

(19)



Евразийское  
патентное  
ведомство

(21) 201991781 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки  
2020.01.30

(51) Int. Cl. C22B 34/12 (2006.01)  
C21B 3/06 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки  
2017.03.02

---

(54) СПОСОБ ОБРАБОТКИ ТИТАНСОДЕРЖАЩЕГО ШЛАКА

---

(86) PCT/FI2017/050137

(87) WO 2018/158492 2018.09.07

(71) Заявитель:  
ОУТОТЕК (ФИНЛЭНД) ОЙ (FI)

(74) Представитель:  
Поликарпов А.В., Соколова М.В.,  
Путинцев А.И., Черкас Д.А., Игнатьев  
А.В., Билык А.В., Дмитриев А.В. (RU)

(72) Изобретатель:  
Руонала Микко, Колехмайнен Эро (FI)

---

(57) Предложены способ и устройство для обработки титансодержащего шлака. Способ включает приведение титансодержащего шлака (2) в контакт с первым выщелачивающим раствором (4) серной кислоты для растворения примесей, содержащихся в шлаке, с получением первой суспензии. В данном способе первую суспензию (8) подвергают разделению (10) на твердую и жидкую фазы с получением первого выщелачивающего раствора серной кислоты, содержащего растворенные примеси из первого титансодержащего остатка (12) после выщелачивания.

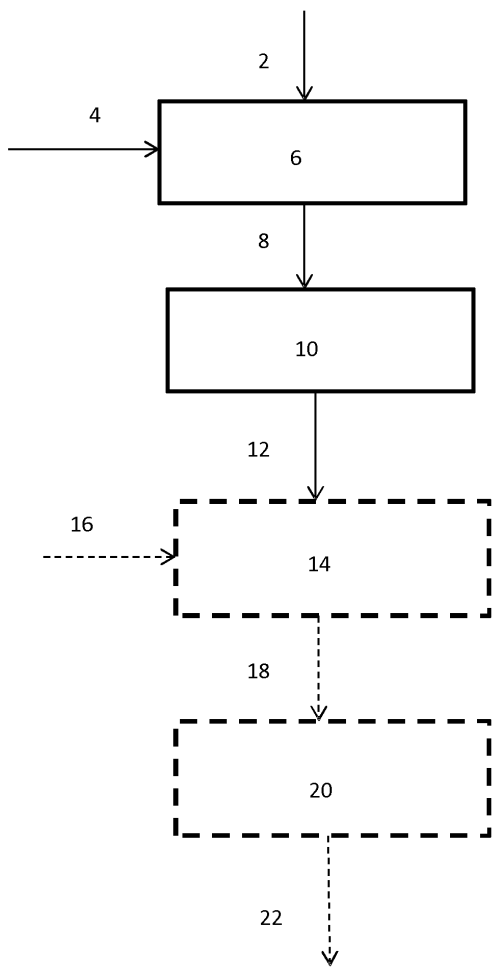
---

A1

201991781

201991781

A1



## СПОСОБ ОБРАБОТКИ ТИТАНСОДЕРЖАЩЕГО ШЛАКА

### Область техники

Данное изобретение относится к способу и устройству для обработки титансодержащего шлака.

### Предпосылки создания изобретения

Обычно титансодержащий шлак, например, шлак на основе диоксида титана, получают в качестве побочного продукта процесса плавки титансодержащего концентрата, например, магнетита. В дополнение к титану этот шлак часто содержит примеси, такие как алюминий, магний, кальций и диоксид кремния. Перед применением титансодержащего шлака в процессе производства пигмента некоторые из примесей, содержащихся в шлаке, следует удалить, таким образом, увеличивая содержание титана.

Обычно для увеличения содержания диоксида титана в титансодержащем шлаке предлагают обработку щелочью. Обработку щелочью применяют специально для того, чтобы удалить из шлака диоксид кремния. Согласно Lui et al., Kinetics on the desiliconization during alkaline leaching of titanium slag (Кинетика удаления кремния в ходе щелочного выщелачивания титанового шлака), Advanced Materials Research, тт. 233-235, 2011, 1322-1327, обработку щелочью обычно осуществляют на гидрометаллургических операциях концентрированным раствором гидроксида натрия, при температуре выше 100°C. Щелочь высокой концентрации необходима для того, чтобы перевести в раствор диоксид кремния из шлака. Обработку щелочью можно также осуществлять посредством пирометаллургического процесса обжига, который может требовать рабочей температуры до 1000°C. Согласно Dong et al., Upgrading of Ti-slag by roast-leach process (Обогащение титанового шлака посредством комбинированного процесса обжига и выщелачивания), Hydrometallurgy, 113-114, 2012, 119-121; и Lasheen, T.A., Soda ash roasting of titania slag product from Rosetta ilmenite (Обжиг с кальцинированной содой продукта - шлака на основе диоксида титана из Розеттского ильменита), Hydrometallurgy. 93, 2008, 124-128, за процессом обжига следует процесс гидрометаллургического выщелачивания.

