

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **042891**(13) **B1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

- (45) Дата публикации и выдачи патента **2023.03.31**
- (21) Номер заявки **202000192**
- (22) Дата подачи заявки **2020.04.22**
- (51) Int. Cl. **C22B 13/02 (2006.01)
C22B 5/12 (2006.01)
C01B 17/76 (2006.01)
B01D 53/75 (2006.01)**

(54) **СПОСОБ ПЕРЕРАБОТКИ ГАЛЕНИТСОДЕРЖАЩЕГО КОНЦЕНТРАТА**

- (31) **1901343**
- (32) **2019.08.20**
- (33) **TJ**
- (43) **2021.02.26**
- (96) **202000005 (TJ) 2020.04.22**
- (71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**ГАЙБУЛЛАЕВА ЗУМРАТ
ХАБИБОВНА (TJ)**
- (72) Изобретатель:
**Гайбуллаева Зумрат Хабибовна,
Насымов Голибшо Такдирович,
Шарифов Абдумунин (TJ)**
- (56) **МАРЧЕНКО Н.В. Металлургия тяжелых
цветных металлов, [Электронный ресурс]:**
- электрон. учеб. пособие, Красноярск, ИПК СФУ, 2009, с. 1, 11, 21, 27, 28, 30, 33, 34, 45, 46, 85, 278. ISBN 978-5-7638-1776-8, [онлайн], [найдено 2020-11-02]. Найдено в <<https://metal.ru/image/catalog/books/Marchenko.pdf>>
SU-A-35373
RU-C1-2486267
EP-A1-310269
CN-A-1607259
МОЖАРИН В. Производство цветных металлов: Конспект лекций. - Томск, Изд-во Томского политехнического университета, 2007, с. 1, 160-179, [онлайн], [найдено 2020-11-02]. Найдено в <<https://foundry.kpi.ua/wp-content/uploads/2020/05/mozharyn-vp-proyzvodstvo-czvetn%D1%8Bh-metallov.pdf>>

- (57) Изобретение относится к цветной металлургии, а именно к способам переработки галенитсодержащих концентратов, и может быть использовано для производства черного свинца и других сопутствующих веществ. Способ переработки галенитсодержащего концентрата включает окисление галенитсодержащего концентрата кислородом воздуха и восстановление свинца веществами восстановителями, причем окисление осуществляют в реакторе с двойным корпусом, в межкорпусное пространство реактора подают нагретый водяной газ, полученный газификацией углеродистого материала при температуре 1050°C, и теплом водяного газа нагревают галенитсодержащий концентрат и воздух при температуре 1050°C, из зоны реакции окисления смесь твердых оксидов поступает в восстановительный реактор, а водяной газ с температурой 300°C подается снизу в реактор восстановления свинца, реакции восстановления оксида свинца водородом и окисью углерода протекают в интервале температур 350-380°C, из реактора выводят черновой свинец и газовую смесь в теплообменники-холодильники, охлаждают до температур 18-20°C, из состава газовой смеси выделяют водяной конденсат и оставшийся диоксид углерода отправляют в газовое хранилище, из реакционной зоны реактора окисления галенитсодержащего концентрата выводят образующиеся газы и подают их с температурой до 1000°C в межкорпусное пространство реактора нагрева угля, осуществляют нагрев угля при температуре 700°C и выделяют из его состава летучие и смолистые вещества, оставшийся углеродистый материал с температурой 700°C подают в газогенератор и при соотношении C:H₂O=1:1 осуществляют его паровую газификацию для получения водяного газа, из межкорпусного пространства реактора нагрева угля газовую смесь с температурой 700°C подают в котел-утилизатор тепла, затем с температурой до 400°C направляют в реактор окисления сернистого ангидрида, охлаждают в теплообменнике-холодильнике до температур 18-20°C и подают в абсорбер для получения серной кислоты поглощением серного ангидрида водяным конденсатом или разбавленной серной кислотой, освобожденную от серного ангидрида газовую смесь направляют для разделения на отдельные газы в газовом разделителе.

