

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **046833**(13) **B1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

- | | | |
|---------------------------------------|---------------|-----------------------------|
| (45) Дата публикации и выдачи патента | (51) Int. Cl. | <i>C22B 1/00</i> (2006.01) |
| 2024.04.25 | | <i>C22B 3/04</i> (2006.01) |
| (21) Номер заявки | | <i>C22B 3/26</i> (2006.01) |
| 202392595 | | <i>C22B 3/44</i> (2006.01) |
| (22) Дата подачи заявки | | <i>C22B 15/00</i> (2006.01) |
| 2022.03.31 | | |

(54) ОБРАБОТКА ВОДОСОДЕРЖАЩИХ РУДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

- | | |
|--|---|
| (31) 2027874 | (56) JP-A-2012102381 |
| (32) 2021.03.31 | VAN WEERT GET AL: "REAGENT RECOVERY IN CHLORIDE HYDROMETALLURGY - SOME MISSING LINKS", HYDROMETALLURGY, ELSEVIER SCIENTIFIC PUBLISHING CY. AMSTERDAM, NL, vol. 29, no. 1/03, 1 June 1992 (1992-06-01), pages 513-526, XP000384558, ISSN: 0304-386X, DOI: 10.1016/0304-386X(92)90030-4 page 517 - page 520 JP-A-2007224400 |
| (33) NL | |
| (43) 2024.01.29 | |
| (86) PCT/IB2022/053011 | |
| (87) WO 2022/208429 2022.10.06 | |
| (71)(73) Заявитель и патентовладелец:
АФРИКАН РЭЙНБОУ МИНЕРАЛЗ
ЛИМИТЕД (ZA) | |
| (72) Изобретатель:
Преториус Джерард (ZA) | |
| (74) Представитель:
Билык А.В., Поликарпов А.В.,
Соколова М.В., Путинцев А.И.,
Черкас Д.А., Игнатьев А.В., Дмитриев
А.В., Бельтюкова М.В. (RU) | |

- (57) Предложен способ обработки металлов водосодержащего рудного материала, включающий стадию выщелачивания, на которой раствор хлорида двухвалентного железа (FeCl_2) и двухвалентного хлорида по меньшей мере одного другого металла (M^{2+}Cl_2) получают путем приведения водосодержащего рудного материала в контакт с газообразной соляной кислотой. На стадии кристаллизации кристаллизуют твердый гидрат хлорида двухвалентного железа ($\text{FeCl}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$, где $x > 1$) и твердый гидрат двухвалентного хлорида по меньшей мере одного другого металла ($\text{M}^{2+}\text{Cl}_2 \cdot z\text{H}_2\text{O}$, где $z \geq 1$) из раствора. На стадии дегидратации $\text{FeCl}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ и $\text{M}^{2+}\text{Cl}_2 \cdot z\text{H}_2\text{O}$ подвергают температурной обработке с получением $\text{FeCl}_2 \cdot y\text{H}_2\text{O}$, где $x > y > 0$, и $\text{M}^{2+}\text{Cl}_2 \cdot a\text{H}_2\text{O}$, где $z > a \geq 0$. На стадии термического разложения $\text{FeCl}_2 \cdot y\text{H}_2\text{O}$ разлагается с образованием безводной газообразной соляной кислоты (HCl), которую используют в качестве реагента для выщелачивания на стадии выщелачивания.

046833
B1

046833
B1

Область техники

Изобретение относится к обработке водосодержащих рудных материалов для высвобождения содержащихся в них металлов. Изобретение обеспечивает способ обработки водосодержащего рудного материала и распространяется на процесс обработки водосодержащего рудного материала.

Уровень техники

В описании указание признаков в скобках вносит вклад в существенное содержание описания и, следовательно, в характеристику изобретения. В частности, в тех случаях, когда общие химические формулы и численные значения символов таких общих формул приводятся в скобках, это следует интерпретировать как существенный вклад в характеристику изобретения.