Недостатком, связанным с применением гидроксида натрия, является то, что гидроксид натрия способен реагировать с алюминием и диоксидом кремния, образуя при этом осадки алюмосиликата натрия, которые трудно удалить из диоксида титана в твердой форме.

### Краткое описание изобретения

Таким образом, задачей данного изобретения является обеспечить способ и устройство для осуществления этого способа, с целью уменьшения недостатков, связанных с присутствием примесей в шлаках. Целей данного изобретения достигают с помощью способа и устройства, которые отличаются тем, что указано в независимых пунктах формулы изобретения. Предпочтительные примеры воплощения раскрыты в зависимых пунктах формулы изобретения.

Способ включает выщелачивание шлака в таких условиях, что выщелачиваются только примеси, а титан, например, в форме диоксида титана, остается в твердой фазе. Кроме того, условия осуществления способа препятствуют гелеобразованию диоксида кремния; таким образом, облегчается отделение твердого вещества от выщелачивающего раствора. В данном способе титансодержащий шлак, обычно шлак на основе диоксида титана, выщелачивают в достаточно разбавленном растворе серной кислоты, растворяя при этом содержащиеся в шлаке примеси и оставляя титан, обычно диоксид титана, в твердой фазе. Содержащие титан твердые вещества можно легко отделить от примесей, выщелоченных в раствор серной кислоты. Способ можно осуществить в условиях окружающей среды, то есть при атмосферном давлении и температуре ниже температуры кипения раствора.

Преимущество данного способа и устройства заключается в том, что при выщелачивании разбавленным раствором серной кислоты из титансодержащего шлака растворяются только нежелательные примеси, а титан, обычно диоксид титана, остается в твердой форме. Дополнительным преимуществом является то, что плотность суспензии на стадии выщелачивания такова, что содержащиеся в шлаке примеси, такие как алюминий, магний, кальций и диоксид кремния, способны перейти в выщелачивающий раствор. Другими словами, произведение растворимости выщелачивающего раствора не препятствует выщелачиванию примесей. В дополнение к растворению соединений титана, более высокая концентрация серной кислоты обладает также тем недостатком, что она переводит в гель диоксид кремния, растворенный из шлака. Также неожиданно было обнаружено, что этому процессу можно воспрепятствовать, если применять соответствующие параметры данного способа. Дополнительным преимуществом является то, что данный способ осуществляют в условиях окружающей среды, что позволяет сэкономить средства.

#### Краткое описание чертежей

Ниже изобретение описано более подробно посредством предпочтительных примеров воплощения, со ссылкой на прилагаемые чертежи, где:

Фиг. 1 представляет пример воплощения данного изобретения, включающий дополнительно возможный пример воплощения данного изобретения, указанный пунктирной линией,

Фиг. 2 изображает массовые доли титана и диоксида титана в твердой фазе после выщелачивания по Примеру А.

#### Подробное описание изобретения

Один из примеров воплощения относится к способу обработки титансодержащего шлака путем удаления примесей из шлака, увеличивая, таким образом, концентрацию титана в шлаке. Обычно титан находится в форме диоксида титана ( $\text{TiO}_2$ ). Способ обработки титансодержащего шлака включает:

- а) приведение титансодержащего шлака в контакт с первым выщелачивающим раствором серной кислоты для растворения примесей, содержащихся в шлаке, с получением первой суспензии,
- б) проведение разделения твердой и жидкой фаз в первой суспензии с получением первого выщелачивающего раствора серной кислоты, содержащего растворенные примеси из первого титансодержащего остатка, полученного после выщелачивания.

Состав титансодержащего шлака изменяется в зависимости от источника и процесса, из которых данный шлак получен. Содержание диоксида титана в титансодержащем шлаке обычно составляет в диапазоне от 45 до 55% масс. Содержание основных примесей, таких как  $\text{SiO}_2$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , обычно составляет

в диапазоне от 5 до 15% масс. и от 10 до 20% масс., соответственно. Перед проведением стадии (стадий) выщелачивания шлак обычно размалывают до получения частиц необходимого размера.

Первое выщелачивание серной кислотой на стадии а) обычно увеличивает содержание диоксида титана в шлаке (твердой фазе) примерно до 70%, даже до 73% масс. Содержание диоксида титана в конечном продукте выбирают посредством применения соответствующих технологических параметров, и оно зависит от требований последующих технологических стадий.

