котором кислородсодержащий газ инжектируют в конвертерный накопитель сплава со скоростью, достаточной для поддержания накопителя сплава в расплавленном состоянии при температуре не выше 1800°C, предпочтительно при температуре в диапазоне от около 1250 до 1700°C, более предпочтительно от 1450 до 1700°C.

A12. Способ по любому из вариантов осуществления изобретения A1-A11, в котором инъекцию кислородсодержащего газа на стадии (b) продолжают до тех пор, пока накопитель сплава не будет содержать не более около 10 мас.% железа, предпочтительно не более 5 мас.% железа, в пересчете на общую массу накопителя сплава.

A13. Способ по любому из вариантов осуществления изобретения A1-A12, в котором сплав-коллектор содержит:

от 0,5 до 12 мас.% МПГ;

от 40 до 80 мас.% железа;

от 1 до 15 мас.% никеля;

не более 3 мас.% серы, предпочтительно не менее 0,1 мас.% серы;

не более 3 мас.% меди, предпочтительно от 0,1 до 3 мас.% меди; и

предпочтительно не более 20 мас.% кремния, более предпочтительно от 1 до 20 мас.% кремния.

A14. Способ по варианту осуществления изобретения A13, в котором обогащенный МПГ сплав содержит:

не менее 25 мас.% МПГ, предпочтительно от 25 до 60 мас.% МПГ; не менее 25 мас.% никеля, предпочтительно от 25 до 70 мас.% никеля; не более 10 мас.% железа, предпочтительно не более 5 мас.% железа; и предпочтительно не более 2 мас.% кремния, не более 2 мас.% фосфора, не более 10 мас.% меди и не более 2 мас.% серы.

A15. Способ по любому из вариантов осуществления изобретения A1-A14, дополнительно включающий частичное предварительное окисление по меньшей мере части сплава-коллектора из сырьевого состояния, при этом из 100 массовых долей сплава-коллектора, вводимых в сырье конвертера в полость, сырьё конвертера содержит по меньшей мере 20 массовых долей частично предварительно окисленного сплава-коллектора, при этом предпочтительно частичное предварительное окисление включает пропускание частиц сплава-коллектора через богатое кислородом пламя, при этом предпочтительно пламя обладает температурой пламени не менее 2000°C, более предпочтительно от 2000 до 3500°C и, в частности, от 2000 до 2800°C.

A16. Способ по любому из вариантов осуществления изобретения A1-A15, в котором сырьё конвертера дополнительно содержит возвратный конвертерный шлак в количестве от около 5 до 100 массовых долей на 100 массовых долей сплава-коллектора.

A17. Способ по любому из вариантов осуществления изобретения A1-A16, в котором конвертер имеет рабочий цикл, включающий стадии:

(I) частичного предварительного окисления по меньшей мере части сплава-коллектора;

(II) плавания заряда частично предварительно окисленного сплава-коллектора со стадии (I) в полости конвертера для формирования накопителя сплава для начала рабочего цикла конвертера;

(III) введения сырья конвертера в полость с накопителем сплава, причём сырьё конвертера содержит: (i) продукт частичного предварительного окисления сплава-коллектора со стадии (I), (ii) сплав-коллектор без предварительного окисления или (iii) их комбинацию, причём сырьё конвертера необязательно может дополнительно содержать оборотный шлак из предшествующего конвертерного цикла;

(IV) инъекции кислородсодержащего газа в накопитель сплава для превращения железа в оксид железа и повышения концентрации МПГ в накопителе сплава;

(V) предоставления возможности шлаку, содержащему оксид железа, собираться в слое низкой плотности над накопителем сплава;

(VI) завершения стадий (III) и (IV) и слива слоя низкой плотности для извлечения шлака из конвертера;

(VII) повторения последовательности стадий (III), (IV), (V) и (VI) некоторое количество раз, включая одну или более неокончательных последовательностей и заключительную последовательность, при этом стадия (VI) в каждой последовательности следует за стадиями (IV) и (V);

(VIII) перед сливом слоя низкой плотности на стадии (VI) каждой неокончательной последовательности, предоставления возможности сплаву, увлечённому слоем низкой плотности, по существу осесть в накопителе сплава после прекращения инъекции кислородсодержащего газа;

(IX) незамедлительного начала слива слоя низкой плотности после прекращения инъекции кислородсодержащего газа на стадии (VI) в заключительной последовательности, при этом предотвращается затвердевание накопителя сплава в полости; и

(X) в конце конвертерного цикла, слива накопителя сплава для извлечения сплава, обогащенного МПГ, при этом предотвращается затвердевание накопителя сплава в полости.

A18. Способ по любому из вариантов осуществления изобретения A1-A17, дополнительно включающий стадии:

- (1) плавления материала катализатора (предпочтительно без преобразования) в основной печи;
- (2) извлечения шлака основной печи и первого сплава-коллектора из основной печи;
- (3) плавления шлака основной печи (предпочтительно без преобразования) во вторичной печи, предпочтительно с добавлением металлургического кокса;
- (4) извлечения шлака вторичной печи и второго сплава-коллектора из вторичной печи;
- (5) причём сырьё конвертера содержит первый и второй сплавы-коллекторы; и
- (6) подачи по меньшей мере части шлака, извлеченного из конвертера на стадии (d), во вторичную печь для плавления вместе со шлаком основной печи на стадии (3).

A19. Способ по любому из вариантов осуществления изобретения A1-A18, дополнительно включающий:

- (A) футеровку полости огнеупорным материалом;
- (B) удерживание расплавленного накопителя сплава в полости с огнеупорной футеровкой;
- (C) оснащение полости рубашкой, прилегающей к огнеупорной футеровке; и
- (D) циркуляцию охлаждающего агента через рубашку для отвода тепла от накопителя сплава в тепловом контакте с огнеупорной футеровкой.

A20. Способ по любому из вариантов осуществления изобретения A1-A19, в котором конвертер представляет собой вращающийся конвертер, при этом вращающийся конвертер содержит:

- полость, включающую наклонную полость, установленную с возможностью вращения вокруг продольной оси;
- огнеупорную футеровку в полости для удерживания расплавленного накопителя сплава;
- отверстие в верхней части полости для введения сырья конвертера в полость с накопителем сплава;
- фурму для инъекции кислородсодержащего газа в накопитель сплава;
- теплообменную рубашку для полости, прилегающую к огнеупорной футеровке; и
- систему холодильного агента для циркуляции теплоносителя через рубашку для отвода тепла от накопителя сплава в тепловом контакте с огнеупорной футеровкой.

Варианты осуществления изобретения конвертерного способа частичного предварительного окисления.

B1. Способ преобразования сплава-коллектора металлов платиновой группы (МПП), включающий стадии:

(I) частичного предварительного окисления сырьевого сплава-коллектора, содержащего не менее 0,5 мас.% МПП, не менее 40 мас.% железа, не менее 0,5 мас.% никеля, не более 3 мас.% серы и не более 3 мас.% меди, в пересчете на общую массу сплава-коллектора;

(II) введения исходного заряда в полость конвертера, при этом исходный заряд содержит сырьевой сплав-коллектор, продукт частичного предварительного окисления сплава-коллектора стадии (I) или их комбинацию;

(III) плавления исходного заряда для формирования накопителя сплава в полости;

(IV) введения сырья конвертера в накопитель сплава, причём сырьё конвертера содержит сырьевой сплав-коллектор, продукт частичного предварительного окисления сплава-коллектора стадии (I) или их комбинацию, при этом по меньшей мере один или оба из исходного заряда и сырья конвертера содержат частично предварительно окисленный сплав-коллектор стадии (I);

(V) инъекции кислородсодержащего газа в накопитель сплава для превращения железа в оксид железа и повышения концентрации МПП в накопителе сплава, при этом введение сырья конвертера и инъекция кислородсодержащего газа по меньшей мере частично совпадают по времени;

(VI) предоставления возможности шлаку, содержащему оксид железа, собираться в слое низкой плотности над накопителем сплава;

(VII) слива слоя низкой плотности для извлечения шлака из конвертера; и

(VIII) слива накопителя сплава для извлечения сплава, обогащенного МПП.

B2. Способ по варианту осуществления изобретения B1, в котором частичное предварительное окисление на стадии (I) включает от 10 до 90 процентов превращения железа, предпочтительно от 25 до 75 процентов превращения железа и более предпочтительно от 30 до 60 процентов превращения железа, в пересчете на железо в сырьевом сплаве-коллекторе перед стадией (I).

B3. Способ по варианту осуществления изобретения B1 или варианту осуществления изобретения B2, в котором предварительное окисление на стадии (I) включает (I.A) пропускание частиц сырьевого сплава-коллектора через богатое кислородом пламя, при этом предпочтительно пламя обладает температурой пламени не менее 2000°C, более предпочтительно от 2000 до 3500°C и, в частности, от 2000 до 2800°C.

B4. Способ по варианту осуществления изобретения B3, в котором богатое кислородом пламя создаётся горелкой для подогрева полости, и дополнительно включающий (I.B) осаждение частиц по меньшей мере частично расплавленного предварительно окисленного сплава-коллектора из пламени в полость.

В5. Способ по варианту осуществления изобретения В4, дополнительно включающий стадии: (I,C) охлаждения и затвердевания частиц с образованием покрытия предварительно окисленного сплава-коллектора на внутренней поверхности огнеупорной футеровки полости;

при этом стадия (III) включает плавление покрытия в полости с образованием достаточного объема накопителя сплава для инъекции кислородсодержащего газа на стадии (V).

В6. Способ по любому из вариантов осуществления изобретения В1-В5, в котором стадия (III) включает плавление частично предварительно окисленного сплава-коллектора в полости с образованием достаточного объема накопителя сплава для инъекции кислородсодержащего газа на стадии (IV).

В7. Способ по варианту осуществления изобретения В6, в котором предварительное окисление на стадии (I) включает работу конвертера посредством применения цикла стадий (II), (III), (IV), (V), (VI), (VII) и (VIII) для подготовки частично окисленного первичного сплава, при этом цикл подготовки первичного сплава включает:

плавление предварительно подготовленного заряда частично окисленного первичного сплава в полости для формирования накопителя сплава;

периодическую или постоянную подачу сырья конвертера в накопитель сплава на стадии (IV) одновременно с инъекцией кислородсодержащего газа на стадии (V);

продолжение инъекции кислородсодержащего газа для частичного окисления накопителя сплава, при этом предпочтительно окисляется от 10 до 90 процентов, более предпочтительно от 25 до 75 процентов железа в исходном заряде и сырье конвертера, в пересчете на массу железа в исходном заряде и сырье конвертера, подаваемом в накопитель сплава;

слив шлака из конвертерной полости, предпочтительно некоторое количество раз;

затем извлечение и затвердевание частично окисленного накопителя сплава; и

предпочтительно, разделение затвердевшего частично окисленного сплава-коллектора из цикла подготовки первичного сплава на некоторое количество зарядов первичного сплава для аналогичных нескольких рабочих циклов конвертера и/или циклов подготовки первичного сплава.

В8. Способ по любому из вариантов осуществления изобретения В1-В7, в котором предварительное окисление на стадии (I) включает приведение в контакт частиц сырьевого сплава-коллектора с кислородсодержащим газом при температуре выше 800°C, предпочтительно в интервале между 800 и 950°C, предпочтительно во вращающейся печи или в печи кипящего слоя.

В9. Способ по любому из вариантов осуществления изобретения В1-В8, в котором инъекцию кислородсодержащего газа на стадии (V) продолжают до тех пор, пока накопитель сплава не будет содержать не более чем около 10 мас.% железа, предпочтительно не более 5 мас.% железа, в пересчете на общую массу накопителя сплава.

В10. Способ по любому из вариантов осуществления изобретения В1-В9, в котором сырьевой сплав-коллектор содержит:

от 40 до 80 мас.% железа;

от 1 до 15 мас.% никеля;

не менее 0,1 мас.% серы;

от 0,1 до 3 мас.% меди; и

от 1 до 20 мас.% кремния.

В11. Способ по любому из вариантов осуществления изобретения В1-В10, в котором обогащенный МПГ сплав содержит:

не менее 25 мас.% МПГ, предпочтительно от 25 до 60 мас.% МПГ;

не менее 25 мас.% никеля, предпочтительно от 25 до 70 мас.% никеля;

не более 10 мас.% железа, предпочтительно не более 5 мас.% железа;

не более 10 мас.% меди;

не более 2 мас.% серы; и

предпочтительно не более 2 мас.% кремния и не более 2 мас.% фосфора.

В12. Способ по любому из вариантов осуществления изобретения В1-В11, в котором сырьё конвертера содержит по меньшей мере 20 массовых долей продукта частичного предварительного окисления сплава-коллектора стадии (I).

В13. Способ по любому из вариантов осуществления изобретения В1-В12, в котором исходный заряд и сырьё конвертера содержат:

(i) 100 массовых долей общего количества сырьевого сплава-коллектора и/или частично предварительно окисленного сплава-коллектора; и

(ii) менее 20 массовых долей добавленного флюсового материала, содержащего 10 мас.% или более диоксида кремния и/или 10 мас.% или более оксида кальция, оксида магния или комбинации оксида кальция и оксида магния, по массе добавленного флюсового материала (предпочтительно менее 20 массовых долей (более предпочтительно менее 18 массовых долей и ещё более предпочтительно менее 15 массовых долей) любого добавленного флюсового материала, независимо от содержания диоксида кремния, оксида кальция или оксида магния).

В14. Способ по любому из вариантов осуществления изобретения В1-В13, дополнительно вклю-

чающий:

футеровку полости огнеупорным материалом; и

подачу защитного средства огнеупора в полость, удерживающую накопитель сплава, со скоростью до 20 массовых долей защитного средства огнеупора на сто массовых долей сырьевого сплава-коллектора и частично предварительно окисленного сплава-коллектора в исходном заряде и сырье конвертера, предпочтительно не более 18 массовых долей на 100 массовых долей сырьевого сплава-коллектора и частично предварительно окисленного сплава-коллектора, и более предпочтительно со скоростью в интервале между 5 и 15 массовых долей защитного средства огнеупора на 100 массовых долей сырьевого сплава-коллектора и частично предварительно окисленного сплава-коллектора.

V15. Способ по варианту осуществления изобретения V14, в котором защитное средство огнеупора содержит компонент, общий с огнеупорным материалом, при этом предпочтительно указанный общий компонент содержит оксид алюминия.

V16. Способ по любому из вариантов осуществления изобретения V1-V15, в котором исходный заряд и сырьё конвертера дополнительно содержат возвратный конвертерный шлак в количестве от около 5 до 100 массовых долей на 100 массовых долей общего количества сырьевого и/или частично предварительно окисленного сплава-коллектора.

V17. Способ по любому из вариантов осуществления изобретения V1-V15, в котором конвертер имеет рабочий цикл, включающий стадии:

(1) плавления заряда частично предварительно окисленного сплава-коллектора со стадии (I) в полости конвертера для формирования накопителя сплава для начала рабочего цикла конвертера на стадии (III);

(2) введения сырья конвертера в полость с накопителем сплава на стадии (IV), причём сырьё конвертера необязательно может дополнительно содержать оборотный шлак из предшествующего конвертерного цикла;

(3) инъекции кислородсодержащего газа в накопитель сплава для превращения железа в оксид железа и повышения концентрации МПГ в накопителе сплава на стадии (V);

(4) предоставления возможности шлаку, содержащему оксид железа, собираться в слое низкой плотности над накопителем сплава на стадии (VI);

(5) завершения стадий (2) и (3) и слива слоя низкой плотности для извлечения шлака из конвертера;

(6) повторения последовательности стадий (2), (3), (4) и (5) некоторое количество раз, включая одну или более неокончательных последовательностей и заключительную последовательность, при этом стадия (5) в каждой последовательности следует за стадиями (3) и (4);

(7) перед сливом слоя низкой плотности на стадии (6) каждой неокончательной последовательности, предоставления возможности сплаву, увлечённому слоем низкой плотности, по существу осесть в накопителе сплава после прекращения инъекции кислородсодержащего газа;

(8) незамедлительного начала слива слоя низкой плотности после прекращения инъекции кислородсодержащего газа на стадии (6) в заключительной последовательности, при этом предотвращается затвердевание накопителя сплава в полости и при этом сплав необязательно увлекается в слой низкой плотности; и

(9) в конце конвертерного цикла, слива накопителя сплава для извлечения сплава, обогащенного МПГ, при этом предотвращается затвердевание накопителя сплава в полости.

V18. Способ по любому из вариантов осуществления изобретения V1-V16, дополнительно включающий стадии:

(1) плавления материала катализатора (предпочтительно без преобразования) в основной печи;

(2) извлечения шлака основной печи и первого сплава-коллектора из основной печи;

(3) плавления шлака основной печи (предпочтительно без преобразования) во вторичной печи, предпочтительно с добавлением металлургического кокса;

(4) извлечения шлака вторичной печи и второго сплава-коллектора из вторичной печи;

(5) при этом первый и второй сплавы-коллекторы подаются в качестве сырьевого сплава-коллектора на стадии (I), стадии (II), и/или стадии (IV); и

(6) подачи по меньшей мере части шлака, извлеченного из конвертера на стадии (d), во вторичную печь для плавления вместе со шлаком основной печи на стадии (3).

V19. Способ по любому из вариантов осуществления изобретения V1-V17, дополнительно включающий:

(A) футеровку полости огнеупорным материалом;

(B) удерживание расплавленного накопителя сплава в полости с огнеупорной футеровкой;

(C) оснащение полости рубашкой, прилегающей к огнеупорной футеровке; и

(D) циркуляцию охлаждающего агента через рубашку для отвода тепла от накопителя сплава в тепловом контакте с огнеупорной футеровкой.

V20. Способ по любому из вариантов осуществления изобретения V1-V18, в котором конвертер представляет собой вращающийся конвертер, при этом вращающийся конвертер содержит:

полость, включающую наклонную полость, установленную с возможностью вращения вокруг про-

дольной оси;

огнеупорную футеровку в полости для удерживания расплавленного накопителя сплава;
отверстие в верхней части полости для введения сырья конвертера в полость с накопителем сплава;
фурму для инъекции кислородсодержащего газа в накопитель сплава; теплообменную рубашку для полости, прилегающую к огнеупорной футеровке; и систему холодильного агента для циркуляции теплоносителя через рубашку и

отведения тепла от накопителя сплава в тепловом контакте с огнеупорной футеровкой, при этом предпочтительно накопитель сплава находится в непосредственном контакте с огнеупорной футеровкой.

Конвертерный способ с рециркуляцией шлака.

C1. Способ преобразования сплава-коллектора металлов платиновой группы (МПП), включающий цикл стадий:

(a) введения сырья конвертера в полость конвертера, удерживающую расплавленный накопитель сплава, причём сырьё конвертера содержит:

(i) 100 массовых долей сплава-коллектора, содержащего не менее 0,5 мас.% МПП, не менее 40 мас.% железа, не менее 0,5 мас.% никеля, не более 3 мас.% серы и не более 3 мас.% меди, в пересчете на общую массу сплава-коллектора; и

(ii) возвратный конвертерный шлак в количестве от около 5 до 100 массовых долей на 100 массовых долей сплава-коллектора;

(b) инъекции кислородсодержащего газа в накопитель сплава для превращения железа из сплава-коллектора в оксид железа и повышения концентрации МПП в накопителе сплава, при этом введение сырья конвертера и инъекция кислородсодержащего газа по меньшей мере частично совпадают по времени;

(c) предоставления возможности шлаку, содержащему оксид железа, собираться в слое низкой плотности над накопителем сплава;

(d) слива слоя низкой плотности для извлечения шлака из конвертера;

(e) разделения шлака, извлеченного на стадии (d), на первую часть шлака для возврата в сырьё конвертера на стадии (a) и вторую часть шлака, которая не возвращается на стадию (a); и

(f) слива накопителя сплава для извлечения сплава, обогащенного МПП.

C2. Способ по варианту осуществления изобретения C1, в котором обратную часть шлака со стадии (e) одного цикла подают в качестве возвратного конвертерного шлака на стадии (a) в последующий цикл.

C3. Способ по варианту осуществления изобретения C1 или варианту осуществления изобретения C2, в котором сырьё конвертера содержит возвратный шлак в количестве от 10 до 50 массовых долей на 100 массовых долей сплава-коллектора.

C4. Способ по любому из вариантов осуществления изобретения C1-C3, дополнительно включающий объединение сплава-коллектора и возвратного конвертерного шлака для одновременного введения в сырьё конвертера на стадии (a), предпочтительно из одного устройства подачи.

C5. Способ по любому из вариантов осуществления изобретения C1-C4, в котором возвратный конвертерный шлак на стадии (a) и/или первая часть шлака на стадии (e) содержат высокосортный шлак, имеющий более высокое содержание МПП, чем среднее общее содержание МПП в извлеченном шлаке со стадии (d) и/или содержание оксида никеля более чем около 2 процентов по массе.

C6. Способ по варианту осуществления изобретения C5, дополнительно включающий:

охлаждение, затвердевание и измельчение извлеченного шлака со стадии (d);

при этом разделение на стадии (e) включает магнитное разделение измельчённого шлака на магнитно-восприимчивую фракцию и магнитно-невосприимчивую фракцию;

при этом обратная часть шлака содержит магнитно-восприимчивую фракцию; и

при этом обратная часть шлака необязательно содержит часть магнитно-невосприимчивой фракции.

C7. Способ по варианту осуществления изобретения C6, дополнительно включающий стадии:

(C.1) перед стадиями (a)-(e), начала рабочего цикла конвертера посредством плавления частично предварительно окисленного сплава-коллектора в полости для формирования накопителя сплава;

(C.2) затем, перед стадией (e), повторения последовательности стадий (a), (b), (c) и (d) некоторое количество раз, при этом стадия (d) в каждой последовательности следует за стадиями (b) и (c);

при этом обратная часть шлака со стадии (e) содержит шлак, извлеченный из окончательного слива слоя низкой плотности на стадии (d) в последней из последовательностей стадии (C.2) независимо от магнитной восприимчивости; и

(C.3) после окончательного слива слоя низкой плотности на стадии (d) в последней из последовательностей стадии (C.2), слива накопителя сплава на стадии (f).

C8. Способ по варианту осуществления изобретения C6, дополнительно включающий стадии:

(C.1) перед стадиями (a)-(e), начала рабочего цикла конвертера посредством плавления частично предварительно окисленного сплава-коллектора в полости для формирования накопителя сплава;

(C.2) затем, перед стадией (e), повторения последовательности стадий (a), (b), (c) и (d) некоторое

количество раз, при этом стадия (d) в каждой последовательности следует за стадиями (b) и (c);

при этом обратная часть шлака со стадии (e) содержит всю или часть магнитно-невосприимчивой фракции шлака, извлеченного из окончательного слива слоя низкой плотности на стадии (d) в последней из последовательностей стадии (C.2); и

(C.3) после окончательного слива слоя низкой плотности на стадии (d) в последней из последовательностей стадии (C.2), слива накопителя сплава на стадии (f).