В соответствии с изобретением, обеспечивают способ обработки водосодержащего рудного материала, который содержит железо (Fe) в металлической форме или в форме соединения и по меньшей мере один другой металл (M) в металлической форме или в форме соединения, для извлечения железа и по меньшей мере одного другого металла из водосодержащего рудного материала по отдельности, в металлической форме или в форме соединения, включающий

на стадии выщелачивания получение раствора хлорида двухвалентного железа (FeCl_2) и двухвалентного хлорида по меньшей мере одного другого металла (M^{2+}Cl_2) (раствор $\text{FeCl}_2\text{-M}^{2+}\text{Cl}_2$) путем приведения водосодержащего рудного материала в контакт с реагентом для выщелачивания в форме газообразной соляной кислоты (HCl) и восстановления любого трехвалентного железа (Fe^{3+}) в растворе, обычно присутствующего в виде FeCl_3 , до двухвалентного железа (Fe^{2+}) в растворе, обычно присутствующего в виде FeCl_2 , с использованием восстанавливающего агента;

на стадии кристаллизации кристаллизацию твердого гидрата хлорида двухвалентного железа ($\text{FeCl}_2\cdot x\text{H}_2\text{O}$, где $x \geq 1$, более предпочтительно $x > 1$, x предпочтительно равен 4) и твердого гидрата двухвалентного хлорида по меньшей мере одного другого металла ($\text{M}^{2+}\text{Cl}_2\cdot z\text{H}_2\text{O}$, где $z \geq 1$) из раствора $\text{FeCl}_2\text{-M}^{2+}\text{Cl}_2$;

на стадии дегидратации температурную обработку $\text{FeCl}_2\cdot x\text{H}_2\text{O}$ и $\text{M}^{2+}\text{Cl}_2\cdot z\text{H}_2\text{O}$ с получением твердого частично дегидратированного гидрата хлорида железа ($\text{FeCl}_2\cdot y\text{H}_2\text{O}$, где $x > y > 0$, предпочтительно равен 1) и по меньшей мере одного из твердого частично дегидратированного гидрата двухвалентного хлорида и твердого двухвалентного хлорида по меньшей мере одного другого металла ($\text{M}^{2+}\text{Cl}_2\cdot a\text{H}_2\text{O}$, где $z > a \geq 0$);

на стадии термического разложения температурную обработку $\text{FeCl}_2\cdot y\text{H}_2\text{O}$ и $\text{M}^{2+}\text{Cl}_2\cdot a\text{H}_2\text{O}$ и, таким образом, разложение $\text{FeCl}_2\cdot y\text{H}_2\text{O}$ с образованием твердого оксида трехвалентного железа (Fe_2O_3), газообразной соляной кислоты (HCl) и твердого двухвалентного хлорида по меньшей мере одного другого металла (M^{2+}Cl_2 , т.е. где $a=0$); и

использование полученной таким образом газообразной соляной кислоты в качестве реагента для выщелачивания на стадии выщелачивания.

В том смысле, который используется в данном описании, термин "водосодержащий рудный материал" означает рудный материал, который содержит химически связанную воду (в отличие от "свободной воды", т.е. воды в форме H_2O , которая химически не связана), обычно от примерно 5 мас.% до примерно 70 мас.%, например, содержащуюся в гидратах металлов и/или гидроксидах металлов, содержащихся в руде. Например, водосодержащий рудный материал может представлять собой рудный материал на основе глины, такой как, в частности, латеритный рудный материал, например лимонит, сапролит и т.д.

Важным является то, что способ может быть и предпочтительно является способом, в котором водосодержащий рудный материал не подвергается операции сушки или дегидратации перед его обработкой в соответствии со способом изобретения.

Водосодержащий рудный материал может содержать, помимо химически связанной воды, некоторое количество свободной воды.

Для целей осуществления способа водосодержащий рудный материал может включать, например, до 5% свободной воды, исходя из массы водосодержащего рудного материала.

Таким образом, способ может включать предварительную стадию добавления свободной воды к водосодержащему рудному материалу, чтобы водосодержащий рудный материал, используемый в способе, имел содержание свободной воды до 5%, исходя из массы водосодержащего рудного материала.

Приведение водосодержащего рудного материала в контакт с реагентом для выщелачивания может включать или может предшествовать уменьшению размера водосодержащего рудного материала. Уменьшение размера водосодержащего рудного материала можно выполнять для увеличения площади поверхности водосодержащего рудного материала, доступной для контакта с реагентом для выщелачивания.

