

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **201991881** (13) **A2**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2020.03.31

(51) Int. Cl. **C22B 19/28 (2006.01)**

(22) Дата подачи заявки
2019.09.09

(54) СПОСОБ И СИСТЕМА ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЦИНКА ИЗ НИЗКОСОРТНОЙ СВИНЦОВО-ЦИНКОВОЙ РУДЫ

(31) **201811052106.0; 201811052107.5**

(32) **2018.09.10**

(33) **CN**

(71) Заявитель:
**ЧАЙНА ЭНФИ ИНЖЕНИРИНГ
КОРПОРЕЙШН (CN)**

(72) Изобретатель:

**Гоу Хайпэн, Чэнь Сюэган, Пэй Чжуне,
Сюй Лян, Ван Шусяо, Ван Цзяньмин,
Ван Чжунши (CN)**

(74) Представитель:

**Поликарпов А.В., Соколова М.В.,
Черкас Д.А., Игнатьев А.В., Путинцев
А.И., Билык А.В. (RU)**

(57) В настоящем изобретении предложен способ и система извлечения цинка из низкосортной свинцово-цинковой руды. Устройство, используемое в способе, включает устройство восстановительной плавки и пылеуловитель, соединенные друг с другом, при этом общее содержание элементарных свинца и цинка в низкосортных свинцово-цинковых рудах составляет менее 20 мас.%, и элементарные цинк и свинец находятся в форме силиката цинка, карбоната цинка, сульфида цинка, карбоната свинца и сульфида свинца, причем способ включает проведение реакции восстановительной плавки с низкосортной свинцово-цинковой рудой, восстановительным топливом и церусситом, для получения мелкодисперсного оксида цинка и содержащего свинец шлака. Применение низкосортной свинцово-цинковой оксидной руды обеспечивает более низкую стоимость. Между сульфидом цинка и оксидом свинца протекает окислительно-восстановительная реакция, и цинк обогащается в форме высокосортного мелкодисперсного оксида цинка, посредством чего цинк и свинец эффективно отделяют от исходных руд.

A2

201991881

201991881

A2

Способ и система извлечения цинка из низкосортной свинцово-цинковой руды

Область техники

Настоящее изобретение относится к области металлургии, и в частности, к способу и системе извлечения цинка из низкосортной свинцово-цинковой руды.

Уровень техники

Свинцово-цинковые минеральные ресурсы в изобилии присутствуют Китае. По производственной мощности, потреблению и экспорту в целом они занимают ведущие места в мире. Это перспективный тип минерала в Китае. Запасы цинка в Китае занимают третье место в мире после Австралии и Соединенных Штатов, что составляет 10,7% мировых запасов цинка. Запасы свинца в Китае занимают второе место в мире после Австралии, что составляет 12,5% от мировых запасов свинца. Общие характеристики свинцово-цинковых минеральных ресурсов в Китае: малочисленные высокосортные руды, но более многочисленные низкосортные руды, малочисленные крупнозернистые руды, но многочисленные мелко- и среднезернистые руды, большее количество связанных элементов, комплексные и труднодобываемые руды. Большинство месторождений обычно связаны с такими элементами, как Cu, Fe, Ag, Au, Sn, Sb, Mo, W, Hg, Co, Cd, In, Ga, Se, Ti и Sc. Некоторые месторождения содержат более 50 видов сопутствующих элементов. С истощением запасов сульфида цинка и сульфида свинца в Китае на повестку дня была поставлена переработка и утилизация низкосортных свинцово-цинковых оксидных руд.

Содержание свинца и цинка в низкосортных свинцово-цинковых оксидных рудах обычно составляет менее 20%. Цинк главным образом присутствует в форме силиката цинка, карбоната цинка и сульфида цинка. Свинец в основном присутствует в виде карбоната свинца и сульфида свинца. Минералы пустой породы представляют собой главным образом кальцит, доломит, кварц и оксид железа. Извлечение металлического цинка и металлического свинца из недорогих свинцово-цинковых оксидных руд в настоящее время находится в центре внимания исследователей во всем мире.

Известен способ разделения бедных свинцово-цинковых оксидных руд с высокой скоростью окисления. Во-первых, бедные свинцово-цинковые оксидные руды с высокой скоростью окисления измельчают. Во-вторых, для флотации добавляют вулканизующий агент, коллектор и регулятор, чтобы получить свинцово-цинковый смешанный концентрат I и прошедший через сито материал. В-третьих, осуществляют разделение свинца и цинка в прошедшем через сито материале с помощью катионного аминного коллектора с получением свинцово-цинкового смешанного концентрата II и хвостов. Наконец, свинцово-цинковый смешанный концентрат I и свинцово-цинковый смешанный концентрат II смешивают и получают свинцовый концентрат и цинковый концентрат с помощью гравитационного разделения.

В другом документе раскрыт способ прямой плавки для одновременного получения металлического свинца и металлического цинка. Свинцово-цинковый концентрат, свинцово-цинковую оксидную руду или содержащий свинец и цинк вторичный материал смешивают с растворителем, гранулируют и плавят в обогащенной кислородом печи с боковым дутьем с получением чернового свинца и шлака с высоким содержанием цинка, при этом черновой свинец отводят через входное отверстие сифона, а шлак с высоким содержанием цинка поступает в дымовую зону. В дымовую зону добавляют уголь для восстановления цинка, вводят обогащенный кислородом воздух и при восстановлении получают пары цинка. Затем в

конденсаторе получают свинцово-цинковый раствор, и черновой цинк получают охлаждением жидкого цинка и жидкого свинца.

На настоящий момент проведено мало исследований по факельной плавке низкосортных свинцово-цинковых оксидных руд в Китае и других странах. Флотацию или гидрометаллургию используют для разделения и обогащения элементарных свинца и цинка в ходе плавки. Низкосортную свинцово-цинковую оксидную руду, которая встречается в форме силиката цинка, карбоната цинка, сульфида цинка, карбоната свинца и сульфида свинца, обычно трудно разделить флотацией или гидрометаллургией.

Краткое описание изобретения

Основная цель настоящего изобретения состоит в том, чтобы обеспечить способ и систему извлечения цинка из низкосортной свинцово-цинковой руды, чтобы решить текущую проблему, связанную с тем, что низкосортные свинцово-цинковые оксидные руды, которые встречаются в форме силиката цинка, карбоната цинка, сульфида цинка, карбоната свинца и сульфида свинца, трудно разделить флотацией или гидрометаллургией.

Для достижения вышеуказанной цели в настоящем изобретении предложен способ извлечения цинка из низкосортных свинцово-цинковых руд, в котором устройство, используемое в способе, включает устройство восстановительной плавки и пылеуловитель, соединенные между собой, при этом общее содержание свинца и цинка в низкосортной свинцово-цинковой руде составляет менее 20 масс.%, и цинк и свинец присутствуют в форме силиката цинка, карбоната цинка, сульфида цинка, карбоната свинца и сульфида свинца, причем способ включает проведение реакции восстановительной плавки с низкосортной свинцово-цинковой рудой, восстановительным топливом и церусситом для получения мелкодисперсного оксида цинка и содержащего свинец шлака.

Кроме того, температура восстановительной плавки составляет от 1000°C до 1300°C, и время реакции составляет от 0,5 часа до 2 часов; предпочтительно температура восстановительной плавки составляет от 1100°C до 1300°C, и время реакции составляет от 0,5 часа до 1 часа; предпочтительно в процессе восстановительной плавки осуществляют с запрограммированной температурой.

Далее, способ с запрограммированной температурой включает нагрев реакционного материала процесса восстановительной плавки до температуры восстановительной плавки со скоростью от 5°C до 15°C/мин; выдержку реакционного материала при температуре восстановительной плавки в течение от 0,5 часа до 2 часов; охлаждение реакционного материала до комнатной температуры со скоростью от 5°C до 15°C/мин;

Кроме того, устройство восстановительной плавки представляет собой вращающуюся печь, и процесс восстановительной плавки осуществляют во вращающейся печи; предпочтительно вращающаяся печь имеет скорость вращения от 0,3 до 1,5 об/мин, и вращающаяся печь имеет наклон от 2° до 8° относительно горизонтальной плоскости; более предпочтительно наклон вращающейся печи относительно горизонтальной плоскости составляет 4°-6°.