C9. Способ по варианту осуществления изобретения C8, дополнительно включающий стадии:

(D.1) для слива(ов) слоя низкой плотности, предшествующего(их) окончательному сливу на стадии (C.2), предоставления возможности сплаву, увлечённому слоем низкой плотности, по существу осесть в накопителе сплава перед сливом соответствующего(их) слоя(ёв) низкой плотности; и

(D.2) начала окончательного слива на стадии (C.2) в течение 5 минут после прекращения инъекции кислородсодержащего газа.

C10. Способ по любому из вариантов осуществления изобретения C1-C9, в котором инъекция кислородсодержащего газа на стадии (b) происходит со скоростью, достаточной для поддержания температуры в накопителе сплава по меньшей мере 1250°C, предпочтительно по меньшей мере 1450°C или в интервале между 1250°C и 1800°C, предпочтительно от 1450 до 1700°C.

C11. Способ по любому из вариантов осуществления изобретения C1-C10, в котором инъекцию кислородсодержащего газа на стадии (b) продолжают до тех пор, пока накопитель сплава не будет содержать не более чем около 10 мас.% железа, предпочтительно не более 5 мас.% железа, в пересчете на общую массу накопителя сплава.

C12. Способ по любому из вариантов осуществления изобретения C1-C11, в котором сплав-коллектор содержит:

от 40 до 80 мас.% железа;

от 1 до 15 мас.% никеля;

не менее 0,1 мас.% серы;

от 0,1 до 3 мас.% меди; и

не более 20 мас.% кремния, предпочтительно от 1 до 20 мас.% кремния.

C13. Способ по варианту осуществления изобретения C12, в котором обогащенный МПГ сплав содержит:

не менее 25 мас.% МПГ, предпочтительно от 25 до 60 мас.% МПГ;

не менее 25 мас.% никеля, предпочтительно от 25-70 мас.% никеля; и

предпочтительно не более 2 мас.% кремния, не более 2 мас.% фосфора, не более 10 мас.% меди и не более 2 мас.% серы.

C14. Способ по любому из вариантов осуществления изобретения C1-C13, в котором сырьё конвертера содержит:

(i) 100 массовых долей сплава-коллектора; и

(ii) менее 20 массовых долей добавленного флюсового материала, содержащего 10 мас.% или более диоксида кремния и/или 10 мас.% или более оксида кальция, оксида магния или комбинации оксида кальция и оксида магния, по массе добавленного флюсового материала (предпочтительно менее 20 массовых долей (более предпочтительно менее 18 массовых долей и ещё более предпочтительно менее 15 массовых долей) любого добавленного флюсового материала, независимо от содержания диоксида кремния, оксида кальция или оксида магния).

C15. Способ по любому из вариантов осуществления изобретения C1-C14, дополнительно включающий:

футеровку полости огнеупорным материалом; и

подачу защитного средства огнеупора в полость, удерживающую накопитель сплава, со скоростью до 20 массовых долей защитного средства огнеупора на сто массовых долей сплава-коллектора в сырьё конвертера, предпочтительно не более 18 массовых долей на 100 массовых долей сплава-коллектора и более предпочтительно со скоростью в интервале между 5 и 15 массовых долей защитного средства огнеупора на 100 массовых долей сплава-коллектора, при этом предпочтительно защитное средство огнеупора содержит компонент, общий с огнеупорным материалом, при этом предпочтительно указанный общий компонент содержит оксид алюминия.

C16. Способ по любому из вариантов осуществления изобретения C1-C15, дополнительно включающий частичное предварительное окисление по меньшей мере части сплава-коллектора из сырьевого состояния, при этом из 100 массовых долей сплава-коллектора, вводимых в сырьё конвертера в полость, сырьё конвертера содержит по меньшей мере 20 массовых долей частично предварительного окисленного сплава-коллектора, при этом предпочтительно частичное предварительное окисление включает пропускание частиц сырьевого сплава-коллектора через богатое кислородом пламя, при этом предпочтительно пламя обладает температурой пламени не менее 2000°C, более предпочтительно от 2000 до 3500°C и, в частности, от 2000 до 2800°C.

C17. Способ по любому из вариантов осуществления изобретения C1-C16, в котором конвертер имеет рабочий цикл, включающий стадии:

(1) плавления заряда частично предварительно окисленного сплава-коллектора в полости конвертера для формирования накопителя сплава для начала рабочего цикла конвертера;

(2) введения сырья конвертера в полость с накопителем сплава на стадии (а), причём сырьё конвертера необязательно может дополнительно содержать оборотный шлак из предшествующего конвертерного цикла;

(3) инъекции кислородсодержащего газа в накопитель сплава для превращения железа в оксид железа и повышения концентрации МПГ в накопителе сплава на стадии (b);

(4) предоставления возможности шлаку, содержащему оксид железа, собираться в слое низкой плотности над накопителем сплава на стадии (с);

(5) завершения стадий (2) и (3) и слива слоя низкой плотности для извлечения шлака из конвертера;

(6) повторения последовательности стадий (2), (3), (4) и (5) некоторое количество раз, включая одну или более неокончательных последовательностей и заключительную последовательность, при этом стадия (5) в каждой последовательности следует за стадиями (2) и (3);

(7) перед сливом слоя низкой плотности на стадии (6) каждой неокончательной последовательности, предоставления возможности сплаву, увлечённому слоем низкой плотности, по существу осесть в накопителе сплава после прекращения инъекции кислородсодержащего газа;

(8) незамедлительного начала слива слоя низкой плотности после прекращения инъекции кислородсодержащего газа на стадии (6) в заключительной последовательности, при этом предотвращается затвердевание накопителя сплава в полости и при этом сплав необязательно увлекается в слой низкой плотности; и

(9) в конце конвертерного цикла, слива накопителя сплава для извлечения сплава, обогащенного МПГ, при этом предотвращается затвердевание накопителя сплава в полости.

C18. Способ по любому из вариантов осуществления изобретения C1-C17, дополнительно включающий стадии:

(1) плавления материала катализатора (предпочтительно без преобразования) в основной печи;

(2) извлечения шлака основной печи и первого сплава-коллектора из основной печи;

(3) плавления шлака основной печи (предпочтительно без преобразования) во вторичной печи, предпочтительно с добавлением металлургического кокса;

(4) извлечения шлака вторичной печи и второго сплава-коллектора из вторичной печи;

(5) причём сырьё конвертера на стадии (а) содержит первый и второй сплавы-коллекторы; и

(6) подачи по меньшей мере части производственного шлака со стадии (е) во вторичную печь для плавления вместе со шлаком основной печи на стадии (3).

C19. Способ по любому из вариантов осуществления изобретения C1-C18, дополнительно включающий:

(A) футеровку полости огнеупорным материалом;

(B) удержание расплавленного накопителя сплава в полости с огнеупорной футеровкой;

(C) оснащение полости рубашкой, прилегающей к огнеупорной футеровке; и

(D) циркуляцию охлаждающего агента через рубашку для отвода тепла от накопителя сплава в тепловом контакте с огнеупорной футеровкой.

C20. Способ по любому из вариантов осуществления изобретения C1-C19, в котором конвертер представляет собой вращающийся конвертер, при этом вращающийся конвертер содержит:

полость, включающую наклонную полость, установленную с возможностью вращения вокруг продольной оси;

огнеупорную футеровку в полости для удерживания расплавленного накопителя сплава;

отверстие в верхней части полости для введения сырья конвертера в полость с накопителем сплава;

фурму для инъекции кислородсодержащего газа в накопитель сплава;

теплообменную рубашку для полости, прилегающую к огнеупорной футеровке; и

систему холодильного агента для циркуляции теплоносителя через рубашку и отведения тепла от накопителя сплава в тепловом контакте с огнеупорной футеровкой, при этом предпочтительно накопитель сплава находится в непосредственном контакте с огнеупорной футеровкой.

Конвертерный способ с поэтапным сливом шлака.

D1. Способ преобразования сплава-коллектора металлов платиновой группы (МПГ), включающий стадии:

(I) плавления исходного заряда сплава-коллектора в полости конвертера для формирования накопителя сплава для начала конвертерного цикла;

(II) введения сырья конвертера в полость с накопителем сплава;

(III) инъекции кислородсодержащего газа в накопитель сплава для превращения железа в оксид железа и повышения концентрации МПГ в накопителе сплава, при этом введение сырья конвертера и инъекция кислородсодержащего газа по меньшей мере частично совпадают по времени;

(IV) предоставления возможности шлаку, содержащему оксид железа, собираться в слое низкой плотности над накопителем сплава;

(V) завершения стадий (II) и (III) и слива слоя низкой плотности для извлечения шлака из конверте-

ра;

(VI) повторения последовательности стадий (II), (III), (IV) и (V) некоторое количество раз, включая одну или более неокончательных последовательностей и заключительную последовательность, при этом стадия (V) в каждой последовательности следует за стадиями (III) и (IV);

(VII) перед сливом слоя низкой плотности на стадии (V) каждой неокончательной последовательности, предоставления возможности сплаву, увлечённому слоем низкой плотности, по существу осесть в накопителе сплава после прекращения инъекции кислородсодержащего газа;

(VIII) незамедлительного начала слива слоя низкой плотности после прекращения инъекции кислородсодержащего газа на стадии (V) в заключительной последовательности, при этом предотвращается затвердевание накопителя сплава в полости; и

(IX) в конце конвертерного цикла, слива накопителя сплава для извлечения сплава, обогащенного МПГ, при этом предотвращается затвердевание накопителя сплава в полости.

D2. Способ по варианту осуществления изобретения D1, в котором затраченное время на стадии (VII) между прекращением инъекции кислородсодержащего газа и началом слива слоя низкой плотности составляет не менее 5 минут.

D3. Способ по варианту осуществления изобретения D1 или варианту осуществления изобретения D2, в котором затраченное время на стадии (VIII) между прекращением инъекции кислородсодержащего газа и началом слива слоя низкой плотности составляет не более 5 минут.

D4. Способ по любому из вариантов осуществления изобретения D1-D3, дополнительно включающий увлечение сплава в слой низкой плотности, слитый на стадии (VIII).

D5. Способ по любому из вариантов осуществления изобретения D1-D4, дополнительно включающий стадии:

(X) охлаждения, затвердевания и измельчения извлеченного шлака со стадии (V); и

(XI) разделения извлеченного шлака со стадии (V) на часть шлака для возврата в сырьё конвертера на стадии (II) последующего конвертерного цикла и часть шлака, которая не возвращается в процесс.

D6. Способ по варианту осуществления изобретения D5, в котором сырьё конвертера на стадии (II) содержит возвратный шлак в количестве от 5 до 100 массовых долей, предпочтительно 10 до 50 массовых долей на 100 массовых долей сплава-коллектора.

D7. Способ по варианту осуществления изобретения D5 или варианту осуществления изобретения D6, в котором оборотный шлак для стадии (II) содержит высокосортный шлак, имеющий более высокое содержание МПГ, чем среднее общее содержание МПГ в извлеченном шлаке со стадии (V), при этом предпочтительно высокосортный шлак содержит более 1000 м.д. МПГ, а часть шлака, которая не возвращается в процесс, содержит менее 1000 м.д. МПГ.

D8. Способ по любому из вариантов осуществления изобретения D5-D7, дополнительно включающий:

при этом разделение на стадии (XI), включающее магнитное разделение измельчённого шлака на магнитно-восприимчивую фракцию и магнитно-невосприимчивую фракцию;

при этом обратная часть шлака содержит магнитно-восприимчивую фракцию; и

при этом обратная часть шлака необязательно дополнительно содержит часть магнитно-невосприимчивой фракции.

D9. Способ по варианту осуществления изобретения D8, в котором обратная часть шлака дополнительно содержит магнитно-невосприимчивую фракцию из шлака, извлеченного со стадии (VIII) в заключительной последовательности.

D10. Способ по любому из вариантов осуществления изобретения D5-D9, в котором обратная часть шлака содержит шлак, извлеченный со стадии (VIII) в заключительной последовательности независимо от магнитной восприимчивости.

D11. Способ по любому из вариантов осуществления изобретения D1-D10, в котором инъекцию кислородсодержащего газа на стадии (III) продолжают до тех пор, пока накопитель сплава не будет содержать не более чем около 10 мас.% железа, предпочтительно не более 5 мас.% железа, в пересчете на общую массу накопителя сплава.

D12. Способ по любому из вариантов осуществления изобретения D1-D11, в котором сплав-коллектор содержит не менее 0,5 мас.% МПГ, не менее 40 мас.% железа, не менее 0,5 мас.% никеля, не более 3 мас.% серы и не более 3 мас.% меди, в пересчете на общую массу сплава-коллектора, при этом предпочтительно сплав-коллектор содержит:

от 40 до 80 мас.% железа;

от 1 до 15 мас.% никеля;

не менее 0,1 мас.% серы;

от 0,1 до 3 мас.% меди; и/или

не более 20 мас.% кремния, предпочтительно от 1 до 20 мас.% кремния.

D13. Способ по варианту осуществления изобретения D12, в котором обогащенный МПГ сплав содержит:

не менее 25 мас.% МПГ, предпочтительно от 25 до 60 мас.% МПГ;

не менее 25 мас.% никеля, предпочтительно от 25 до 70 мас.% никеля;
не более 10 мас.% железа, предпочтительно не более 5 мас.% железа; и
предпочтительно не более 2 мас.% кремния, не более 2 мас.% фосфора, не более 10 мас.% меди и не более 2 мас.% серы.

D14. Способ по любому из вариантов осуществления изобретения D1-D13, в котором сырьё конвертера содержит:

- (i) 100 массовых долей общего количества сплава-коллектора; и
- (ii) менее 20 массовых долей добавленного флюсового материала, содержащего 10 мас.% или более диоксида кремния и/или 10 мас.% или более оксида кальция, оксида магния или комбинации оксида кальция и оксида магния, по массе добавленного флюсового материала (предпочтительно менее 20 массовых долей (более предпочтительно менее 18 массовых долей и ещё более предпочтительно менее 15 массовых долей) любого добавленного флюсового материала, независимо от содержания диоксида кремния, оксида кальция или оксида магния).

D15. Способ по любому из вариантов осуществления изобретения D1-D14, дополнительно включающий:

- футеровку полости огнеупорным материалом; и
- подачу защитного средства огнеупора в полость, удерживающую накопитель сплава, со скоростью до 20 массовых долей защитного средства огнеупора на сто массовых долей общего количества сырьевого сплава-коллектора и частично предварительно окисленного сплава-коллектора в сырьё конвертера, предпочтительно не более 18 массовых долей на 100 массовых долей общего количества сырьевого сплава-коллектора и частично предварительно окисленного сплава-коллектора и более предпочтительно со скоростью в интервале между 5 и 15 массовых долей защитного средства огнеупора на 100 массовых долей общего количества сырьевого сплава-коллектора и частично предварительно окисленного сплава-коллектора, при этом предпочтительно защитное средство огнеупора содержит компонент, общий с огнеупорным материалом, при этом предпочтительно указанный общий компонент содержит оксид алюминия.

D16. Способ по любому из вариантов осуществления изобретения D1-D15, дополнительно включающий частично предварительное окисление по меньшей мере части сплава-коллектора из сырьевого состояния, при этом исходный заряд, сырьё конвертера или оба содержат частично предварительно окисленный сплав-коллектор, при этом предпочтительно частично предварительное окисление включает пропускание частиц сырьевого сплава-коллектора через богатое кислородом пламя, при этом предпочтительно пламя обладает температурой пламени не менее 2000°C, более предпочтительно от 2000 до 3500°C и, в частности, от 2000 до 2800°C.

D17. Способ по варианту осуществления изобретения D16, в котором исходный заряд и/или сырьё конвертера содержат частично предварительно окисленный сплав-коллектор в количестве от 20 до 100 массовых долей и сырьевой сплав-коллектор в количестве от 0 до 80 массовых долей, на 100 массовых долей общего количества сырьевого сплава-коллектора и частично предварительно окисленного сплава-коллектора в исходном заряде и/или сырьё конвертера, соответственно.

D18. Способ по любому из вариантов осуществления изобретения D1-D17, дополнительно включающий стадии:

- (1) плавления материала катализатора (предпочтительно без преобразования) в основной печи;
- (2) извлечения шлака основной печи и первого сплава-коллектора из основной печи;
- (3) плавления шлака основной печи (предпочтительно без преобразования) во вторичной печи, предпочтительно с добавлением металлургического кокса;
- (4) извлечения шлака вторичной печи и второго сплава-коллектора из вторичной печи;
- (5) при этом исходный заряд и/или сырьё конвертера содержат первый и второй сплавы-коллекторы; и
- (6) подачи по меньшей мере части шлака, извлеченного из конвертера на стадии (d), во вторичную печь для плавления вместе со шлаком основной печи на стадии (3).

D19. Способ по любому из вариантов осуществления изобретения D1-D18, дополнительно включающий:

- (A) футеровку полости огнеупорным материалом;
- (B) удерживание расплавленного накопителя сплава в полости с огнеупорной футеровкой;
- (C) оснащение полости рубашкой, прилегающей к огнеупорной футеровке; и
- (D) циркуляцию охлаждающего агента через рубашку для отвода тепла от накопителя сплава в тепловом контакте с огнеупорной футеровкой, при этом предпочтительно накопитель сплава находится в непосредственном контакте с огнеупорной футеровкой. D20. Способ по любому из вариантов осуществления изобретения D1-D19, в котором конвертер представляет собой вращающийся конвертер, при этом вращающийся конвертер содержит:

полость, включающую наклонную полость, установленную с возможностью вращения вокруг продольной оси;

огнеупорную футеровку в полости для удерживания расплавленного накопителя сплава;

отверстие в верхней части полости для введения сырья конвертера в полость с накопителем сплава; фурму для инъекции кислородсодержащего газа в накопитель сплава; теплообменную рубашку для полости, прилегающую к огнеупорной футеровке; и систему холодильного агента для циркуляции теплоносителя через рубашку и отведения тепла от накопителя сплава в тепловом контакте с огнеупорной футеровкой, при этом предпочтительно накопитель сплава находится в непосредственном контакте с огнеупорной футеровкой.

Интегрированный конвертерный способ для извлечения и повышения концентрации МПГ.

Е1. Способ извлечения и повышения концентрации МПГ, включающий стадии:

- (1) плавления материала катализатора (предпочтительно без преобразования) в основной печи;
- (2) извлечения шлака основной печи и первого сплава-коллектора из основной печи;
- (3) плавления шлака основной печи (предпочтительно без преобразования) во вторичной печи;
- (4) извлечения шлака вторичной печи и второго сплава-коллектора из вторичной печи;
- (5) преобразования первого и второго сплавов-коллекторов в конвертере для извлечения обогащенного МПГ сплава и конвертерного шлака;
- (6) разделения конвертерного шлака, извлеченного из конвертера на стадии (5), на первую и вторую части конвертерного шлака; и
- (7) подачи первой части конвертерного шлака во вторичную печь для плавления вместе со шлаком основной печи на стадии (3).

Е2. Способ по варианту осуществления изобретения Е1, дополнительно включающий подачу второй части конвертерного шлака в сырьё конвертера в количестве от около 5 до 100 массовых долей второй части конвертерного шлака на 100 массовых долей общего количества первого и второго сплавов-коллекторов.

Е3. Способ по варианту осуществления изобретения Е2, в котором вторая часть конвертерного шлака содержит высокосортный шлак, имеющий более высокое содержание МПГ, чем первая часть конвертерного шлака, при этом предпочтительно вторая часть конвертерного шлака содержит 1000 м.д. МПГ или более.

Е4. Способ по варианту осуществления изобретения Е3, дополнительно включающий:

- охлаждение, затвердевание и измельчение конвертерного шлака, извлеченного со стадии (5);
- при этом разделение на стадии (6) включает магнитное разделение измельченного шлака на магнитно-восприимчивую фракцию и магнитно-невосприимчивую фракцию;
- при этом вторая часть конвертерного шлака содержит магнитно-восприимчивую фракцию; и
- при этом вторая часть конвертерного шлака необязательно содержит часть магнитно-невосприимчивой фракции.

Е5. Способ по варианту осуществления изобретения Е4, в котором преобразование на стадии (5) включает:

- (a) начало рабочего цикла конвертера посредством плавления необязательно частично предварительно окисленного сплава-коллектора в полости конвертера для формирования накопителя сплава, удерживаемого в полости;
- (b) введение сырья конвертера в полость;
- (c) инъекцию кислородсодержащего газа в накопитель сплава для превращения железа из сплава-коллектора в оксид железа и повышения концентрации МПГ в накопителе сплава, при этом введение сырья конвертера и инъекция кислородсодержащего газа по меньшей мере частично совпадают по времени;
- (d) предоставление возможности шлаку, содержащему оксид железа, собираться в слое низкой плотности над накопителем сплава;
- (e) прекращение введения сырья конвертера и инъекции кислородсодержащего газа, и слив слоя низкой плотности для извлечения шлака из конвертера;
- (f) повторение последовательности стадий (b), (c) и (e) некоторое количество раз, при этом стадия (e) в каждой последовательности следует за стадиями (b) и (c), при этом вторая часть конвертерного шлака со стадии (6) содержит конвертерный шлак, извлеченный из окончательного слива слоя низкой плотности на стадии (e) в последней из последовательностей независимо от магнитной восприимчивости; и
- (g) после окончательного слива слоя низкой плотности на стадии (e) в последней из последовательностей стадии (f), слив накопителя сплава.

Е6. Способ по варианту осуществления изобретения Е5, в котором вторая часть конвертерного шлака со стадии (6) содержит всю или часть магнитно-невосприимчивой фракции шлака, извлеченного из окончательного слива слоя низкой плотности на стадии (e) в последней из последовательностей стадии (f).

Е7. Способ по варианту осуществления изобретения Е5, дополнительно включающий стадии:

- (D.1) в не заключительной(ых) последовательности(ях) на стадии (f), предоставления возможности сплаву, увлеченному слоем низкой плотности, по существу осесть в накопителе сплава перед сливом соответствующего(их) слоя(ёв) низкой плотности; и

(D.2) в заключительной последовательности на стадии (f), начала окончательного слива на стадии (e) в течение 5 минут после прекращения инъекции кислородсодержащего газа.

E8. Способ по варианту осуществления изобретения E2, в котором первая часть конвертерного шлака содержит менее 1000 м.д. МПГ, а вторая часть конвертерного шлака содержит более 1000 м.д. МПГ.

E9. Способ по любому из вариантов осуществления изобретения E1-E8, в котором полость конвертера футерована огнеупорным материалом, и дополнительно включающий подачу части шлака основной печи со стадии (2) в полость в качестве защитного средства огнеупора.

E10. Способ по варианту осуществления изобретения E9 в котором защитное средство огнеупора содержит не более 20 массовых долей шлака основной печи на 100 массовых долей общего количества первого и второго сплавов-коллекторов, подаваемых в конвертер, предпочтительно 18 массовых долей шлака основной печи на 100 массовых долей общего количества первого и второго сплавов-коллекторов, подаваемых в конвертер, более предпочтительно в интервале между 5 и 15 массовыми долями шлака основной печи на 100 массовых долей общего количества первого и второго сплавов-коллекторов, подаваемых в конвертер.