Таким образом, способ может включать либо измельчение водосодержащего рудного материала и последующее и отдельное приведение водосодержащего рудного в контакт материала с реагентом для выщелачивания, либо он может включать уменьшение размера водосодержащего рудного материала при приведении водосодержащего рудного материала в контакт с реагентом для выщелачивания.

Уменьшение размера водосодержащего рудного материала можно осуществлять путем размола, например, путем размола с использованием керамических мелющих тел или путем раздробления, шинко-

вания, разламывания, раздавливания или любых аналогичных действий по уменьшению размера.

Следует отметить, что при обработке водосодержащих рудных материалов того типа, к которому относится изобретение, операции по уменьшению размеров, такие как размол, являются нетипичными, особенно в той степени, в которой они могут быть применены к таким рудным материалам до того, как их подвергают дегидратации, которой, как отмечено выше, стремятся избежать в настоящем изобретении.

Восстановление трехвалентного железа в растворе до двухвалентного железа в растворе осуществляют только в том случае, если в растворе присутствует трехвалентное железо. В случае латеритных рудных материалов ожидается, что трехвалентное железо в растворе образуется на стадии выщелачивания.

Стадию кристаллизации можно, например, проводить как стадию испарительной кристаллизации, т.е. путем выпаривания воды из раствора $\text{FeCl}_2\text{-M}^{2+}\text{Cl}_2$ и, таким образом, вызывать кристаллизацию $\text{FeCl}_2\cdot x\text{H}_2\text{O}$ и $\text{M}^{2+}\text{Cl}_2\cdot z\text{H}_2\text{O}$.

По меньшей мере один другой металл может содержать один или более из меди (Cu), никеля (Ni) и кобальта (Co) в металлической форме или в форме соединения. Обычно другим металлом является по меньшей мере никель.

Предпочтительно водосодержащий рудный материал может представлять собой руду из латеритных никелевых рудных ресурсов, например, ресурса сапролитовой никелевой руды.

Поэтому в зависимости от состава водосодержащего рудного материала раствор $\text{FeCl}_2\text{-M}^{2+}\text{Cl}_2$ может содержать помимо FeCl_2 еще NiCl_2 и, возможно, CuCl_2 и/или CoCl_2 . Также могут содержаться другие металлы.

Стадию выщелачивания можно проводить при температуре от 10 до 120°C.

В качестве восстанавливающего агента можно использовать металлическое железо.

При использовании металлического железа в качестве восстанавливающего агента, помимо восстановления Fe^{3+} до Fe^{2+} , можно восстановить и другие металлы, возможно, до твердой металлической формы, что делает такие металлы легко извлекаемыми путем разделения твердого вещества и жидкости из раствора $\text{FeCl}_2\text{-M}^{2+}\text{Cl}_2$.

Способ может включать на стадии первого разделения, выполняемой после стадии выщелачивания, отделение твердых веществ от раствора $\text{FeCl}_2\text{-M}^{2+}\text{Cl}_2$ посредством разделения твердого вещества и жидкости, таким образом извлекая раствор $\text{FeCl}_2\text{-M}^{2+}\text{Cl}_2$, по существу не содержащий твердых веществ.

$\text{FeCl}_2\cdot x\text{H}_2\text{O}$ может, в частности, представлять собой $\text{FeCl}_2\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (тетрагидрат хлорида двухвалентного железа).

Способ может включать на стадии второго разделения, выполняемой после стадии кристаллизации и перед стадией дегидратации, извлечение твердого $\text{FeCl}_2\cdot x\text{H}_2\text{O}$ и твердого $\text{M}^{2+}\text{Cl}_2\cdot z\text{H}_2\text{O}$ со стадии кристаллизации. Такое отделение можно осуществлять от остаточной жидкости на стадии кристаллизации, если она присутствует.

Стадия дегидратации может включать температурную обработку твердого $\text{FeCl}_2\cdot x\text{H}_2\text{O}$ и твердого $\text{M}^{2+}\text{Cl}_2\cdot z\text{H}_2\text{O}$ с получением твердого $\text{FeCl}_2\cdot y\text{H}_2\text{O}$ и твердого $\text{M}^{2+}\text{Cl}_2\cdot a\text{H}_2\text{O}$.

