

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **040223**(13) **B1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

- | | |
|--|--|
| (45) Дата публикации и выдачи патента
2022.05.06 | (51) Int. Cl. C21B 15/02 (2006.01)
C21B 5/04 (2006.01)
C22C 14/00 (2006.01)
C22C 1/02 (2006.01)
C22C 1/06 (2006.01) |
| (21) Номер заявки
201990607 | |
| (22) Дата подачи заявки
2018.05.21 | |

(54) СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ТИТАНОВОГО СПЛАВА, ОСНОВАННЫЙ НА АЛЮМОТЕРМИЧЕСКОМ САМОРАСПРОСТРАНЯЮЩЕМСЯ ГРАДИЕНТНОМ ВОССТАНОВЛЕНИИ ШЛАКА

- | | |
|---|--|
| (31) 201710443771.1 | (56) CN-A-107151752
CN-A-105132724
CN-A-104131128
JP-A-2009029661
NERSISYAN, H.H. et al., "Effective Two-Step Method for Producing Ti-6Al-4V Alloy Particles with Various Morphologies", Powder Technology, vol. 254, 11 January 2014 (11.01.2014), ISSN: 0032-5910, pages 57-62 |
| (32) 2017.06.13 | |
| (33) CN | |
| (43) 2019.07.31 | |
| (86) PCT/CN2018/087692 | |
| (87) WO 2018/228142 2018.12.20 | |
| (71)(73) Заявитель и патентовладелец:
НОРТЕАСТЕРН ЮНИВЕРСИТИ
(CN) | |
| (72) Изобретатель:
Доу Жихе, Жанг Тинган, Лиу Ян, Лв
Гуожи, Жао Киуйюе, Ниу Липинг, Фу
Даксун, Жанг Вейгуанг (CN) | |
| (74) Представитель:
Явкина Е.В. (RU) | |

-
- (57) Способ получения титанового сплава, основанный на алюмотермическом самораспространяющемся градиентном восстановлении шлака, относится к технической области титанового сплава. В этом способе рутил или высокотитановый шлак или двуокись титана:алюминиевый порошок:порошок $V_2O_5:CaO:KClO_3=1.0:(0.60\sim 0.24):(0.042\sim 0.048):(0.12\sim 0.26):(0.22\sim 0.30)$ использовались для приготовления высокотемпературного расплава методом градиентной подачи и самораспространяющейся реакции. Выполняется выплавка многоступенчатного восстановления, после завершения подачи сырья осуществляют изоляцию плавки, после чего добавляется рафинированный шлак $CaF_2-CaO-TiO_2-V_2O_5$ к высокотемпературному сплаву для рафинирования и промывки шлака, в завершение получают титановый сплав очищенный от шлака. Данный метод имеет преимущества короткой подачи, низкого потребления энергии, простоты выполнения операций, а также легкого контроля содержания Al и V в сплаве.

040223
B1

040223
B1

Область техники

Данное изобретение относится к технической области титано-алюминиевого сплава, которая, в частности, затрагивает способы получения титанового сплава, основанного на алюмотермическом самораспространяющемся градиентном восстановлении шлака.

Уровень техники

Титановый сплав широко используется в авиации и космонавтике, судах, национальной военной промышленности, биомедицине и других областях благодаря малому удельному весу, высокой удельной прочности, хорошим высокотемпературным характеристикам, устойчивости к кислотам, щелочам и коррозии и хорошей биосовместимостью, при этом будущий рынок представляется достаточно огромным. В настоящее время годовая выработка продукции титанового сплава в мире достигала 40 тыс. тонн, при этом товарных марок титанового сплава насчитывается около 30, среди которых Ti-6Al-4V (TC4) является одним из наиболее широко используемых ферросплавов. Его доля применения составляет более 50% от общего объема производства титановых сплавов, что составляет 95% всех деталей из титановых сплавов. Это ведущий материал по применению титановых сплавов во всем мире. Сплав Ti-6Al-4V представляет собой двухфазный титановый сплав $\alpha+\beta$, который был разработан технологическим институтом Иллинойса в 1954 году. Он имеет хорошую прочность, твердость, пластичность, эластичность, сформированность, яркость, теплостойкость, свечестойкость и биосовместимость. Он сперва был использован в авиационно-космической промышленности, но с прогрессом науки и техники сплав стал применяться в военной, биомедицинской, автомобильной, морской индустриях, индустрии безопасности и предохранения, спорте, принадлежностях для досуга и обихода и других областях. Кроме того в процессе своего развития стал наиболее широко используемым титановым сплавом с наибольшим выпуском продукции. В то же время, благодаря широкому применению сплава Ti-6Al-4V, методы его подготовки, микроструктура и свойства, анализ и применение имеют большее изучение и исследования, он является типичным представителем титанового сплава.