E11. Способ по любому из вариантов осуществления изобретения E1-E10, в котором преобразование на стадии (5) продолжают до тех пор, пока накопитель сплава в полости конвертера не будет содержать не более чем около 10 мас.% железа, предпочтительно не более 5 мас.% железа, в пересчете на общую массу накопителя сплава.

E12. Способ по варианту осуществления изобретения E11, в котором первый и второй сплавы-коллекторы, подаваемые в конвертер, содержат:

от 0,5 до 12 мас.% МПГ;

не менее 40 мас.% железа, предпочтительно от 40 до 80 мас.% железа;

не менее 0,5 мас.% никеля, предпочтительно от 1 до 15 мас.% никеля;

не более 3 мас.% серы, предпочтительно не менее 0,1 мас.% серы;

не более 3 мас.% меди, предпочтительно от 0,1 до 3 мас.% меди; и

предпочтительно не более 20 мас.% кремния, более предпочтительно от 1 до 20 мас.% кремния.

E13. Способ по варианту осуществления изобретения E12, в котором обогащенный МПГ сплав, извлеченный со стадии (5), содержит: не менее 25 мас.% МПГ, предпочтительно от 25 до 60 мас.% МПГ; не менее 25 мас.% никеля, предпочтительно от 25 до 70 мас.% никеля; и предпочтительно не более 2 мас.% кремния, не более 5 мас.% фосфора, не более 10 мас.% меди и не более 2 мас.% серы.

E14. Способ по любому из вариантов осуществления изобретения E1-E13, в котором сырьё конвертера содержит:

(i) 100 массовых долей общего количества первого и второго сплавов-коллекторов; и (ii) менее 20 массовых долей добавленного флюсового материала, содержащего 10 мас.% или более диоксида кремния и/или 10 мас.% или более оксида кальция, оксида магния или комбинации оксида кальция и оксида магния, по массе добавленного флюсового материала (предпочтительно менее 20 массовых долей (более предпочтительно менее 18 массовых долей и ещё более предпочтительно менее 15 массовых долей) любого добавленного флюсового материала, независимо от содержания диоксида кремния, оксида кальция или оксида магния).

E15. Способ по любому из вариантов осуществления изобретения E1-E14, дополнительно включающий частичное предварительное окисление по меньшей мере части первого и/или второго сплавов-коллекторов из сырьевого состояния, причём сырьё конвертера содержит по меньшей мере 20 массовых долей частично предварительного окисленного сплава-коллектора на 100 массовых долей общего количества сырья конвертера.

E16. Способ по варианту осуществления изобретения E15, в котором частичное предварительное окисление включает пропускание частиц сплава-коллектора через богатое кислородом пламя.

E17. Способ по варианту осуществления изобретения E16, в котором пламя обладает температурой пламени не менее 2000°C, предпочтительно от 2000 до 3500°C и более предпочтительно от 2000 до 2800°C.

E18. Способ по любому из вариантов осуществления изобретения E1-E17, дополнительно включающий:

(A) футеровку полости конвертера огнеупорным материалом;

(B) удерживание расплавленного накопителя сплава в полости с огнеупорной футеровкой;

(C) оснащение полости рубашкой, прилегающей к огнеупорной футеровке; и

(D) циркуляцию охлаждающего агента через рубашку для отвода тепла от накопителя сплава в тепловом контакте с огнеупорной футеровкой.

E19. Способ по любому из вариантов осуществления изобретения E1-E13, в котором конвертер представляет собой вращающийся конвертер, при этом вращающийся конвертер содержит:

наклонную полость, установленную с возможностью вращения вокруг продольной оси;

огнеупорную футеровку в полости для удерживания расплавленного накопителя сплава;

отверстие в верхней части полости для введения сырья конвертера в полость с накопителем сплава;

фурму для инъекции кислородсодержащего газа в накопитель сплава; теплообменную рубашку для полости, прилегающую к огнеупорной футеровке; и систему холодильного агента для циркуляции теплоносителя через рубашку и отвода тепла от накопителя сплава в тепловом контакте с огнеупорной футеровкой.

E20. Способ извлечения и обогащения МПГ, включающий стадии:

- (1) плавления материала катализатора (предпочтительно без преобразования) в основной печи;
- (2) извлечения шлака основной печи и первого сплава-коллектора из основной печи;
- (3) плавления шлака основной печи (предпочтительно без преобразования) во вторичной;
- (4) извлечения шлака вторичной печи и второго сплава-коллектора из вторичной печи;
- (5) преобразования первого и второго сплавов-коллекторов в конвертере для извлечения обогащенного МПГ сплава и шлака, при этом преобразование включает:
 - (a) начало рабочего цикла конвертера посредством плавления (предпочтительно частично предварительно окисленных) сплавов-коллекторов в полости конвертера для формирования накопителя сплава, удерживаемого в полости;
 - (b) введение сырья конвертера в полость, удерживающую накопитель сплава;
 - (c) инъекцию кислородсодержащего газа в накопитель сплава для превращения железа в оксид железа и повышения концентрации МПГ в накопителе сплава, при этом введение сырья конвертера и инъекция кислородсодержащего газа по меньшей мере частично совпадают по времени;
 - (d) предоставление возможности шлаку, содержащему оксид железа, собираться в слое низкой плотности над накопителем сплава;
 - (e) прекращение введения сырья конвертера и инъекции кислородсодержащего газа, и слив слоя низкой плотности для извлечения шлака из конвертера;
 - (f) повторение последовательности стадий (b), (c) и (e) некоторое количество раз, при этом стадия (e) в каждой последовательности следует за стадиями (b) и (c); и
 - (g) в не заключительной(ых) последовательности(ях) на стадии (f), предоставление возможности сплаву, увлеченному слоем низкой плотности, по существу осесть в накопителе сплава перед сливом соответствующего(их) слоя(ёв) низкой плотности;
 - (h) в заключительной последовательности на стадии (f), начало окончательного слива на стадии (e) в течение 5 минут после прекращения инъекции кислородсодержащего газа; и
 - (i) после окончательного слива слоя низкой плотности на стадии (e) в последней из последовательностей стадий (f), слив накопителя сплава;
- (6) разделения конвертерного шлака, извлеченного из конвертера на стадии (5), на первую и вторую части конвертерного шлака, при этом вторая часть конвертерного шлака имеет более высокое среднее содержание МПГ, чем первая часть конвертерного шлака, при этом разделение включает:
 - (A) охлаждение, затвердевание и измельчение конвертерного шлака, извлеченного со стадии (5);
 - (B) магнитное разделение измельченного шлака на магнитно-восприимчивую фракцию и магнитно-невосприимчивую фракцию;
 - (C) при этом вторая часть конвертерного шлака содержит магнитно-восприимчивую фракцию и по меньшей мере часть магнитно-невосприимчивой фракции, полученной из окончательного слива шлака; и
 - (D) при этом первая часть конвертерного шлака содержит по меньшей мере часть магнитно-невосприимчивой фракции;
- (7) подачи первой части конвертерного шлака во вторичную печь для плавления вместе со шлаком основной печи на стадии (3);
- (8) подачи второй части конвертерного шлака в конвертер с первым и вторым сплавами-коллекторами; и
- (9) подачи части шлака основной печи со стадии (2) в полость, удерживающую накопитель сплава.

Оснащенный рубашкой конвертер обогащения МПГ.

F1. Вращающийся конвертер, содержащий:

наклонную полость конвертера, установленную с возможностью вращения вокруг продольной оси; огнеупорную футеровку в полости для удерживания расплавленного накопителя сплава; отверстие в верхней части полости для введения сырья конвертера в полость с накопителем сплава; фурму для инъекции кислородсодержащего газа в накопитель сплава; теплообменную рубашку для полости, прилегающую к огнеупорной футеровке; и систему холодильного агента для циркуляции теплоносителя через рубашку для отвода тепла от накопителя сплава в тепловом контакте с огнеупорной футеровкой.

F2. Вращающийся конвертер по варианту осуществления изобретения F1, дополнительно содержащий патрубок для извлечения шлака и сплава из полости.

F3. Вращающийся конвертер по варианту осуществления изобретения F1 или варианту осуществления изобретения F2, дополнительно содержащий систему управления для регулирования подачи охлаждающего агента и инъекции кислородсодержащего газа для поддержания температуры в накопителе сплава в интервале между 1250 и 1800°C.

F4. Вращающийся конвертер по варианту осуществления изобретения F3, в котором система управ-

ления поддерживает температуру 1450°C или более, предпочтительно от 1450 до 1700°C.

F5. Вращающийся конвертер по варианту осуществления изобретения F3 или варианту осуществления изобретения F4, в котором охлаждающий агент является водным, например, водой или водой и гликолем.

F6. Вращающийся конвертер по любому из вариантов осуществления изобретения F1-F5, дополнительно содержащий:

вал и двигатель для приведения во вращение полости; и

вращательное соединение для подачи и возврата теплоносителя через вал в рубашку и из неё.

F7. Вращающийся конвертер по любому из вариантов осуществления изобретения F1-F6, дополнительно содержащий радиально размещенные температурные датчики, установленные в огнеупорной футеровке в соединении с одним или более передающими устройствами для передачи сигналов, содержащих информацию об измерении температуры, на приемник.

F8. Вращающийся конвертер по варианту осуществления изобретения F7, в котором температурные датчики установлены прилегающими к металлической стенке полости.

F9. Вращающийся конвертер по варианту осуществления изобретения F7 или варианту осуществления изобретения F8, в котором одно или более передающих устройств установлены снаружи на полость и передают сигналы на приемник по беспроводной сети.

F10. Вращающийся конвертер по любому из вариантов осуществления изобретения F1-F9, дополнительно содержащий вытяжной колпак, прилегающий к отверстию в полости.

F11. Вращающийся конвертер по любому из вариантов осуществления изобретения F1-F10, дополнительно содержащий теплозащитный экран с водяным охлаждением, прилегающий к отверстию полости.

F12. Вращающийся конвертер по любому из вариантов осуществления изобретения F1-F11, дополнительно содержащий горелку для подогрева полости.

F13. Вращающийся конвертер по варианту осуществления изобретения F12, в котором горелка представляет собой кислородно-топливную горелку с водяным охлаждением.

F14. Вращающийся конвертер по варианту осуществления изобретения F12 или варианту осуществления изобретения F13, в котором горелка содержит желоб для введения сырья конвертера в пламя горелки.

F15. Вращающийся конвертер по любому из вариантов осуществления изобретения F1-F14, в котором огнеупорная футеровка содержит набивной огнеупор на основе оксида алюминия.

F16. Вращающийся конвертер по любому из вариантов осуществления изобретения F1-F15, дополнительно содержащий систему подачи для подачи сырья конвертера через отверстие в полость.

F17. Вращающийся конвертер по варианту осуществления изобретения F16, в котором система подачи содержит бункер и вибрационный питатель.

F18. Вращающийся конвертер по варианту осуществления изобретения F16 или варианту осуществления изобретения F17, причём указанный вращающийся конвертер дополнительно содержит заряд сырья конвертера в системе подачи.

F19. Вращающийся конвертер по варианту осуществления изобретения F18, в котором сырьё конвертера содержит сплав-коллектор, содержащий не менее 0,5 мас.% МПГ, не менее 40 мас.% железа, не менее 0,5 мас.% никеля, не более 3 мас.% серы и не более 3 мас.% меди, в пересчете на общую массу сплава-коллектора.

F20. Вращающийся конвертер по варианту осуществления изобретения F19, в котором сырьё конвертера дополнительно содержит возвратный конвертерный шлак, защитное средство огнеупора, содержащее компонент, общий с огнеупорной футеровкой, или их комбинацию.

F21. Способ преобразования, включающий:

(a) футеровку полости вращающегося конвертера огнеупорным материалом;

(b) удерживание расплавленного накопителя сплава (предпочтительно содержащего никель) в полости;

(c) введение сырья конвертера в полость с накопителем сплава, причём сырьё конвертера содержит сплав-коллектор МПГ, содержащий железо (предпочтительно содержащий не менее 0,5 мас.% МПГ, не менее 40 мас.% железа, не менее 0,5 мас.% никеля, не более 3 мас.% серы и не более 3 мас.% меди, в пересчете на общую массу сплава-коллектора);

(d) инъекцию кислородсодержащего газа в накопитель сплава для поддержания температуры в накопителе сплава в интервале между 1250 и 1800°C (предпочтительно по меньшей мере 1450°C) и превращения железа из сплава-коллектора в оксид железа и повышения концентрации МПГ в накопителе сплава (при этом предпочтительно введение сырья конвертера и инъекция кислородсодержащего газа по меньшей мере частично совпадают по времени);

(e) оснащение полости рубашкой, прилегающей к огнеупорной футеровке;

(f) циркуляцию охлаждающего агента через рубашку для отвода тепла от накопителя сплава в тепловом контакте с огнеупорной футеровкой;

(g) предоставление возможности шлаку, содержащему оксид железа, собираться в слое низкой

плотности над накопителем сплава;

(h) слив слоя низкой плотности для извлечения шлака из конвертера; и (i) слив накопителя сплава для извлечения сплава, обогащенного МПГ. F22. Способ по варианту осуществления изобретения F21, дополнительно включающий контроль температуры огнеупорной футеровки.

F23. Способ по варианту осуществления изобретения F22, дополнительно включающий измерение температуры в огнеупорной футеровке с использованием одного или более датчиков, установленных в огнеупорной футеровке, передачу информации об измерении температуры от одного или более датчиков к одному или более передающим устройствам, и передачу сигналов, содержащих информацию об измерении температуры, от одного или более передающих устройств на приемник.

F24. Способ по варианту осуществления изобретения F23, в котором одно или более передающих устройств установлены снаружи на полость и передают сигналы на приемник по беспроводной сети.

F25. Способ по любому из вариантов осуществления изобретения F21-F24, дополнительно включающий вращение полости, и подачу и возврат охлаждающего агента в рубашку и из неё через вращательное соединение.

F26. Способ по любому из вариантов осуществления изобретения F21-F25, дополнительно включающий возврат конвертерного шлака, извлеченного на стадии (h), в сырьё конвертера на стадии (c).

F27. Способ преобразования, включающий:

удерживание расплавленного накопителя сплава в полости вращающегося конвертера по любому из вариантов осуществления изобретения F1-F20;

введение сырья конвертера через отверстие вверху полости в накопитель сплава;

футеровку огнеупором полости для удерживания расплавленного накопителя сплава;

инжекцию кислородсодержащего газа через фурму в накопитель сплава;

циркуляцию теплоносителя через рубашку для отвода тепла от накопителя сплава в тепловом контакте с огнеупорной футеровкой; и

извлечение шлака и сплава из полости.

F28. Способ по варианту осуществления изобретения F27, дополнительно включающий регулирование циркуляции теплоносителя и инъекции кислородсодержащего газа для поддержания температуры в накопителе сплава в интервале между 1250 и 1800°C, предпочтительно от 1450 до 1700°C.

F29. Способ по варианту осуществления изобретения F27 или варианту осуществления изобретения F28, дополнительно включающий:

использование вала и двигателя для приведения во вращение полости; и подачу теплоносителя через вращательное соединение через вал в рубашку и возврат теплоносителя из рубашки через вал.

F30. Способ по любому из вариантов осуществления изобретения F27-F29, дополнительно включающий установку радиально разнесенных температурных датчиков в огнеупорной футеровке в соединении с одним или более передающими устройствами, и передачу сигналов, содержащих информацию об измерении температуры, от одного или более передающих устройств на приемник.

F31. Способ по варианту осуществления изобретения F30, в котором температурные датчики установлены прилегающими к металлической стенке полости. F32. Способ по варианту осуществления изобретения F30 или варианту осуществления изобретения F31, в котором одно или более передающих устройств установлены снаружи на полость и передают сигналы на приемник по беспроводной сети.

F33. Способ по любому из вариантов осуществления изобретения F27-F32, дополнительно включающий размещение вытяжного колпака и теплозащитного экрана с водяным охлаждением, прилегающего к отверстию в полости.

F34. Способ по любому из вариантов осуществления изобретения F27-F33, дополнительно включающий подогрев полости с использованием горелки, при этом предпочтительно горелка представляет собой кислородно-топливную горелку с водяным охлаждением.

F35. Способ по варианту осуществления изобретения F34, дополнительно включающий введение сырья конвертера через желоб в пламя горелки.

F36. Способ по любому из вариантов осуществления изобретения F27-F35, в котором огнеупорная футеровка содержит набивной огнеупор на основе оксида алюминия.

F37. Способ по любому из вариантов осуществления изобретения F27-F36, дополнительно включающий подачу сырья конвертера из системы подачи, предпочтительно содержащей бункер и вибрационный питатель, через отверстие в полость.

F38. Способ по варианту осуществления изобретения F37, дополнительно включающий загрузку заряда сырья конвертера в систему подачи.

F39. Способ по варианту осуществления изобретения F38, в котором сырьё конвертера содержит сплав-коллектор, содержащий не менее 0,5 мас.% МПГ, не менее 40 мас.% железа, не менее 0,5 мас.% никеля, не более 3 мас.% серы и не более 3 мас.% меди, в пересчете на общую массу сплава-коллектора.

F40. Способ по варианту осуществления изобретения F39, в котором сырьё конвертера дополнительно содержит возвратный конвертерный шлак, предпочтительно высокосортный шлак, содержащий не менее 1000 м.д. мас. МПГ.

Примеры

В приведенных ниже примерах использовался способ 200 по фиг. 8. Материал катализатора 202 плавил в электродуговой печи 204, имеющей расчетную мощность 907 кг/ч (1 т/ч), трансформер с установленной мощностью 1,2 МВА, с вторичным напряжением 180 В и вторичным током 2700 А. Шлак 205, состоящий, главным образом, из алюмосиликата, извлекали из печи 204, гранулировали в воде в грануляторе 206, сушили во вращающейся печи 208 и переупаковывали на станции 210 наполнения мешков. Сплав-коллектор МПГ 211 отливали в формы 212, отверждали и дробили в дробилке 214 до фазы -4 меш (-3/16 дюймов).

Высушенный шлак 210 из основной печи 204 плавил во второй, электродуговой печи 218 окончательной обработки, имеющей расчетную мощность 907 кг/ч (1 т/ч), трансформер с установленной мощностью 1,2 МВА, с вторичным напряжением 180 В и вторичным током 2700 А. Шлак 219, извлеченный из печи 218, гранулировали в грануляторе 220 и возвращали в процесс на стадию 222 для соответствующего использования, например, в качестве заполнителя. Сплав-коллектор МПГ 223 из вторичной печи 218 отливали в мульды 224, отверждали и дробили в дробилке 214 до фазы -1,9 см (3/4 дюйма).

Заряд частично предварительно окисленного сплава-коллектора МПГ 184 готовили из сплава-коллектора 211 и/или 223, как описано в примере. Предварительно окисленный сплав 184 помещали в полость 232 ТВРС с водяным охлаждением 227, футерованную набивным огнеупором на основе оксида алюминия, и расплавляли с использованием газовой горелки 228 до температуры по меньшей мере 1450°C. Предварительно окисленного накопителя сплава было достаточно для инжекции кислорода под поверхность накопителя сплава, с заполнением, в целом, около 10-20% доступного объема полости 232. Часть алюмосиликатного шлака 210 из основной печи 204 помещали сверху накопителя сплава в качестве защитного средства огнеупора 233 в начале каждого цикла инжекции кислорода. Если не указано иное, то общее количество защитного средства 233, применяемого для каждого рабочего цикла ТВРС, составляло 60-80 кг (132-176 фунтов), распределенных между циклами инжекции кислорода, например, после плавления исходного накопителя сплава и каждого неокончательного слива шлака. Хотя полость 232 вращалась, горелку 228 отключали и кислород 234 инжестировали в накопитель сплава с использованием футеровки 229 со скоростью, достаточной для поддержания температуры, достаточной для предотвращения затвердевания накопителя сплава, но со скоростью, достаточной для поддержания температуры в накопителе сплава не выше 1700°C, например, от 1450 до 1700°C, при циркуляции охлаждающей воды через рубашку ТВРС. Если не указано иное, скорость инжекции кислорода составляла 58 Нм³/ч (36 станд. куб. футов в минуту). Сплав-коллектор МПГ 211, 223 из печей 204, 218 (966 кг, если не указано иное) и оборотный шлак 254, 258 (359 кг, если не указано иное), который помещали в бункер 225, подавали в полость 232 через вибрационный питатель 226, как правило, с постоянной скоростью 210 кг/ч, кроме случаев остановки в процессе сливов шлака, если не указано иное. Полость 232, заполняемая в процессе образования шлака, и накопитель сплава росли за счет подачи сырья в полость 232. В случае, если объем полости 232 заполнялся достаточно, вращение полости, инжекцию кислорода и подачу сплава прекращали. Выждав несколько минут, чтобы обеспечить разделение фаз и отделение сплава от слоя шлака, шлак 242 сливали в мульды 244 посредством опрокидывания полости 232, стараясь не слить какую-либо фазу сплава, допуская, что некоторое количество шлака останется сверху фазы сплава.

Инжекцию кислорода и подачу сплава в оставшийся накопитель сплава затем возобновляли до тех пор, пока полость 232 снова не становилась заполненной, и шлак 242 сливали, как описано выше. Цикл повторяли несколько раз, пока накопитель сплава не вырос до желаемого объема для слива. Окончательный слив шлака непосредственно перед сливом сплава производили сразу же после прекращения инжекции кислорода и подачи сплава-коллектора, следя за тем, чтобы по существу весь шлак 242 был слит, предпочитая унос сплава в шлаке. Обогащенный МПГ сплав 245 затем сливали в мульды 246, охлаждали и отверждали.

После охлаждения мульд 244, затвердевший шлак 248 подавали через дробилку 250 шлака и магнитный разделитель 252. Немагнитные фракции из окончательного слива шлака и более ранних сливов сортировывали в емкости 254 и 256, соответственно. Немагнитную фракцию 256 плавил во вторичной печи 218 вместе со шлаком 210 из основной печи. Магнитные фракции 258 из всего конвертерного шлака и немагнитную фракцию 254 из окончательного слива шлака помещали в бункер 225 вместе со сплавом-коллектором 211 и/или 223 для последующей партии ТВРС. Тот же результат получили бы, если бы весь конечный слив шлака помещали непосредственно в бункер 238, минуя магнитный разделитель 252. Анализы, представленные ниже, оценивали с использованием комбинации масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ICP) и настольной рентгеновской флуоресценции (XRF). Если не указано иное, ниже представлены типовые анализы.

Пример 1. Плавление материала катализатора в основной печи.