Кроме того, устройство восстановительной плавки представляет собой вакуумное устройство восстановительной плавки, и способ включает осуществление процесса восстановительной плавки с низкосортной свинцово-цинковой рудой, восстановительным топливом и церусситом в вакуумном устройстве восстановительной плавки для получения металлического цинка и содержащего свинец шлака; предпочтительно степень вакуума в процессе восстановительной плавки составляет от 1 Па до 200 Па,

температура реакции составляет от 900°C до 1200°C, и время реакции составляет от 0,5 часа до 2 часов; более предпочтительно степень вакуума в процессе восстановительной плавки составляет от 1 Па до 100 Па, температура реакции составляет от 1100°C до 1200°C, и время реакции составляет от 1 часа до 2 часов.

Кроме того, перед процессом восстановительной плавки, способ дополнительно включает измельчение и прессование смеси низкосортной свинцово-цинковой руды, восстановительного топлива и церуссита последовательно с получением заготовки; и осуществление реакции восстановительной плавки заготовки с получением металлического цинка и содержащего свинец шлака; предпочтительно процесс измельчения включает стадию измельчения смеси в шаровой мельнице, более предпочтительно шаровая мельница имеет скорость вращения от 100 об/мин до 600 об/мин и время измельчения составляет от 2 ч до 10 ч; предпочтительно процесс прессования включает стадию прессования смеси под давлением от 150 МПа до 250 МПа.

Кроме того, устройство, используемое в способе, также включает охлаждающее устройство, и после осуществления процесса восстановительной плавки способ дополнительно включает применение охлаждающего устройства для охлаждения газообразного продукта, полученного в реакции восстановительной плавки, с получением металлического цинка; предпочтительно устройство, используемое в способе, дополнительно включает устройство рекуперации отходящего тепла, расположенное на пути потока между вакуумным устройством восстановительной плавки и охлаждающим устройством, и способ также включает применение устройства рекуперации отходящего тепла для извлечения отходящего тепла газообразного продукта, полученного в реакции восстановительной плавки, и затем охлаждение газообразного продукта, подвергнутого стадии рекуперации отходящего тепла, с помощью охлаждающего устройства с получением металлического цинка.

Кроме того, молярное отношение сульфида цинка к карбонату свинца в смеси низкосортной свинцово-цинковой руды, восстановительного топлива и церуссита составляет 1: (0,5-2); предпочтительно молярное отношение сульфида цинка к карбонату свинца в смеси низкосортной свинцово-цинковой руды, восстановительного топлива и церуссита составляет 1: (0,8-1,2); предпочтительно восстановительное топливо выбирают из одного или более материалов из группы, состоящей из древесного угля, активированного угля, графита, нефтяного кокса, угля и сажи; предпочтительно более 90 масс.% элементарного цинка в низкосортной свинцово-цинковой руде находится в форме силиката цинка, карбоната цинка или сульфида цинка, и более 90 масс.% элементарного свинца находится в форме карбоната свинца и/или сульфида свинца.

В еще одном аспекте настоящего изобретения также предложена система извлечения цинка из низкосортных свинцово-цинковых руд, включающая устройство подачи церуссита, устройство восстановительной плавки и пылеуловитель. Устройство подачи церуссита снабжено отверстием для подачи церуссита; устройство восстановительной плавки снабжено питающим отверстием и выходом для продукта восстановления, и питающее отверстие соединено с отверстием для подачи церуссита. Пылеуловитель снабжен отверстием для извлечения дымовых газов, отверстие для извлечения дымовых газов соединено с выходом для продукта восстановления через подающий трубопровод для продукта восстановления.

Кроме того, система дополнительно включает устройство подачи низкосортной свинцово-цинковой руды и устройство подачи восстановительного топлива. Устройство подачи низкосортной свинцово-цинковой руды снабжено отверстием для подачи низкосортной свинцово-цинковой руды, и отверстие для подачи низкосортной свинцово-цинковой руды соединено с питающим отверстием. Устройство подачи

восстановительного топлива снабжено отверстием для подачи восстановительного топлива, и отверстие для подачи восстановительного топлива соединено с питающим отверстием.

Кроме того, система дополнительно включает устройство измельчения и отсева, снабженное входом для просеиваемого материала и выходом для просеиваемого материала. Вход для просеиваемого материала соответственно соединен с отверстием для подачи церуссита, отверстием для подачи низкосортной свинцово-цинковой руды и отверстием для подачи восстановительного топлива, и выход для просеиваемого материала соединен с питающим отверстием; предпочтительно система дополнительно включает устройство мониторинга температуры для отслеживания температуры устройства восстановительной плавки в режиме реального времени; предпочтительно система дополнительно включает устройство рекуперации отходящего тепла, расположенное на подающем трубопроводе для продукта восстановления.

Кроме того, система дополнительно включает прессовальное устройство, расположенное на подающем трубопроводе для исходного материала между устройством измельчения и отсева и устройством восстановительной плавки.

Кроме того, устройство восстановительной плавки представляет собой вращающуюся печь; предпочтительно нижняя поверхность камеры сгорания устройства восстановительной плавки имеет наклон от 2 до 8° относительно горизонтальной плоскости; более предпочтительно нижняя поверхность камеры сгорания устройства восстановительной плавки имеет наклон от 4 до 6° относительно горизонтальной плоскости.

Кроме того, система дополнительно включает вакуумирующее устройство, соединенное с выходом для продукта восстановления, для обеспечения вакуумной среды в устройстве восстановительной плавки; предпочтительно система дополнительно включает охлаждающее устройство, расположенное на подающем трубопроводе для паров цинка между выходом для продукта восстановления и вакуумирующим устройством, и охлаждающее устройство предназначено для преобразования паров цинка, отводимых из устройства восстановительной плавки, в твердое состояние.

По сравнению с другими исходными материалами для получения металлического цинка и металлического свинца, низкосортная свинцово-цинковая оксидная руда, используемая в настоящем изобретении, имеет более низкую стоимость. Поэтому применение технического решения по настоящему изобретению является выгодным для использования и разработки низкосортной свинцово-цинковой оксидной руды в Китае. В процессе восстановительной плавки осуществляют окислительно-восстановительную реакцию между сульфидом цинка и оксидом свинца исходных материалов. Элементарный цинк в низкосортных свинцово-цинковых оксидных рудах обогащают и отделяют в виде высокосортного мелкодисперсного оксида цинка, посредством чего элементарные цинк и свинец эффективно отделяют от сырьевых руд. Кроме того, высокосортный мелкодисперсный оксид цинка и печной шлак, богатый сульфидом свинца, полученные в настоящем изобретении, можно также использовать для получения металлического цинка и металлического свинца, и способ позволяет повысить эффективность использования исходных материалов. В заключение следует отметить, что вышеуказанный способ извлечения способствует повышению эффективности разделения элементарных свинца и цинка из низкосортных свинцово-цинковых руд, тем самым повышая экономическую выгоду.

Чертежи, как одну из частей описания, используют для обеспечения дальнейшего понимания описания изобретения; схематические воплощения изобретения и их описание используют для пояснения сущности изобретения, и они не предназначены для необоснованного ограничения изобретения. На чертежах:

на Фиг. 1 представлена схема системы извлечения цинка из низкосортных свинцово-цинковых руд в соответствии с типичным воплощением настоящего изобретения;

на Фиг. 2 представлена схема системы извлечения цинка из низкосортных свинцово-цинковых руд в соответствии с предпочтительным воплощением настоящего изобретения.

Указанные выше чертежи включают следующие условные обозначения:

10: устройство подачи церуссита; 11: отверстие для подачи церуссита; 20: устройство восстановительной плавки; 21: питающее отверстие; 22: выход для продукта восстановления; 30: пылеуловитель; 31: отверстие для извлечения дымовых газов; 40: устройство подачи низкосортной свинцово-цинковой руды; 41: отверстие для подачи низкосортной свинцово-цинковой руды; 50: устройство измельчения и отсева; 51: вход для просеиваемого материала; 52: выход для просеиваемого материала; 60: устройство рекуперации отходящего тепла; 70: устройство подачи восстановительного топлива; 71: отверстие для подачи восстановительного топлива; 80: прессовальное устройство; 90: вакуумирующее устройство; 91: охлаждающее устройство.

Подробное описание воплощений

Следует отметить, что воплощения в описании изобретения и признаки в воплощениях могут быть взаимно объединены, если они не противоречат друг другу. В описании изобретения представлено подробное объяснение со ссылками на чертежи в сочетании с указанными ниже воплощениями.