В настоящее время, методы промышленного производства сплавов Ti-6Al-4V, главным образом, заключаются в вакуумном плавнении и порошковой металлургии. Метод вакуумного плавнения применяет губчатый титан в качестве сырья, добавляет промежуточные легирующие элементы в соответствии с целевым сплавом, осуществляет полное смешение, прессование и электродную сварку, после чего выполняется плавка в дуговой переплав, используется электронно-лучевая плавильная печь или плазменная плавильная печь, затем происходит отливка в слитки и термическая обработка для получения готовой продукции. Метод порошковой металлургии, также известный как смешивание элементов (Blending elements, BE), представляет собой технологию формирования почти чистой формы для деталей сложной формы. Данный метод имеет преимущества короткой отростчатой подачи, высокой материальной микроструктуры использования, точности и равномерности, контроля состава и почти чистой формы. Идеальный процесс для подготовки титановых сплавов с высокой эффективностью и низкой ценой. Согласно данному методу титановый порошок и порошковые элементы смешиваются согласно коэффициенту состава сплава, после чего формовка выполняется при помощи прессования или изостатического холодного отжима, затем выполняется спекание в вакууме, после этого применяется перегревание для получения готовой продукции. Однако вышеуказанные два метода основаны на титановой губке или титановом порошке в качестве сырья. В настоящее время метод Кролла (Kroll) промышленной масштабной подготовки губчатого титана - это сложный процесс с длительным промежутком, имеющий высокое потребление энергии и высокое загрязнение, что является основной причиной для высоких цен на титановый сплав и широко ограниченный диапазон применения. В настоящее время электролиз расплавленных солей является научно-исследовательской точкой прямого получения титановых сплавов из оксидов титана. Это прямое получение титановых сплавов с низким содержанием кислорода путем электролиза диоксида титана TiO_2 в расплавленном $CaCl_2$. Однако этот метод имеет некоторые недостатки, такие как незрелые технологические условия, низкоточная эффективность и низкая эффективность продукции. Если оксид титана можно добавить в определенное количество элементов оксид сплава, титановый сплав может быть непосредственно подготовлен металлтермическим методом сокращения (например, алюмотермия), в результате чего сложный процесс производства губчатого титана можно избежать, что значительно снижает технологическую себестоимость титанового сплава. Алюмотермия имеет преимущества быстрого потребления реакции и низкой энергии. Поэтому перспективным способом снижения стоимости титановых сплавов является непосредственное получение сплавов на основе титана из оксида титана и оксида элемента титанового сплава алюмотермическим методом. Алюминий как основной элемент α -фазы является стабильным элементом из титанового сплава, играет важную роль в укреплении твердым раствором. Прочность на растяжение при комнатной температуре увеличивается на 50 МПа с добавлением 1% Al. Предельная растворимость алюминия в титане составляет 7.5%. Однако после превышения предельной растворимости в микроструктуре появляется упорядоченная фаза Ti_3Al (α_2), неблагоприятная для пластичности, вязкости и коррозионного напряжения сплава. Поэтому количество добавляемого алюминия не превышает 7%, а содержание алюминия в некоторых титановых сплавах еще ниже. Поэтому контроль содержания алюминия в титановых сплавах особенно важен. Однако из-за неполного

восстановления диоксида титана в процессе алюмотермического восстановления TiO_2 титан и алюминий в сплаве легко формируют титан-алюминиевые интерметаллиды, что приводит к повышению содержания алюминия ($\geq 10\%$). При этом трудно контролировать содержание алюминия в сплаве путем дозирования в процессе самораспространяющейся реакции.

Основываясь на недостатках длительного технологического процесса, высоких энергозатратах и высокой стоимости подготовки титанового сплава и сложности контроля содержания алюминия в процессе подготовки титанового сплава алюмотермическим методом, предложен новый метод получения титанового сплава алюмотермическим восстановлением - рафинирование шлака с применением рутила или высокотитанового шлака или двуокиси титана (диоксида титана) в качестве сырья.