В этом примере материал катализатора от автомобильных каталитических преобразователей плавил в электродуговой печи 204. Оксид железа добавляли по мере необходимости, чтобы обеспечить минимальное содержание железа в сырье, составляющее по меньшей мере 1 мас.%, в пересчете на общую массу сырья для печи 204. Известь (СаО) добавляли в количестве 2,5% мас. После плавления, 72,5 тонны шлака и 2500 кг сплава-коллектора, как правило, извлекали, охлаждали и отверждали. Сплав-коллектор и

шлак проходили приведенные ниже типовые анализы, представленные в табл. 1 и 2.

Пример 2. Плавление шлаков во вторичной печи.

В этом примере, 99,79 тонн (110 т) шлака из примера 1 из основной печи 204 и 9979 кг (11 т) немагнитного конвертерного шлака 256 из примера 5 (табл. 13 ниже) плавляли в печи 218. Добавляли кокс металлургического сорта в количестве 0,5% мас. После плавления, 104,33 тонны (115 т) шлака и 3000 кг сплава-коллектора извлекали, охлаждали и отверждали. Сплав-коллектор и шлак проходили типовые анализы, представленные в табл. 3 и 4.

Пример 3. Предварительное окисление сплава-коллектора - первичного сплава.

В этом примере, 150 кг первичного сплава из предшествующего цикла получения первичного сплава загружали в ТВРС и расплавляли через 30 мин с использованием горелки 228. Начальный первичный сплав проходил типовой анализ, приведенный в таблице 5. Сплав-коллектор (1250 кг) из примера 1 (таблица 1), оборотный шлак (200 кг или $[200/(150+1250)]*100 = 14,2$ частей оборотного шлака на сто частей сплава-коллектора) и защитное средство огнеупора (100 кг или $[100/(150+1250)]*100 = 7,1$ частей защитного средства на сто частей сплава-коллектора) подавали в ТВРС. Защитным средством огнеупора являлся печной шлак из примера 1 (табл. 2). Оборотный шлак проходил типовой анализ, приведенный в табл. 6.

Скорость инъекции кислорода в процессе преобразования составляла 37 Нм³/ч (23 станд. куб. футов в минуту) и шлак сливали несколько раз после ожидания в течение нескольких минут, чтобы позволить сплаву отделиться. Окончательный слив шлака выполняли таким же способом, который, как отмечается, отличается от обычного конвертерного цикла для получения продукта из сплава, обогащенного МПГ, где загрязнение сплава шлаком сводится к минимуму. Через 6 ч инъекции кислорода, соответствующей 44% окислению, сплав сливали, отверждали и дробили для использования в качестве первичного сплава в последующих циклах преобразования ТВРС. Продуктовый первичный сплав проходил типовой анализ, приведенный в табл. 7.

Пример 4. Преобразование с использованием первичного сплава.

В этом примере, 158 кг первичного сплава, полученного из примера 3 (табл. 7), загружали в ТВРС и расплавляли через 30 мин с использованием горелки 228. Сырьё конвертера изготавливали из сплава-коллектора (966 кг) из примера 1 (табл. 1) и оборотного шлака (358 кг, или $[358/(158+966)]*100 = 32$ частей оборотного шлака на сто частей сплава-коллектора), использованного в примере 3 (табл. 6). Защитным средством огнеупора (60 кг), подаваемым в ТВРС, был печной шлак из примера 1 (табл. 1) или $[60/(158+966)]*100 = 5,3$ частей защитного средства на сто частей сплава-коллектора. Скорость инъекции кислорода в процессе преобразования составляла 37 Нм³/ч (23 станд. куб. футов в минуту) и шлак сливали несколько раз при необходимости, после ожидания в течение нескольких минут каждый раз, чтобы позволить шлаку отделиться. Окончательный слив шлака начинали в течение 5 минут после прекращения инъекции кислорода, не дожидаясь полного отделения сплава. Через 10 ч инъекции кислорода, соответствующей 99% превращения железа, сплав сливали и формировали в слитки. Обогащенный МПГ сплав (247,45 кг) проходил типовой анализ, приведенный в таблице 8. Сливы шлака охлаждали, отверждали, дробили, перемалывали и разделяли в магнитном поле. Магнитно-восприимчивую фракцию собирали и объединяли с немагнитной фракцией окончательного слива шлака (всего 354 кг) для использования в качестве оборотного шлака в последующем цикле превращения. Немагнитную фракцию окончательных сливов шлака собирали (всего 1963 кг) для плавления во вторичной печи аналогично примеру 2. Оборотный шлак и плавильный шлак проходили типовой анализ, приведенный в табл. 9 и 10: Этот пример показывает, что сплав-коллектор МПГ может быть обогащен за счет высокой скорости инъекции кислорода без добавления большого количества флюсовых материалов, с использованием только оборотного конвертерного шлака из предшествующего цикла и шлака основной печи в качестве защитного средства огнеупора. Этот пример демонстрирует использование частично предварительно окисленного первичного сплава для сокращения рабочего цикла ТВРС и улучшения обогащения МПГ. Этот пример также демонстрирует возможность реализации преобразования сплава-коллектора МПГ с использованием оснащенного рубашкой ТВРС с водяным охлаждением.

Пример 5. Преобразование с использованием сплава-коллектора, предварительно окисленного пламенем.

В этом примере, 590 кг сплава-коллектора предварительно окисляли пламенем с использованием горелки 228. Сплав-коллектор загружали в бункер для предварительного окисления во время ночной смены. Каждую из двух горелок 228 в сборе устанавливали на 0,48 млн БТЕ/ч (всего 0,96 млн БТЕ/ч) с 20% избытком кислорода для получения температуры пламени выше 2000°C. Сплав-коллектор подавали в ТВРС с использованием устройства, аналогичного показанному на фиг. 2С, таким образом, частицы проходили через пламя и попадали в ТВРС, образуя покрытие на огнеупоре. На следующее утро предварительно окисленный сплав-коллектор расплавляли через 30 минут посредством увеличения общей скорости горения горелок до 1,1 млн БТЕ/ч.

Затем изготавливали сырьё конвертера из сплава-коллектора (700 кг) из примера 1 (табл. 1) и производили оборотный шлак (416 кг или $[416/(590+700)]*100 = 32$ частей оборотного шлака на сто частей сплава-коллектора) из примера 4 (табл. 9). Защитным средством огнеупора (80 кг) являлся печной шлак

из примера 1 (табл. 2) или $[80/(590+700)]*100 = 6,2$ частей защитного средства на сто частей сплава-коллектора. Скорость инъекции кислорода в процессе преобразования составляла 46 Нм³/ч (29 станд. куб. футов в минуту) и шлак сливали несколько раз при необходимости после ожидания каждый раз в течение нескольких минут, чтобы позволить сплаву отделиться. Окончательный слив шлака начинали в течение 5 минут после прекращения инъекции кислорода, не дожидаясь полного отделения сплава. Через 9 ч инъекции кислорода, соответствующей 99% превращения железа, сплав сливали и формировали в слитки. Обогащенный МПГ сплав (218,71 кг) проходил типовой анализ, приведенный в табл. 11.

Сливы шлака охлаждали, отверждали, дробили, перемалывали и разделяли в магнитном поле. Магнитно-восприимчивую фракцию собирали и объединяли с немагнитной фракцией окончательного слива шлака (всего 588 кг) для использования в качестве оборотного шлака в последующем цикле превращения. Немагнитную фракцию неокончательных сливов шлака собирали (всего 1772 кг) для плавления во вторичной печи (см. пример 2). Оборотный шлак и плавильный шлак проходили типовой анализ, приведенный в табл. 12 и 13.

Этот пример показывает, что частичное предварительное окисление посредством пламенного окисления сплава-коллектора, по сравнению с примером 4, позволяет обрабатывать большее количество сплава-коллектора в ТВРС с более высокими скоростями инъекции кислорода и более коротким периодом цикла для получения более высокой чистоты обогащенного сплава МПГ.

Хотя выше были подробно описаны только несколько типовых вариантов осуществления изобретения, специалисты в данной области техники легко поймут, что в типовых вариантах осуществления изобретения возможны многие модификации без существенного отклонения от данного изобретения. Соответственно, все такие модификации предназначены для включения в объем этого изобретения, как определено в приведенной ниже формуле изобретения. Заявитель явно намерен не ссылаться на 35 U.S.C. § 112 (f) для любых ограничений любого из пунктов формулы изобретения в данном документе, за исключением тех, в которых в формуле прямо используются слова "средства для" вместе со связанной функцией и без какого-либо изложения структуры. Приоритетный документ включен в данный документ посредством ссылки.

Таблица 1
Состав сплава-коллектора основной печи (пример 1)

компонент	% мас.
Fe	55
МПГ	8
Ni	10
Si	10
P	10
Cu	1,0
S	0,4
Cr	1,5
Ti	1,5
Другое	2,6
ВСЕГО	100

Таблица 2
Анализ шлака основной печи (пример 1)

Компонент	% мас.
MgO	8
CaO	2,5
Al ₂ O ₃	36
SiO ₂	36
S	0,5
FeO	3
NiO	0,1
P ₂ O ₅	0,7
Cr ₂ O ₃	0,15
TiO ₂	0,6
МПГ	0,08
Ce ₂ O ₃	4
ZrO ₂	4
Другое	4,5
ВСЕГО	100

Таблица 3

Анализ сплава-коллектора вторичной печи (пример 2)

компонент	% мас.
Fe	75
МПГ	0,8
Ni	3
Si	5
P	10
Cu	0,5
S	0,5
Cr	0,6
Ti	0,15
Другое	4,5
ВСЕГО	100

Таблица 4

Анализ шлака вторичной печи (пример 2)

компонент	% мас.
MgO	8
CaO	2,5
Al ₂ O ₃	38
SiO ₂	38
S	0,1
FeO	1,9
NiO	0,1
P ₂ O ₅	0,7
Cr ₂ O ₃	0,1
TiO ₂	0,4
МПГ	0,003
Ce ₂ O ₃	4
ZrO ₂	4
Другое	2,2
ВСЕГО	100

Таблица 5

Анализ предшествующего первичного сплава (пример 3)

компонент	% мас.
Fe	60,7
МПГ	12
Ni	15,0
Si	0,05
P	9,6
Cu	0,4
S	0,5
Cr	0,01
Ti	0,01
Другое	1,7
ВСЕГО	100

Таблица 6

Состав подаваемого оборотного конвертерного шлака (пример 3)

компонент	% мас.
MgO	0,5
CaO	0,6
SiO ₂	12,2
Co ₂ O ₃	0,3
Al ₂ O ₃	12,5
FeO	55,4
NiO	9,4
P ₂ O ₅	5,8
Cr ₂ O ₃	0,06
TiO ₂	0,05
МПГ	0,2
Другое	3,0
ВСЕГО	100

Таблица 7

Анализ продукта первичного сплава (пример 3)

компонент	% мас.
Fe	52,3
МПГ	10,1
Ni	24,7
Si	0,5
P	7,3
Cu	2,1
S	0,4
Cr	0,01
Ti	0,01
Другое	2,5
ВСЕГО	100

Таблица 8

Анализ обогащенного МПГ сплава (пример 4)

компонент	% мас.
Fe	2,6
МПГ	34
Ni	56,1
Si	0,01
P	1,2
Cu	3,5
S	0,2
Другое	2,4
ВСЕГО	100

Таблица 9

Анализ продукта высокосортного конвертерного шлака (пример 4)

компонент	% мас.
MgO	0,1
CaO	0,1
SiO ₂	10,0
Co ₂ O ₃	0,4
Al ₂ O ₃	10,5
FeO	57,4
NiO	12,6
P ₂ O ₅	7,4
Cr ₂ O ₃	0,06
TiO ₂	0,05
МПГ	0,21
Другое	1,2
ВСЕГО	100

Таблица 10

Анализ продукта низкосортного конвертерного шлака (пример 4)

компонент	% мас.
MgO	0,5
CaO	0,6
SiO ₂	27,2
Co ₂ O ₃	0,01
Al ₂ O ₃	10,5
FeO	39,4
NiO	0,4
P ₂ O ₅	15,8
Cr ₂ O ₃	1,6
TiO ₂	1,5
МПГ	0,08
Другое	2,4
ВСЕГО	100

Таблица 11
Анализ обогащенного МПГ сплава (пример 5)

компонент	% мас.
Fe	3,2
МПГ	41,2
Ni	48,7
Si	0,01
P	0,9
Cu	5,2
S	0,3
Другое	0,5
ВСЕГО	100

Таблица 12
Состав продукта высокосортного конвертерного шлака (пример 5)

Компонент	% мас.
MgO	0,1
CaO	0,1
SiO ₂	9,6
Co ₂ O ₃	0,6
Al ₂ O ₃	9,5
FeO	57,4
NiO	14,2
P ₂ O ₅	5,4
Cr ₂ O ₃	0,01
TiO ₂	0,01
МПГ	0,2
Другое	2,9
ВСЕГО	100

Таблица 13
Состав продукта низкосортного конвертерного шлака (пример 5)

Компонент	% мас.
MgO	0,5
CaO	0,6
SiO ₂	32,2
Co ₂ O ₃	0,01
Al ₂ O ₃	9,5
FeO	39,4
NiO	0,5
P ₂ O ₅	9,8
Cr ₂ O ₃	2,5
TiO ₂	1,8
МПГ	0,08
Другое	3,1
ВСЕГО	100

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ конвертирования сплава-коллектора металлов платиновой группы (МПГ), включающий стадии:

(а) введения сырья конвертера в полость конвертера, удерживающую расплавленный накопитель сплава, причём сырьё конвертера содержит:

(i) 100 массовых долей сплава-коллектора, содержащего не менее 0,5 мас.% МПГ, не менее 40 мас.% железа и не менее 0,5 мас.% никеля, в пересчете на общую массу сплава-коллектора; и

(ii) менее 20 массовых долей добавленного флюсового материала, если добавленный флюсовый материал содержит 10 мас.% или более диоксида кремния и 10 мас.% или более оксида кальция, оксида магния или комбинации оксида кальция и оксида магния, по массе добавленного флюсового материала;

(b) инъекции кислородсодержащего газа в накопитель сплава для конвертирования железа и одного или более других окисляемых элементов из сплава-коллектора в соответствующие оксиды и повышения концентрации МПГ в накопителе сплава;

(c) предоставления возможности шлаку, содержащему оксид железа, собираться в слое низкой плотности над накопителем сплава;

(d) слива слоя низкой плотности для извлечения шлака из конвертера; и

(e) слива накопителя сплава для извлечения сплава, обогащенного МПГ.

2. Способ по п.1, дополнительно включающий:

футеровку полости огнеупорным материалом; и

подачу защитного средства огнеупора в полость, удерживающую накопитель сплава, со скоростью до 20 массовых долей защитного средства огнеупора на сто массовых долей сплава-коллектора в сырье конвертера, предпочтительно не более 18 массовых долей на 100 массовых долей сплава-коллектора и

более предпочтительно со скоростью в интервале между 5 и 15 массовыми долями защитного средства огнеупора на 100 массовых долей сплава-коллектора.

3. Способ по п.2, отличающийся тем, что защитное средство огнеупора подают в полость (i) после первоначального плавления накопителя сплава и до начала стадии (b), (ii) в ходе одной или обеих стадий (a) и (b), и/или (iii) после прекращения одной или обеих стадий (a) и (b), чтобы слить слой низкой плотности на стадии (d), перед возобновлением указанных одной или обеих стадий (a) и (b).

4. Способ по п.2, отличающийся тем, что защитное средство огнеупора подают в полость вместе со сплавом-коллектором, вводимым на стадии (a).

5. Способ по п.2, отличающийся тем, что защитное средство огнеупора подают в полость отдельно от сплава-коллектора, вводимого на стадии (a), при этом предпочтительно подача защитного средства огнеупора в полость является периодической.

6. Способ по п.2, отличающийся тем, что защитное средство огнеупора содержит компонент, общий с огнеупорным материалом, при этом предпочтительно указанный общий компонент содержит оксид алюминия.

7. Способ по п.1, отличающийся тем, что сырьё конвертера содержит менее 18 массовых долей любого добавленного флюсового материала, независимо от содержания диоксида кремния, оксида кальция и/или оксида магния, на 100 массовых долей сплава-коллектора.

8. Способ по п.2, дополнительно включающий инъекцию кислородсодержащего газа в накопитель сплава на стадии (b) через фурму, переходящую в накопитель сплава, при этом указанная фурма содержит расходный огнеупорный материал и продвигается в накопитель по мере того, как торец фурмы расходуется, при этом расходный огнеупорный материал содержит компонент, общий с футеровкой, при этом предпочтительно указанный общий компонент содержит оксид алюминия.

9. Способ по п.2, отличающийся тем, что огнеупорный материал футеровки содержит набивной огнеупор, содержащий оксид алюминия, при этом предпочтительно набивной огнеупор содержит по меньшей мере 90 мас.% оксида алюминия.

10. Способ по п.2, дополнительно включающий:

измерение температуры в огнеупорной футеровке с использованием радиально разнесённых датчиков, установленных в огнеупорной футеровке;

передачу информации об измерении температуры от датчиков к одному или более передающим устройствам; и

передачу сигналов, содержащих информацию об измерении температуры, от одного или более передающих устройств на приемник;

при этом предпочтительно, датчики установлены рядом с металлической стенкой полости и/или одно или более передающих устройств установлены снаружи на полость и передают сигналы на приемник по беспроводной сети.

11. Способ по п.2, дополнительно включающий оснащение полости рубашкой и циркуляцию охлаждающего агента, предпочтительно воды, через рубашку в ходе стадии (b).

12. Способ по п.2, отличающийся тем, что кислородсодержащий газ инжектируют в конвертерный накопитель сплава со скоростью, достаточной для поддержания накопителя сплава в расплавленном состоянии при температуре не выше 1800°C, предпочтительно при температуре в диапазоне от около 1250 до 1700°C, более предпочтительно от 1450 до 1700°C.

13. Способ по любому из пп.1-12, дополнительно включающий, перед стадией (a), стадию (I) частичного предварительного окисления части сплава-коллектора из сырьевого состояния, при этом предпочтительно частичное предварительное окисление на стадии (I) включает от 10 до 90 процентов превращения железа, более предпочтительно от 25 до 75 процентов превращения железа и ещё более предпочтительно от 30 до 60 процентов превращения железа, в пересчете на железо в части сырьевого сплава-коллектора перед стадией (I).

14. Способ по п.13, отличающийся тем, что предварительное окисление на стадии (I) включает (I.A) пропускание частиц сырьевого сплава-коллектора через богатое кислородом пламя, предпочтительно при этом пламя обладает температурой пламени не менее 2000°C, более предпочтительно от 2000 до 3500°C и, в частности, от 2000 до 2800°C.

15. Способ по п.14, отличающийся тем, что богатое кислородом пламя создаётся горелкой для подогрева полости, и дополнительно включающий (I.B) осаждение частиц по меньшей мере частично расплавленного и/или предварительно окисленного сплава-коллектора из пламени в полость.

16. Способ по п.14, дополнительно включающий (I.C) охлаждение и затвердевание частиц с образованием покрытия предварительно окисленного сплава-коллектора на внутренней поверхности огнеупорной футеровки полости, при этом стадия (II) включает плавление покрытия.

17. Способ по п.13, дополнительно включающий, перед стадией (a), стадии:

(II) плавления частично предварительно окисленного сплава-коллектора в полости с образованием достаточного объёма накопителя сплава для инъекции кислородсодержащего газа на стадии (b); и

(III) затем начала введения сырья конвертера в полость на стадии (a) и инъекции кислородсодержащего газа в накопитель сплава на стадии (b).

18. Способ по п.17, отличающийся тем, что предварительное окисление на стадии (I) включает работу конвертера посредством применения цикла стадий (II), (III), (a), (b), (c), (d) и (e) для подготовки частично окисленного первичного сплава, при этом цикл подготовки первичного сплава включает:

плавление предварительно подготовленного заряда частично окисленного первичного сплава в полости для формирования накопителя сплава;

периодическую или постоянную подачу сырья конвертера в накопитель сплава на стадии (a) одновременно с инъекцией кислородсодержащего газа на стадии (b);

продолжение инъекции кислородсодержащего газа для частичного окисления накопителя сплава, при этом предпочтительно окисляется от 10 до 90 процентов, более предпочтительно от 25 до 75 процентов железа в сырье конвертера, в пересчете на массу железа в сырье конвертера, подаваемом в конвертерный накопитель сплава;

слив шлака из конвертерной полости, предпочтительно некоторое количество раз; затем извлечение и затвердевание частично окисленного накопителя сплава; и

предпочтительно, разделение затвердевшего частично окисленного сплава-коллектора из цикла подготовки первичного сплава на некоторое количество зарядов первичного сплава для аналогичного некоторого количества рабочих циклов конвертера и/или циклов подготовки первичного сплава.

19. Способ по п.13, отличающийся тем, что предварительное окисление на стадии (I) включает приведение в контакт частиц сплава-коллектора с кислородсодержащим газом при температуре по меньшей мере 800°C, например, в интервале между 800°C и 950°C, предпочтительно во вращающейся печи или в печи кипящего слоя.

20. Способ по любому из пп.1-12, дополнительно включающий стадии:

(A.1) разделения шлака, извлеченного на стадии (d), на некоторое количество частей;

(A.2) возврата первого шлака из извлеченных частей шлака со стадии (A.1) в сырьё конвертера, вводимое в полость на стадии (a), причём сырьё конвертера содержит возвратный шлак в количестве от около 5 до 100 массовых долей на 100 массовых долей сплава-коллектора, при этом предпочтительно сырьё конвертера содержит возвратный шлак в количестве от 10 до 50 массовых долей на 100 массовых долей сплава-коллектора.

21. Способ по п.20, дополнительно включающий (A.3) объединение сплава-коллектора и оборотного шлака для одновременного введения в сырьё конвертера на стадии (a), предпочтительно из одного устройства подачи.

22. Способ по п.20, отличающийся тем, что возвратный шлак на стадии (A.2) содержит высокосортную часть извлеченного шлака со стадии (d), имеющую более высокое содержание МПГ, чем среднее общее содержание МПГ в извлеченном шлаке со стадии (d) и/или содержание никеля более около 2 процентов по массе возвратного шлака.

23. Способ по п.20, дополнительно включающий стадии:

(8.1) охлаждения, затвердевания и измельчения извлеченного шлака со стадии (d);

(8.2) магнитного разделения измельчённого шлака на магнитно-восприимчивую фракцию и магнитно-невосприимчивую фракцию;

(8.3) возврата магнитно-восприимчивой фракции в сырьё конвертера на стадии (A.2); и

(8.4) необязательно возврата части магнитно-невосприимчивой фракции в сырьё конвертера на стадии (A.2).