Как описано в разделе «Уровень техники», существующие низкосортные свинцово-цинковые оксидные руды, которые встречаются в форме силиката цинка, карбоната цинка, сульфида цинка, карбоната свинца и сульфида свинца, трудно разделить посредством флотации или гидрометаллургии. Для решения этой проблемы в типичном воплощении настоящего изобретения предусмотрен способ извлечения цинка из низкосортных свинцово-цинковых руд, в котором устройство, используемое в способе, включает устройство восстановительной плавки и пылеуловитель, соединенные друг с другом, при этом общее содержание свинца и цинка в низкосортной свинцово-цинковой руде составляет менее 20 масс.%, и цинк и свинец находятся в форме силиката цинка, карбоната цинка, сульфида цинка, карбоната свинца и сульфида свинца, причем способ включает осуществление реакции восстановительной плавки низкосортной свинцово-цинковой руды, восстановительного топлива и церуссита с получением оксида цинка и содержащего свинец шлака.

В процессе восстановления и плавки карбонат цинка и карбонат свинца в материале сначала разлагаются до оксида цинка и оксида свинца. По мере повышения температуры реакции оксид цинка и силикат цинка вступают в реакцию с восстановительным топливом с образованием паров цинка. Пары цинка собирают с помощью пылеуловителя и затем окисляют с получением мелкодисперсного оксида цинка. Поскольку атмосфера в устройстве восстановительной плавки является сильно восстановительной атмосферой, сульфид свинца и сульфид цинка в материале не восстанавливаются и не испаряются. В то время как оксид цинка в материале проходит реакцию восстановления, происходит окислительно-восстановительная реакция между оксидом свинца и сульфидом цинка с получением сульфида свинца и

оксида цинка, и затем оксид цинка вступает в реакцию с восстановительным топливом, и наконец, элементарный цинк в сульфиде цинка также обогащается до мелкодисперсного оксида цинка, собираемого пылеуловителем.

По сравнению с другими исходными материалами для получения металлического цинка и металлического свинца, низкосортная свинцово-цинковая оксидная руда, используемая в настоящем изобретении, обеспечивает более низкую стоимость, что дает преимущества для использования и разработки низкосортной свинцово-цинковой оксидной руды в Китае. В процессе восстановительной плавки происходит окислительно-восстановительная реакция между сульфидом цинка и оксидом свинца исходных материалов. Элементарный цинк в низкосортных свинцово-цинковых оксидных рудах обогащают и отделяют в виде высокосортного мелкодисперсного оксида цинка, при этом степень восстановления и испарения элементарного цинка из исходного материала составляет более 98%, тем самым элементарные цинк и свинец эффективно отделяют от исходных руд. Кроме того, высокосортную свинцово-цинковую оксидную руду и печной шлак, богатый сульфидом свинца, полученные в настоящем изобретении, можно в дальнейшем использовать для получения металлического цинка и металлического свинца, и способ позволяет повысить эффективность использования исходных материалов. В заключение следует отметить, что вышеуказанный способ извлечения способствует повышению эффективности разделения элементов свинца и цинка из низкосортных свинцово-цинковых руд, тем самым повышая экономическую выгоду.

Основным компонентом церуссита является карбонат свинца, причем свинец иногда частично замещен серебром или хромом.

В предпочтительном воплощении температура восстановительной плавки составляет от 1000°C до 1300°C, и время реакции составляет от 0,5 часа до 2 часов. Температура восстановительной плавки включает вышеуказанный диапазон, но не ограничена им, при этом ограничение ее вышеуказанным диапазоном дает преимущество в отношении повышения эффективности испарения цинка и скорости образования сульфида свинца. Предпочтительно температура восстановительной плавки составляет от 1100°C до 1300°C, и время реакции составляет от 0,5 часа до 1 часа.

Для дальнейшего повышения эффективности процесса восстановительной плавки, предпочтительно процесс восстановительной плавки осуществляют с запрограммированной температурой. Запрограммированная температура позволит осуществлять процесс восстановительной плавки в стабилизированных температурных условиях, таким образом повышая степень превращения прореагировавших исходных материалов, чтобы улучшить эффективность разделения элементарного цинка и элементарного свинца.

В предпочтительном воплощении способ программированного повышения температуры включает нагрев реакционной системы восстановительной плавки до температуры восстановительной плавки со скоростью от 5 до 15°C/мин и поддержание температуры реакционной системы восстановительной плавки при температуре восстановительной плавки в течение от 0,5 часа до 2 часов; снижение температуры реакционной системы восстановительной плавки до комнатной температуры со скоростью от 5°C до 15°C/мин.

Температура в каждой секции регулирования температуры и скорость повышения или понижения температуры в ходе способа с запрограммированной температурой включают, но не ограничены вышеуказанными диапазонами, при этом ограничение этих параметров вышеуказанными диапазонами дает преимущество в отношении дальнейшего повышения эффективности разделения и степени превращения

элементарного цинка и элементарного свинца, тем самым повышая экономические выгоды указанного выше способа извлечения.

В вышеуказанном способе восстановления и плавки процесс восстановительной плавки можно выполнять в устройстве восстановления, обычно используемом в данной области техники. В предпочтительном воплощении процесс восстановительной плавки осуществляют во вращающейся печи. Осуществление процесса восстановительной плавки во вращающейся печи дает преимущество в отношении дальнейшего повышения эффективности восстановительной плавки, тем самым увеличивая степень извлечения элементарных цинка и свинца.

Предпочтительно вращающаяся печь имеет скорость вращения от 0,3 до 1,5 об/мин, и вращающаяся печь имеет наклон от 2° до 8° относительно горизонтальной плоскости. Скорость вращения и наклон вращающейся печи включают вышеуказанные диапазоны, но не ограничены ими, при этом ограничение этих параметров вышеуказанными диапазонами дает преимущества в отношении повышения эффективности восстановления исходного материала, увеличения площади контакта между низкосортной свинцово-цинковой рудой и восстановительным исходным материалом, тем самым также повышая степень извлечения элементарных цинка и свинца. Более предпочтительно угол наклона печи относительно горизонтальной плоскости составляет 4°-6°.

В другом предпочтительном воплощении устройство восстановительной плавки представляет собой вакуумное устройство восстановительной плавки, и способ включает осуществление процесса восстановительной плавки с низкосортной свинцово-цинковой рудой, восстановительным топливом и церусситом в вакуумном устройстве восстановительной плавки с получением металлического цинка и содержащего свинец шлака.

В процессе вакуумного восстановления и плавки карбонат цинка и карбонат свинца в исходном материале сначала разлагаются до оксида цинка и оксида свинца по мере повышения температуры, и затем оксид цинка и силикат цинка взаимодействуют с восстановительным топливом, при этом цинк отделяется от низкосортной свинцово-цинковой оксидной руды с получением паров металлического цинка. Поскольку атмосфера в вакуумном устройстве восстановительной плавки является сильно восстановительной атмосферой, сульфид свинца и сульфид цинка в исходном материале не восстанавливаются и не испаряются. Нелетучий сульфид цинка проходит окислительно-восстановительную реакцию с оксидом свинца в исходном материале с получением сульфида свинца и оксида цинка, и полученный оксид цинка проходит окислительно-восстановительную реакцию с восстановительным исходным материалом. Наконец, элементарный цинк из сульфида цинка также отделяют в форме паров цинка.

По сравнению с другими исходными материалами для получения металлического цинка и металлического свинца, низкосортная свинцово-цинковая оксидная руда, используемая в настоящем описании, обеспечивает более низкую стоимость, что дает преимущества для использования и разработки низкосортной свинцово-цинковой оксидной руды в Китае. Посредством указанного способа извлечения элементарный цинк в низкосортных свинцово-цинковых оксидных рудах обогащают и отделяют в виде элементарного цинка, при этом степень восстановления и испарения цинка в исходном материале может достигать приблизительно 99%, и одновременно получают содержащий свинец шлак. Наконец, вышеуказанный способ извлечения является эффективным для разделения элементарных свинца и цинка из низкосортных свинцово-цинковых руд, тем самым повышая экономическую выгоду.

В предпочтительном воплощении степень вакуума процесса восстановительной плавки составляет от 1 Па до 200 Па, температура реакции составляет от 900°C до 1200°C, и время реакции составляет от 0,5 часа до 2 часов. Время реакции в способе восстановительной плавки, температура восстановительной плавки и степень вакуума включают вышеуказанные диапазоны, но не ограничены ими, при этом ограничение этих параметров вышеуказанными диапазонами дает преимущество в отношении эффективности испарения цинка и скорости образования сульфида свинца. Более предпочтительно степень вакуума процесса восстановительной плавки составляет от 1 Па до 100 Па, температура реакции составляет от 1100°C до 1200°C, и время реакции составляет от 1 часа до 2 часов.