Раскрытие изобретения

Для решения задач неполного восстановления TiO_2 диоксида титана, высокого остатка алюминия и высокого содержания кислорода, существующих при получении ферротитаниевого сплава алюмотермическим методом, предложен способ получения титанового сплава, основанный на алюмотермическом самораспространяющемся градиентном восстановлении шлака высоким титановым шлаком, или рутилом, или диоксидом титана в качестве сырья. Метод основан на термитной самораспространяющейся реакции, т.е. высокотемпературный расплав получают термитной самораспространяющейся реакцией с использованием рутила, или высоко титанового шлака, или диоксида титана, или алюминиевого порошка в качестве сырья путем градиентной подачи, а затем проводят градиентную восстановительную плавку. Процесс и температура реакции проконтролированы. Рафинированный шлак на основе CaF_2 - CaO - TiO_2 - V_2O_5 системы добавляется в высокотемпературный расплав, основность и температуру плавления шлака корректируют, шлак промывают. В завершении высокотемпературную плавку охлаждают до комнатной температуры для того, чтобы извлечь верхний шлак и получить титановый сплав, который является титан-алюминиевым сплавом ванадия.

Способ получения титанового сплава, основанный на алюмотермическом самораспространяющемся градиентном восстановлении шлака, включает в себя следующие этапы:

Этап 1: материальная предварительная подготовка

Термоматериалы реакции алюминотермического восстановления были предварительно обработаны отдельно для того, чтобы получить термоматериалы реакции алюминотермического восстановления после предварительной подготовки.

Описываемые термоматериалы реакции алюминотермического восстановления содержат материал титана, алюминиевый порошок, порошок V_2O_5 , CaO и $KClO_3$.

Материал титана смешан с одним или с несколькими компонентами, включающими рутил, высокотитановый шлак или двуокись титана.

Предварительно обработанные алюмотермические восстановительные реагенты взвешиваются в соответствии с пропорциями. По соотношению массы титансодержащие материалы:алюминиевый порошок:порошок V_2O_5 : CaO : $KClO_3$ =1.0:(0.60~0.24):(0.042~0.048):(0.12~0.26):(0.22~0.30).

В термо-материалах реакции алюминотермического восстановления диаметры частицы каждого материала соответственно: рутил ≤ 3 mm, высокотитановый шлак ≤ 3 mm или диоксид титана ≤ 0.02 mm, алюминиевый порошок ≤ 2 mm, порошок V_2O_5 ≤ 0.2 mm, частицы CaO ≤ 0.2 mm, частицы $KClO_3$ ≤ 2 mm.

Этап 2: реакция самораспространяющейся алюминотермии

Самораспространяющееся алюминотермическое градиентное восстановление применяется при помощи одного из следующих двух способов.

Способ добавления сырья 1:

Смесь получают путем смешивания взвешенного сырья, кроме порошка алюминия, при этом смесь разделяют на несколько частей.

Согласно порядку, в котором каждая смесь добавляется в реактор, количество алюминия постепенно уменьшается в 0.85~0.65 раз от стехиометрического соотношения в 1.15~1.35 раз. Согласно уравнению химической реакции общая масса алюминиевого порошка добавляется в теории m_t , а фактическая общая масса алюминиевого порошка добавляется в m_a , где $m_a = m_t \times (95 \sim 100)\%$.

Среди них первая партия из различных материалов, добавленных в реактор, составляет 10-30% от общей массы смеси, и первая партия из различных материалов, добавленных в реактор, магниевый порошок в качестве воспламенителя смеси, воспламеняется смесь для инициирования самораспространяющихся реакций, в результате чего первая партия высокотемпературных расплавов является достаточной, чтобы вызвать последующую реакцию.

Согласно порядку уменьшения стехиометрического отношения количества алюминия, в свою очередь, остальные смеси по очереди добавляются в реактор до тех пор, пока все материалы полностью не прореагируют на получение высокотемпературного расплава.

Способ добавления сырья 2:

Смесь получают путем смешивания сырья, кроме порошка алюминия, затем смесь добавляют в смеситель непрерывного действия с равномерным расходом.