24. Способ по п.20, дополнительно включающий стадии:

(C.1) перед стадиями (a)-(e), начала рабочего цикла конвертера посредством плавления частично предварительно окисленного сплава-коллектора в полости для формирования накопителя сплава;

(C.2) затем, перед стадией (e), повторения последовательности стадий (a), (b), (c) и (d) некоторое количество раз, при этом стадия (d) в каждой последовательности следует за стадиями (b) и (c);

(C.3) возврата шлака, извлеченного из окончательного слива слоя низкой плотности на стадии (d) в последней из последовательностей стадии (C.2), в сырьё конвертера на стадии (A.2) независимо от магнитной восприимчивости, и/или возврата всей или части магнитно-невосприимчивой фракции, отделенной на стадии (B.2) от окончательного слива на стадии (d), в сырьё конвертера на стадии (A.2); и

(C.4) после окончательного слива слоя низкой плотности на стадии (d) в последней из последовательностей стадии (C.2), слива накопителя сплава на стадии (e).

25. Способ по п.24, дополнительно включающий стадии:

(D.1) для слива(ов) слоя низкой плотности, предшествующего(их) окончательному сливу на стадии (C.2), предоставления возможности сплаву, увлечённому слоём низкой плотности, по существу осесть в накопителе сплава перед сливом соответствующего(их) слоя(ёв) низкой плотности; и

(D.2) для окончательного слива на стадии (C.2), быстрого начала слива во избежание затвердевания накопителя сплава в полости, что необязательно приводит к увлечению сплава в слой низкой плотности, для окончательного слива на стадии (C.2).

26. Способ по любому из пп.1-12, дополнительно включающий стадии:

(I) перед стадиями (a)-(e), начала рабочего цикла конвертера посредством плавления частично предварительно окисленного сплава-коллектора в полости для формирования накопителя сплава для ста-

дии (а);

(2) затем, перед стадией (е), повторения последовательности стадий (а), (b), (с) и (d) некоторое количество раз, при этом стадия (d) в каждой последовательности следует за стадиями (b) и (с);

(3) для слива(ов) слоя низкой плотности на стадии (d) в каждой последовательности стадии (2), предшествующей 3 сливу слоя низкой плотности на стадии (d) в заключительной последовательности стадии (2), предоставления возможности сплаву, увлечённому слоём низкой плотности, по существу осесть в накопителе сплава перед сливом соответствующего(их) слоя(ёв) низкой плотности, предпочтительно в течение периода не менее 5 минут после прекращения инъекции кислородсодержащего газа в соответствующей стадии (b) соответствующей последовательности стадии (2);

(4) для окончательного слива слоя низкой плотности на стадии (d) заключительной последовательности стадии (2), быстрого проведения окончательного слива во избежание затвердевания накопителя сплава в полости и, необязательно, увлечения сплава в слой низкой плотности окончательного слива на стадии (d) заключительной последовательности стадии (2), предпочтительно посредством начала окончательного слива слоя низкой плотности на стадии (d) в пределах периода не более 5 минут после прекращения инъекции кислородсодержащего газа на стадии (b) заключительной последовательности стадии (2); и

(5) после окончательного слива слоя низкой плотности на стадии (d) в последней из последовательностей стадии (2), слива накопителя сплава на стадии (е).

27. Способ по п.26, дополнительно включающий стадии:

(6) охлаждения, затвердевания и измельчения извлеченного шлака со стадии (d) в каждой последовательности стадии (2); и

(7) возврата шлака, извлеченного из окончательного слива слоя низкой плотности на стадии (d) в заключительных последовательностях стадии (2), в сырьё конвертера на стадии (а).

28. Способ по любому из пп.1-12, дополнительно включающий стадии:

(E.1) плавления материала катализатора предпочтительно без конвертирования в основной печи;

(E.2) извлечения шлака основной печи и первого сплава-коллектора из основной печи;

(E.3) плавления шлака основной печи предпочтительно без конвертирования во вторичной печи;

(E.4) извлечения шлака вторичной печи и второго сплава-коллектора из вторичной печи;

(E.5) подачи первого и второго сплавов-коллекторов в сырьё конвертера на стадии (а); и

(E.6) подачи по меньшей мере части шлака, извлеченного из конвертера на стадии (d), во вторичную печь для плавления вместе со шлаком основной печи на стадии (E.3).

29. Способ по п.28, отличающийся тем, что полость конвертера футерована огнеупорным материалом, и дополнительно включающий подачу части шлака основной печи со стадии (E.2) в полость в качестве защитного средства огнеупора для стадий (а) и (b), предпочтительно со скоростью не более 20 массовых долей шлака основной печи на 100 массовых долей сплава-коллектора, более предпочтительно 18 массовых долей шлака основной печи на 100 массовых долей сплава-коллектора, более предпочтительно со скоростью в интервале между 5 и 15 массовых долей шлака основной печи на 100 массовых долей сплава-коллектора.

30. Способ по любому из пп.1-12, отличающийся тем, что инъекцию кислородсодержащего газа на стадии (b) продолжают до тех пор, пока накопитель сплава не будет содержать не более чем около 10 мас.% железа, предпочтительно не более 5 мас.% железа, в пересчете на общую массу накопителя сплава.

31. Способ по любому из пп.1-12, отличающийся тем, что сплав-коллектор содержит:

от 0,5 до 12 мас.% МПГ;

не менее 40 мас.% железа, предпочтительно от 40 до 80 мас.% железа;

не менее 0,5 мас.% никеля, предпочтительно от 1 до 15 мас.% никеля;

не более 3 мас.% серы, предпочтительно не менее 0,1 мас.% серы;

предпочтительно не более 3 мас.% меди, более предпочтительно от 0,1 до 3 мас.% меди;

предпочтительно не более 2 мас.% хрома, более предпочтительно от 0,1 до 2 мас.% хрома; и

предпочтительно не более 20 мас.% кремния, более предпочтительно от 1 до 20 мас.% кремния.

32. Способ по любому из пп.1-12, отличающийся тем, что обогащенный МПГ сплав содержит:

не менее 25 мас.% МПГ, предпочтительно от 25 до 60 мас.% МПГ;

не менее 25 мас.% никеля, предпочтительно от 25 до 70 мас.% никеля; и предпочтительно не более 2 мас.% кремния, не более 2 мас.% фосфора, не более 10 мас.% меди и не более 2 мас.% серы.

33. Способ по любому из пп.1-12, отличающийся тем, что введение сырья конвертера и инъекция кислородсодержащего газа по меньшей мере частично совпадают по времени.

34. Способ по любому из пп.1-12, отличающийся тем, что расплавленный накопитель сплава содержит никель.

35. Способ по любому из пп.1-12, отличающийся тем, что сплав-коллектор содержит не более 3 мас.% серы и не более 3 мас.% меди.

36. Способ по любому из пп.1-12, отличающийся тем, что расплавленный накопитель сплава содержит никель, при этом сплав-коллектор содержит не более 3 мас.% серы и не более 3 мас.% меди, и

при этом введение сырья конвертера и инъекция кислородсодержащего газа по меньшей мере частично совпадают по времени.

37. Способ конвертирования сплава-коллектора металлов платиновой группы (МПП), включающий стадии:

(а) введения сырья конвертера в полость конвертера, удерживающую расплавленный накопитель сплава, содержащий никель, причём сырьё конвертера содержит:

(i) 100 массовых долей сплава-коллектора, содержащего не менее 0,5 мас.% МПП, не менее 40 мас.% железа и не менее 0,5 мас.% никеля, в пересчете на общую массу сплава-коллектора; и

(ii) менее 18 массовых долей любого добавленного флюсового материала;

(b) инъекции кислородсодержащего газа в накопитель сплава для превращения железа из сплава-коллектора в оксид железа и повышения концентрации МПП в накопителе сплава, при этом введение сырья конвертера и инъекция кислородсодержащего газа по меньшей мере частично совпадают по времени;

(c) предоставления возможности шлаку, содержащему оксид железа, собираться в слое низкой плотности над накопителем сплава;

(d) слива слоя низкой плотности для извлечения шлака из конвертера; и

(e) слива накопителя сплава для извлечения сплава, обогащенного МПП.

38. Способ по п.37, дополнительно включающий:

футеровку полости огнеупорным материалом; и

подачу защитного средства огнеупора в полость, удерживающую накопитель сплава, со скоростью до 20 массовых долей защитного средства огнеупора на сто массовых долей сплава-коллектора в сырье конвертера, предпочтительно не более 18 массовых долей на 100 массовых долей сплава-коллектора и более предпочтительно со скоростью в интервале между 5 и 15 массовыми долями защитного средства огнеупора на 100 массовых долей сплава-коллектора.

39. Способ по п.38, отличающийся тем, что защитное средство огнеупора подают в полость (i) после первоначального плавления накопителя сплава и до начала стадии (b), (ii) в ходе одной или обеих стадий (a) и (b), и/или (iii) после прекращения одной или обеих стадий (a) и (b), чтобы слить слой низкой плотности на стадии (d), перед возобновлением указанных одной или обеих стадий (a) и (b).

40. Способ по п.39, отличающийся тем, что защитное средство огнеупора подают в полость вместе со сплавом-коллектором, вводимым на стадии (a).

41. Способ по п.39, отличающийся тем, что защитное средство огнеупора подают в полость отдельно от сплава-коллектора, вводимого на стадии (a), при этом предпочтительно подача защитного средства огнеупора в полость является периодической.

42. Способ по п.38, отличающийся тем, что защитное средство огнеупора содержит компонент, общий с огнеупорным материалом, при этом предпочтительно указанный общий компонент содержит оксид алюминия.

43. Способ по п.42, дополнительно включающий инъекцию кислородсодержащего газа в накопитель сплава на стадии (b) через фурму, переходящую в накопитель сплава, при этом указанная фурма содержит расходный огнеупорный материал и продвигается в накопитель по мере того, как торец фурмы расходуется, при этом расходный огнеупорный материал содержит компонент, общий с футеровкой, при этом предпочтительно указанный общий компонент содержит оксид алюминия.

44. Способ по п.38, отличающийся тем, что огнеупорный материал футеровки содержит набивной огнеупор, содержащий оксид алюминия, при этом предпочтительно набивной огнеупор содержит по меньшей мере 90 мас.% оксида алюминия.

45. Способ по п.38, дополнительно включающий:

измерение температуры в огнеупорной футеровке с использованием радиально разнесённых датчиков, установленных в огнеупорной футеровке;

передачу информации об измерении температуры от датчиков к одному или более передающим устройствам; и

передачу сигналов, содержащих информацию об измерении температуры, от одного или более передающих устройств на приемник;

при этом предпочтительно датчики установлены прилегающими к металлической стенке полости и/или одно или более передающих устройств установлены снаружи на полость и передают сигналы на приемник по беспроводной сети.

46. Способ по п.38, дополнительно включающий оснащение полости рубашкой и циркуляцию охлаждающего агента, предпочтительно воды и/или водного теплоносителя, через рубашку в ходе стадии (b).

47. Способ по п.38, отличающийся тем, что кислородсодержащий газ инжектируют в конвертерный накопитель сплава со скоростью, достаточной для поддержания накопителя сплава в расплавленном состоянии при температуре не выше 1800°C, предпочтительно при температуре в диапазоне от около 1250 до 1700°C, более предпочтительно от 1450 до 1700°C.

48. Способ по п.37, отличающийся тем, что инъекцию кислородсодержащего газа на стадии (b)

продолжают до тех пор, пока накопитель сплава не будет содержать не более чем около 10 мас.% железа, предпочтительно не более 5 мас.% железа, в пересчете на общую массу накопителя сплава.

49. Способ по любому из пп.37-48, отличающийся тем, что сплав-коллектор содержит:

от 0,5 до 12 мас.% МПГ; от 40 до 80 мас.% железа; от 1 до 15 мас.% никеля;

не более 3 мас.% серы, предпочтительно не менее 0,1 мас.% серы; не более 3 мас.% меди, предпочтительно от 0,1 до 3 мас.% меди; и предпочтительно не более 20 мас.% кремния, более предпочтительно от 1 до 20 мас.% кремния.

50. Способ по п.49, отличающийся тем, что обогащенный МПГ сплав содержит:

не менее 25 мас.% МПГ, предпочтительно от 25 до 60 мас.% МПГ;

не менее 25 мас.% никеля, предпочтительно от 25 до 70 мас.% никеля; не более 10 мас.% железа, предпочтительно не более 5 мас.% железа; и предпочтительно не более 2 мас.% кремния, не более 2 мас.% фосфора, не более 10 мас.% меди и не более 2 мас.% серы.

51. Способ по любому из пп.37-48, дополнительно включающий частичное предварительное окисление по меньшей мере части сплава-коллектора из сырьевого состояния, при этом из 100 массовых долей сплава-коллектора, вводимых в сырьё конвертера в полость, сырьё конвертера содержит по меньшей мере 20 массовых долей частично предварительно окисленного сплава-коллектора, при этом предпочтительно частичное предварительное окисление включает пропускание частиц сплава-коллектора через богатое кислородом пламя, при этом предпочтительно пламя обладает температурой пламени не менее 2000°C, более предпочтительно от 2000 до 3500°C и, в частности, от 2000 до 2800°C.

52. Способ по любому из пп.37-48, отличающийся тем, что сырьё конвертера дополнительно содержит возвратный конвертерный шлак в количестве от около 5 до 100 массовых долей на 100 массовых долей сплава-коллектора.

53. Способ по любому из пп.37-48, отличающийся тем, что конвертер имеет рабочий цикл, включающий стадии:

(I) частичного предварительного окисления по меньшей мере части сплава-коллектора;

(II) плавления заряда частично предварительно окисленного сплава-коллектора со стадии (I) в полости конвертера для формирования накопителя сплава для начала рабочего цикла конвертера;

(III) введения сырья конвертера в полость с накопителем сплава, причём сырьё конвертера содержит: (i) продукт частичного предварительного окисления сплава-коллектора со стадии (I), (ii) сплав-коллектор без предварительного окисления или (iii) их комбинацию, причём сырьё конвертера необязательно может дополнительно содержать оборотный шлак из предшествующего конвертерного цикла;

(IV) инъекции кислородсодержащего газа в накопитель сплава для превращения железа в оксид железа и повышения концентрации МПГ в накопителе сплава;

(V) предоставления возможности шлаку, содержащему оксид железа, собираться в слое низкой плотности над накопителем сплава;

(VI) завершения стадий (III) и (IV) и слива слоя низкой плотности для извлечения шлака из конвертера;

(VII) повторения последовательности стадий (III), (IV), (V) и (VI) некоторое количество раз, включая одну или более неокончательных последовательностей и заключительную последовательность, при этом стадия (VI) в каждой последовательности следует за стадиями (IV) и (V);

(VIII) перед сливом слоя низкой плотности на стадии (VI) каждой неокончательной последовательности, предоставления возможности сплаву, увлечённому слоем низкой плотности, по существу осесть в накопителе сплава после прекращения инъекции кислородсодержащего газа;

(IX) незамедлительного начала слива слоя низкой плотности после прекращения инъекции кислородсодержащего газа на стадии (VI) в заключительной последовательности, при этом предотвращается затвердевание накопителя сплава в полости; и

(X) в конце конвертерного цикла, слива накопителя сплава для извлечения сплава, обогащенного МПГ, при этом предотвращается затвердевание накопителя сплава в полости.

54. Способ по любому из пп.37-48, дополнительно включающий стадии:

(1) плавления материала катализатора предпочтительно без конвертирования в основной печи;

(2) извлечения шлака основной печи и первого сплава-коллектора из основной печи;

(3) плавления шлака основной печи предпочтительно без конвертирования во вторичной печи, предпочтительно с добавлением металлургического кокса;

(4) извлечения шлака вторичной печи и второго сплава-коллектора из вторичной печи;

(5) причём сырьё конвертера содержит первый и второй сплавы-коллекторы; и

(6) подачи по меньшей мере части шлака, извлеченного из конвертера на стадии (d), во вторичную печь для плавления вместе со шлаком основной печи на стадии (3).

55. Способ по любому из пп.37-48, дополнительно включающий:

(A) футеровку полости огнеупорным материалом;

(B) удерживание расплавленного накопителя сплава в полости с огнеупорной футеровкой;

(C) оснащение полости рубашкой, прилегающей к огнеупорной футеровке; и

(D) циркуляцию охлаждающего агента через рубашку для отвода тепла от накопителя сплава в теп-

ловом контакте с огнеупорной футеровкой.

56. Способ по любому из пп.37-48, отличающийся тем, что конвертер представляет собой вращающийся конвертер, при этом вращающийся конвертер содержит:

полость, включая наклонную полость, установленную с возможностью вращения вокруг продольной оси;

огнеупорную футеровку в полости для удерживания расплавленного накопителя сплава;

отверстие в верхней части полости для введения сырья конвертера в полость с накопителем сплава;

фурму для инъекции кислородсодержащего газа в накопитель сплава;

теплообменную рубашку для полости, прилегающую к огнеупорной футеровке; и

систему холодильного агента для циркуляции теплоносителя через рубашку для отвода тепла от накопителя сплава в тепловом контакте с огнеупорной футеровкой.

57. Способ конвертирования сплава-коллектора металлов платиновой группы (МПП), включающий стадии:

(I) частичного предварительного окисления сырьевого сплава-коллектора, содержащего не менее 0,5 мас.% МПП, не менее 40 мас.% железа, не менее 0,5 мас.% никеля, не более 3 мас.% серы и не более 3 мас.% меди, в пересчете на общую массу сплава-коллектора;

(II) введения исходного заряда в полость конвертера, при этом исходный заряд содержит сырьевой сплав-коллектор, продукт частичного предварительного окисления сплава-коллектора стадии (I) или их комбинацию;

(III) плавления исходного заряда для формирования накопителя сплава в полости;

(IV) введения сырья конвертера в накопитель сплава, причём сырьё конвертера содержит сырьевой сплав-коллектор, продукт частичного предварительного окисления сплава-коллектора стадии (i) или их комбинацию, при этом по меньшей мере один или оба из исходного заряда и сырья конвертера содержат частично предварительно окисленный сплав-коллектор стадии (I);

(V) инъекции кислородсодержащего газа в накопитель сплава для превращения железа в оксид железа и повышения концентрации МПП в накопителе сплава, при этом введение сырья конвертера и инъекция кислородсодержащего газа по меньшей мере частично совпадают по времени;

(VI) предоставления возможности шлаку, содержащему оксид железа, собираться в слое низкой плотности над накопителем сплава;

(VII) слива слоя низкой плотности для извлечения шлака из конвертера; и

(VIII) слива накопителя сплава для извлечения сплава, обогащенного МПП; при этом исходный заряд и сырьё конвертера содержат:

(i) 100 массовых долей общего количества сырьевого сплава-коллектора и частично предварительно окисленного сплава-коллектора; и

(ii) менее 20 массовых долей добавленного флюсового материала, содержащего 10 мас.% или более диоксида кремния и/или 10 мас.% или более оксида кальция, оксида магния или комбинации оксида кальция и оксида магния, по массе добавленного флюсового материала.

58. Способ по п.57, отличающийся тем, что частичное предварительное окисление на стадии (I) включает от 10 до 90 процентов превращения железа, предпочтительно от 25 до 75 процентов превращения железа и более предпочтительно от 30 до 60 процентов превращения железа, в пересчете на железо в сырьевом сплаве-коллекторе перед стадией (I).

59. Способ по п.57, отличающийся тем, что предварительное окисление на стадии (I) включает (I.A) пропускание частиц сырьевого сплава-коллектора через богатое кислородом пламя, предпочтительно при этом пламя обладает температурой пламени не менее 2000°C, более предпочтительно от 2000 до 3500°C и, в частности, от 2000 до 2800°C.

60. Способ по п.59, отличающийся тем, что богатое кислородом пламя создаётся горелкой для подогрева полости, и дополнительно включающий (I.B) осаждение частиц по меньшей мере частично расплавленного предварительно окисленного сплава-коллектора из пламени в полость.

61. Способ по п.60, дополнительно включающий стадии:

(I.C) охлаждения и затвердевания частиц с образованием покрытия предварительно окисленного сплава-коллектора на внутренней поверхности огнеупорной футеровки полости;

при этом стадия (III) включает плавление покрытия в полости с образованием достаточного объёма накопителя сплава для инъекции кислородсодержащего газа на стадии (V).

62. Способ по любому из пп.57-61, отличающийся тем, что стадия (III) включает плавление частично предварительно окисленного сплава-коллектора в полости с образованием достаточного объёма накопителя сплава для инъекции кислородсодержащего газа на стадии (IV).

63. Способ по п.62, отличающийся тем, что предварительное окисление на стадии (I) включает работу конвертера посредством применения цикла стадий (II), (III), (IV), (V), (VI), (VII) и (VIII) для подготовки частично окисленного первичного сплава, при этом цикл подготовки первичного сплава включает: плавление предварительно подготовленного заряда частично окисленного первичного сплава в полости для формирования накопителя сплава;

периодическую или постоянную подачу сырья конвертера в накопитель сплава на стадии (IV) одно-

временно с инъекцией кислородсодержащего газа на стадии (V);

продолжение инъекции кислородсодержащего газа для частичного окисления накопителя сплава, при этом предпочтительно окисляется от 10 до 90 процентов, более предпочтительно от 25 до 75 процентов железа в исходном заряде и сырье конвертера, в пересчете на массу железа в исходном заряде и сырье конвертера, подаваемом в накопитель сплава;

слив шлака из конвертерной полости, предпочтительно некоторое количество раз; затем извлечение и затвердевание частично окисленного накопителя сплава; и предпочтительно, разделение затвердевшего частично окисленного сплава-коллектора из цикла подготовки первичного сплава на некоторое количество зарядов первичного сплава для аналогичного некоторого количества рабочих циклов конвертера и/или циклов подготовки первичного сплава.

64. Способ по п.57, отличающийся тем, что предварительное окисление на стадии (I) включает приведение в контакт частиц сырьевого сплава-коллектора с кислородсодержащим газом при температуре выше 800°C, предпочтительно в интервале между 800 и 950°C, предпочтительно во вращающейся печи или в печи кипящего слоя.

65. Способ по любому из пп.57-61, отличающийся тем, что инъекцию кислородсодержащего газа на стадии (V) продолжают до тех пор, пока накопитель сплава не будет содержать не более около 10 мас.% железа, предпочтительно не более 5 мас.% железа, в пересчете на общую массу накопителя сплава.

66. Способ по любому из пп.57-61, отличающийся тем, что сырьевой сплав-коллектор содержит: от 40 до 80 мас.% железа; от 1 до 15 мас.% никеля; не менее 0,1 мас.% серы; от 0,1 до 3 мас.% меди; и от 1 до 20 мас.% кремния.

67. Способ по любому из пп.57-61, отличающийся тем, что обогащенный МПГ сплав содержит:
не менее 25 мас.% МПГ, предпочтительно от 25 до 60 мас.% МПГ;
не менее 25 мас.% никеля, предпочтительно от 25 до 70 мас.% никеля;
не более 10 мас.% железа, предпочтительно не более 5 мас.% железа;
не более 10 мас.% меди;
не более 2 мас.% серы; и
предпочтительно не более 2 мас.% кремния и не более 2 мас.% фосфора.

68. Способ по любому из пп.57-61, отличающийся тем, что сырьё конвертера содержит по меньшей мере 20 массовых долей продукта частичного предварительного окисления сплава-коллектора стадии (I).