Способ извлечения является эффективным для разделения элементарных свинца и цинка из низкосортных свинцово-цинковых руд. В предпочтительном воплощении перед восстановительной плавкой способ дополнительно включает измельчение и прессование смеси низкосортной свинцово-цинковой руды, восстановительного топлива и церуссита последовательно с получением заготовки, и проведение реакции восстановительной плавки заготовки с получением металлического цинка и содержащего свинец шлака.

Перед восстановительной плавкой исходные материалы измельчают и затем прессуют в виде заготовок, что не только способствует повышению эффективности восстановительной плавки, а также способствует снижению образования пыли. Таким образом, добавление вышеуказанных стадий способствует не только улучшению экономических параметров всего способа извлечения, но и повышению экологической безопасности.

Предпочтительно способ измельчения включает стадию измельчения смеси с помощью шаровой мельницы, более предпочтительно шаровая мельница имеет скорость вращения от 100 об/мин до 600 об/мин, и время измельчения составляет от 2 ч до 10 ч. В процессе измельчения скорость вращения и время измельчения шаровой мельницы включают вышеуказанные диапазоны, но не ограничены ими, в то время как ограничение этих параметров вышеуказанными диапазонами дает преимущества в отношении снижения проблем прессования. Предпочтительно процесс прессования включает стадию прессования смеси при давлении от 150 МПа до 250 МПа. Давление в процессе прессования включает, но не ограничено вышеуказанным диапазоном, при этом его ограничение вышеуказанным диапазоном способствует не только прессованию исходного материала с получением заданной формы при снижении количества пыли, но и улучшению преобразования заготовок в процессе восстановительной плавки.

Для облегчения сбора полученного металлического цинка, предпочтительно устройство, используемое в вышеуказанном способе извлечения, дополнительно включает охлаждающее устройство, и после процесса восстановительной плавки способ извлечения также включает применение охлаждающего устройства для охлаждения газообразного продукта, полученного в реакции восстановительной плавки, с получением металлического цинка; предпочтительно устройство, используемое в способе, дополнительно содержит устройство рекуперации отходящего тепла, расположенное на пути потока между вакуумным устройством восстановительной плавки и охлаждающим устройством, и способ дополнительно включает применение устройства рекуперации отходящего тепла для утилизации отходящего тепла газообразного продукта, полученного в реакции восстановительной плавки, и затем охлаждение газообразного продукта, который был подвергнут стадии рекуперации отходящего тепла с помощью охлаждающего устройства с получением металлического цинка.

Предпочтительно вакуумное устройство восстановительной плавки представляет собой вакуумную печь.

В предпочтительном воплощении молярное отношение сульфида цинка к карбонату свинца в смеси низкосортной свинцово-цинковой руды, восстановительного топлива и церуссита составляет 1: (0,5~2). Молярное отношение сульфида цинка к карбонату свинца включает, но не ограничено вышеуказанным диапазоном, при этом его ограничение вышеуказанным диапазоном даст преимущество в отношении повышения степени извлечения и эффективности разделения элементарных цинка и свинца. Предпочтительно молярное отношение сульфида цинка к карбонату свинца в смеси низкосортной свинцово-цинковой руды, восстановительного топлива и церуссита составляет 1: (0,8~1,2).

Для вышеуказанного процесса восстановления и плавки могут быть выбраны традиционные восстановители для данной области техники. В предпочтительном воплощении восстановительное топливо включает, но не ограничено перечисленным, одно или более материалов из группы, состоящей из древесного угля, активированного угля, графита, нефтяного кокса, угля и сажи.

Предпочтительно более 90 масс.% элементарного цинка в низкосортной свинцово-цинковой руде находится в форме силиката цинка, карбоната цинка или сульфида цинка, и более 90 масс.% элементарного свинца находится в форме карбоната свинца и/или сульфида свинца. Использование материала вышеуказанного состава дает преимущество в отношении дальнейшего увеличения степени извлечения элементарных цинка и свинца.

В другом аспекте настоящей заявки также обеспечивают систему извлечения цинка из низкосортных свинцово-цинковых руд. Как показано на Фиг. 1, система включает устройство 10 подачи церуссита, устройство 20 восстановительной плавки и пылеуловитель 30. Устройство 10 подачи церуссита снабжено отверстием 11 для подачи церуссита; устройство 20 восстановительной плавки снабжено питающим отверстием 21 и выходом 22 для продукта восстановления. Питающее отверстие 21 соединено с отверстием 11 для подачи церуссита, пылеуловитель 30 снабжен отверстием 31 для извлечения дымовых газов, и отверстие 31 для извлечения дымовых газов соединено с выходом 22 для продукта восстановления посредством подающего трубопровода для продукта восстановления.

Система включает устройство 10 подачи церуссита, устройство 20 восстановительной плавки и пылеуловитель 30. Церуссит подают в блок 20 восстановительной плавки с помощью устройства 10 подачи церуссита. Впоследствии, в процессе восстановления и плавки карбонат цинка и карбонат свинца в материале сначала разлагаются до оксида цинка и оксида свинца. По мере повышения температуры реакции оксид цинка и силикат цинка вступают в реакцию с восстановительным топливом с образованием паров цинка. Пары цинка собирают в пылеуловитель и затем окисляют с образованием мелкодисперсного оксида цинка. Поскольку атмосфера в устройстве 20 восстановительной плавки является сильно восстановительной атмосферой, сульфид свинца и сульфид цинка в материале не восстанавливаются и не испаряются.

В то время как оксид цинка в материале подвергается реакции восстановления, происходит окислительно-восстановительная реакция между оксидом свинца и сульфидом цинка с получением сульфида свинца и оксида цинка, и затем полученный оксид цинка реагирует с восстановительным топливом, и наконец, цинк в сульфиде цинка также обогащается до мелкодисперсного оксида цинка, собираемого пылеуловителем 30. При обработке низкосортной свинцово-цинковой оксидной руды степень испарения цинка из исходной руды составляет более 98%, и содержание цинка в полученном мелкодисперсном оксиде цинка составляет более 60 мас.%.

Извлечение цинка из низкосортной свинцово-цинковой руды с помощью системы извлечения дает преимущество в отношении повышения эффективности извлечения цинка. В предпочтительном

воплощении, как показано на Фиг. 1, вышеуказанная система извлечения дополнительно содержит устройство 40 подачи низкосортной свинцово-цинковой руды и устройство 70 подачи восстановительного топлива. Устройство 40 подачи низкосортной свинцово-цинковой руды снабжено отверстием 41 для подачи низкосортной свинцово-цинковой руды, устройство 70 подачи восстановительного топлива снабжено отверстием 71 для подачи восстановительного топлива, и оба отверстия, отверстие 41 для подачи низкосортной свинцово-цинковой руды и отверстие 71 подачи восстановительного топлива, соединены с питающим отверстием 21. Обеспечение устройства 40 подачи низкосортной свинцово-цинковой руды и устройства 70 подачи восстановительного топлива позволит повысить степень автоматизации устройства извлечения, тем самым снижая трудозатраты оператора и обеспечивая возможность регулирования степени превращения реакции процесса восстановительной плавки путем регулирования скорости подачи.

Устройство 40 подачи низкосортной свинцово-цинковой руды значительно снижает трудоемкость извлечения цинка из низкосортной свинцово-цинковой руды. В предпочтительном воплощении, как показано на Фиг. 1, система дополнительно включает устройство 50 измельчения и отсева, снабженное входом 51 для просеиваемого материала и выходом 52 для просеиваемого материала. Вход 51 для просеиваемого материала соединен соответственно с отверстием 11 для подачи церуссита и устройством 40 подачи низкосортной свинцово-цинковой руды, и выход 52 для просеиваемого материала соединен с питающим отверстием 21. Устройство 50 измельчения и отсева можно использовать для измельчения и отсева исходных материалов перед процессом восстановительной плавки, что способствует увеличению площади контакта реагирующих исходных материалов и повышению выхода восстановительной плавки.

В предпочтительном воплощении система дополнительно включает устройство мониторинга температуры для отслеживания температуры устройства 20 восстановительной плавки в режиме реального времени. Устройство мониторинга температуры установлено для отслеживания температуры в устройстве 20 восстановительной плавки в режиме реального времени, благодаря чему обеспечивают точный контроль температуры в течение процесса восстановительной плавки и повышают эффективность восстановления содержащих цинк компонентов.

В предпочтительном воплощении, как показано на Фиг. 1, система дополнительно включает устройство 60 рекуперации отходящего тепла, расположенного на подающем трубопроводе для продукта восстановления. Обеспечение устройства 60 рекуперации отходящего тепла на подающем трубопроводе для продукта восстановления дает преимущество в отношении повышения коэффициента использования энергии способа в целом и повышения эффективности преобразования содержащего цинк пара в мелкодисперсный оксид цинка.