B1**042891****042891 B1**

Изобретение относится к цветной металлургии, а именно к способам переработки галенитсодержащих концентратов, и может быть использовано для производства черного свинца и других сопутствующих веществ.

Известен способ переработки галенитсодержащего концентрата по [1], согласно которому проводят восстановительную шахтную плавку предварительно агломерированного свинцового концентрата в присутствии кокса и воздуха. При этом, примеси с большим сродством к кислороду при плавке образуют шлаки, а с малым сродством к кислороду - восстанавливаются до металла и растворяются в свинце.

Недостатком известного способа является его многостадийность осуществления, в которых свинец частично переходит в различные продукты, переработка которых производится по специальным технологическим схемам, что усложняет процесс извлечения свинца из концентрата. Способ является энергоемким, при его осуществлении образуется большое количество газов, которое не утилизируется и выбрасывается в атмосферу, что имеет серьезное экологическое последствие на окружающую среду.

Наиболее близким к предлагаемому изобретению является способ переработки свинцово-цинковых концентратов по [2], включающий обжиг концентрата в атмосфере кислорода, подачу флюсов и углеродсодержащего восстановителя с получением шихты и последующее ее восстановление. Восстанавливают шихту, состоящую из обожженного концентрата, флюса и углеродсодержащего восстановителя при массовом соотношении обожженного свинцово-цинкового концентрата и восстановителя (1:0.2-0.4) при продувке воздуха или кислорода, используя верхнее не погружное дутье.

Недостатком известного способа является то, что в качестве восстановителя концентрата используется твердый углеродсодержащий материал, в основном кокс, а также требуется применения флюсов, что усложняет процесс переработки концентрата. Способ имеет большие затраты энергии и выбросы вредных газов в атмосферу.

Цель изобретения - повышение эффективности процесса переработки галенитсодержащих концентратов, исключение выбросов газов в атмосферу и утилизации всех попутно образующихся веществ.

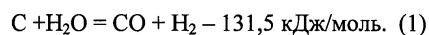
Поставленная цель достигается заявленным способом переработки галенитсодержащего концентрата, включающим окислению галенитсодержащего концентрата кислородом воздуха и восстановлению свинца веществами восстановителями, причем окисление галенитсодержащего концентрата кислородом воздуха осуществляют в реакторе с двойным корпусом, в межкорпусное пространство реактора подают нагретый водяной газ, полученный газификацией углеродистого материала при температуре 1050°C, и теплом водяного газа нагревают галенитсодержащий концентрат и воздух при температуре до 1050°C, остаточное тепло водяного газа и продуктов окисления галенитсодержащего концентрата используют для нагрева воздуха, подающего для окисления галенитсодержащего концентрата, из межкорпусного пространства реактора окисления галенитсодержащего концентрата выводят водяной газ, а из зоны реакции окисления данного реактора выводят продукты окисления галенитсодержащего концентрата, продукты окисления с температурой 300°C подают в реактор восстановления оксида свинца для осуществления реакции восстановления оксида свинца водородом и окисью углерода при температурах 350-380°C, из реактора восстановления оксида свинца выводят черновой свинец и газовую смесь в теплообменники-холодильники и их охлаждают до температур 18-20°C, из состава газовой смеси выделяют водяной конденсат и оставшийся диоксид углерода отправляют в газовое хранилище, из реакционной зоны реактора окисления галенитсодержащего концентрата выводят образующиеся газы и подают их в межкорпусное пространство реактора нагрева угля, осуществляют нагрев угля при температуре 700°C и выделяют из его состава летучие и смолистые вещества, оставшийся углеродистый материал с температурой 700°C подают в газогенератор и при соотношении $C:H_2O=1:1$ осуществляют его паровую газификацию для получения водяного газа, из реактора нагрева угля газовую смесь с температурой 700°C подают в котел-утилизатор тепла для получения водяного пара, используемого для паровой газификации углеродистого материала, из котла-утилизатора тепла газовую смесь с температурой до 400°C направляют в реактор окисления сернистого газа, где на поверхности катализатора осуществляют каталитическое окисление сернистого ангидрида кислородом воздуха до образования серного ангидрида при температурах до 550°C, из реактора окисления сернистого ангидрида газовую смесь подают в воздухонагреватель для нагрева поступающего для окисления сернистого ангидрида воздуха до температуры 400°C, тепло газовой смеси с серным ангидридом используют для нагрева поступающего для окисления сернистого газа воздуха, газовую смесь с серным ангидридом охлаждают в теплообменнике-холодильнике до температурах 18-20°C, охлажденную газовую смесь подают в абсорбер для получения серной кислоты водяным конденсатом или разбавленной серной кислотой, освобожденную от серного ангидрида газовую смесь направляют для разделения на отдельные газы в газовом разделителе.