69. Способ по любому из пп.57-61, отличающийся тем, что исходный заряд и сырьё конвертера содержат менее 20 массовых долей любого добавленного флюсового материала, независимо от содержания диоксида кремния, оксида кальция или оксида магния.

70. Способ по любому из пп.57-61, дополнительно включающий:
футеровку полости огнеупорным материалом; и

подачу защитного средства огнеупора в полость, удерживающую накопитель сплава, со скоростью до 20 массовых долей защитного средства огнеупора на сто массовых долей сырьевого сплава-коллектора и частично предварительно окисленного сплава-коллектора в исходном заряде и сырье конвертера, предпочтительно не более 18 массовых долей на 100 массовых долей сырьевого сплава-коллектора и частично предварительно окисленного сплава-коллектора, и более предпочтительно со скоростью в интервале между 5 и 15 массовых долей защитного средства огнеупора на 100 массовых долей сырьевого сплава-коллектора и частично предварительно окисленного сплава-коллектора.

71. Способ по п.70, отличающийся тем, что защитное средство огнеупора содержит компонент, общий с огнеупорным материалом, при этом предпочтительно указанный общий компонент содержит оксид алюминия.

72. Способ по любому из пп.57-61, отличающийся тем, что исходный заряд и сырьё конвертера дополнительно содержат возвратный конвертерный шлак в количестве от около 5 до 100 массовых долей на 100 массовых долей общего количества сырьевого и/или частично предварительно окисленного сплава-коллектора.

73. Способ по любому из пп.57-61, отличающийся тем, что конвертер имеет рабочий цикл, включающий стадии:

(1) плавления заряда частично предварительно окисленного сплава-коллектора со стадии (I) в полости конвертера для формирования накопителя сплава для начала рабочего цикла конвертера на стадии (III);

(2) введения сырья конвертера в полость с накопителем сплава на стадии (IV), причём сырьё конвертера необязательно может дополнительно содержать оборотный шлак из предшествующего конвертерного цикла;

(3) инъекции кислородсодержащего газа в накопитель сплава для превращения железа в оксид железа и повышения концентрации МПГ в накопителе сплава на стадии (V);

(4) предоставления возможности шлаку, содержащему оксид железа, собираться в слое низкой плотности над накопителем сплава на стадии (VI);

(5) завершения стадий (2) и (3) и слива слоя низкой плотности для извлечения шлака из конвертера;

(6) повторения последовательности стадий (2), (3), (4) и (5) некоторое количество раз, включая одну или более неокончательных последовательностей и заключительную последовательность, при этом стадия (5) в каждой последовательности следует за стадиями (3) и (4);

(7) перед сливом слоя низкой плотности на стадии (6) каждой неокончательной последовательности, предоставления возможности сплаву, увлечённому слоем низкой плотности, по существу осесть в накопителе сплава после прекращения инъекции кислородсодержащего газа;

(8) незамедлительного начала слива слоя низкой плотности после прекращения инъекции кислородсодержащего газа на стадии (6) в заключительной последовательности, при этом предотвращается затвердевание накопителя сплава в полости и при этом сплав необязательно увлекается в слой низкой плотности; и

(9) в конце конвертерного цикла, слива накопителя сплава для извлечения сплава, обогащенного МПГ, при этом предотвращается затвердевание накопителя сплава в полости.

74. Способ по любому из пп.57-61, дополнительно включающий стадии:

(1) плавления материала катализатора предпочтительно без конвертирования в основной печи;

(2) извлечения шлака основной печи и первого сплава-коллектора из основной печи;

(3) плавления шлака основной печи предпочтительно без конвертирования во вторичной печи, предпочтительно с добавлением металлургического кокса;

(4) извлечения шлака вторичной печи и второго сплава-коллектора из вторичной печи;

(5) при этом первый и второй сплавы-коллекторы подаются в качестве сырьевого сплава-коллектора на стадии (I), стадии (II), и/или стадии (IV); и

(6) подачи по меньшей мере части шлака, извлеченного из конвертера на стадии (d), во вторичную печь для плавления вместе со шлаком основной печи на стадии (3).

75. Способ по любому из пп.57-61, дополнительно включающий:

(A) футеровку полости огнеупорным материалом;

(B) удерживание расплавленного накопителя сплава в полости с огнеупорной футеровкой;

(C) оснащение полости рубашкой, прилегающей к огнеупорной футеровке; и

(D) циркуляцию охлаждающего агента через рубашку для отвода тепла от накопителя сплава в тепловом контакте с огнеупорной футеровкой.

76. Способ по любому из пп.57-61, отличающийся тем, что конвертер представляет собой вращающийся конвертер, при этом вращающийся конвертер содержит:

полость, включая наклонную полость, установленную с возможностью вращения вокруг продольной оси;

огнеупорную футеровку в полости для удерживания расплавленного накопителя сплава;

отверстие в верхней части полости для введения сырья конвертера в полость с накопителем сплава,

фурму для инъекции кислородсодержащего газа в накопитель сплава;

теплообменную рубашку для полости, прилегающую к огнеупорной футеровке; и

систему холодильного агента для циркуляции теплоносителя через рубашку и отведения тепла от накопителя сплава в тепловом контакте с огнеупорной футеровкой, при этом предпочтительно накопитель сплава находится в непосредственном контакте с огнеупорной футеровкой.

77. Способ конвертирования сплава-коллектора металлов платиновой группы (МПГ), включающий цикл стадий:

(a) введения сырья конвертера в полость конвертера, удерживающую расплавленный накопитель сплава, причём сырьё конвертера содержит:

(i) 100 массовых долей сплава-коллектора, содержащего не менее 0,5 мас.% МПГ, не менее 40 мас.% железа, не менее 0,5 мас.% никеля, не более 3 мас.% серы и не более 3 мас.% меди, в пересчете на общую массу сплава-коллектора;

(ii) возвратный конвертерный шлак в количестве от около 5 до 100 массовых долей на 100 массовых долей сплава-коллектора; и

(iii) менее 20 массовых долей добавленного флюсового материала, содержащего 10 мас.% или более диоксида кремния и/или 10 мас.% или более оксида кальция, оксида магния или комбинации оксида кальция и оксида магния, по массе добавленного флюсового материала;

(b) инъекции кислородсодержащего газа в накопитель сплава для превращения железа из сплава-коллектора в оксид железа и повышения концентрации МПГ в накопителе сплава, при этом введение сырья конвертера и инъекция кислородсодержащего газа по меньшей мере частично совпадают по времени;

(c) предоставления возможности шлаку, содержащему оксид железа, собираться в слое низкой плотности над накопителем сплава;

(d) слива слоя низкой плотности для извлечения шлака из конвертера;

(e) разделения шлака, извлеченного на стадии (d), на первую часть шлака для возврата в сырьё конвертера на стадии (a) и вторую часть шлака, которая не возвращается на стадию (a); и

(f) слива накопителя сплава для извлечения сплава, обогащенного МПГ.

78. Способ по п.77, отличающийся тем, что обратную часть шлака со стадии (e) одного цикла по-

дают в качестве возвратного конвертерного шлака на стадии (а) в последующий цикл.

79. Способ по п.77, отличающийся тем, что сырьё конвертера содержит возвратный шлак в количестве от 10 до 50 массовых долей на 100 массовых долей сплава-коллектора.

80. Способ по п.77, дополнительно включающий объединение сплава-коллектора и возвратного конвертерного шлака для одновременного введения в сырьё конвертера на стадии (а), предпочтительно из одного устройства подачи.

81. Способ по п.77, отличающийся тем, что возвратный конвертерный шлак на стадии (а) и/или первая часть шлака на стадии (е) содержат высокосортный шлак, имеющий более высокое содержание МПГ, чем среднее общее содержание МПГ в извлеченном шлаке со стадии (d) и/или содержание оксида никеля более чем около 2 процентов по массе.

82. Способ по п.81, дополнительно включающий:

охлаждение, затвердевание и измельчение извлеченного шлака со стадии (d);

при этом разделение на стадии (е) включает магнитное разделение измельченного шлака на магнитно-восприимчивую фракцию и магнитно-невосприимчивую фракцию;

при этом обратная часть шлака содержит магнитно-восприимчивую фракцию; и

при этом обратная часть шлака необязательно содержит часть магнитно-невосприимчивой фракции.

83. Способ по п.82, дополнительно включающий стадии:

(С.1) перед стадиями (а)-(е), начала рабочего цикла конвертера посредством плавления частично предварительно окисленного сплава-коллектора в полости для формирования накопителя сплава;

(С.2) затем, перед стадией (е), повторения последовательности стадий (а), (b), (с) и (d) некоторое количество раз, при этом стадия (d) в каждой последовательности следует за стадиями (b) и (с);

при этом обратная часть шлака со стадии (е) содержит шлак, извлеченный из окончательного слива слоя низкой плотности на стадии (d) в последней из последовательностей стадии (С.2) независимо от магнитной восприимчивости; и

(С.3) после окончательного слива слоя низкой плотности на стадии (d) в последней из последовательностей стадии (С.2), слива накопителя сплава на стадии (f).

84. Способ по п.82, дополнительно включающий стадии:

(С.1) перед стадиями (а)-(е), начала рабочего цикла конвертера посредством плавления частично предварительно окисленного сплава-коллектора в полости для формирования накопителя сплава;

(С.2) затем, перед стадией (е), повторения последовательности стадий (а), (b), (с) и (d) некоторое количество раз, при этом стадия (d) в каждой последовательности следует за стадиями (b) и (с);

при этом обратная часть шлака со стадии (е) содержит всю или часть магнитно-невосприимчивой фракции шлака, извлеченного из окончательного слива слоя низкой плотности на стадии (d) в последней из последовательностей стадии (С.2); и

(С.3) после окончательного слива слоя низкой плотности на стадии (d) в последней из последовательностей стадии (С.2), слива накопителя сплава на стадии (f).

85. Способ по п.84, дополнительно включающий стадии:

(D.1) для слива(ов) слоя низкой плотности, предшествующего(их) окончательному сливу на стадии (С.2), предоставления возможности сплаву, увлеченному слоем низкой плотности, по существу осесть в накопителе сплава перед сливом соответствующего(их) слоя(ёв) низкой плотности; и

(D.2) начала окончательного слива на стадии (С.2) в течение 5 минут после прекращения инъекции кислородсодержащего газа.

86. Способ по п.77, отличающийся тем, что инъекция кислородсодержащего газа на стадии (b) происходит со скоростью, достаточной для поддержания температуры в накопителе сплава по меньшей мере 1250°C, предпочтительно по меньшей мере 1450°C или в интервале между 1250°C и 1800°C, предпочтительно от 1450 до 1700°C.

87. Способ по п.77, отличающийся тем, что инъекцию кислородсодержащего газа на стадии (b) продолжают до тех пор, пока накопитель сплава не будет содержать не более чем около 10 мас.% железа, предпочтительно не более 5 мас.% железа, в пересчете на общую массу накопителя сплава.

88. Способ по любому из пп.77-87, отличающийся тем, что сплав-коллектор содержит:

от 40 до 80 мас.% железа;

от 1 до 15 мас.% никеля;

не менее 0,1 мас.% серы;

от 0,1 до 3 мас.% меди; и

не более 20 мас.% кремния, предпочтительно от 1 до 20 мас.% кремния.

89. Способ по п.88, отличающийся тем, что обогащенный МПГ сплав содержит:

не менее 25 мас.% МПГ, предпочтительно от 25 до 60 мас.% МПГ;

не менее 25 мас.% никеля, предпочтительно от 25 до 70 мас.% никеля; и предпочтительно не более 2 мас.% кремния, не более 2 мас.% фосфора, не более 10 мас.% меди и не более 2 мас.% серы.

90. Способ по любому из пп.77-87, отличающийся тем, что сырьё конвертера содержит менее 20 массовых долей любого добавленного флюсового материала, независимо от содержания диоксида крем-

ния, оксида кальция или оксида магния.

91. Способ по любому из пп.77-87, дополнительно включающий: футеровку полости огнеупорным материалом; и подачу защитного средства огнеупора в полость, удерживающую накопитель сплава, со скоростью до 20 массовых долей защитного средства огнеупора на сто массовых долей сплава-коллектора в сырье конвертера, предпочтительно не более 18 массовых долей на 100 массовых долей сплава-коллектора и более предпочтительно со скоростью в интервале между 5 и 15 массовых долей защитного средства огнеупора на 100 массовых долей сплава-коллектора, при этом предпочтительно защитное средство огнеупора содержит компонент, общий с огнеупорным материалом, при этом предпочтительно указанный общий компонент содержит оксид алюминия.

92. Способ по любому из пп.77-87, дополнительно включающий частичное предварительное окисление по меньшей мере части сплава-коллектора из сырьевого состояния, при этом из 100 массовых долей сплава-коллектора, вводимых в сырье конвертера в полость, сырье конвертера содержит по меньшей мере 20 массовых долей частично предварительно окисленного сплава-коллектора, при этом предпочтительно частичное предварительное окисление включает пропускание частиц сырьевого сплава-коллектора через богатое кислородом пламя, при этом предпочтительно пламя обладает температурой пламени не менее 2000°C, более предпочтительно от 2000 до 3500°C и, в частности, от 2000 до 2800°C.

93. Способ по любому из пп.77-87, отличающийся тем, что конвертер имеет рабочий цикл, включающий стадии:

(1) плавления заряда частично предварительно окисленного сплава-коллектора в полости конвертера для формирования накопителя сплава для начала рабочего цикла конвертера;

(2) введения сырья конвертера в полость с накопителем сплава на стадии (а), причём сырьё конвертера необязательно может дополнительно содержать оборотный шлак из предшествующего конвертерного цикла;

(3) инъекции кислородсодержащего газа в накопитель сплава для превращения железа в оксид железа и повышения концентрации МПГ в накопителе сплава на стадии (b);

(4) предоставления возможности шлаку, содержащему оксид железа, собираться в слое низкой плотности над накопителем сплава на стадии (с);

(5) завершения стадий (2) и (3) и слива слоя низкой плотности для извлечения шлака из конвертера;

(6) повторения последовательности стадий (2), (3), (4) и (5) некоторое количество раз, включая одну или более неокончательных последовательностей и заключительную последовательность, при этом стадия (5) в каждой последовательности следует за стадиями (2) и (3);

(7) перед сливом слоя низкой плотности на стадии (6) каждой неокончательной последовательности, предоставления возможности сплаву, увлечённому слоем низкой плотности, по существу осесть в накопителе сплава после прекращения инъекции кислородсодержащего газа;

(8) незамедлительного начала слива слоя низкой плотности после прекращения инъекции кислородсодержащего газа на стадии (6) в заключительной последовательности, при этом предотвращается затвердевание накопителя сплава в полости и при этом сплав необязательно увлекается в слой низкой плотности; и

(9) в конце конвертерного цикла, слива накопителя сплава для извлечения сплава, обогащенного МПГ, при этом предотвращается затвердевание накопителя сплава в полости.

94. Способ по любому из пп.77-87, дополнительно включающий стадии:

(1) плавления материала катализатора предпочтительно без конвертирования в основной печи;

(2) извлечения шлака основной печи и первого сплава-коллектора из основной печи;

(3) плавления шлака основной печи предпочтительно без конвертирования во вторичной печи, предпочтительно с добавлением металлургического кокса;

(4) извлечения шлака вторичной печи и второго сплава-коллектора из вторичной печи;

(5) причём сырьё конвертера на стадии (а) содержит первый и второй сплавы-коллекторы; и

(6) подачи по меньшей мере части производственного шлака со стадии (е) во вторичную печь для плавления вместе со шлаком основной печи на стадии (3).

95. Способ по любому из пп.77-87, дополнительно включающий:

(А) футеровку полости огнеупорным материалом;

(В) удерживание расплавленного накопителя сплава в полости с огнеупорной футеровкой;

(С) оснащение полости рубашкой, прилегающей к огнеупорной футеровке; и

(D) циркуляцию охлаждающего агента через рубашку для отвода тепла от накопителя сплава в тепловом контакте с огнеупорной футеровкой.

96. Способ по любому из пп.77-87, отличающийся тем, что конвертер представляет собой вращающийся конвертер, при этом вращающийся конвертер содержит:

полость, включая наклонную полость, установленную с возможностью вращения вокруг продольной оси;

огнеупорную футеровку в полости для удерживания расплавленного накопителя сплава;

отверстие в верхней части полости для введения сырья конвертера в полость с накопителем сплава;

фурму для инъекции кислородсодержащего газа в накопитель сплава;

теплообменную рубашку для полости, прилегающую к огнеупорной футеровке; и систему холодильного агента для циркуляции теплоносителя через рубашку и отведения тепла от накопителя сплава в тепловом контакте с огнеупорной футеровкой, при этом предпочтительно накопитель сплава находится в непосредственном контакте с огнеупорной футеровкой.

97. Способ конвертирования сплава-коллектора металлов платиновой группы (МПП), включающий стадии:

(I) плавления исходного заряда сплава-коллектора в полости конвертера для формирования накопителя сплава для начала конвертерного цикла;

(II) введения сырья конвертера в полость с накопителем сплава;

(III) инъекции кислородсодержащего газа в накопитель сплава для превращения железа в оксид железа и повышения концентрации МПП в накопителе сплава, при этом введение сырья конвертера и инъекция кислородсодержащего газа по меньшей мере частично совпадают по времени;

(IV) предоставления возможности шлаку, содержащему оксид железа, собираться в слое низкой плотности над накопителем сплава;

(V) завершения стадий (II) и (III) и слива слоя низкой плотности для извлечения шлака из конвертера;

(VI) повторения последовательности стадий (II), (III), (IV) и (V) некоторое количество раз, включая одну или более неокончательных последовательностей и заключительную последовательность, при этом стадия (V) в каждой последовательности следует за стадиями (III) и (IV);

(VII) перед сливом слоя низкой плотности на стадии (V) каждой неокончательной последовательности, предоставления возможности сплаву, увлечённому слоем низкой плотности, по существу осесть в накопителе сплава после прекращения инъекции кислородсодержащего газа;

(VIII) незамедлительного начала слива слоя низкой плотности после прекращения инъекции кислородсодержащего газа на стадии (V) в заключительной последовательности, при этом предотвращается затвердевание накопителя сплава в полости; и

(IX) в конце конвертерного цикла, слива накопителя сплава для извлечения сплава, обогащенного МПП, при этом предотвращается затвердевание накопителя сплава в полости;

при этом сырьё конвертера содержит:

(i) 100 массовых долей сплава-коллектора; и

(ii) менее 20 массовых долей добавленного флюсового материала, содержащего 10 мас.% или более диоксида кремния и/или 10 мас.% или более оксида кальция, оксида магния или комбинации оксида кальция и оксида магния, по массе добавленного флюсового материала.

98. Способ по п.97, отличающийся тем, что затраченное время на стадии (VII) между прекращением инъекции кислородсодержащего газа и началом слива слоя низкой плотности составляет не менее 5 минут.

99. Способ по п.97, отличающийся тем, что затраченное время на стадии (VIII) между прекращением инъекции кислородсодержащего газа и началом слива слоя низкой плотности составляет не более 5 минут.

100. Способ по п.97, дополнительно включающий увлечение сплава в слой низкой плотности, сливаемый на стадии (VIII).

101. Способ по п.97, дополнительно включающий стадии:

(X) охлаждения, затвердевания и измельчения извлеченного шлака со стадии (V); и

(XI) разделения извлеченного шлака со стадии (V) на часть шлака для возврата в сырьё конвертера на стадии (II) последующего конвертерного цикла и часть шлака, которая не возвращается в процесс.

102. Способ по п.101, отличающийся тем, что сырьё конвертера на стадии (II) содержит возвратный шлак в количестве от 5 до 100 массовых долей, предпочтительно от 10 до 50 массовых долей, на 100 массовых долей сплава-коллектора.

103. Способ по п.101, отличающийся тем, что оборотный шлак для стадии (II) содержит высоко-сортный шлак, имеющий более высокое содержание МПП, чем среднее общее содержание МПП в извлеченном шлаке со стадии (V), при этом предпочтительно высоко-сортный шлак содержит более 1000 м.д. МПП, а часть шлака, которая не возвращается в процесс, содержит менее 1000 м.д. МПП.

104. Способ по п.101, дополнительно включающий:

при этом разделение на стадии (XI) включает магнитное разделение измельчённого шлака на магнитно-восприимчивую фракцию и магнитно-невосприимчивую фракцию;

при этом оборотная часть шлака содержит магнитно-восприимчивую фракцию; и

при этом оборотная часть шлака необязательно дополнительно содержит часть магнитно-невосприимчивой фракции.

105. Способ по п.104, отличающийся тем, что оборотная часть шлака дополнительно содержит магнитно-невосприимчивую фракцию из шлака, извлеченного со стадии (VIII) в заключительной последовательности.

106. Способ по п.101, отличающийся тем, что оборотная часть шлака содержит шлак, извлеченный

со стадии (VIII) в заключительной последовательности независимо от магнитной восприимчивости.

107. Способ по п.97, отличающийся тем, что инжекцию кислородсодержащего газа на стадии (III) продолжают до тех пор, пока накопитель сплава не будет содержать не более чем около 10 мас.% железа, предпочтительно не более 5 мас.% железа, в пересчете на общую массу накопителя сплава.

108. Способ по любому из пп.97-107, отличающийся тем, что сплав-коллектор содержит не менее 0,5 мас.% МПГ, не менее 40 мас.% железа, не менее 0,5 мас.% никеля, не более 3 мас.% серы и не более 3 мас.% меди, в пересчете на общую массу сплава-коллектора, при этом предпочтительно сплав-коллектор содержит:

- от 40 до 80 мас.% железа;
- от 1 до 15 мас.% никеля;
- не менее 0,1 мас.% серы;
- от 0,1 до 3 мас.% меди; и/или
- не более 20 мас.% кремния, предпочтительно от 1 до 20 мас.% кремния.

109. Способ по п.108, отличающийся тем, что обогащенный МПГ сплав содержит: не менее 25 мас.% МПГ, предпочтительно от 25 до 60 мас.% МПГ;

не менее 25 мас.% никеля, предпочтительно от 25 до 70 мас.% никеля; не более 10 мас.% железа, предпочтительно не более 5 мас.% железа; и предпочтительно не более 2 мас.% кремния, не более 2 мас.% фосфора, не более 10 мас.% меди и не более 2 мас.% серы.

110. Способ по любому из пп.97-107, отличающийся тем, что сырьё конвертера содержит менее 20 массовых долей любого добавленного флюсового материала, независимо от содержания диоксида кремния, оксида кальция или оксида магния.