$\text{FeCl}_2\cdot y\text{H}_2\text{O}$ может, в частности, представлять собой $\text{FeCl}_2\cdot \text{H}_2\text{O}$ (моногидрат хлорида двухвалентного железа), т.е. $y=1$.

Температурная обработка на стадии дегидратации может включать воздействие на $\text{FeCl}_2\cdot x\text{H}_2\text{O}$ и $\text{M}^{2+}\text{Cl}_2\cdot z\text{H}_2\text{O}$ температуры от 70 до 200°C, более предпочтительно от 70°C до менее 200°C, то есть при температуре менее 200°C, но не ниже 70°C. Например, температура может представлять собой температуру от 70 до 150°C.

Стадию дегидратации можно проводить в неокислительных условиях. Это может включать предотвращение или, по меньшей мере, ограничение присутствия экзогенного кислорода на стадии сушки. Это, в свою очередь, может включать проведение стадии дегидратации при положительном давлении в паровой среде, причем этот пар может представлять собой тот пар, который образуется в результате дегидратации $\text{FeCl}_2\cdot x\text{H}_2\text{O}$ и $\text{M}^{2+}\text{Cl}_2\cdot z\text{H}_2\text{O}$ с получением $\text{FeCl}_2\cdot y\text{H}_2\text{O}$ и $\text{M}^{2+}\text{Cl}_2\cdot a\text{H}_2\text{O}$.

На стадии термического разложения любой $\text{M}^{2+}\text{Cl}_2\cdot a\text{H}_2\text{O}$ (где $a \geq 1$), полученный на стадии дегидратации, полностью дегидратируется, т.е. с образованием $\text{M}^{2+}\text{Cl}_2\cdot a\text{H}_2\text{O}$ (где $a=0$). Таким образом, твердый продукт, образующийся на стадии разложения, помимо оксида трехвалентного железа, включает только $\text{M}^{2+}\text{Cl}_2\cdot a\text{H}_2\text{O}$ (где $a=0$), т.е. M^{2+}Cl_2 , включающий любой $\text{M}^{2+}\text{Cl}_2\cdot a\text{H}_2\text{O}$ (где $a=0$), который был получен на стадии дегидратации, и любой $\text{M}^{2+}\text{Cl}_2\cdot a\text{H}_2\text{O}$ (где $a=0$), который был получен на стадии термического разложения.

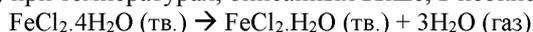
Стадию термического разложения можно проводить при температуре от 200°C до 600°C, более предпочтительно при температуре выше 200°C, вплоть до 600°C.

Стадию термического разложения можно проводить в окислительных условиях, т.е. в присутствии кислорода, который может поступать, например, с воздухом.

Газообразная HCl , которая образуется на стадии термического разложения, может быть по существу сухой, т.е. лишенной влаги (т.е. безводной).

Таким образом, реакции, которые происходят на стадиях сушки (дегидратации) и термического разложения, включают:

(i) сушка (дегидратация) при температурах, описанных выше, в неокислительных условиях



(ii) термическое разложение в окислительных условиях в присутствии кислорода ($1/2\text{O}_2$), поставляемого с воздухом, при температурах, описанных выше



Как отмечено выше, температуру, при которой выполняют температурную обработку на стадии термического разложения, можно выбирать так, чтобы происходило термическое разложение $\text{FeCl}_2 \cdot \text{yH}_2\text{O}$ и не происходило термическое разложение $\text{M}^{2+}\text{Cl}_2 \cdot \text{aH}_2\text{O}$, т.е. так, что термическое разложение $\text{FeCl}_2 \cdot \text{yH}_2\text{O}$ происходит с исключением $\text{M}^{2+}\text{Cl}_2 \cdot \text{aH}_2\text{O}$, в то время как любой $\text{M}^{2+}\text{Cl}_2 \cdot \text{aH}_2\text{O}$ (где $\text{a} \geq 1$) полностью дегидратируется с образованием твердого M^{2+}Cl_2 .

Следовательно, в таком случае на стадии термического разложения помимо газообразной HCl образуется смесь твердого Fe_2O_3 и твердого M^{2+}Cl_2 .