В предпочтительном воплощении, как показано на Фиг. 2, система извлечения дополнительно включает прессовальное устройство 80, расположенное в подающем трубопроводе для исходного материала между устройством 50 измельчения и отсева и устройством 20 восстановительной плавки. Перед восстановительной плавкой исходный материал, отведенный из устройства 50 измельчения и отсева, вводят в прессовальное устройство 80, в котором исходный материал прессуют в виде заготовок. Это способствует не только повышению эффективности восстановительной плавки, но и снижению образования пыли. Таким образом, добавляя вышеуказанные стадии не только способствуют улучшению экономических параметров способа извлечения в целом, но и повышают экологическую безопасность.

В выше указанной системе извлечения в качестве устройства 20 восстановительной плавки можно использовать плавильное устройство, обычно используемое в технике. В предпочтительном воплощении

устройство 20 восстановительной плавки представляет собой вращающуюся печь. Применение вращающейся печи в качестве устройства 20 восстановительной плавки дает преимущество в отношении дополнительного улучшения эффективности восстановления цинка в процессе восстановительной плавки.

Угол наклона нижней поверхности камеры сгорания вышеуказанной вращающейся печи может представлять собой традиционный угол наклона в данной области техники. В предпочтительном воплощении нижняя поверхность камеры сгорания устройства 20 восстановительной плавки (вращающейся печи) имеет наклон от 2 до 8° относительно горизонтальной плоскости. Наклон нижней поверхности камеры сгорания устройства 20 восстановительной плавки (вращающейся печи) включает вышеуказанный диапазон, но не ограничен им, при этом ограничение его вышеуказанным диапазоном дает преимущество в отношении дополнительного повышения эффективности извлечения цинка.

Более предпочтительно нижняя поверхность камеры сгорания устройства 20 восстановительной плавки (вращающейся печи) имеет наклон от 4 до 6° относительно горизонтальной плоскости. Ограничение наклона нижней поверхности камеры сгорания устройства 20 восстановительной плавки (вращающейся печи) до вышеуказанного диапазона дает преимущество в отношении дальнейшего повышения эффективности извлечения цинка.

В другом предпочтительном воплощении система дополнительно включает вакуумирующее устройство 90, находящееся в сообщении с выходом 22 для продукта восстановления, предназначенное для обеспечения вакуумной среды в устройстве 20 восстановительной плавки.

В еще одном предпочтительном воплощении система извлечения дополнительно включает охлаждающее устройство 91, расположенное в подающем трубопроводе для паров цинка между выходом 22 для продукта восстановления и вакуумирующим устройством 90, и охлаждающее устройство 91 предназначено для преобразования паров цинка, отведенных из устройства 20 восстановительной плавки, в твердое состояние.

Настоящее изобретение дополнительно подробно описано ниже в связи с воплощениями, которые нельзя рассматривать как ограничение объема защиты настоящего изобретения.

Основными фазовыми компонентами свинцово-цинковой оксидной руды в примерах 1-14 и сравнительном примере 2 являются доломит ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), сфалерит ($\text{Zn}_{0,776}\text{Fe}_{0,224}\text{S}$), кальцит (CaCO_3), церуссит (PbCO_3) и гемиморфитовая руда ($\text{Zn}_4\text{Si}_2\text{O}_7(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$). Образцы имели размер 0,074 мм, и в образцах исследовали химические фазы свинца и цинка. В руде химическими фазами свинца в основном являются карбонат свинца и сульфид свинца, на долю которых приходится 74,10 масс.% и 15,47 масс.% от общего количества фазы свинца; химическими фазами цинка в основном являются карбонат цинка, силикат цинка и сульфид цинка, на долю которых приходится, соответственно, 28,14 масс.%, 43,36 масс.% и 25,24 масс.% от общего количества фазы цинка. Пустая порода в образцах в основном представляет собой кальцит и доломит, плюс небольшое количество кварца, полевого шпата, барита, слюды и апатита, и т.д. Минеральный состав и содержание компонентов в руде приведены в таблицах 1-3.

Таблица 1

Фаза	Сульфат свинца	Карбонат свинца	Сульфид свинца	Лимонит	Общее содержание свинца
Содержание свинца, масс.%	0,026	3,88	0,81	0,52	5,236

Доля свинца, %	0,5	74,1	15,47	9,93	100
----------------	-----	------	-------	------	-----

Таблица 2

Фаза	Карбонат цинка	Силикат цинка	Сульфид цинка	Лимонит	Общее содержание цинка
Содержание цинка, масс. %	3,2	4,93	2,87	0,37	11,37
Доля цинка, %	28,14	43,36	25,24	3,25	100

Таблица 3

Название минерала	Содержание масс. %	Название минерала	Содержание, масс. %
Церуссит	5	Лимонит	18,5
Англезит	0,04	Доломит	27,2
Галенит	0,94	Кальцит	17,96
Гемиморфитовая руда	9,09	Кварц	1,27
Смитсонит	6,69	Слюда	0,97
Сфалерит	4,46	Полевой шпат	0,86
Пирит	6,18	Другие	0,84

(I) Прямое восстановительное плавление

В примерах 1-8 цинк извлекают из низкосортной свинцово-цинковой руды посредством применения устройства извлечения, представленного на Фиг. 1.

Пример 1

Низкосортную свинцово-цинковую оксидную руду, угольную пыль и церуссит однородно перемешивают в соответствии с массовым отношением 100:10:3 (молярное отношение сульфида цинка к карбонату свинца в исходном материале составляет 1:1.1), при этом низкосортная свинцово-цинковая оксидная руда содержит 4,95 масс.% S, 5,28 масс.% Pb, 11,4 масс.% Zn, 14,50 масс.% Fe, 13,14 масс.% Ca, 3,60 масс.% Mg, 0,17 масс.% Na, 0,14 масс.% K, 0,42 масс.% Al, 0,0045 масс.% Ge и т.д.; фиксированное содержание углерода в угольном порошке составляет 48,59 масс.%, и содержание свинца в церуссите составляет 71,11 масс. %.

Смешанный исходный материал подают во вращающую печь (наклон составляет 5°), в которую вводят газообразный азот со скоростью 0,8 л/мин, нагревают до температуры 1200°C при скорости повышения температуры 5°C/мин, выдерживают при этой температуре в течение 1 ч и затем охлаждают до комнатной температуры со скоростью 5°C/мин, в процессе этого вращающуюся печь вращают со скоростью 0,56 об/мин.

В ходе эксперимента сульфид цинка в низкосортной свинцово-цинковой оксидной руде вступает в окислительно-восстановительную реакцию с оксидом свинца в исходном материале с образованием сульфида свинца и оксида цинка, и силикат цинка и оксид цинка в исходном материале подвергаются реакции восстановления угольным порошком и испарению с получением паров цинка. Пары цинка собирают с помощью пылеуловителя, и пары цинка повторно окисляют до высокосортного мелкодисперсного оксида цинка в течение процесса сбора. После восстановления и испарения во вращающейся печи степень испарения цинка и свинца из исходной руды составляет 98,2% и 6,8%, соответственно. Содержание цинка в полученном мелкодисперсном оксиде цинка составляет 60,5 масс.%. Содержание цинка и свинца в печном шлаке составляет 0,42 масс.% и 7,58 масс.%, соответственно. Высокосортный мелкодисперсный оксид цинка и полученный шлак печи в дальнейшем можно использовать для получения металлического цинка и металлического свинца.

Пример 2

Низкосортную свинцово-цинковую оксидную руду, угольную пыль и церуссит однородно перемешивают в соответствии с массовым отношением 100:20:5, при этом низкосортная свинцово-цинковая оксидная руда содержит 4,95 масс.% S, 5,28 масс.% Pb, 11,4 масс.% Zn, 14,50 масс.% Fe, 13,14 масс.% Ca, 3,60 масс.% Mg, 0,17 масс.% Na, 0,14 масс.% K, 0,42 масс.% Al, 0,0045 масс.% Ge и т.д.; фиксированное содержание углерода в угольном порошке составляет 48,59 масс.%, и содержание свинца в церуссите составляет 71,11 масс.%. молярное отношение $PbCO_3$ к ZnS составляет 1:0,87.

Смешанный исходный материал подают во вращающуюся печь (наклон составляет 5°), в которую вводят газообразный азот со скоростью 0,8 л/мин, нагревают до температуры 1250°C при скорости повышения температуры 5°C/мин, выдерживают при этой температуре в течение 1 ч и затем охлаждают до комнатной температуры со скоростью 5°C/мин, в течение этого вращающуюся печь вращают со скоростью 0,56 об/мин.