На чертеже показана принципиальная технологическая схема предлагаемого способа переработки галенитсодержащего концентрата.

Предлагаемый способ переработки галенитсодержащего концентрата осуществляется следующим образом. Окисление галенита и его сопутствующих минералов в составе галенитсодержащего концентрата осуществляется кислородом воздуха, а восстановление свинца из оксидной формы осуществляется водяным газом, состоящим из водорода и окиси углерода при соотношении $H_2:CO=1:1$. Водяной газ та-

кого состава получают газификацией углеродистого материала водяным паром при соотношении $C:H_2O=1:1$. Углеродистый материал получают из угля путем выделения летучих и смолистых компонентов его состава. Первоначально до газификации углеродистого материала в газогенераторе уголь поступает в тепловой реактор (1), который через стенку осуществляет нагрев до температуры $700^\circ C$ теплом газа реакционной среды реактора окисления галенитсодержащего концентрата. В тепловом реакторе (1) уголь очищается от всех летучих веществ своего состава. Летучие вещества, состоящие из тяжелых углеводородов, бензола с его производными, фенолов, высокомолекулярных и гуминовых органических кислот, охлаждаются в специальном теплообменнике-холодильнике (2) для перевода их в жидкое состояние и собираются в сборнике (3) для последующего их разделения на отдельные компоненты. В реакторе (1) остается смесь углеродистого материала и смолистых веществ. После реактора данная смесь подвергается механическому разделению в разделителе (4), смолистые вещества выводятся из разделителя (4), а углеродистый материал, освобожденный от всех примесей, с температурой $700^\circ C$ направляется для газификации в газогенератор (6). В газогенераторе (6) осуществляется паровая газификация углеродистого материала при температуре до $1050^\circ C$ для получения водяного газа, состоящего из водорода и окиси углерода в соотношении $H_2:CO=1:1$. В газогенератор подается необходимое количество водяного пара из котла-утилизатора тепла (5) согласно стехиометрическому соотношению $C:H_2O=1:1$, чтобы при газификации углеродистого материала проходила реакция неполного окисления углерода с образованием H_2 и CO . Водород и окись углерода являются сильными восстановителями. Чтобы не загрязнять состав восстановительного газа другими газами, дополнительный нагрев газогенератора осуществляется через стенку всеми доступными способами. Применяется электрический нагрев стенки газогенератора или нагрев продуктами горения от сжигания природного газа, жидкого топлива или угля с условием утилизации дымового газа, образующегося при их сжигании.

В газогенераторе протекает основная эндотермическая химическая реакция с образованием водяного газа

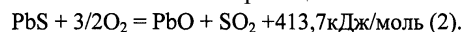


Для стехиометрического протекания данной реакции следует выдерживать соотношение $C:H_2O=1$.

Минеральные компоненты состава угля превращаются в золу с оксидами Fe_2O_3 , Fe_3O_4 , CaO и др. Зола выводится из газогенератора и охлаждается в теплообменнике-холодильнике (7), затем используется для производства строительных материалов. Образующийся в теплообменнике (7) водяной пар используется по назначению.