Затем способ может включать на стадии третьего разделения растворение M^{2+}Cl_2 в воде и выполнение разделения твердой и жидкой фаз для извлечения Fe_2O_3 из полученного раствора, таким образом извлекая по меньшей мере еще один металл и железо отдельно друг от друга.

Из полученного раствора M^{2+}Cl_2 такие другие металлы можно затем извлечь обычными способами, например, гидрометаллургическими способами.

Таким образом, этот способ также обеспечивает товарный Fe_2O_3 и продукты, пригодные для переработки на более ранних стадиях способа. В частности, в этом отношении отмечается, что при термическом разложении $\text{FeCl}_2 \cdot \text{yH}_2\text{O}$ посредством температурной обработки выделяется безводная газообразная HCl. Таким образом, способ включает рециркуляцию этой газообразной HCl и использование этой газообразной HCl на стадии выщелачивания в качестве реагента для выщелачивания.

Особым преимуществом и обладающим изобретательским уровнем признаком описанного изобретения считается то, что получение $\text{FeCl}_2 \cdot \text{xH}_2\text{O}$ и последующая его дегидратация до $\text{FeCl}_2 \cdot \text{yH}_2\text{O}$ позволяет посредством последующего разложения частично обезвоженного $\text{FeCl}_2 \cdot \text{yH}_2\text{O}$ получать HCl в газообразной форме, которая, как будет понятно, представляет собой концентрированную, неразбавленную и безводную HCl. Это резко контрастирует с традиционными способами, использующими HCl, которые неизбежно образуют разбавленные растворы HCl из-за водного баланса, неблагоприятного для производства концентрированной HCl и даже для получения требуемых концентраций разбавленной HCl. Например, хотя максимальная концентрация HCl при комнатной температуре составляет примерно 33 об.%, существующие способы, использующие HCl, редко достигают регенерации разбавленной HCl с концентрацией выше 18 об.%. Настоящее изобретение изящно решает эту проблему, используя путь осаждения железа в виде $\text{FeCl}_2 \cdot \text{xH}_2\text{O}$, его частичной дегидратации с получением $\text{FeCl}_2 \cdot \text{yH}_2\text{O}$ и его разложения, в свою очередь, с получением неразбавленной газообразной HCl для использования на более ранних стадиях способа.

Изобретение распространяется на процесс осуществления способа по изобретению, который включает технологические стадии и технологические операции, соответствующие и предназначенные для осуществления соответствующих стадий способа.

Подробное описание иллюстративного воплощения

Изобретение далее описано более подробно со ссылкой на сопровождающий схематический чертеж, на котором показан процесс по изобретению.

На чертеже номер позиции 10 в общем обозначает процесс по изобретению для осуществления способа по изобретению.

Процесс 10 включает следующие технологические стадии:

стадия 12 окислительного/восстановительного выщелачивания;

стадия 14 восстановления;

стадия 16 первого разделения;

стадия 18 кристаллизации;

стадия 20 второго разделения;

стадия 22 сушки;

стадия 24 термического разложения;

стадия 26 третьего разделения;

стадия 30 извлечения металлов.

В процессе 10 определены следующие линии подачи, транспортировки, отвода и рециркуляции:

линия 32 подачи;

линия 38 транспортировки;

линия 40 подачи;

линия 44 отвода;

линия 46 транспортировки;

нагревательная линия 48;

линия 50 рециркуляции;

линия 52 транспортировки;
 линия 56 рециркуляции;
 линия 58 транспортировки;
 линия 60 транспортировки;
 линия 62 транспортировки;
 линия 64 транспортировки;
 линия 66 транспортировки;
 линия 70 рециркуляции;
 линия 72 отвода и
 линия 74 подачи.

При использовании процесса 10 для реализации способа по настоящему изобретению водосодержащий рудный материал подают на стадию выщелачивания по линии 32 подачи и на стадии 18 выщелачивания подвергают размолу в мельнице и при этом доводят до содержания 5 мас.% свободной воды путем добавления воды. Затем водосодержащий рудный материал приводят в контакт с безводной газообразной соляной кислотой в мельнице, подвергая при этом измельчению по линии 50 рециркуляции, причем такую газообразную соляную кислоту получают, как описано ниже.