В ходе эксперимента сульфид цинка в низкосортной свинцово-цинковой оксидной руде вступает в окислительно-восстановительную реакцию с оксидом свинца в исходном материале с образованием сульфида свинца и оксида цинка, и силикат цинка и оксид цинка в исходном материале подвергаются реакции восстановления угольным порошком и испарению. Пары цинка собирают с помощью пылеуловителя, и пары цинка повторно окисляют до высокосортного мелкодисперсного оксида цинка в течение процесса сбора. После восстановления и испарения во вращающейся печи степень испарения цинка и свинца из исходной руды составляет 98,8% и 7,3%, соответственно. Содержание цинка в полученном мелкодисперсном оксиде цинка составляет 61,2 масс.%. Содержание цинка и свинца в печном шлаке составляет 0,33 масс.% и 6,68 масс.% соответственно. Высокосортный мелкодисперсный оксид цинка и полученный шлак печи в дальнейшем можно использовать для получения металлического цинка и металлического свинца.

Пример 3

Отличие данного примера от примера 1 состоит в том, что молярное отношение сульфида цинка к карбонату свинца в реагирующем исходном материале составляет 1:2.

После восстановления и испарения во вращающей печи, степень испарения цинка и свинца из исходной руды составляет 95,9 % и 9,5 %, соответственно. Содержание цинка в полученном

мелкодисперсном оксиде цинка составляет 55,7 масс.%. Содержание цинка и свинца в печном шлаке составляет 0,39 масс.% и 9,06 масс.%, соответственно.

Пример 4

Отличие данного примера от примера 1 состоит в том, что молярное отношение сульфида цинка к карбонату свинца в реагирующем исходном материале составляет 1:0,5.

После восстановления и испарения во вращающей печи, степень испарения цинка и свинца из исходной руды составляет 93,80 % и 5,4 %, соответственно. Содержание цинка в полученном мелкодисперсном оксиде цинка составляет 53,3 масс.%. Содержание цинка и свинца в печном шлаке составляет 0,94 масс.% и 9,1 масс.%, соответственно.

Пример 5

Отличие данного примера от примера 1 состоит в способе с запрограммированной температурой, включающем нагрев реакционного материала восстановительной плавки до температуры восстановительной плавки со скоростью 20°C/мин и выдержку при температуре восстановительной плавки в течение 1 ч; снижение температуры реакционной системы восстановительной плавки до комнатной температуры со скоростью 10°C/мин.

После восстановления и испарения во вращающей печи, степень испарения цинка и свинца из исходной руды составляет 96,0 % и 5,4 %, соответственно. Содержание цинка в полученном мелкодисперсном оксиде цинка составляет 55 масс.%. Содержание цинка и свинца в печном шлаке составляет 0,66 масс.% и 8,23 масс.%, соответственно.

Пример 6

Отличие данного примера от примера 1 состоит в том, что способ восстановительной плавки осуществляют посредством прямого нагрева.

После восстановления и испарения во вращающейся печи, степень испарения цинка и свинца из исходной руды составляет 95 % и 8,44 %, соответственно. Содержание цинка в полученном мелкодисперсном оксиде цинка составляет 53 масс.%. Содержание цинка и свинца в печном шлаке составляет 0,57 масс.% и 7,20 масс.% соответственно.

Пример 7

Отличие данного примера от примера 1 состоит в том, что температура процесса восстановительной плавки составляет 1100°C, и время реакции составляет 1 ч.

После восстановления и испарения во вращающейся печи, степень испарения цинка и свинца в исходной руде составляет 94% и 5,2%, соответственно. Содержание цинка в полученном мелкодисперсном оксиде цинка составляет 51 масс.%. Содержание цинка и свинца в печном шлаке составляет 0,98 масс.% и 8,43 масс.%, соответственно.

Пример 8

Отличие данного примера от примера 1 состоит в том, что наклон вращающейся печи составляет 2°.

После восстановления и испарения во вращающейся печи степень испарения цинка и свинца из исходной руды составляет 95,1 % и 5,8 %, соответственно. Содержание цинка в полученном мелкодисперсном оксиде цинка составляет 53 масс.%. Содержание цинка и свинца в печном шлаке составляет 0,58 масс.% и 8,29 масс.%, соответственно.

Сравнительный пример 1

Отличие данного примера от примера 1 состоит в том, что церуссит не добавляют.

После восстановления и испарения во вращающейся печи, степень испарения цинка и свинца из исходной руды составляет 80% и 2,1 %, соответственно. Содержание цинка в полученном мелкодисперсном оксиде цинка составляет 39 масс.%. Содержание цинка и свинца в печном шлаке составляет 8,20 масс.% и 9,78 масс.%, соответственно.

Из представленного выше описания, видно, что в примерах по настоящему изобретению достигают следующих технических эффектов.

Из сравнения примера 1 и сравнительного примера 1 видно, что способ, обеспеченный в настоящей заявке, дает преимущество в отношении повышения степени разделения и степени извлечения цинка и свинца из низкосортной свинцово-цинковой оксидной руды.

Из сравнения примеров 1-4 видно, что ограничение молярного отношения сульфида цинка к карбонату свинца в реакционном исходном материале до предпочтительного диапазона настоящей заявки дает преимущество в отношении повышения степени разделения и степени извлечения цинка и свинца из низкосортной свинцово-цинковой оксидной руды.

Из сравнения примеров 1, 5 и 6 видно, что ограничение параметров программируемого подъема температуры и параметров способа предпочтительными диапазонами настоящей заявки дает преимущество в отношении повышения степени разделения и степени извлечения цинка и свинца из низкосортной свинцово-цинковой оксидной руды.

Из сравнения примеров 1 и 7 видно, что ограничение температуры и времени восстановительной плавки предпочтительными диапазонами настоящей заявки дает преимущество в отношении повышения степени разделения и степени извлечения цинка и свинца из низкосортной свинцово-цинковой оксидной руды.

Из сравнения примеров 1 и 8 видно, что ограничение наклона вращающейся печи предпочтительным диапазоном настоящей заявки дает преимущество в отношении повышения степени разделения и степени извлечения цинка и свинца из низкосортной свинцово-цинковой оксидной руды.

(II) Способ вакуумной плавки

Пример 9

Низкосортную свинцово-цинковую оксидную руду, активированный уголь и церуссит однородно перемешивают в соответствии с массовым отношением 100:5:3, при этом низкосортная свинцово-цинковая оксидная руда содержит 4,95 масс.% S, 5,28 масс.% Pb, 11,4 масс.% Zn, 14,50 масс.% Fe, 13,14 масс.% Ca, 3,60 масс.% Mg, 0,17 масс.% Na, 0,14 масс.% K, 0,42 масс.% Al и 0,0045 масс.% Ge; чистота активированного угля составляет 97 масс.%, и содержание свинца в церуссите составляет 71,11 масс.%. Молярное отношение ZnS к $PbCO_3$ в исходном материале составляет 1:0,91.

Исходные материалы измельчают в шаровой мельнице в течение 2 ч. Скорость вращения шаровой мельницы составляет 350 об/мин, так что исходные материалы полностью и однородно перемешивают. Измельченные в шаровой мельнице исходные материалы прессуют в виде цилиндрических блоков с помощью прессовального устройства под давлением 230 МПа, и цилиндрические блоки имеют размер $\varnothing 1,8\text{см} \times 0,5\text{см}$.

Блоки помещают в вакуумное устройство восстановительной плавки (вакуумную печь), нагревают до температуры 1200°C при подъеме температуры со скоростью 5°C/мин, выдерживают при этой температуре в течение 1 ч и затем охлаждают до комнатной температуры со скоростью 5°C/мин, при этом давление в вакуумном устройстве восстановительной плавки (вакуумной печи) поддерживают 100 Па.

В ходе эксперимента сульфид цинка в низкосортной свинцово-цинковой оксидной руде подвергается окислительно-восстановительной реакции с оксидом свинца в исходном материале с образованием сульфида свинца и оксида цинка, силикат цинка и оксид цинка в исходном материале подвергаются реакции восстановления угольным порошком и испарению, и пары цинка собирают с помощью устройства конденсации. После отделения степень испарения цинка и свинца из исходной руды составляет 99,5% и 5,3%, соответственно. Полученный металлический цинк содержит небольшое количество свинца и германия, при этом содержание цинка составляет 93,4 масс.%. Содержание цинка и свинца в печном шлаке составляет 0,22 масс.% и 7,38 масс.%, соответственно. Металлический цинк высокой чистоты и полученный шлак печи далее можно использовать для производства металлического цинка и металлического свинца.