На первой стадии а) титансодержащий шлак приводят в контакт с серной кислотой, обычно при перемешивании. Концентрация серной кислоты в растворе обычно составляет в диапазоне от 2 до 20% масс., более типично от 3 до 15% масс., еще более типично в диапазоне от 5 до 15% масс., еще более типично в диапазоне от 8 до 12% масс. Выщелачивание проводят при температуре ниже температуры кипения раствора, обычно при температуре ниже 100°C. Обычно поддерживают температуру выщелачивающего раствора от 40°C до температуры кипения раствора. Повышенная температура увеличивает выщелачивание примесей из шлака. Давление на стадии выщелачивания поддерживают на уровне атмосферного. Время выдержки на стадии а) обычно составляет в диапазоне 6-30 часов, обычно 10-20 часов. Используя подходящее время выдержки, можно избежать гелеобразования диоксида кремния, выщелоченного из шлака. Если можно избежать гелеобразования диоксида кремния, легче проводить разделение на твердую и жидкую фазы.

При выщелачивании большая часть алюминия, магния, кальция и диоксида кремния, содержащихся в шлаке, переходит из шлака в выщелачивающий раствор серной кислоты. Однако титан не растворяется и остается в шлаке. После необходимого времени выдержки при выщелачивании проводят стадию б) разделения на твердую и жидкую фазы. Обычно разделение на твердую и жидкую фазы проводят любым пригодным способом, известным в уровне техники, например фильтрацией.

Если желательно увеличить содержание диоксида титана в шлаке выше 70% масс., способ может включать дополнительную стадию выщелачивания серной кислотой.

В дополнение к стадиям а) и б) способ может дополнительно включать:

с) приведение титансодержащего остатка после выщелачивания в контакт со вторым выщелачивающим раствором серной кислоты для растворения примесей, содержащихся в титансодержащем остатке после выщелачивания, с получением второй суспензии.

d) проведение разделения на твердую и жидкую фазы для второй суспензии с получением второго выщелачивающего раствора серной кислоты, содержащего растворенные примеси из второго титансодержащего остатка после выщелачивания.

Концентрации серной кислоты в первом и втором выщелачивающем растворе серной кислоты можно выбрать независимо, и обычно они составляют в диапазоне от 2 до 20% масс., более типично от 3 до 15% масс., еще более типично в диапазоне от 5 до 15% масс., и еще более типично в диапазоне от 8 до 12% масс.

Выщелачивание в серной кислоте указанной концентрации оказывает действие растворения металлических примесей, особенно  $\text{SiO}_2$ . Другими словами, концентрация серной кислоты находится на таком уровне, чтобы не затруднять перевод в раствор  $\text{SiO}_2$ , но, с другой стороны, она достаточно высока для растворения Al, Mg, Ca, Fe и т.д.

В соответствии с одним из воплощений, концентрации серной кислоты в первом и втором выщелачивающих растворах находятся примерно на одном уровне. Согласно другому воплощению,

концентрация серной кислоты во втором выщелачивающем растворе ниже, чем в первом выщелачивающем растворе. Таким образом повышают удаление примесей при втором выщелачивании, но избегают растворения титана из шлака. На второй стадии выщелачивания удаляют возможно оставшийся  $\text{SiO}_2$ . Также дополнительно выщелачивают оставшиеся примеси металлов. Если концентрация серной кислоты во втором выщелачивающем растворе является слишком высокой, происходят потери титана из-за растворения титана из шлака. Обычно первая стадия выщелачивания а) содержит выщелачивающий раствор, в котором концентрация серной кислоты выше, чем на второй стадии выщелачивания, например, от 2 до 20% масс., более типично от 3 до 15% масс., еще более типично в диапазоне от 5 до 15% масс., и еще более типично в диапазоне от 8 до 12% масс. Концентрация серной кислоты на первой стадии выщелачивания может также составлять в диапазоне от 5 до 10% масс. Обычно на второй стадии с) выщелачивания концентрацию серной кислоты второго выщелачивающего раствора выбирают так, чтобы она была ниже, чем на первой стадии, например, от 2 до 10% масс., обычно от 2 до 7% масс., более типично от 2 до 5% масс. Из представленных диапазонов концентрации серной кислоты обычно выбирают таким образом, чтобы они или находились примерно на одинаковом уровне, или чтобы концентрация серной кислоты во втором выщелачивающем растворе была ниже, чем концентрация серной кислоты в первом выщелачивающем растворе. Согласно одному из воплощений, первая стадия а) выщелачивания содержит выщелачивающий раствор, в котором концентрация серной кислоты составляет 10% масс., а вторая стадия с) выщелачивания содержит выщелачивающий раствор, в котором концентрация серной кислоты составляет 5% масс.