Важным фактором проведения процесса газификации углеродистого материала в газогенераторе (6) должно быть, чтобы состав генераторного газа состоял только из H_2 и CO , имеющих восстановительные свойства.

Из газогенератора (6) водяной газ поступает в межкорпусное пространство окислительного реактора (8). В реакторе (8) в зону реакции подается предварительно нагретый воздух для осуществления пирометаллургического способа окисления галенита по реакции



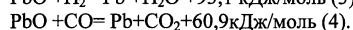
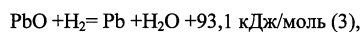
Одновременно с реакцией (2) протекают также реакции окисления сопутствующих минералов состава концентрата.

Окислительный реактор (8) состоит из двух зон: верхняя зона-зона реакции окисления галенита и его сопутствующих минералов галенитсодержащего концентрата, осуществляемая при температуре до $1050^\circ C$, нижняя зона - зона охлаждения водяного газа и образующихся твердых оксидов при температуре $300^\circ C$ путем нагрева воздуха до температуры начала окисления галенита и других минералов состава галенитсодержащего концентрата. В нижней зоне окислительного реактора устанавливается противоточный обмен тепла между горячими водяным газом и продуктами окисления минералов галенитсодержащего концентрата и подающего снизу реактора воздуха таким образом, чтобы на выходе из реактора температура водяного газа и продуктов окисления минералов концентрата была до $300^\circ C$. Такое снижение температуры водяного газа и продуктов окисления минералов концентрата необходимо, чтобы в восстановительном реакторе с учетом выделяемого тепла восстановительных реакций температура реакционной среды восстановления свинца поддерживалась на уровне $350-380^\circ C$.

Из окислительного реактора смесь твердых оксидов поступает в восстановительный реактор (9), а газы реакционной зоны направляются в межкорпусное пространство реактора предварительного нагрева угля. Из окислительного реактора также выводится водяной газ с температурой до $300^\circ C$ и с данной температурой подается снизу в реактор восстановления свинца навстречу твердым оксидным материалам.

Из реакционной зоны окислительного реактора выводится смесь газов, образующихся при пирометаллургическом окислении минералов состава галенитсодержащего концентрата, и подается в межкорпусное пространство реактора нагрева угля. Состав газа реакционной зоны реактора состоит из сернистого ангидрида SO_2 , азота N_2 , аргона Ar и других примесей состава воздуха.

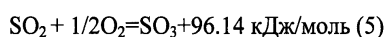
Состав водяного газа на входе в реактор восстановления оксидов состоит из водорода H_2 и окиси углерода CO , однако на выходе из реактора (9) состав газа меняется, и он состоит из диоксида углерода CO_2 и H_2O из-за протекания реакции восстановления свинца из оксида свинца



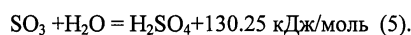
Реакции восстановления свинца из его оксида осуществляются при температурах 350-380°C, при этих температурах остальные оксиды, такие как Fe₂O₃, SiO₂, ZnO, не восстанавливаются, поэтому они остаются в виде оксидов.

Черновой свинец выводится из реактора восстановления и в теплообменнике-холодильнике (11) охлаждается до температур 18-20°C. Из зоны реакции восстановительного реактора (9) газы, состоящие из водяного пара и диоксида углерода (H₂O+CO₂), поступают в теплообменник-холодильник (10) и охлаждаются до температур 18-20°C, из их состава выделяется водяной конденсат H₂O, оставшийся диоксид углерода CO₂ отправляется в хранилище для дальнейшего использования по назначению.