Пример 10

Низкосортную свинцово-цинковую оксидную руду, угольную пыль и церуссит однородно перемешивают в соответствии с массовым отношением 100:10:5, при этом низкосортная свинцово-цинковая оксидная руда содержит 4,95 масс.% S, 5,28 масс.% Pb, 11,4 масс.% Zn, 14,50 масс.% Fe, 13,14 масс.% Ca, 3,60 масс.% Mg, 0,17 масс.% Na, 0,14 масс.% K, 0,42 масс.% Al и 0,0045 масс.% Ge; чистота активированного угля составляет 97 масс.%, и содержание свинца в церуссите составляет 71,11 масс.%. Молярное отношение ZnS к $PbCO_3$ составляет 1:1,15.

Исходные материалы измельчают в шаровой мельнице в течение 5 ч. Скорость вращения шаровой мельницы составляет 600 об/мин, так что исходные материалы полностью и однородно перемешивают. Измельченные в шаровой мельнице исходные материалы прессуют в виде цилиндрических блоков с помощью прессовального устройства под давлением 230 МПа, и цилиндрические блоки имеют размер $\varnothing 1,8\text{см} \times 0,5\text{см}$.

Блоки помещают в вакуумное устройство восстановительной плавки (вакуумную печь), нагревают до температуры 1200°C при подъеме температуры со скоростью 5°C/мин, выдерживают при этой температуре в течение 1 ч и затем охлаждают до комнатной температуры со скоростью 5°C/мин, при этом давление в вакуумном устройстве восстановительной плавки (вакуумной печи) поддерживают при 50 Па.

В ходе эксперимента сульфид цинка в низкосортной свинцово-цинковой оксидной руде подвергается окислительно-восстановительной реакции с оксидом свинца в исходном материале с образованием сульфида свинца и оксида цинка, силикат цинка и оксид цинка в исходном материале подвергаются реакции восстановления с угольным порошком и испарению, и пары цинка собирают с помощью устройства конденсации. После разделения степень испарения цинка и свинца из исходной руды составляет 99,8% и 5,6% соответственно. Полученный металлический цинк содержит небольшое количество свинца и германия, при этом содержание цинка составляет 92,7 масс.%. Содержание цинка и свинца в печном шлаке составляет 0,12 масс.% и 7,78 масс.% соответственно. Металлический цинк высокой чистоты и полученный шлак печи далее можно использовать для производства металлического цинка и металлического свинца.

Пример 11

Отличие данного примера от примера 9 состоит в том, что молярное отношение сульфида цинка к карбонату свинца в реакционном исходном материале составляет 1:2.

После восстановления и испарения степень испарения цинка и свинца из исходной руды составляет 99,7% и 7,4%, соответственно. Содержание цинка в полученном металлическом цинке составляет 92,9 масс.%. Содержание цинка и свинца в печном шлаке составляет 0,08 масс.% и 8,12 масс.% соответственно.

Пример 12

Отличие данного примера от примера 9 состоит в том, что молярное отношение сульфида цинка к карбонату свинца в реакционном исходном материале составляет 1:0,5.

После восстановления степень испарения цинка и свинца из исходной руды составляет 90,03% и 6,7%, соответственно. Содержание цинка в полученном металлическом цинке составляет 93,5 масс.%. Содержание цинка и свинца в печном шлаке составляет 0,56 масс.% и 9,1 масс.% соответственно.

Пример 13

Отличие данного примера от примера 9 состоит в том, что способ запрограммированного подъема температуры включает нагрев реакционной системы восстановительной плавки до температуры восстановительной плавки со скоростью 20°C/мин и выдержку при температуре восстановительной плавки в течение 1 ч; снижение температуры реакционной системы восстановительной плавки до комнатной температуры со скоростью 10 °C/мин.

После восстановления степень испарения цинка и свинца из исходной руды составляет 99,1% и 6,2%, соответственно. Содержание цинка в полученном металлическом цинке составляет 92,0 масс.%. Содержание цинка и свинца в печном шлаке составляет 0,31 масс.% и 7,89 масс.% соответственно.

Пример 14

Отличие данного примера от примера 9 состоит в том, что способ восстановительной плавки осуществляют посредством прямого нагрева.

После восстановления степень испарения цинка и свинца из исходной руды составляет 98,3% и 6,4%, соответственно. Содержание цинка в полученном металлическом цинке составляет 90,7 масс.%. Содержание цинка и свинца в печном шлаке составляет 0,38 масс.% и 8,02 масс.% соответственно.

Пример 15

Отличие данного примера от примера 9 состоит в том, что температура способа восстановительной плавки составляет 1000 °С и время реакции составляет 1 ч.

После восстановления степень испарения цинка и свинца из исходной руды составляет 93,88% и 5,0%, соответственно. Содержание цинка в полученном металлическом цинке составляет 91,74 масс.%. Содержание цинка и свинца в печном шлаке составляет 0,36 масс.% и 8,20 масс.% соответственно.

Сравнительный пример 2

В отличие от примера 9, церуссит не добавляют, а для восстановления и испарения используют вращающуюся печь.

После восстановления и испарения во вращающейся печи степень испарения цинка и свинца из исходной руды составляет 60% и 2,1%, соответственно. Содержание цинка в полученном мелкодисперсном оксиде цинка составляет 39 масс.%. Содержание цинка и свинца в печном шлаке составляет 8,20 масс.% и 3,11 масс.%, соответственно.

Из приведенного выше описания очевидно, что в примерах по настоящему изобретению достигают следующих технических эффектов.

Из сравнения примера 9 и сравнительного примера 2 видно, что способ, обеспеченный в настоящей заявке, дает преимущество в отношении повышения степени разделения и степени извлечения цинка и свинца из низкосортной свинцово-цинковой оксидной руде.

Из сравнения примеров 9-13 видно, что ограничение молярного отношения сульфида цинка к карбонату свинца при реакции исходного материала предпочтительным диапазоном настоящей заявки дает преимущество в отношении повышения степени разделения и степени извлечения цинка и свинца в низкосортной свинцово-цинковой оксидной руде.

Из сравнения примеров 9, 13 и 14 видно, что ограничение параметров программируемого повышения температуры и параметров способа предпочтительными диапазонами настоящей заявки дает преимущество в отношении повышения степени разделения и степени извлечения цинка и свинца в низкосортной свинцово-цинковой оксидной руде.

Из сравнения примеров 9 и 15 видно, что ограничение температуры и времени восстановительной плавки предпочтительными диапазонами настоящей заявки дает преимущество в отношении повышения степени разделения и степени извлечения цинка и свинца из низкосортной свинцово-цинковой оксидной руде.

Представленное выше представляет собой описание лишь возможных воплощений настоящего изобретения и не предназначено для ограничения объема защиты изобретения. Специалисты в данной области техники могут реализовать изобретение с различными модификациями и изменениями. Любые

изменения, эквивалентные замены, улучшения и т.п., не изменяющие сущности изобретения, подпадают в объем защиты изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ
(измененная)

1. Способ извлечения цинка из низкосортной свинцово-цинковой руды, отличающийся тем, что устройство, используемое в способе, включает устройство восстановительной плавки и пылеуловитель, соединенные друг с другом, при этом общее содержание свинца и цинка в низкосортных свинцово-цинковых рудах составляет менее 20 масс.%, и элементарные цинк и свинец находятся в форме силиката цинка, карбоната цинка, сульфида цинка, карбоната цинка и сульфида цинка, при этом способ включает проведение реакции восстановительной плавки с низкосортной свинцово-цинковой рудой, восстановительным топливом и церусситом для получения мелкодисперсного оксида цинка и содержащего свинец шлака.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что температура восстановительной плавки составляет от 1000°C до 1300°C, и время реакции составляет от 0,5 часа до 2 часа; предпочтительно температура восстановительной плавки составляет от 1100°C до 1300°C, и время реакции составляет от 0,5 часа до 1 часа;

предпочтительно процесс восстановительной плавки осуществляют с запрограммированной температурой.

3. Способ по п.2, отличающийся тем, что способ с запрограммированной температурой включает: нагрев реакционного материала реакции восстановительной плавки до температуры восстановительной плавки со скоростью от 5°C до 15 °C/мин;

выдержку реакционного материала при температуре восстановительной плавки в течение от 0,5 часов до 2 часов;

охлаждение реакционной системы восстановительной плавки до комнатной температуры со скоростью от 5°C до 15 °C/мин.