Обычно температуры первого и второго выщелачивающего раствора серной кислоты независимо выбирают таким образом, чтобы они были ниже температуры кипения раствора, обычно при температуре ниже  $100^\circ\text{C}$ . Обычно температуру выщелачивающего раствора поддерживают между  $40^\circ\text{C}$  и температурой кипения раствора.

Обычно время выдержки для стадий а) и с) независимо выбирают так, чтобы оно составляло в диапазоне от 6 до 30 часов, обычно от 10 до 20 часов.

Также обычно способ разделения на твердую и жидкую фазы на стадиях b) и d) независимо выбирают из любых пригодных способов, известных в уровне техники, например фильтрацию.

После второй стадии выщелачивания серной кислотой содержание диоксида титана в твердой фазе шлака увеличилось примерно до 73-76% масс.

Описано воплощение устройства для обработки титансодержащего шлака, включающее:

а) первый блок выщелачивания, в котором титансодержащий шлак приводят в контакт с первым выщелачивающим раствором серной кислоты, для растворения примесей, содержащихся в шлаке, с получением первой суспензии.

б) первый блок разделения на твердую и жидкую фазы, в котором первую суспензию подвергают разделению на твердую и жидкую фазы, с получением первого выщелачивающего раствора серной кислоты, содержащего растворенные примеси из первого титансодержащего остатка после выщелачивания.

Устройство может также дополнительно включать:

с) второй блок выщелачивания, в котором титансодержащий остаток после выщелачивания приводят в контакт со вторым выщелачивающим раствором серной кислоты, для растворения примесей, содержащихся в титансодержащем остатке после выщелачивания, с получением второй суспензии,

d) второй блок разделения на твердую и жидкую фазы, в котором вторую суспензию подвергают разделению на твердую и жидкую фазы, с получением второго выщелачивающего раствора серной кислоты, содержащего растворенные примеси из второго титансодержащего остатка после выщелачивания.

Обычно в устройстве концентрации серной кислоты в первом и втором выщелачивающем растворе серной кислоты выбирают независимо, и обычно они составляют в диапазоне от 2 до 20% масс., более типично от 3 до 15% масс., еще более типично в диапазоне от 5 до 15% масс., и еще более типично в диапазоне от 8 до 12% масс. Обычно первый блок а) выщелачивания содержит выщелачивающий раствор, в котором концентрация серной кислоты выше, чем во втором блоке выщелачивания, например, от 5 до 15% масс., обычно от 5 до 10% масс. Во втором блоке выщелачивания концентрация второго выщелачивающего раствора серной кислоты обычно ниже, чем в первом блоке, например, от 2 до 10% масс., обычно от 2 до 7% масс., более типично от 2 до 5% масс. Согласно одному из воплощений устройства, концентрация серной кислоты в первом и во втором блоках выщелачивания находятся примерно на одинаковом уровне. Согласно другому воплощению устройства, концентрация во втором выщелачивающем растворе ниже, чем в первом выщелачивающем растворе. Таким образом, увеличивают удаление примесей при втором выщелачивании, но избегают растворения титана из шлака. Если концентрация серной кислоты во втором выщелачивающем растворе слишком высока, происходят потери титана в результате растворения титана из шлака. Обычно концентрации серной кислоты выбирают из представленных диапазонов таким образом, чтобы они или находились на одном уровне, или концентрация серной кислоты во втором выщелачивающем растворе была ниже, чем концентрация серной кислоты в первом выщелачивающем растворе. В соответствии с одним из воплощений изобретения, первая стадия а) выщелачивания содержит выщелачивающий раствор, в котором концентрация серной кислоты составляет 10% масс., а вторая стадия с) выщелачивания содержит выщелачивающий раствор, в котором концентрация серной кислоты составляет 5% масс.

Температуры первого и второго выщелачивающего раствора серной кислоты обычно независимо выбирают таким образом, чтобы они были ниже температуры кипения раствора; обычно при температуре ниже 100°C. Обычно температуру выщелачивающего раствора поддерживают между 40°C и температурой кипения раствора.