111. Способ по любому из пп.97-107, дополнительно включающий:

футеровку полости огнеупорным материалом; и подачу защитного средства огнеупора в полость, удерживающую накопитель сплава, со скоростью до 20 массовых долей защитного средства огнеупора на сто массовых долей общего количества сырьевого сплава-коллектора и частично предварительно окисленного сплава-коллектора в сырье конвертера, предпочтительно не более 18 массовых долей на 100 массовых долей общего количества сырьевого сплава-коллектора и частично предварительно окисленного сплава-коллектора и более предпочтительно со скоростью в интервале между 5 и 15 массовых долей защитного средства огнеупора на 100 массовых долей общего количества сырьевого сплава-коллектора и частично предварительно окисленного сплава-коллектора, при этом предпочтительно защитное средство огнеупора содержит компонент, общий с огнеупорным материалом, при этом предпочтительно указанный общий компонент содержит оксид алюминия.

112. Способ по любому из пп.97-107, дополнительно включающий частичное предварительное окисление по меньшей мере части сплава-коллектора из сырьевого состояния, при этом исходный заряд, сырьё конвертера или оба содержат частично предварительно окисленный сплав-коллектор, при этом предпочтительно частичное предварительное окисление включает пропускание части сырьевого сплава-коллектора через богатое кислородом пламя, при этом предпочтительно пламя обладает температурой пламени не менее 2000°C, более предпочтительно от 2000 до 3500°C и, в частности, от 2000 до 2800°C.

113. Способ по п.112, отличающийся тем, что исходный заряд и/или сырьё конвертера содержат частично предварительно окисленный сплав-коллектор в количестве от 20 до 100 массовых долей и сырьевой сплав-коллектор в количестве от 0 до 80 массовых долей на 100 массовых долей общего количества сырьевого сплава-коллектора и частично предварительно окисленного сплава-коллектора в исходном заряде и/или сырье конвертера, соответственно.

114. Способ по любому из пп.97-107, дополнительно включающий стадии:

- (1) плавления материала катализатора предпочтительно без конвертирования) в основной печи;
- (2) извлечения шлака основной печи и первого сплава-коллектора из основной печи;
- (3) плавления шлака основной печи предпочтительно без конвертирования во вторичной печи, предпочтительно с добавлением металлургического кокса;
- (4) извлечения шлака вторичной печи и второго сплава-коллектора из вторичной печи;
- (5) при этом исходный заряд и/или сырьё конвертера содержат первый и второй сплавы-коллекторы; и
- (6) подачи по меньшей мере части шлака, извлеченного из конвертера на стадии (d), во вторичную печь для плавления вместе со шлаком основной печи на стадии (3).

115. Способ по любому из пп.97-107, дополнительно включающий:

- (A) футеровку полости огнеупорным материалом;
- (B) удерживание расплавленного накопителя сплава в полости с огнеупорной футеровкой;
- (C) оснащение полости рубашкой, прилегающей к огнеупорной футеровке; и
- (D) циркуляцию охлаждающего агента через рубашку для отвода тепла от накопителя сплава в тепловом контакте с огнеупорной футеровкой, при этом предпочтительно накопитель сплава находится в непосредственном контакте с огнеупорной футеровкой.

116. Способ по любому из пп.97-107, отличающийся тем, что конвертер представляет собой вра-

шающийся конвертер, при этом вращающийся конвертер содержит:

полость, включая наклонную полость, установленную с возможностью вращения вокруг продольной оси;

огнеупорную футеровку в полости для удерживания расплавленного накопителя сплава;

отверстие в верхней части полости для введения сырья конвертера в полость с накопителем сплава;

фурму для инъекции кислородсодержащего газа в накопитель сплава;

теплообменную рубашку для полости, прилегающую к огнеупорной футеровке; и

систему холодильного агента для циркуляции теплоносителя через рубашку и отведения тепла от накопителя сплава в тепловом контакте с огнеупорной футеровкой, при этом предпочтительно накопитель сплава находится в непосредственном контакте с огнеупорной футеровкой.

117. Способ извлечения и повышения концентрации МПГ, включающий стадии:

(1) плавления материала катализатора в основной печи;

(2) извлечения шлака основной печи и первого сплава-коллектора из основной печи;

(3) плавления шлака основной печи во вторичной печи;

(4) извлечения шлака вторичной печи и второго сплава-коллектора из вторичной печи;

(5) конвертирования первого и второго сплавов-коллекторов в конвертере для извлечения обогащенного МПГ сплава и конвертерного шлака;

(6) разделения конвертерного шлака, извлеченного из конвертера на стадии (5), на первую и вторую части конвертерного шлака; и

(7) подачи первой части конвертерного шлака во вторичную печь для плавления вместе со шлаком основной печи на стадии (3);

при этом сырьё конвертера содержит:

(i) 100 массовых долей общего количества первого и второго сплавов-коллекторов; и

(ii) менее 18 массовых долей добавленного флюсового материала, содержащего 10 мас.% или более диоксида кремния и/или 10 мас.% или более оксида кальция, оксида магния или комбинации оксида кальция и оксида магния, по массе добавленного флюсового материала.

118. Способ по п.117, дополнительно включающий подачу второй части конвертерного шлака в сырьё конвертера в количестве от около 5 до 100 массовых долей второй части конвертерного шлака на 100 массовых долей общего количества первого и второго сплавов-коллекторов.

119. Способ по п.118, отличающийся тем, что вторая часть конвертерного шлака содержит высоко-сортный шлак, имеющий более высокое содержание МПГ, чем первая часть конвертерного шлака, при этом предпочтительно вторая часть конвертерного шлака содержит 1000 м.д. МПГ или более.

120. Способ по п.119, дополнительно включающий:

охлаждение, затвердевание и измельчение конвертерного шлака, извлеченного со стадии (5);

при этом разделение на стадии (6) включает магнитное разделение измельчённого шлака на магнитно-восприимчивую фракцию и магнитно-невосприимчивую фракцию;

при этом вторая часть конвертерного шлака содержит магнитно-восприимчивую фракцию; и

при этом вторая часть конвертерного шлака необязательно содержит часть магнитно-невосприимчивой фракции.

121. Способ по п.120, отличающийся тем, что конвертирование на стадии (5) включает:

(a) начало рабочего цикла конвертера посредством плавления необязательно частично предварительно окисленного сплава-коллектора в полости конвертера для формирования накопителя сплава, удерживаемого в полости;

(b) введение сырья конвертера в полость;

(c) инъекцию кислородсодержащего газа в накопитель сплава для превращения железа из сплава-коллектора в оксид железа и повышения концентрации МПГ в накопителе сплава, при этом введение сырья конвертера и инъекция кислородсодержащего газа по меньшей мере частично совпадают по времени;

(d) предоставление возможности шлаку, содержащему оксид железа, собираться в слое низкой плотности над накопителем сплава;

(e) прекращение введения сырья конвертера и инъекции кислородсодержащего газа, и слив слоя низкой плотности для извлечения шлака из конвертера;

(f) повторение последовательности стадий (b), (c) и (e) некоторое количество раз, при этом стадия (e) в каждой последовательности следует за стадиями (b) и (c), при этом вторая часть конвертерного шлака со стадии (6) содержит конвертерный шлак, извлеченный из окончательного слива слоя низкой плотности на стадии (e) в последней из последовательностей независимо от магнитной восприимчивости; и

(g) после окончательного слива слоя низкой плотности на стадии (e) в последней из последовательностей стадии (f), слив накопителя сплава.

122. Способ по п.121, отличающийся тем, что вторая часть конвертерного шлака со стадии (6) содержит всю или часть магнитно-невосприимчивой фракции шлака, извлеченного из окончательного слива слоя низкой плотности на стадии (e) в последней из последовательностей стадии (f).

123. Способ по п.121, дополнительно включающий стадии:

(D.1) в не заключительной(ых) последовательности(ях) на стадии (f), предоставления возможности сплаву, увлечённому слоем низкой плотности, по существу осесть в накопителе сплава перед сливом соответствующего(их) слоя(ёв) низкой плотности; и

(D.2) в заключительной последовательности на стадии (f), начала окончательного слива на стадии (e) в течение 5 минут после прекращения инъекции кислородсодержащего газа.

124. Способ по п.118, отличающийся тем, что первая часть конвертерного шлака содержит менее 1000 м.д. МПГ, а вторая часть конвертерного шлака содержит более 1000 м.д. МПГ.

125. Способ по п.117, отличающийся тем, что полость конвертера футерована огнеупорным материалом, и дополнительно включающий подачу части шлака основной печи со стадии (2) в полость в качестве защитного средства огнеупора.

126. Способ по п.125, отличающийся тем, что защитное средство огнеупора содержит не более 20 массовых долей шлака основной печи на 100 массовых долей общего количества первого и второго сплавов-коллекторов, подаваемых в конвертер, предпочтительно 18 массовых долей шлака основной печи на 100 массовых долей общего количества первого и второго сплавов-коллекторов, подаваемых в конвертер, более предпочтительно в интервале между 5 и 15 массовыми долями шлака основной печи на 100 массовых долей общего количества первого и второго сплавов-коллекторов, подаваемых в конвертер.

127. Способ по любому из пп.117-126, отличающийся тем, что конвертирование на стадии (5) продолжают до тех пор, пока накопитель сплава в полости конвертера не будет содержать не более чем около 10 мас.% железа, предпочтительно не более 5 мас.% железа, в пересчете на общую массу накопителя сплава.

128. Способ по п.127, отличающийся тем, что первый и второй сплавы-коллекторы, подаваемые в конвертер, содержат:

от 0,5 до 12 мас.% МПГ;

не менее 40 мас.% железа, предпочтительно от 40 до 80 мас.% железа; не менее 0,5 мас.% никеля, предпочтительно от 1 до 15 мас.% никеля; не более 3 мас.% серы, предпочтительно не менее 0,1 мас.% серы;

не более 3 мас.% меди, предпочтительно от 0,1 до 3 мас.% меди; и предпочтительно не более 20 мас.% кремния, более предпочтительно от 1 до 20 мас.% кремния.

129. Способ по п.128, отличающийся тем, что обогащенный МПГ сплав, извлеченный со стадии (5) содержит:

не менее 25 мас.% МПГ, предпочтительно от 25 до 60 мас.% МПГ;

не менее 25 мас.% никеля, предпочтительно от 25 до 70 мас.% никеля; и

предпочтительно не более 2 мас.% кремния, не более 5 мас.% фосфора, не более 10 мас.% меди и не более 2 мас.% серы.

130. Способ по любому из пп.117-126, отличающийся тем, что сырьё конвертера содержит менее 15 массовых долей любого добавленного флюсового материала, независимо от содержания диоксида кремния, оксида кальция или оксида магния.

131. Способ по любому из пп.117-126, дополнительно включающий частичное предварительное окисление по меньшей мере части первого и/или второго сплавов-коллекторов из сырьевого состояния, причём сырьё конвертера содержит по меньшей мере 20 массовых долей частично предварительно окисленного сплава-коллектора на 100 массовых долей общего количества сырья конвертера.

132. Способ по п.131, отличающийся тем, что частичное предварительное окисление включает пропускание частиц сплава-коллектора через богатое кислородом пламя.

133. Способ по п.132, отличающийся тем, что пламя обладает температурой пламени не менее 2000°C, предпочтительно от 2000 до 3500°C и более предпочтительно от 2000 до 2800°C.

134. Способ по любому из пп.117-126, дополнительно включающий:

(A) футеровку полости конвертера огнеупорным материалом;

(B) удерживание расплавленного накопителя сплава в полости с огнеупорной футеровкой;

(C) оснащение полости рубашкой, прилегающей к огнеупорной футеровке; и

(D) циркуляцию охлаждающего агента через рубашку для отвода тепла от накопителя сплава в тепловом контакте с огнеупорной футеровкой.

135. Способ по любому из пп.117-126, отличающийся тем, что конвертер представляет собой вращающийся конвертер, при этом вращающийся конвертер содержит:

наклонную полость, установленную с возможностью вращения вокруг продольной оси;

огнеупорную футеровку в полости для удерживания расплавленного накопителя сплава;

отверстие в верхней части полости для введения сырья конвертера в полость с накопителем сплава;

фурму для инъекции кислородсодержащего газа в накопитель сплава;

теплообменную рубашку для полости, прилегающую к огнеупорной футеровке; и

систему холодильного агента для циркуляции теплоносителя через рубашку и отвода тепла от накопителя сплава в тепловом контакте с огнеупорной футеровкой.

136. Способ извлечения и повышения концентрации МПГ, включающий стадии:

- (1) плавления материала катализатора в основной печи;
- (2) извлечения шлака основной печи и первого сплава-коллектора из основной печи;
- (3) плавления шлака основной печи во вторичной;
- (4) извлечения шлака вторичной печи и второго сплава-коллектора из вторичной печи;
- (5) конвертирования первого и второго сплавов-коллекторов в конвертере для извлечения обогащенного МПГ сплава и шлака, при этом конвертирование включает:
 - (a) начало рабочего цикла конвертера посредством плавления сплавов-коллекторов в полости конвертера для формирования накопителя сплава, удерживаемого в полости;
 - (b) введение сырья конвертера в полость, удерживающую накопитель сплава;
 - (c) инъекцию кислородсодержащего газа в накопитель сплава для превращения железа в оксид железа и повышения концентрации МПГ в накопителе сплава, при этом введение сырья конвертера и инъекция кислородсодержащего газа по меньшей мере частично совпадают по времени;
 - (d) предоставление возможности шлаку, содержащему оксид железа, собираться в слое низкой плотности над накопителем сплава;
 - (e) прекращение введения сырья конвертера и инъекции кислородсодержащего газа, и слив слоя низкой плотности для извлечения шлака из конвертера;
 - (f) повторение последовательности стадий (b), (c) и (e) некоторое количество раз, при этом стадия (e) в каждой последовательности следует за стадиями (b) и (c); и
 - (g) в не заключительной(ых) последовательности(ях) на стадии (f), предоставление возможности сплаву, увлечённому слоем низкой плотности, по существу осесть в накопителе сплава перед сливом соответствующего(их) слоя(ёв) низкой плотности;
 - (h) в заключительной последовательности на стадии (f), начало окончательного слива на стадии (e) в течение 5 минут после прекращения инъекции кислородсодержащего газа; и
 - (i) после окончательного слива слоя низкой плотности на стадии (e) в последней из последовательностей стадии (f), слив накопителя сплава;
- (6) разделения конвертерного шлака, извлеченного из конвертера на стадии (5), на первую и вторую части конвертерного шлака, при этом вторая часть конвертерного шлака имеет более высокое среднее содержание МПГ, чем первая часть конвертерного шлака, при этом разделение включает:
 - (A) охлаждение, затвердевание и измельчение конвертерного шлака, извлеченного со стадии (5);
 - (B) магнитное разделение измельчённого шлака на магнитно-восприимчивую фракцию и магнитно-невосприимчивую фракцию;
 - (C) при этом вторая часть конвертерного шлака содержит магнитно-восприимчивую фракцию и по меньшей мере часть магнитно-невосприимчивой фракции, полученной из окончательного слива шлака; и
 - (D) при этом первая часть конвертерного шлака содержит по меньшей мере часть магнитно-невосприимчивой фракции;
- (7) подачи первой части конвертерного шлака во вторичную печь для плавления вместе со шлаком основной печи на стадии (3);
- (8) подачи второй части конвертерного шлака в конвертер с первым и вторым сплавами-коллекторами; и
- (9) подачи части шлака основной печи со стадии (2) в полость, удерживающую накопитель сплава; при этом сырьё конвертера содержит:
 - (i) 100 массовых долей общего количества первого и второго сплавов-коллекторов; и
 - (ii) менее 18 массовых долей любого добавленного флюсового материала, содержащего 10 мас.% или более диоксида кремния и/или 10 мас.% или более оксида кальция, оксида магния или комбинации оксида кальция и оксида магния, по массе добавленного флюсового материала.

137. Способ конвертирования, включающий:

- (a) футеровку полости вращающегося конвертера огнеупорным материалом;
- (b) удерживание расплавленного накопителя сплава в полости;
- (c) введение сырья конвертера в полость с накопителем сплава, причём сырьё конвертера содержит сплав-коллектор МПГ, содержащий железо, и при этом сырьё конвертера дополнительно содержит возвратный конвертерный шлак, защитное средство огнеупора, содержащее компонент, общий с огнеупорной футеровкой, или их комбинацию.
 - (b) инъекцию кислородсодержащего газа в накопитель сплава для поддержания температуры в накопителе сплава в интервале между 1250°C и 1800°C, и превращения железа из сплава-коллектора в оксид железа и повышения концентрации МПГ в накопителе сплава;
 - (e) оснащение полости рубашкой, прилегающей к огнеупорной футеровке;
 - (f) циркуляцию охлаждающего агента через рубашку для отвода тепла от накопителя сплава в тепловом контакте с огнеупорной футеровкой;
 - (g) предоставление возможности шлаку, содержащему оксид железа, собираться в слое низкой плотности над накопителем сплава;
 - (h) слив слоя низкой плотности для извлечения шлака из конвертера; и (i) слив накопителя сплава

для извлечения сплава, обогащенного МПГ; при этом сырьё конвертера содержит:

(А) 100 массовых долей общего количества сплава-коллектора; и

(В) менее 18 массовых долей добавленного флюсового материала, содержащего 10 мас.% или более диоксида кремния и/или 10 мас.% или более оксида кальция, оксида магния или комбинации оксида кальция и оксида магния, по массе добавленного флюсового материала.

138. Способ по п.137, дополнительно включающий контроль температуры огнеупорной футеровки.

139. Способ по п.138, дополнительно включающий измерение температуры в огнеупорной футеровке с использованием одного или более датчиков, установленных в огнеупорной футеровке, передачу информации об измерении температуры от одного или более датчиков к одному или более передающим устройствам, и передачу сигналов, содержащих информацию об измерении температуры, от одного или более передающих устройств на приемник.

140. Способ по п.139, отличающийся тем, что одно или более передающих устройств установлены снаружи на полость и передают сигналы на приемник по беспроводной сети.

141. Способ по п.137, дополнительно включающий вращение полости, и подачу и возврат охлаждающего агента в рубашку и из неё через вращательное соединение.

142. Способ по п.137, дополнительно включающий возврат конвертерного шлака, извлеченного на стадии (h), в сырьё конвертера на стадии (c).

143. Способ конвертирования, включающий:

удерживание расплавленного накопителя сплава в полости вращающегося конвертера по любому из пп.137-141;

введение сырья конвертера через отверстие вверху полости в накопитель сплава;

футеровку огнеупором полости для удерживания расплавленного накопителя сплава;

инъекцию кислородсодержащего газа через фурму в накопитель сплава;

циркуляцию теплоносителя через рубашку для отвода тепла от накопителя сплава в тепловом контакте с огнеупорной футеровкой; и

извлечение шлака и сплава из полости.

144. Способ по п.143, дополнительно включающий регулирование циркуляции теплоносителя и инъекции кислородсодержащего газа для поддержания температуры в накопителе сплава в интервале между 1250 и 1800°C, предпочтительно от 1450 до 1700°C.

145. Способ по п.143, дополнительно включающий:

использование вала и двигателя для приведения во вращение полости; и

подачу теплоносителя через вращательное соединение через вал в рубашку и возврат теплоносителя из рубашки через вал.

146. Способ по п.143, дополнительно включающий установку радиально разнесенных температурных датчиков в огнеупорной футеровке в соединении с одним или более передающими устройствами, и передачу сигналов, содержащих информацию об измерении температуры, от одного или более передающих устройств на приемник.

147. Способ по п.146, отличающийся тем, что температурные датчики установлены прилегающими к металлической стенке полости.

148. Способ по п.146, отличающийся тем, что одно или более передающих устройств установлены снаружи на полость и передают сигналы на приемник по беспроводной сети.

149. Способ по п.143, дополнительно включающий размещение вытяжного колпака и теплозащитного экрана с водяным охлаждением, прилегающего к отверстию в полости.

150. Способ по п.143, дополнительно включающий подогрев полости с использованием горелки, при этом предпочтительно горелка представляет собой кислородно-топливную горелку с водяным охлаждением.

151. Способ по п.150, дополнительно включающий введение сырья конвертера через желоб в пламя горелки.

152. Способ по п.143, отличающийся тем, что огнеупорная футеровка включает набивной огнеупор на основе оксида алюминия.

153. Способ по п.143, дополнительно включающий подачу сырья конвертера из системы подачи, предпочтительно содержащей бункер и вибрационный питатель, через отверстие в полость.

154. Способ по п.153, дополнительно включающий загрузку заряда сырья конвертера в систему подачи.

155. Способ по п.154, отличающийся тем, что сырьё конвертера содержит сплав-коллектор, содержащий не менее 0,5 мас.% МПГ, не менее 40 мас.% железа, не менее 0,5 мас.% никеля, не более 3 мас.% серы и не более 3 мас.% меди, в пересчете на общую массу сплава-коллектора.

156. Способ по п.155, отличающийся тем, что возвратный конвертерный шлак содержит высоко-сортный шлак, содержащий не менее 1000 м.д. мас. МПГ.

157. Вращающийся конвертер для осуществления способа по любому из пп.137-156, содержащий:

наклонную полость конвертера, установленную с возможностью вращения вокруг продольной оси;

огнеупорную футеровку в полости для удерживания расплавленного накопителя сплава;

отверстие в верхней части полости для введения сырья конвертера в полость с накопителем сплава, причём сырьё конвертера содержит сплав-коллектор МПГ, содержащий железо, менее 18 массовых долей любого добавленного флюсового материала на 100 массовых долей общего количества сплава-коллектора, возвратный конвертерный шлак, защитное средство огнеупора, содержащее компонент, общий с огнеупорной футеровкой, или их комбинацию;

фурму для инъекции кислородсодержащего газа в накопитель сплава;

теплообменную рубашку для полости, прилегающую к огнеупорной футеровке; и

систему холодильного агента для циркуляции теплоносителя через рубашку для отвода тепла от накопителя сплава в тепловом контакте с огнеупорной футеровкой.

158. Вращающийся конвертер по п.157, дополнительно содержащий патрубок для извлечения шлака и сплава из полости.

159. Вращающийся конвертер по п.157, дополнительно содержащий систему управления для регулирования подачи охлаждающего агента и инъекции кислородсодержащего газа для поддержания температуры в накопителе сплава в интервале между 1250 и 1800°C.

160. Вращающийся конвертер по п.159, отличающийся тем, что система управления поддерживает температуру 1450°C или более, предпочтительно от 1450 до 1700°C.

161. Вращающийся конвертер по п.159, отличающийся тем, что охлаждающий агент является водным, например, водой или водой и гликолем.

162. Вращающийся конвертер по п.157, дополнительно содержащий:

вал и двигатель для приведения во вращение полости; и

вращательное соединение для подачи и возврата теплоносителя через вал в рубашку и из неё.

163. Вращающийся конвертер по п.157, дополнительно содержащий радиально разнесенные температурные датчики, установленные в огнеупорной футеровке в соединении с одним или более передающими устройствами для передачи сигналов, содержащих информацию об измерении температуры, на приемник.

164. Вращающийся конвертер по п.163, отличающийся тем, что температурные датчики установлены прилегающими к металлической стенке полости.

165. Вращающийся конвертер по п.163, отличающийся тем, что одно или более передающих устройств установлены снаружи на полость и передают сигналы на приемник по беспроводной сети.