Выщелачивание водосодержащего рудного материала происходит на стадии 12 выщелачивания с получением раствора $\text{FeCl}_2\text{-M}^{2+}\text{Cl}_2$, где М включает Ni и, возможно, один или более из Co и Cu. Если водосодержащий рудный материал представляет собой латеритный рудный материал, на стадии 12 выщелачивания обычно сначала может быть получено трехвалентное железо в виде FeCl_3 , что требует восстановления его до FeCl_2 .

Таким образом, раствор, полученный на стадии 12 выщелачивания, переносят со стадии 12 выщелачивания на стадию 14 восстановления по линии 38 транспортировки, где он контактирует с восстанавливающим агентом, который подают на стадию 14 восстановления по линии 40 подачи, предпочтительно находящимся в форме элементарного железа или представляющим собой источник трехвалентного железа (например, Fe_2O_3) с получением раствора $\text{FeCl}_2\text{-M}^{2+}\text{Cl}_2$.

Затем раствор $\text{FeCl}_2\text{-M}^{2+}\text{Cl}_2$ переносят со стадии 14 восстановления на стадию 16 первого разделения по линии 42 транспортировки, где твердые вещества, содержащиеся в растворе $\text{FeCl}_2\text{-M}^{2+}\text{Cl}_2$, отделяют от раствора $\text{FeCl}_2\text{-M}^{2+}\text{Cl}_2$ и удаляют по линии 44 отвода.

Извлеченный раствор $\text{FeCl}_2\text{-M}^{2+}\text{Cl}_2$ затем пропускают со стадии 16 первого разделения на стадию 18 кристаллизации по линии 46 транспортировки. Здесь твердый $\text{FeCl}_2\cdot x\text{H}_2\text{O}$ ($x \geq 1$, более предпочтительно $x > 1$) и твердый $\text{M}^{2+}\text{Cl}_2\cdot z\text{H}_2\text{O}$ ($z \geq 1$) кристаллизуют из раствора $\text{FeCl}_2\text{-M}^{2+}\text{Cl}_2$ посредством испарительной кристаллизации путем добавления тепла, что представлено нагревательной линией 48.

Обычно значение x равно 4, и, следовательно, твердый $\text{FeCl}_2\cdot x\text{H}_2\text{O}$ представляет собой $\text{FeCl}_2\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (т.е. тетрагидрат хлорида трехвалентного железа).

Твердый $\text{FeCl}_2\cdot x\text{H}_2\text{O}$ и твердый $\text{M}^{2+}\text{Cl}_2\cdot z\text{H}_2\text{O}$ в водной суспензии затем переносят на стадию 20 второго разделения по линии 52 транспортировки, где твердый $\text{FeCl}_2\cdot x\text{H}_2\text{O}$ и твердый $\text{M}^{2+}\text{Cl}_2\cdot z\text{H}_2\text{O}$ извлекают из остаточной жидкости и отводят по линии 58 транспортировки. Твердый $\text{FeCl}_2\cdot x\text{H}_2\text{O}$ и твердый $\text{M}^{2+}\text{Cl}_2\cdot z\text{H}_2\text{O}$ затем транспортируют на стадию 22 дегидратации по линии 58 транспортировки. Конечно, если отсутствует остаточная жидкость, из которой можно было бы извлечь твердый $\text{FeCl}_2\cdot x\text{H}_2\text{O}$ и твердый $\text{M}^{2+}\text{Cl}_2\cdot z\text{H}_2\text{O}$, то стадию 20 второго разделения можно опустить.

На стадии 22 дегидратации твердый $\text{FeCl}_2\cdot x\text{H}_2\text{O}$ и твердый $\text{M}^{2+}\text{Cl}_2\cdot z\text{H}_2\text{O}$ подвергают дегидратации в неокислительной среде, используя температурную обработку при температуре ниже 200°C , но не ниже 70°C , более предпочтительно при температуре от 70 до 150°C , образуя таким образом твердый $\text{FeCl}_2\cdot y\text{H}_2\text{O}$ и твердый $\text{M}^{2+}\text{Cl}_2\cdot a\text{H}_2\text{O}$ ($x > y \geq 0$; $z > a \geq 0$, где y предпочтительно равно 1).