#### Перечень численных сносок

- 2 – титансодержащий шлак
- 4 – первый раствор серной кислоты
- 6 – первая стадия выщелачивания
- 8 – первая суспензия
- 10 – первая стадия разделения на твердую и жидкую фазы
- 12 – остаток после выщелачивания, который имеет повышенное содержание титана
- 14 – вторая стадия выщелачивания
- 16 – второй раствор серной кислоты
- 18 – вторая суспензия
- 20 – вторая стадия разделения на твердую и жидкую фазы
- 22 – конечный продукт, который имеет повышенное содержание титана

Фиг. 1 иллюстрирует одно из воплощений изобретения. На Фиг. 1 титаносодержащий шлак 2 подвергают действию первой стадии 6 выщелачивания в присутствии первого раствора серной кислоты. Перед тем, как подвергнуть его действию первой стадии 6 выщелачивания, титаносодержащий шлак можно размолоть до необходимого размера частиц. На первой стадии выщелачивания температуру выщелачивающего раствора поддерживают ниже его температуры кипения, а давление поддерживают на уровне атмосферного. Время выдержки на первой стадии 6 выщелачивания составляет от 6 до 30 часов. Концентрацию серной кислоты поддерживают на уровне примерно 10% масс. На первой стадии 6 выщелачивания из титаносодержащего шлака выщелачивают примеси, таким образом, формируя первую суспензию 8, содержащую примеси в выщелоченной форме в первом выщелачивающем растворе и шлак в твердом виде. Первую суспензию 8 подвергают действию первой стадии 10 разделения на твердую и жидкую фазы, которая обычно представляет собой фильтрацию. После первой стадии разделения на твердую и жидкую фазы получают остаток 12 после выщелачивания, который имеет повышенное содержание титана. Остаток 12 после выщелачивания можно подвергнуть действию второй стадии 14 выщелачивания. Вторую стадию выщелачивания проводят в присутствии второго раствора 16 серной кислоты. Температуру на второй стадии выщелачивания поддерживают ниже температуры кипения выщелачивающего раствора, а давление поддерживают на уровне атмосферного. Время выдержки на второй стадии 14 выщелачивания составляет от 6 до 30 часов. Концентрацию серной кислоты поддерживают примерно на уровне 5% масс. На второй стадии 14 выщелачивания из титаносодержащего шлака выщелачивают примеси, с образованием второй суспензии 18, содержащей примеси в выщелоченной форме во втором выщелачивающем растворе, и шлак в твердом виде. Вторую суспензию 18 подвергают действию второй стадии 20 разделения на твердую и жидкую фазы, которая обычно представляет собой фильтрацию. Со второй стадии 20 разделения на твердую и жидкую фазы получают конечный продукт 22, который имеет повышенное содержание титана.

#### Примеры

Для выщелачивания примесей были смешаны шлак на основе диоксида титана и серная кислота с различными концентрациями. Температура выщелачивания составляла 90-95°C. Были получены конечные продукты со следующими концентрациями металлов:

Таблица 1. Состав конечного продукта после выщелачивания шлака на основе диоксида титана серной кислотой. Выщелачивание проводили на одной стадии выщелачивания, при временах выщелачивания 10 часов и 12 часов и при температуре 90°C.

|                                                  | Mg, % | Al, % | Ca, % | Ti, % | Fe, % | SiO <sub>2</sub> , % | TiO <sub>2</sub> , % |
|--------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------------|----------------------|
| H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , 2% масс., 10 ч  | 4,6   | 4,8   | 1,1   | 40,7  | 2,4   | 5,6                  | 67,9                 |
| H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , 3% масс., 10 ч  | 4,5   | 4,6   | 0,8   | 39,4  | 2,4   | 7,4                  | 65,7                 |
| H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , 5% масс., 12 ч  | 3,7   | 3,9   | 0,3   | 41,1  | 2,2   | 7,0                  | 68,6                 |
| H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , 12% масс., 12 ч | 3,4   | 3,5   | 0,4   | 38,4  | 2,1   | 10,9                 | 64,1                 |
| H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , 20% масс., 12 ч | 3,3   | 3,3   | 0,2   | 36,5  | 2,0   | 15,3                 | 60,9                 |

Таблица 2. Состав конечного продукта после выщелачивания шлака на основе диоксида титана серной кислотой. Выщелачивание проводили на одной стадии выщелачивания, при времени выщелачивания 24 часа и при температуре 90°C.

|                                           | Mg, % | Al, % | Ca, % | Ti, % | Fe, % | SiO <sub>2</sub> , % | TiO <sub>2</sub> , % |
|-------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------------|----------------------|
| H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , 5% масс. | 4,2   | 4,0   | 0,3   | 43,5  | 2,3   | 6,9                  | 72,6                 |

Таблица 3. Состав конечного продукта после выщелачивания шлака на основе диоксида титана серной кислотой. Выщелачивание проводили в две стадии выщелачивания, при времени выщелачивания на каждой стадии выщелачивания 12 часов и при температуре 90°C.