Из межкорпусного пространства реактора нагрева угля (1) смесь газов, используемая для нагрева угля, подается в котел-утилизатор (5) для снятия части ее тепла для образования насыщенного водяного пара, используемого для газификации углеродистого материала в газогенераторе (6). Из котла-утилизатора (5) газовая смесь, состоящая из SO₂, N₂, Ar, с температурой до 400°C подается в реактор окисления сернистого газа (12), в реактор (12) также подается нагретый воздух. В реакторе (12) на поверхности металлического катализатора осуществляется каталитическое окисление сернистого ангидрида SO₂ кислородом воздуха до образования серного ангидрида SO₃ при температурах до 550°C по реакции



Далее газовая смесь с температурой до 550°C выводится из реактора (12) и подается в воздухонагреватель (13), где нагревает воздух, подающийся для окисления сернистого газа, до температуры 400°C, при этом снимается основная часть тепла газовой смеси. Из воздухонагревателя (13) газовая смесь подается в теплообменник-холодильник (14), где охлаждается до температур 18-20°C. Охлажденная газовая смесь подается в абсорбер (15). В абсорбере (15) также подается водяной конденсат из теплообменника-холодильника (10) или разбавленная серная кислота. В абсорбере (15) образуется серная кислота по реакции



Остаток газовой смеси, состоящий из N₂, Ar и других газов, разделяется на газовом разделителе (16) на отдельные газы. Разделение газовой смеси осуществляется доступным способом. Можно использовать мембранное разделение газов или метод ректификации смеси газов путем охлаждения газовой смеси до превращения каждого газа в жидкость и его отделения от смеси. Полученные чистые газы и все продукты предлагаемого способа используются по назначению.

Из вышеописанного вытекает, что предлагаемый способ переработки галенитсодержащего концентрата водяным газом не имеет выбросов и отходов. Образующееся тепло на разных стадиях способа полностью используется для обеспечения потребностей других стадий способа. Все получаемые вещества и чистые газы являются ценными материалами как для непосредственного использования на разных стадиях предлагаемого способа, так и в качестве сырья для производства других материалов, они выделяются на отдельных стадиях способа.

В предлагаемом способе переработки галенитсодержащего концентрата для осуществления технологических процессов, за исключением газификации углеродистого материала, не требуется потребность в тепле извне. При газификации углеродистого материала требуется дополнительный нагрев газогенератора для повышения температуры зоны реакции от 700 до 1050°C. Использование тепла и попутных продуктов восстановления свинца существенно повышает эффективность способа переработки галенитсодержащего концентрата.

Пример.

Для осуществления способа в качестве исходного сырья использованы галенитсодержащий концентрат из месторождения Кони Мансур (Таджикистан) следующего состава, мас. %: PbS - 46,0, ZnS - 5,1, CuFeS₂ - 5,04, FeS₂ - 34,64, SiO₂ - 7,12, Al₂O₃ - 2,1, и уголь месторождения Фон-Ягноб (Таджикистан) следующего состава, мас. %: C - 81,0, H - 5,2, N - 1,0, O - 2,0, S - 1,4, зола - 5,3, влажность угля - 4,0, причем содержание летучих веществ - 0,98%, содержание смолы - 4,5%.

Из 1000 кг угля указанного состава в реакторе предварительного нагрева образуется 810 кг углеродистого материала. При газификации этого количества углеродистого материала при соотношении C:H₂O=1:1 в газогенераторе расходуется также 1215 кг водяного пара и образуются 135 кг или 1512 м³ H₂, 1890 кг или 1512 м³ CO, в общем 3024 м³ водяного газа состава, об. %: H₂ - 50; CO - 50.

Для переработки 1000 кг указанного состава галенитсодержащего концентрата расходуется 1318 м³ воздуха. При этом в реакторе окисления галенита образуется 811,21 кг смеси оксидов следующего состава, мас. %: PbO - 52,9, SiO₂ - 6,75, Fe₂O₃ - 28,48, ZnO - 5,25, FeSiO₃ - 4,47, Cu - 2,15. Количество образующихся продуктов окисления, кг: PbO - 429,2, SiO₂ - 54,72, Fe₂O₃ - 231,0, ZnO - 42,60, FeSiO₃ - 36,25, Cu - 17,44. В газовой среде образуется 543,2 кг или 189,93 м³ SO₂ и остается 1041,2 м³ азота. Общее количество образующихся газов в реакционной среде реактора окисления галенита составляет 1231,13 м³ с содержанием, об. %: SO₂ - 15,43, N₂ + Ar - 84,57.