В то же время алюминиевый порошок добавляется к непрерывному смесителю при постепенно

уменьшающемся расходе потока так, что алюминиевое содержание непрерывно добавленной смеси постепенно будет уменьшено от 1.15~1.35 раз стехиометрического коэффициента до 0.85~0.65 раз стехиометрического коэффициента. Где градиентное изменение распределения алюминия удовлетворяет уравнению:

$$m=(b-c)\div a,$$

где m - частота градиентного изменения распределения алюминия,

b – максимальное распределение алюминия,

c - минимальное распределение алюминия,

a - коэффициент градиентного изменения распределения алюминия, $0 < a \leq 0.04$;

Согласно уравнению химической реакции теоретическая общая масса алюминиевого порошка составляет m_t , а фактическая общая масса алюминиевого порошка составляет m_a , где $m_a = m_t \times (95 \sim 100)\%$.

Сырье алюминиевый тепловой самораспространяющейся реакции смешивается в смеситель непрерывного действия и затем непрерывно добавляется в реактор термического восстановления алюминия, пока все материалы полностью не прореагируют для получения высокой температуры плавления.

Этап 3: плавка в электромагнитном поле

Высокотемпературный расплав нагревается при помощи электромагнитной индукции, при этом шлак и металл разделяются. Верхний слой - глиноземный шлак, нижний - сплав, в процессе плавки температура контролируется на 1700~1800°C, время пребывания составляет 5~25 мин.

Этап 4: рафинирование шлака

(1) 85-95% от общего объема глинозема на основе шлака в верхний слой удаляется, остаточный объем глинозема на основе шлака и сплава расплава в нижнем слое подвергается эксцентриковому механическому перемешиванию, скорость оборотов перемешивания составляет 50~150 об/мин, температура регулируется в диапазоне 1700~1800°C.

(2) Когда расплав перемешивается равномерно, осуществляется непрерывное помешивание и рафинированный шлак из компонентов $\text{CaF}_2\text{-CaO-TiO}_2\text{-V}_2\text{O}_5$ вводят в расплав с высокой чистоты инертного газа в качестве газа-носителя для шлака промывки и переработки, в котором по массе сырье алюминотермитных самораспространяющихся реакций: $\text{CaF}_2\text{-CaO-TiO}_2\text{-V}_2\text{O}_5$ на основе переработки шлака = 1.0:(0.02~0.08);

Рафинированный шлак $\text{CaF}_2\text{-CaO-TiO}_2\text{-V}_2\text{O}_5$ содержит химические компоненты и их массовые проценты: CaF_2 : 5~10%, CaO : 40~60%, Na_2O : 0~2%, TiO_2 : 30~40%, V_2O_5 : 5~15%, соответственно, а оставшая сумма - неизбежные примеси. Среди них рафинированный шлак $\text{CaF}_2\text{-CaO-TiO}_2\text{-V}_2\text{O}_5$ содержит различные компоненты: CaO , CaF_2 , Na_2O , TiO_2 , V_2O_5 , размер частиц порошков которых ≤ 0.2 mm.

(3) Титановый сплав был получен впрыском рафинированного шлака $\text{CaF}_2\text{-CaO-TiO}_2\text{-V}_2\text{O}_5$, при этом температура поддерживалась в диапазоне 1700~1800°C с непрерывным эксцентрическим механическим смешиванием 10~30 мин.

Этап 5: охлаждение

После охлаждения титанового сплава до комнатной температуры, титановый сплав получают путем удаления верхнего шлака.

Подготовленный титановый сплав содержит химический состав и массовую долю: Al - 5.5~6.5%, V - 3.5~4.5%, Si - 0.2~1.0%, Fe - 0.2~1.0%, O < 0.9%, остаток - Ti.

На этапе 1 метод предварительной обработки для алюминиевого термо-материала восстановительной реакции выглядит следующим образом:

(1) титан-содержащие материалы, порошок V_2O_5 и CaO подвергнуты спеканию отдельно, температура спекания $\geq 120^\circ\text{C}$, время 12~36 ч.

(2) время сушения KClO_3 при 150~300°C составляет 12~48 ч. В этапе 2, некоторые из частей равны n , $n \geq 4$.

На этапе 3 прибор электромагнитной индукции - индукционная печь средней частоты, при этом частота электромагнитного поля больше или равна 1000 Гц.