| H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , % масс.<br>1 стадия + 2 стадия | Mg, % | Al, % | Ca, % | Fe, % | SiO <sub>2</sub> , % | Ti, % | TiO <sub>2</sub> , % |
|-----------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|----------------------|-------|----------------------|
| 5% + 5%                                                         | 4,2   | 5,0   | 0,2   | 2,2   | 5,8                  | 43,6  | 72,7                 |
| 5% + 10%                                                        | 4,2   | 4,0   | 0,2   | 2,2   | 6,1                  | 44,0  | 73,4                 |
| 5% + 20%                                                        | 4,2   | 3,9   | 0,1   | 2,2   | 4,9                  | 44,6  | 74,4                 |
| 10% + 20%                                                       | 4,1   | 3,8   | 0,1   | 2,1   | 5,6                  | 44,6  | 74,4                 |
| 10% + 10%                                                       | 4,1   | 3,8   | 0,1   | 2,2   | 4,2                  | 45,3  | 75,6                 |

Пример А: Массовые доли титана и диоксида титана в твердой фазе после выщелачивания показаны на Фиг. 2 следующим образом:

- а) шлак на основе диоксида титана, исходный материал,
- б) 1 стадия (5% кислота) и 2 стадия (5% кислота),
- с) 1 стадия (5% кислота) и 2 стадия (10% кислота),
- д) 1 стадия (10% кислота) и 2 стадия (10% кислота),
- е) 1 стадия (5% кислота, время выщелачивания 24 часа),
- ф) 1 стадия (5% кислота).

Для специалиста очевидно, что по мере развития технологии концепцию данного изобретения можно будет осуществить различными путями. Данное изобретение и его воплощения не ограничены вышеописанными примерами, и могут изменяться в пределах объема формулы изобретения.

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ обработки титансодержащего шлака, включающий:

- а) приведение титансодержащего шлака в контакт с первым выщелачивающим раствором серной кислоты для растворения примесей, содержащихся в шлаке, с получением первой суспензии,
- б) осуществление разделения первой суспензии на твердую и жидкую фазы с получением первого выщелачивающего раствора серной кислоты, содержащего растворенные примеси из первого титансодержащего остатка после выщелачивания.

2. Способ по п. 1, дополнительно включающий:

- с) приведение титансодержащего остатка после выщелачивания в контакт со вторым выщелачивающим раствором серной кислоты для растворения примесей, содержащихся в титансодержащем остатке после выщелачивания, с получением второй суспензии,
- д) осуществление разделения второй суспензии на твердую и жидкую фазы с получением второго выщелачивающего раствора серной кислоты, содержащего растворенные примеси из второго титансодержащего остатка после выщелачивания.

3. Способ по п. 1 или 2, в котором концентрации серной кислоты в первом и втором выщелачивающем растворе серной кислоты выбирают независимо, и они находятся в диапазоне от 2 до 20% масс., более типично от 3 до 15% масс., еще более типично в диапазоне от 5 до 15% масс., и еще более типично в диапазоне от 8 до 12% масс.

4. Способ по любому из предшествующих пп. 1-3, в котором концентрация серной кислоты в первом выщелачивающем растворе серной кислоты обычно находится в диапазоне от 2 до 20% масс., более типично от 3 до 15% масс., еще более типично в диапазоне от 5 до 15% масс., еще более типично в диапазоне от 8 до 12% масс., а концентрация серной кислоты во втором выщелачивающем растворе серной кислоты ниже, чем в первом выщелачивающем растворе серной кислоты, и ее выбирают так, что она находится в диапазоне от 2 до 10% масс., обычно от 2 до 7% масс., более типично от 2 до 5% масс.

5. Способ по любому из предшествующих пп. 1-4, в котором температуры первого и второго выщелачивающего раствора серной кислоты независимо выбирают так, что они ниже температуры кипения соответствующего раствора; обычно температуры первого и второго выщелачивающего раствора серной кислоты независимо выбирают так, что они составляют от 40°C до температуры кипения соответствующего раствора.

6. Способ по любому из предшествующих пп. 1-5, в котором времена выдержки на стадиях а) и с) независимо выбирают так, что они находятся в диапазоне 6-30 часов, обычно 10-20 часов.

7. Способ по любому из предшествующих пп. 1-6, в котором разделение на твердую и жидкую фазы на стадиях б) и д) независимо выбирают из любых пригодных способов, известных в уровне техники, например фильтрации.