4. Способ по любому из пп.1-3, отличающийся тем, что устройство восстановительной плавки представляет собой вращающуюся печь и процесс восстановительной плавки осуществляют во вращающейся печи;

предпочтительно вращающаяся печь имеет скорость вращения от 0,3 до 1,5 об/мин, и вращающаяся печь имеет наклон от 2° до 8° относительно горизонтальной плоскости; более предпочтительно наклон вращающейся печи относительно горизонтальной плоскости составляет от 4° до 6°.

5. Способ по п.1, отличающийся тем, что устройство восстановительной плавки представляет собой вакуумное устройство восстановительной плавки, и способ включает осуществление процесса восстановительной плавки с низкосортной свинцово-цинковой рудой, восстановительным топливом и церусситом для восстановительного плавления с получением металлического цинка и содержащего свинец шлака;

предпочтительно степень вакуума процесса восстановительной плавки составляет от 1 Па до 200 Па, температура реакции составляет от 900°C до 1200°C, и время реакции составляет от 0,5 часа до 2

часов; более предпочтительно степень вакуума процесса восстановительной плавки составляет от 1 Па до 100 Па, температура реакции составляет от 1100°C до 1200°C, и время реакции составляет от 1 часа до 2 часов.

6. Способ по п.4 или п.5, отличающийся тем, что перед процессом восстановительной плавки способ дополнительно включает:

измельчение и прессование смеси низкосортной свинцово-цинковой руды, восстановительного топлива и церуссита последовательно с получением заготовки, и осуществление реакции восстановительной плавки с заготовкой с получением металлического цинка и содержащего свинец шлака;

предпочтительно процесс измельчения включает стадию измельчения смеси шаровой мельницей, более предпочтительно скорость вращения шаровой мельницы составляет от 100 об/мин до 600 об/мин, и время измельчения составляет от 2 часов до 10 часов;

предпочтительно процесс прессования включает стадию прессования смеси под давлением от 150 МПа до 250 МПа.

7. Способ по п.6, отличающийся тем, что устройство, используемое в способе, дополнительно включает охлаждающее устройство, и после осуществления процесса восстановительной плавки способ дополнительно включает применение охлаждающего устройства для охлаждения газообразного продукта, полученного в реакции восстановительной плавки, с получением металлического цинка;

предпочтительно устройство, используемое в способе, дополнительно включает устройство рекуперации отходящего тепла, расположенное на пути потока между вакуумным устройством восстановительной плавки и охлаждающим устройством, и способ дополнительно включает применение устройства рекуперации отходящего тепла для извлечения отходящего тепла газообразного продукта, полученного в реакции восстановительной плавки, и затем охлаждение газообразного продукта, который подвергнут стадии рекуперации отходящего тепла с помощью охлаждающего устройства с получением металлического цинка.

8. Способ по п.1, отличающийся тем, что молярное отношение сульфида цинка к карбонату свинца в смеси низкосортной свинцово-цинковой руды, восстановительного топлива и церуссита составляет 1:(0,5-2); предпочтительно молярное отношение сульфида цинка к карбонату свинца в смеси низкосортной свинцово-цинковой руды, восстановительного топлива и церуссита составляет 1:(0,8-1,2); предпочтительно восстановительное топливо выбирают из одного или более материалов, выбранных из группы, состоящей из древесного угля, активированного угля, графита, нефтяного кокса, угля и сажи;

предпочтительно, более 90 масс.% элементарного цинка в низкосортной свинцово-цинковой руде находится в форме силиката цинка, карбоната цинка или сульфида цинка, и более 90 масс.% элементарного свинца находится в форме карбоната свинца и/или сульфида свинца.

9. Система извлечения цинка из низкосортной свинцово-цинковой руды, отличающаяся тем, что она включает:

устройство (10) подачи церуссита, снабженное отверстием (11) для подачи церуссита;

устройство (20) восстановительной плавки, снабженное питающим отверстием (21) и выходом (22) для продукта восстановления, причем питающее отверстие (21) соединено с отверстием (11) для подачи церуссита;

пылеуловитель (30), снабженный отверстием (31) для извлечения дымовых газов, причем отверстие (31) для извлечения дымовых газов соединено с выходом (22) для продукта восстановления через подающий трубопровод для продукта восстановления.

10. Система по п.9, отличающаяся тем, что она дополнительно включает:

устройство (40) подачи низкосортной свинцово-цинковой руды, снабженное отверстием (41) для подачи низкосортной свинцово-цинковой руды, причем отверстие (41) для подачи низкосортной свинцово-цинковой руды соединено с питающим отверстием (21);

устройство (70) подачи восстановительного топлива, снабженное отверстием (71) для подачи восстановительного топлива, причем отверстие (71) для подачи восстановительного топлива соединено с питающим отверстием (21).

11. Система по п.10, отличающаяся тем, что система дополнительно включает устройство (50) измельчения и отсева, снабженное входом (51) для просеиваемого материала и выходом (52) для просеиваемого материала, причем вход (51) для просеиваемого материала соответственно соединен с отверстием (11) для подачи церуссита, отверстием (41) для подачи низкосортной свинцово-цинковой руды и отверстием (71) для подачи восстановительного топлива, и выход (52) для просеиваемого материала соединен с питающим отверстием (21);

предпочтительно система дополнительно включает устройство мониторинга температуры для отслеживания температуры устройства (20) восстановительной плавки в режиме реального времени;

предпочтительно система дополнительно включает устройство (60) рекуперации отходящего тепла, расположенное на подающем трубопроводе для продукта восстановления.

12. Система по п.11, отличающаяся тем, что система дополнительно включает прессовальное устройство (80), расположенное на подающем трубопроводе для исходного материала, между устройством (50) измельчения и отсева и устройством (20) восстановительной плавки.

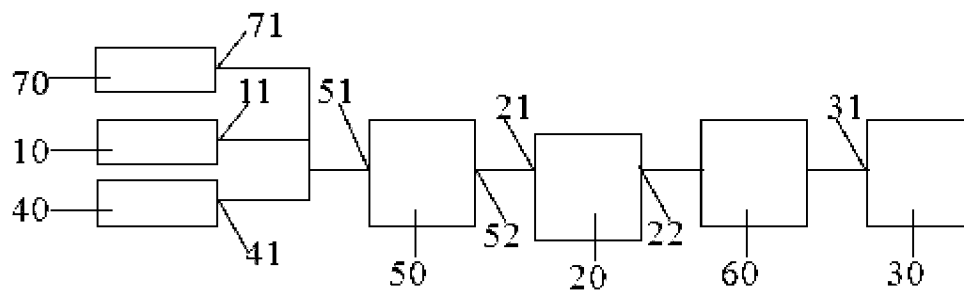
13. Система по п.9, отличающаяся тем, что устройство (20) восстановительной плавки представляет собой вращающуюся печь; предпочтительно нижняя поверхность камеры сгорания устройства (20) восстановительной плавки имеет наклон от 2 до 8° относительно горизонтальной плоскости; более предпочтительно нижняя поверхность камеры сгорания устройства (20) восстановительной плавки имеет наклон от 4 до 6° относительно горизонтальной плоскости.

14. Система по любому из пп.11-13, отличающаяся тем, что система дополнительно включает вакуумирующее устройство (90), соединенное с выходом (22) для продукта восстановления для обеспечения вакуумной среды в устройстве (20) восстановительной плавки;

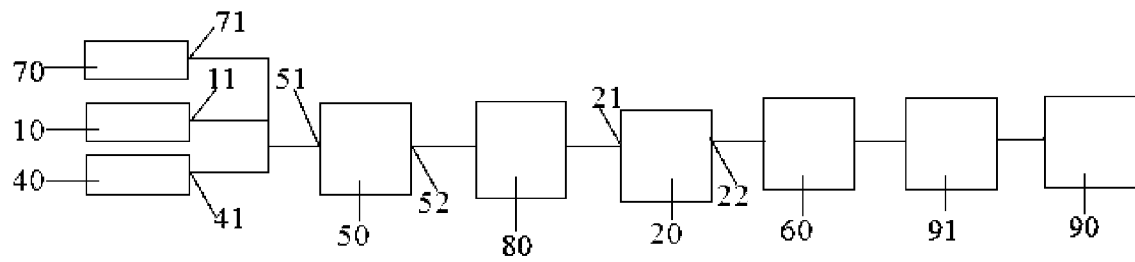
предпочтительно система дополнительно включает охлаждающее устройство (91), расположенное на подающем трубопроводе для паров цинка между выходом (22) для продукта восстановления и

вакуумирующим устройством (90), и охлаждающее устройство (91) предназначено для преобразования паров цинка, отводимых из устройства (20) восстановительной плавки, в твердое состояние.

1/1



Фиг. 1



Фиг. 2