Из 811,21 кг смеси оксидов в реакторе восстановления свинца образуется 752.46 кг смеси черного свинца с присутствующими оксидами в количествах, кг: Pb - 398.4, SiO₂ - 54.72, Fe₂O₃ - 231.0, ZnO - 14.65, FeSiO₃ - 36.25, Cu - 17.44. При переработке 429.2 кг PbO для восстановления свинца расходуется всего 43.112 м³ восстановительного газа состава H₂:CO=50:50%, или по 21.556 м³ H₂ и 21.556 м³ CO. В результате реакции восстановления свинца образуется также 43.112 м³ газа состава H₂O:CO₂=50:50%, или по 21.556 м³ H₂O и 21.556 м³ CO₂. При охлаждении и разделении данного количества газа образуются соответственно 21.556 м³ H₂O и 21.556 м³ CO₂ в раздельном виде.

Для осуществления данного примера способа на разных стадиях осуществления технологических процессов принят следующий температурный режим: газификация углеродистого материала осуществляется при 1050°C, с этой температурой водяной газ поступает в межкорпусное пространство реактора окисления галенита для нагрева реактора. В окислительный реактор галенитсодержащий концентрат и воздух подаются с температурой 18-20°C, но воздух до поступления в зону реакции нагревается за счет тепла продуктов окисления концентрата и водяного газа. Из реактора окисления водяной газ и продукты окисления минералов концентрата, нагревая также поступающий снизу реактора воздух, выводятся с температурой 300°C, а смесь газов реакционной зоны выводится с зоны реакции с температурой до 1000°C.

Восстановительный газ с температурой 300°C подается в реактор восстановления свинца, куда также поступают оксиды из реактора окисления галенита с такой же температурой. В восстановительном реакторе за счет тепла реакции восстановления свинца поддерживается температура в пределах 350-380°C, при которых происходит восстановление свинца из PbO.

Из реактора восстановления свинца черновой свинец выводится с температурой до 380°C и охлаждается в теплообменнике-холодильнике до температур 18-20°C. При охлаждении черного свинца образуется водяной пар.

Смесь газов после восстановления свинца также выводится из реактора с температурой до 380°C, и охлаждается в теплообменнике-холодильнике до температур 18-20°C, конденсировавшийся водяной пар в виде конденсата отделяется от диоксида углерода. Диоксид углерода отправляется в газовое хранилище.

Газы реакционной зоны реактора окисления галенитсодержащего концентрата выводятся из реактора и подаются в межкорпусное пространство реактора нагрева угля, отдавая часть своего тепла углю, охлаждаются до температуры 700°C, затем поступают в котел-утилизатор для получения насыщенного водяного пара, температура газа снижается до 400°C, с этой температурой газ поступает в реактор окисления сернистого ангидрида, куда подается воздух с температурой 18-20°C. За счет теплоты реакции в реакторе окисления сернистого газа поддерживается температура реакционной зоны в пределах до 550°C, далее газовая смесь из реактора окисления сернистого ангидрида, предварительно нагревая поступающий воздух до температуры 400°C, выводится в теплообменник-холодильник и охлаждается до температур 18-20°C, затем поступает в абсорбер получения серной кислоты. В абсорбере получения серной кислоты осуществляется поглощение серного ангидрида водяным конденсатом или разбавленной серной кислотой с образованием серной кислоты большей концентрации. После абсорбции оставшийся газ, состоящий из азота и аргона, отправляется в газовый разделитель при температуре разделения газов.