8. Устройство для обработки титансодержащего шлака, включающее:

а) первый блок выщелачивания, в котором титансодержащий шлак приводят в контакт с первым выщелачивающим раствором серной кислоты, для растворения примесей, содержащихся в шлаке, с получением первой суспензии,

б) первый блок разделения на твердую и жидкую фазы, в котором первую суспензию подвергают разделению на твердую и жидкую фазы, с получением первого выщелачивающего раствора серной кислоты, содержащего растворенные примеси из первого титансодержащего остатка после выщелачивания.

9. Устройство по п. 8, дополнительно включающее:

с) второй блок выщелачивания, в котором титансодержащий остаток после выщелачивания приводят в контакт со вторым выщелачивающим раствором серной кислоты при атмосферном давлении и при температуре ниже  $100^{\circ}\text{C}$ , для растворения примесей, содержащихся в титансодержащем остатке после выщелачивания, с получением второй суспензии,

д) второй блок разделения на твердую и жидкую фазы, в котором вторую суспензию подвергают разделению на твердую и жидкую фазы, с получением второго выщелачивающего раствора серной кислоты, содержащего растворенные примеси из второго титансодержащего остатка после выщелачивания.

10. Устройство по п. 8 или 9, в котором концентрации серной кислоты в первом и втором выщелачивающем растворе серной кислоты выбирают независимо, и они находятся в диапазоне от 3 до 15% масс., обычно в диапазоне от 5 до 10% масс.

11. Устройство по любому из предшествующих пп. 8-10, в котором концентрация серной кислоты в первом выщелачивающем растворе серной кислоты обычно находится в диапазоне от 2 до 20% масс., более типично от 3 до 15% масс., еще более типично в диапазоне от 5 до 15% масс., еще более типично в диапазоне от 8 до 12% масс.; а концентрация серной кислоты во втором выщелачивающем растворе серной кислоты составляет от 2 до 10% масс., обычно от 2 до 7% масс., более типично от 2 до 5% масс.

12. Устройство по любому из предшествующих пп. 8-11, в котором температуры первого и второго выщелачивающего раствора серной кислоты независимо выбирают так, что они ниже температуры кипения соответствующего раствора; обычно температуры первого и второго выщелачивающего раствора серной кислоты независимо выбирают так, что они составляют от  $40^{\circ}\text{C}$  до температуры кипения соответствующего раствора.

13. Устройство по любому из предшествующих пп. 8-12, в котором времена выдержки в блоках а) и с) независимо выбирают так, что они находятся в диапазоне от 6 до 30 часов, обычно от 10 до 20 часов.

14. Устройство по любому из предшествующих пп. 8-13, в котором разделение на твердую и жидкую фазы в блоках b) и d) независимо выбирают из любых подходящих блоков разделения на твердую и жидкую фазы, известных в уровне техники, например фильтрации.

## ИЗМЕНЕННАЯ ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

## 1. Способ обработки титансодержащего шлака, включающий:

а) приведение титансодержащего шлака в контакт с первым выщелачивающим раствором серной кислоты, где концентрация серной кислоты находится в диапазоне от 2 до 20% масс., для растворения примесей, содержащихся в шлаке, с получением первой суспензии,

б) осуществление разделения первой суспензии на твердую и жидкую фазы с получением первого выщелачивающего раствора серной кислоты, содержащего растворенные примеси из первого титансодержащего остатка после выщелачивания,

с) приведение титансодержащего остатка после выщелачивания в контакт со вторым выщелачивающим раствором серной кислоты для растворения примесей, содержащихся в титансодержащем остатке после выщелачивания, с получением второй суспензии,

д) осуществление разделения второй суспензии на твердую и жидкую фазы с получением второго выщелачивающего раствора серной кислоты, содержащего растворенные примеси из второго титансодержащего остатка после выщелачивания,

причем концентрация серной кислоты во втором выщелачивающем растворе серной кислоты ниже, чем в первом выщелачивающем растворе серной кислоты.

2. Способ по п. 1, в котором концентрации серной кислоты в первом и втором выщелачивающем растворе серной кислоты выбирают независимо, и они находятся в диапазоне от 2 до 20% масс., более типично от 3 до 15% масс., еще более типично в диапазоне от 5 до 15% масс., и еще более типично в диапазоне от 8 до 12% масс.