Более конкретно, твердый $\text{FeCl}_2\cdot x\text{H}_2\text{O}$ и твердый $\text{M}^{2+}\text{Cl}_2\cdot z\text{H}_2\text{O}$ подают и пропускают с преобразованием в невентилируемый резервуар, в котором осуществляют температурную обработку, в результате чего внутри резервуара создается положительное давление, возникающее за счет пара, который образуется внутри сосуда в результате термообработки и связанной с этим дегидратации по меньшей мере $\text{FeCl}_2\cdot x\text{H}_2\text{O}$, при этом пар служит для вытеснения кислорода, который может присутствовать в сосуде, например в виде воздуха, что позволяет избежать окисления хлорида двухвалентного железа.

Твердый $\text{FeCl}_2\cdot y\text{H}_2\text{O}$ и твердый $\text{M}^{2+}\text{Cl}_2\cdot a\text{H}_2\text{O}$ транспортируют по линии 60 транспортировки на стадию 24 термического разложения, на которой твердый $\text{FeCl}_2\cdot y\text{H}_2\text{O}$ и твердый $\text{M}^{2+}\text{Cl}_2\cdot a\text{H}_2\text{O}$ подвергают температурной обработке для разложения твердого $\text{FeCl}_2\cdot y\text{H}_2\text{O}$ с образованием твердого Fe_2O_3 и безводной газообразной HCl , с исключением твердого $\text{M}^{2+}\text{Cl}_2\cdot a\text{H}_2\text{O}$, который не разлагается, но полностью дегидратируется, в той степени, в которой он еще не был полностью дегидратирован, до M^{2+}Cl_2 (то есть $a=0$). Поэтому температурную обработку проводят в условиях, благоприятствующих термическому разложению $\text{FeCl}_2\cdot y\text{H}_2\text{O}$ по сравнению с $\text{M}^{2+}\text{Cl}_2\cdot a\text{H}_2\text{O}$. Температурную обработку на стадии 24 термического разложения проводят при температуре выше 200°C , но не выше 600°C , в окислительных условиях, т.е. в присутствии кислорода, например, поставляемого с воздухом.

Газообразную HCl, полученную на стадии 24 термического разложения, извлекают и рециркулируют по линии 50 рециркуляции на стадию 18 выщелачивания для использования в качестве реагента для выщелачивания.

Таким образом, описанный процесс позволяет достичь благоприятного водного баланса, который, в свою очередь, позволяет получать концентрированную, по существу сухую (безводную) HCl в газообразной форме для использования в начале процесса. Это контрастирует с существующими процессами, в которых HCl используют в операциях по извлечению металлов, в результате которых образуются разбавленные растворы HCl, редко с концентрацией выше 18 об. %.

В отсутствие дегидратации газообразная HCl, полученная на стадии 24 термического разложения, будет влажной/разбавленной (т.е. будет содержать водяной пар), что неэффективно для использования на стадии 12 выщелачивания способом, описанным выше.

Твердый Fe_2O_3 и твердый $M^{2+}Cl_2 \cdot aH_2O$ транспортируют на стадию 26 третьего разделения по линии 62 транспортировки, на которой твердый $M^{2+}Cl_2$ (т.е. $a=0$) растворяют в воде с получением раствора $M^{2+}Cl_2$, и разделение твердой и жидкой фаз осуществляют для извлечения раствора $M^{2+}Cl_2$ и твердого Fe_2O_3 .

Раствор $M^{2+}Cl_2$ транспортируют на стадию 30 восстановления металлов по линии 64 транспортировки для извлечения содержащихся в нем металлов.

Fe_2O_3 отводят как товарный продукт по линии 72 отвода.

Обсуждение

Неожиданно было обнаружено, что химически связанную воду, содержащуюся в водосодержащих рудных материалах, можно, возможно с добавлением небольшого количества свободной воды для смачивания водосодержащего рудного материала в описанном количестве, использовать для облегчения переработки таких рудных материалов с газообразной соляной кислотой, которую затем можно регенерировать, как описано, тем самым извлекая по отдельности железо и другие металлы из водосодержащего рудного материала.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ обработки водосодержащего рудного материала, который содержит железо (Fe) в металлической форме или в форме соединения и по меньшей мере один другой металл (M) в металлической форме или в форме соединения, для извлечения железа и по меньшей мере одного другого металла из водосодержащего рудного материала по отдельности, в металлической форме или в форме соединения, включающий