166. Вращающийся конвертер по п.157, дополнительно содержащий вытяжной колпак, прилегающий к отверстию в полости.

167. Вращающийся конвертер по п.157, дополнительно содержащий теплозащитный экран с водяным охлаждением, прилегающий к отверстию полости.

168. Вращающийся конвертер по п.157, дополнительно содержащий горелку для подогрева полости.

169. Вращающийся конвертер по варианту осуществления п.168, отличающийся тем, что горелка представляет собой кислородно-топливную горелку с водяным охлаждением.

170. Вращающийся конвертер по п.168, отличающийся тем, что горелка содержит желоб для введения сырья конвертера в пламя горелки.

171. Вращающийся конвертер по п.157, отличающийся тем, что огнеупорная футеровка содержит набивной огнеупор на основе оксида алюминия.

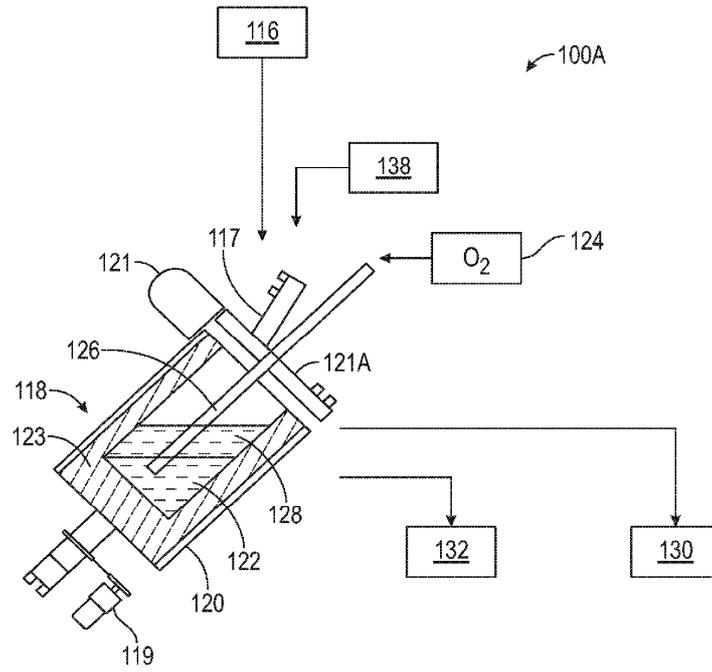
172. Вращающийся конвертер по любому из пп.157-171, дополнительно содержащий систему подачи для подачи сырья конвертера через отверстие в полость.

173. Вращающийся конвертер по п.172, отличающийся тем, что система подачи содержит бункер и вибрационный питатель.

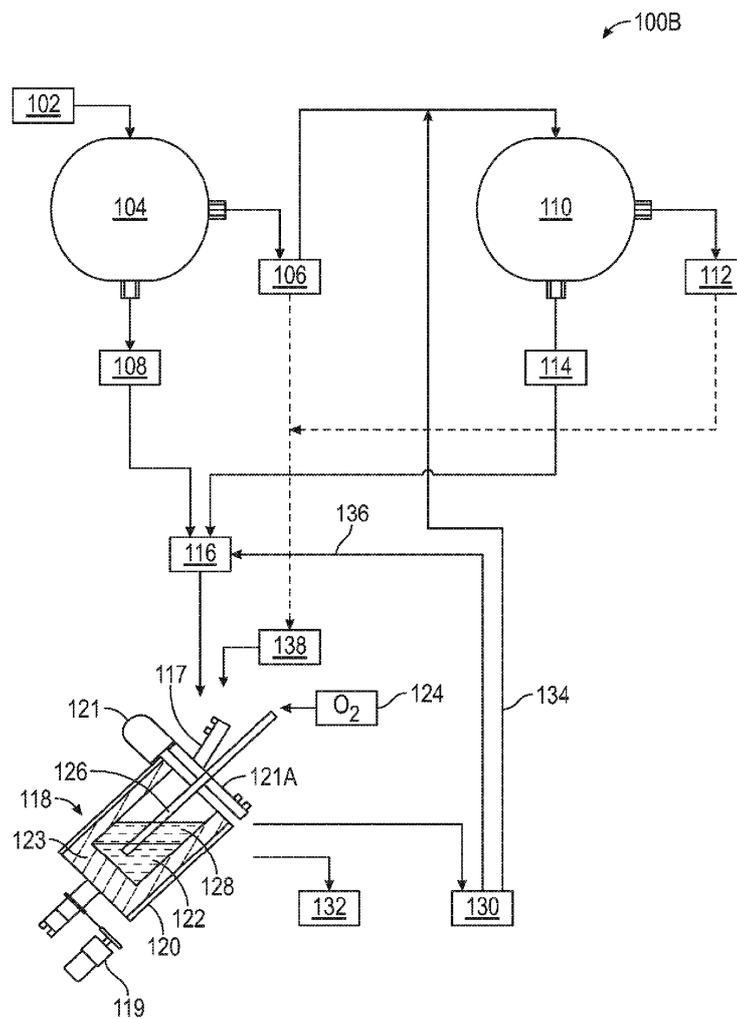
174. Вращающийся конвертер по п.172, дополнительно содержащий заряд сырья конвертера в системе подачи.

175. Вращающийся конвертер по п.174, отличающийся тем, что сырьё конвертера содержит сплав-коллектор, содержащий не менее 0,5 мас.% МПГ, не менее 40 мас.% железа, не менее 0,5 мас.% никеля, не более 3 мас.% серы и не более 3 мас.% меди, в пересчете на общую массу сплава-коллектора.

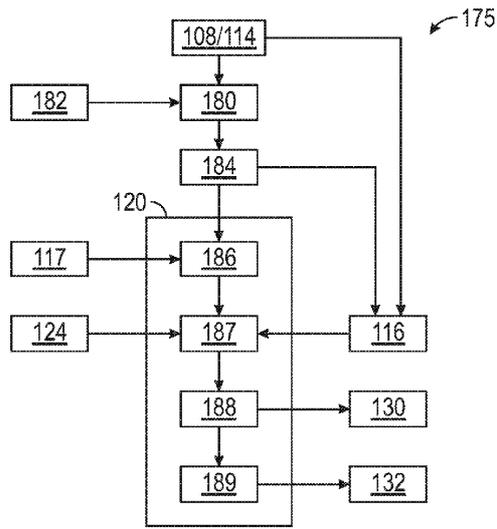
176. Вращающийся конвертер по п.175, отличающийся тем, что сырьё конвертера содержит возвратный конвертерный шлак и защитное средство огнеупора.



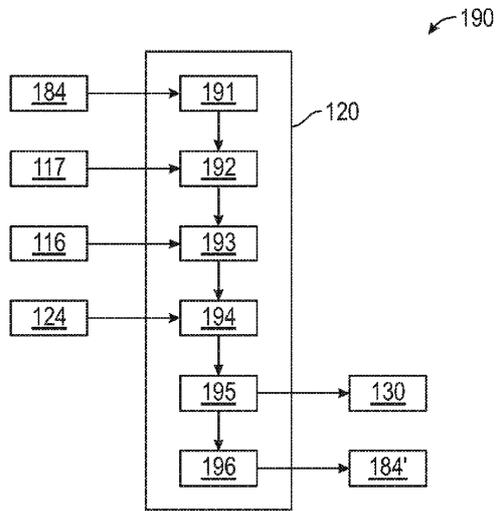
Фиг. 1А



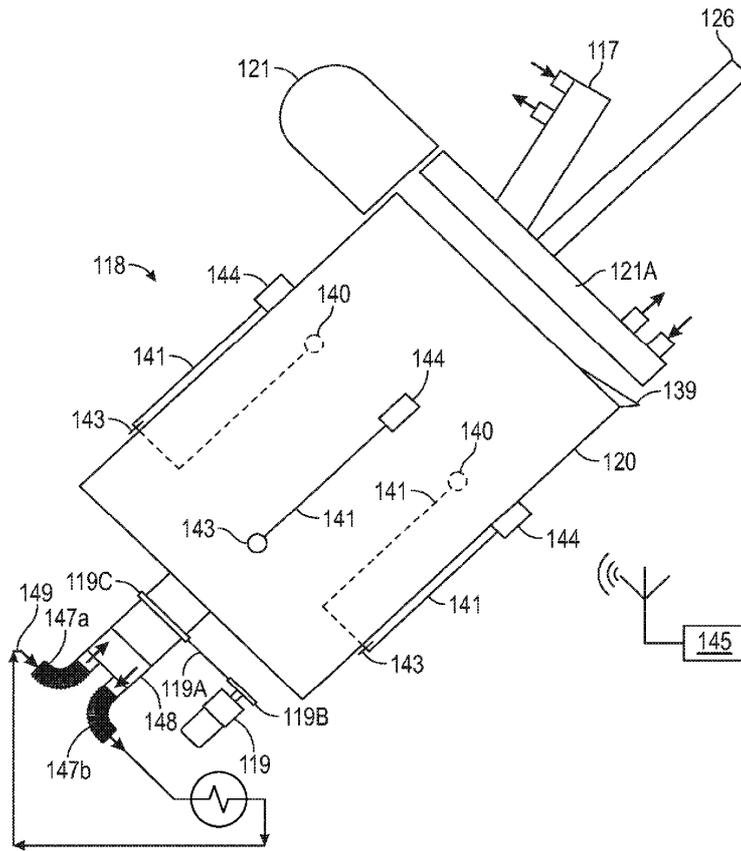
Фиг. 1В



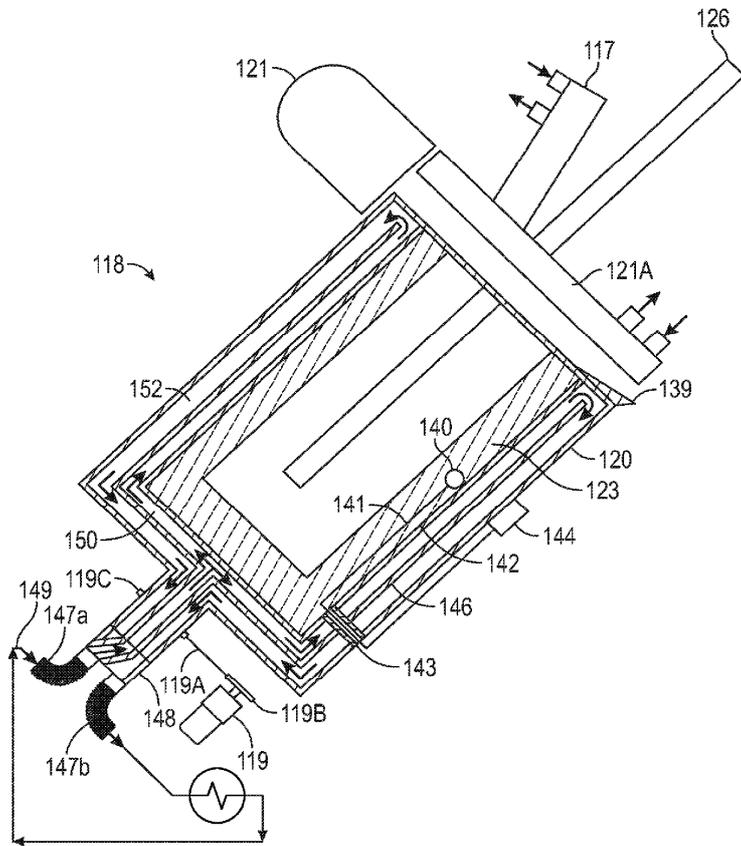
Фиг. 1С



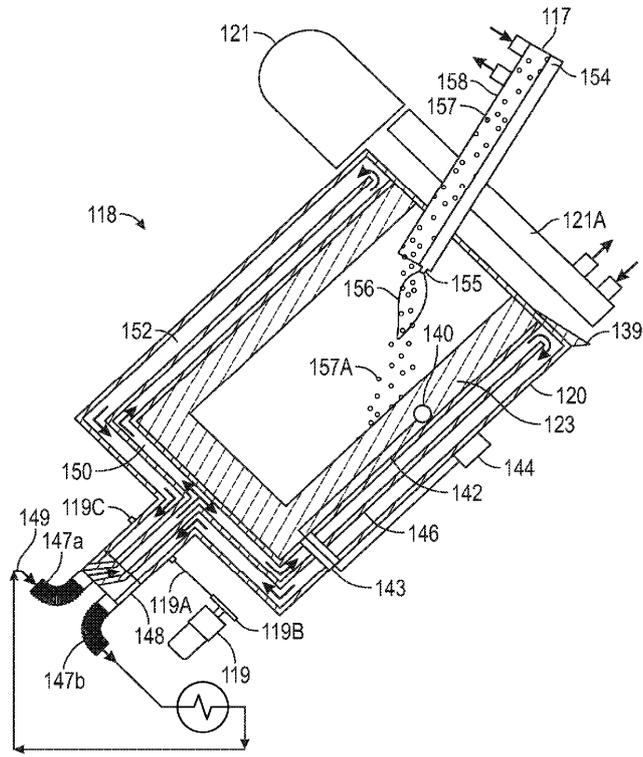
Фиг. 1D



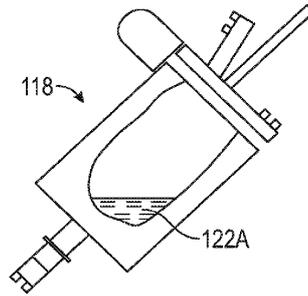
Фиг. 2А



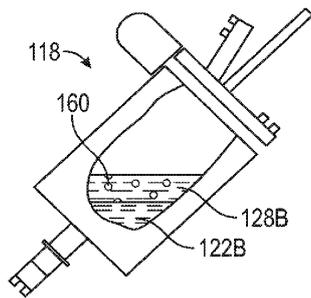
Фиг. 2В



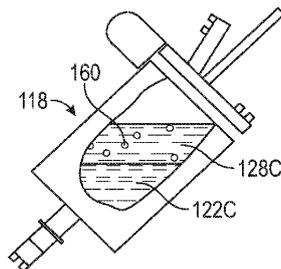
Фиг. 2С



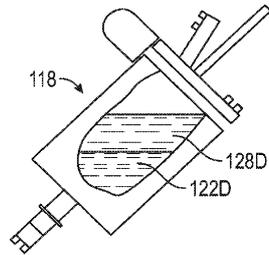
Фиг. 3



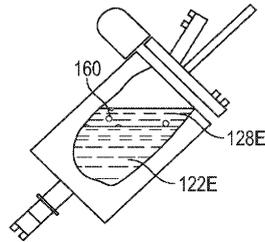
Фиг. 4



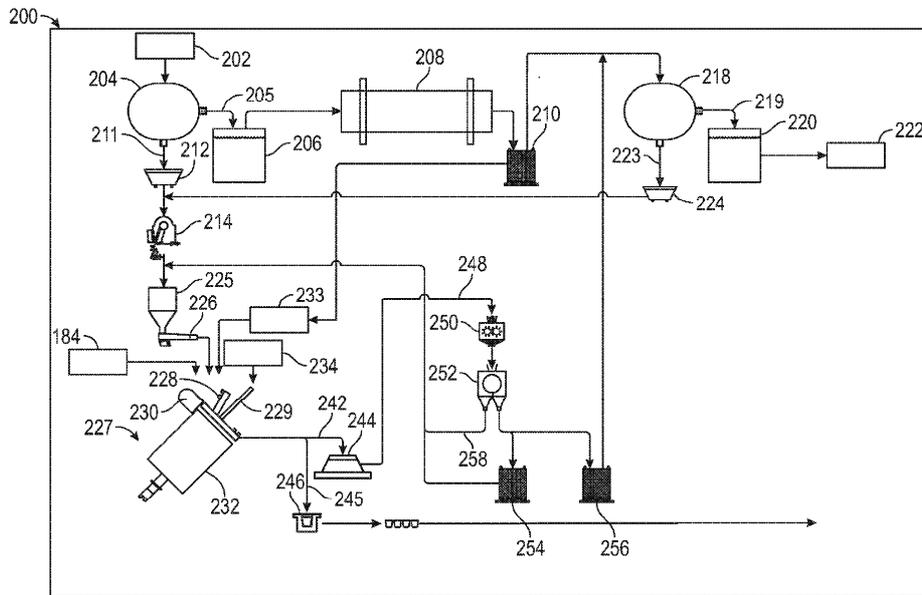
Фиг. 5



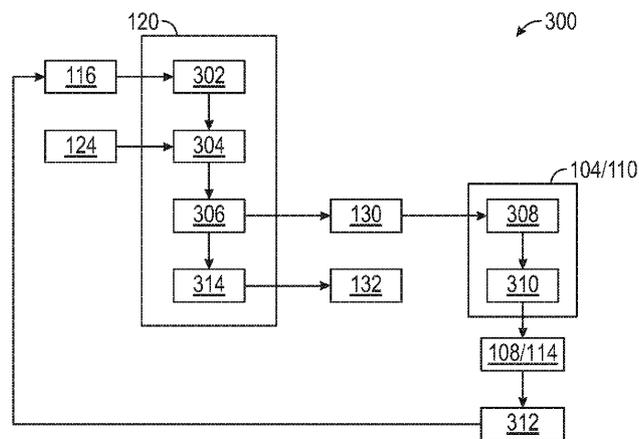
Фиг. 6



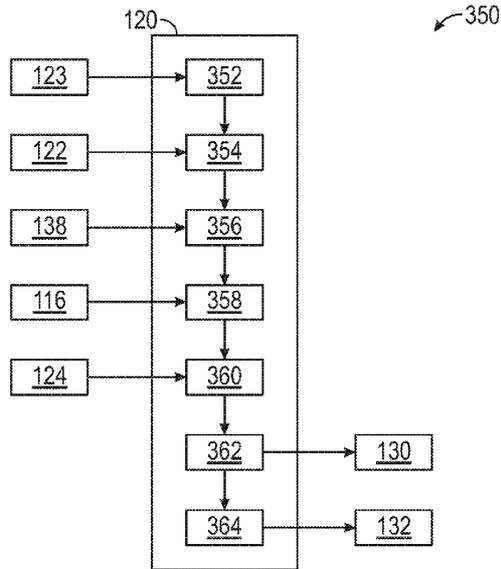
Фиг. 7



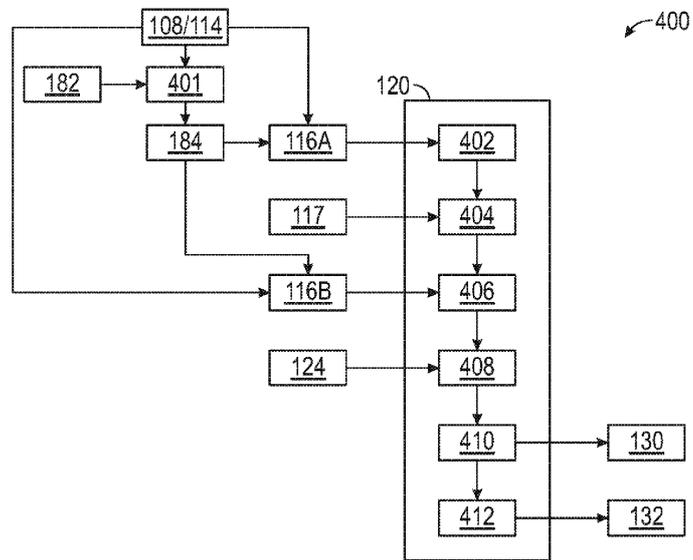
Фиг. 8



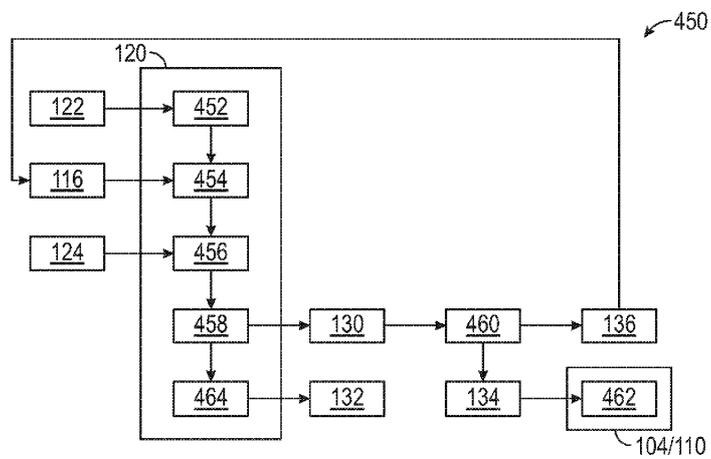
Фиг. 9



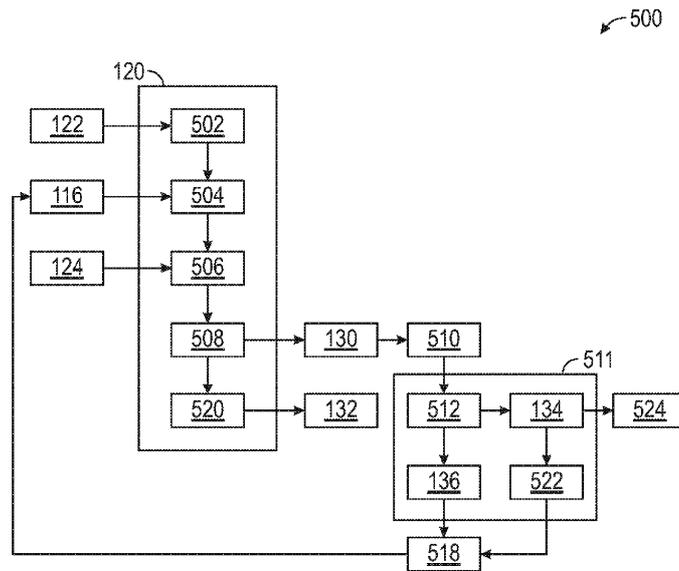
Фиг. 10



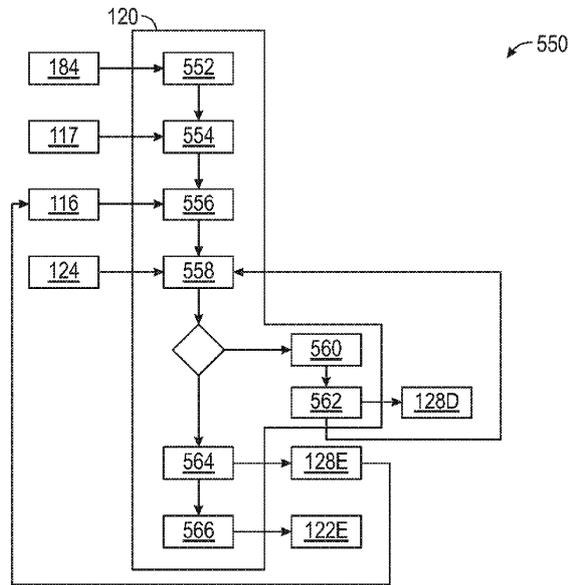
Фиг. 11



Фиг. 12



Фиг. 13



Фиг. 14