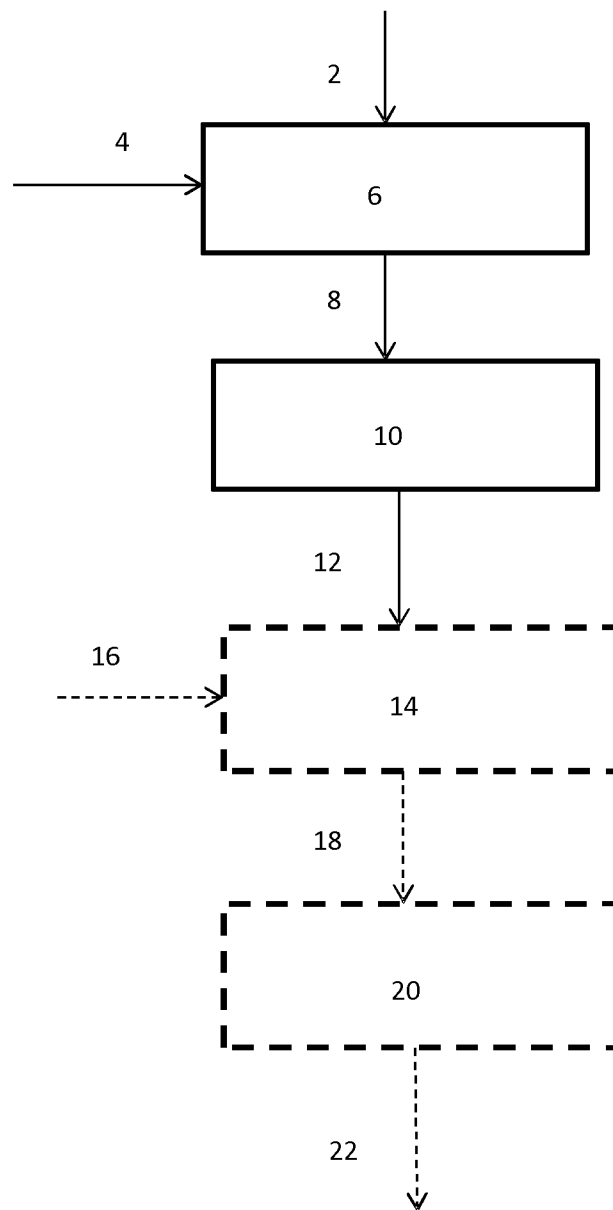
3. Способ по п. 1 или 2, в котором концентрация серной кислоты в первом выщелачивающем растворе серной кислоты находится в диапазоне от 3 до 15% масс., более типично в диапазоне от 5 до 15% масс., еще более типично в диапазоне от 8 до 12% масс., а концентрацию серной кислоты во втором выщелачивающем растворе серной кислоты выбирают так, что она находится в диапазоне от 2 до 10% масс., обычно от 2 до 7% масс., более типично от 2 до 5% масс.

4. Способ по любому из предшествующих пп. 1-3 в котором температуры первого и второго выщелачивающего раствора серной кислоты независимо выбирают так, что они ниже температуры кипения соответствующего раствора; обычно температуры первого и второго выщелачивающего раствора серной кислоты независимо выбирают так, что они составляют от 40°C до температуры кипения соответствующего раствора.

5. Способ по любому из предшествующих пп. 1-4, в котором времена выдержки на стадиях а) и с) независимо выбирают так, что они находятся в диапазоне 6-30 часов, обычно 10-20 часов.

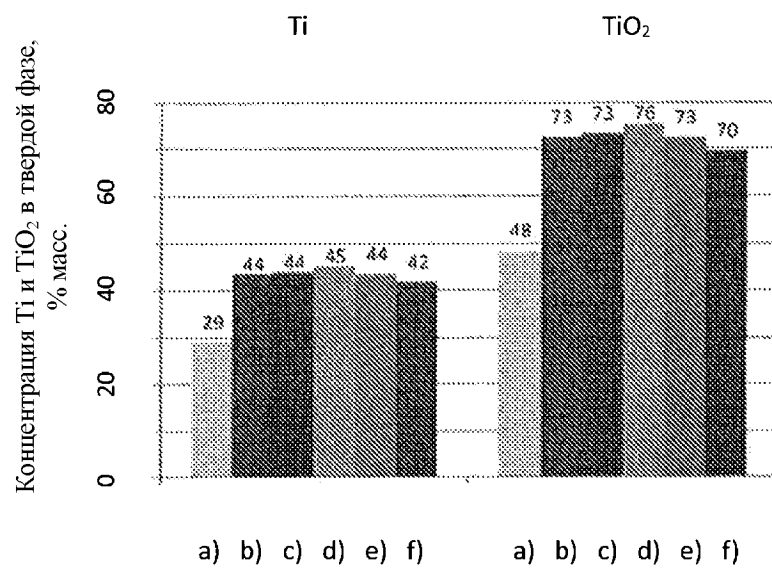
6. Способ по любому из предшествующих пп. 1-6, в котором разделение на твердую и жидкую фазы на стадиях b) и d) независимо выбирают из любых пригодных способов, известных в уровне техники, например фильтрации.

1/2



Фиг. 1

2/2



Фиг. 2