на стадии выщелачивания получение раствора хлорида двухвалентного железа ($FeCl_2$) и двухвалентного хлорида по меньшей мере одного другого металла ($M^{2+}Cl_2$) (раствор $FeCl_2 \cdot M^{2+}Cl_2$) путем приведения водосодержащего рудного материала в контакт с реагентом для выщелачивания в форме газообразной соляной кислоты (HCl) и восстановление любого трехвалентного железа (Fe^{3+}) в растворе, присутствующего в виде $FeCl_3$, до двухвалентного железа (Fe^{2+}), присутствующего в растворе в виде $FeCl_2$, с использованием восстанавливающего агента;

на стадии кристаллизации кристаллизацию твердого гидрата хлорида двухвалентного железа ($FeCl_2 \cdot xH_2O$, где $x > 1$) и твердого гидрата двухвалентного хлорида по меньшей мере одного другого металла ($M^{2+}Cl_2 \cdot zH_2O$, где $z \geq 1$) из раствора $FeCl_2 \cdot M^{2+}Cl_2$;

на стадии дегидратации температурную обработку $FeCl_2 \cdot xH_2O$ и $M^{2+}Cl_2 \cdot zH_2O$ с получением твердого частично дегидратированного гидрата хлорида двухвалентного железа ($FeCl_2 \cdot yH_2O$, где $x > y > 0$) и по меньшей мере одного из твердого частично дегидратированного гидрата двухвалентного хлорида и твердого двухвалентного хлорида по меньшей мере одного другого металла ($M^{2+}Cl_2 \cdot aH_2O$, где $z > a \geq 0$);

на стадии термического разложения температурную обработку $FeCl_2 \cdot yH_2O$ и $M^{2+}Cl_2 \cdot aH_2O$ и, таким образом, разложение $FeCl_2 \cdot yH_2O$ с образованием твердого оксида трехвалентного железа (Fe_2O_3), безводной газообразной соляной кислоты (HCl) и твердого двухвалентного хлорида по меньшей мере одного другого металла ($M^{2+}Cl_2$, т.е. где $a=0$); и

использование полученной таким образом безводной газообразной соляной кислоты в качестве реагента для выщелачивания на стадии выщелачивания.

2. Способ по п.1, в котором приведение водосодержащего рудного материала в контакт с реагентом для выщелачивания включает, или ему предшествует, уменьшение размера водосодержащего рудного материала, причем такое уменьшение размера осуществляют для увеличения площади поверхности водосодержащего рудного материала, которая доступна для контакта с реагентом для выщелачивания.

3. Способ по п.2, в котором приведение водосодержащего рудного материала в контакт с реагентом для выщелачивания осуществляют одновременно с осуществлением уменьшения размера водосодержащего рудного материала.

4. Способ по любому из пп.1-3, в котором по меньшей мере один другой металл выбирают из одного или более из меди (Cu), никеля (Ni) и кобальта (Co) в металлической форме или в форме соединения.

5. Способ по любому из пп.1-4, в котором водосодержащий рудный материал представляет собой

латеритный рудный материал.

6. Способ по любому из пп.1-5, в котором стадия кристаллизации представляет собой стадию испарительной кристаллизации.

7. Способ по любому из пп.1-6, который включает на стадии первого разделения, выполняемой после стадии выщелачивания, отделение твердых веществ от раствора $\text{FeCl}_2\text{-M}^{2+}\text{Cl}_2$ посредством разделения твердого вещества и жидкости, таким образом извлекая раствор $\text{FeCl}_2\text{-M}^{2+}\text{Cl}_2$, по существу не содержащий твердых веществ.

8. Способ по любому из пп.1-7, который включает на стадии второго разделения, выполняемой после стадии кристаллизации и перед стадией дегидратации, извлечение твердого $\text{FeCl}_2\cdot x\text{H}_2\text{O}$ и твердого $\text{M}^{2+}\text{Cl}_2\cdot z\text{H}_2\text{O}$ со стадии кристаллизации.

9. Способ по любому из пп.1-8, в котором стадию дегидратации осуществляют в неокислительных условиях при температуре от 70 до 150°C.

10. Способ по любому из пп.1-9, в котором стадию термического разложения осуществляют в окислительных условиях при температуре от 200 до 600°C.