Из реактора предварительного нагревания угля углеродистый материал с температурой 700°C поступает в газогенератор, куда подается также насыщенный водяной пар из котла-утилизатора для газификации углеродистого материала, осуществляемой при температуре 1050°C. Для восстановления оксида свинца нужна чистая смесь водорода и окись углерода. Поэтому осуществляется водяная (паровая) газификация углеродистого материала при соотношении C:H₂O=1:1.

Предлагаемый способ переработки галенитсодержащего концентрата водяным газом является комплексным и малоэнергоёмким, поскольку потребность в тепле на разных стадиях способа обеспечивается за счет образующегося тепла на других стадиях способа. Выбросы в атмосферу газов и других побочных веществ отсутствуют, поскольку способ осуществляется в замкнутом режиме.

Количества расходуемых и образующихся веществ на разных стадиях способа, также составы газов и продуктов переработки галенитсодержащего концентрата на единицу количества концентрата определяются расчетами материального баланса, а количество тепла определяется расчетами теплового баланса всего цикла предложенного способа.

Литература.

1. Тяжелы цветные металлы и сплавы: Справочник, т. 1, изд. ЦНИИЭИцветмета, М., 1999, с. 379.
2. Патент РФ № 2486267, 27.06.2013, МПК: С22В 13/02.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Способ переработки галенитсодержащего концентрата, включающий окисление галенитсодержащего концентрата кислородом воздуха и восстановление свинца веществами восстановителями, отличающийся тем, что окисление галенитсодержащего концентрата кислородом воздуха осуществляют в реакторе с двойным корпусом, в межкорпусное пространство реактора подают нагретый водяной газ, полученный газификацией углеродистого материала при температуре 1050°C, и теплом водяного газа

нагревают галенитсодержащий концентрат и воздух при температуре до 1050°C , остаточное тепло водяного газа и продуктов окисления галенитсодержащего концентрата используют для нагрева воздуха, подаваемого для окисления галенитсодержащего концентрата, из зоны реакции окисления данного реактора смесь твердых оксидов поступает в верхнюю часть восстановительного реактора, а водяной газ с температурой 300°C подается снизу в реактор восстановления свинца навстречу твердым оксидным материалам, реакции восстановления оксида свинца водородом и окисью углерода протекают в интервале температур $350\text{--}380^{\circ}\text{C}$, из реактора восстановления оксида свинца выводят черновой свинец и газовую смесь в теплообменники-холодильники, их охлаждают до температур $18\text{--}20^{\circ}\text{C}$, из состава газовой смеси выделяют водяной конденсат и оставшийся диоксид углерода отправляют в газовое хранилище, из реакционной зоны реактора окисления галенитсодержащего концентрата выводят образующиеся газы и подают их с температурой до 1000°C в межкорпусное пространство реактора нагрева угля, осуществляют нагрев угля при температуре 700°C и выделяют из его состава летучие и смолистые вещества, оставшийся углеродистый материал с температурой 700°C подают в газогенератор и при соотношении $\text{C}:\text{H}_2\text{O}=1:1$ осуществляют его паровую газификацию для получения водяного газа, из межкорпусного пространства реактора нагрева угля газовую смесь с температурой 700°C подают в котел-утилизатор тепла для получения водяного пара, используемого для паровой газификации углеродистого материала, из котла-утилизатора тепла газовую смесь с температурой до 400°C направляют в реактор окисления сернистого ангидрида, где на поверхности катализатора осуществляют каталитическое окисление сернистого ангидрида кислородом воздуха до образования серного ангидрида при температурах до 550°C , из реактора окисления сернистого ангидрида газовую смесь подают в воздухонагреватель для нагрева поступающего для окисления сернистого ангидрида воздухом до температуры 400°C , далее газовую смесь охлаждают в теплообменнике-холодильнике до температур $18\text{--}20^{\circ}\text{C}$ и охлажденную газовую смесь подают в абсорбер для получения серной кислоты поглощением серного ангидрида водяным конденсатом или разбавленной серной кислотой, освобожденную от серного ангидрида газовую смесь направляют для разделения на отдельные газы в газовом разделителе.