На этапе 4 механическое перемешивание эксцентриситета имеет эксцентрик 0.2~0.4.

На этапе 4 впрыск предпочтительно производится на дно индукционной печи средней частоты.

На этапе 4 инертный газ высокой чистоты - аргон высокой чистоты, при этом очищенность больше чем или равна 99.95%.

На этапе 4 (2) перед использованием рафинированного шлака $\text{CaF}_2\text{-CaO-TiO}_2\text{-V}_2\text{O}_5$ выполняется предварительная обработка: температура спекания составляет 150~450°C в течение 10~48 ч.

Предложен способ получения титанового сплава, основанный на алюмотермическом самораспространяющемся градиентном восстановлении шлака. В сравнении с методом вакуумной дуговой плавки или смешанным методом элемента метод имеет замечательные прогресс и преимущества.

1. Для данного изобретения используется рутил или высокотитановый шлак или двуокись титана, алюминиевый порошок и порошок V_2O_5 в качестве сырья,

предложена новая концепция подготовки титанового сплава алюмотермическим восстановлением - рафинирование шлака, которая имеет преимущества короткого процесса, низкого потребления энергии,

простоты выполнения операций, легкого управления содержанием Al и V в сплаве.

2. В первую очередь материал с более высоким коэффициентом распределения алюминия чем стехиометрический материал использован для того, чтобы выполнить термическое самораспределение алюминия и получить сплав с более высокой температурой, которая способствует последующей инициализации реакции материала с более низким коэффициентом распределения алюминия.

3. Высокий коэффициент алюминия обеспечивает сильную восстановительную атмосферу в полученном сплаве и полном уменьшении окисей металла.

4. Отношение распределения алюминия уменьшается стехиометрическим соотношением и меньше стехиометрического соотношения. Таким образом, восстановитель, скрепленный с Ti в расплаве постепенно высвобождается и вступает в реакцию с оксидами Ti и V в материалах с низким коэффициентом алюминия впоследствии, который осуществляет эффективный контроль содержания алюминия в конечный продукт.

5. Чем больше количество загружаемых партий или меньше непрерывный градиент подачи, тем меньше градиент коэффициента распределения алюминия, тем более очевидным является эффект уменьшения градиента, тем выше выход сплава. В то же время регулировка скорости подачи также может регулировать температуру во время реакции.

6. В процессе рафинирования шлака с помощью рафинирования смешанного шлака регулируют основность и точку плавления добавленным рафинированным шлаком, а также снижается клейкость и повышается текучесть шлака для осуществления тщательной химической реакции разделения шлака, тем самым эффективно удаляя включения, такие как оксид алюминия; в то же время процесс термической термообработки полностью использует тепловую реакцию системы, что может значительно снизить потребление энергии в процессе производства.

7. Электромагнитный индукционный нагрев использовался для промывки и рафинирования шлака, а эксцентрическое механическое перемешивание используется для формирования верхнего слоя шлака на основе глинозема и нижнего слоя расплава, что усиливает процесс разделения шлака и металла.

Конкретные способы осуществления

Настоящим дополнительно иллюстрируется изобретение в сочетании со способами осуществления.

В следующих способах осуществления:

в титан-содержащих материалах состав и массовая доля рутила $TiO_2 \geq 92\%$, остальное - примеси, размер частиц ≤ 3 мкм; содержание и массовая доля высокотитанового шлака $TiO_2 \geq 92\%$, остальные - примеси, размер частиц ≤ 3 мкм; состав и массовая доля диоксида титана $TiO_2 \geq 99.5\%$, остальные - примеси, размер частиц ≤ 0.02 мкм.

Размер частиц порошка V_2O_5 составляет ≤ 0.2 мкм.

Размер частиц алюминиевого порошка ≤ 2 мкм.

Размер частиц шлака ≤ 0.2 мкм.

Очищенность аргона высокой чистоты больше 99.95%.

В следующем способе осуществления оборудование, применяемое в процессе плавки шлака и в процессе мойки и очистки, представляет собой индукционные печи средней частоты, при этом частота электромагнитного поля в индукционных печах средней частоты не менее 1000 Гц.

Пример осуществления 1

Способ получения титанового сплава, основанный на алюмотермическом самораспространяющемся градиентном восстановлении шлака включает в себя следующие этапы:

Этап 1: материальная предварительная подготовка

Термоматериалы реакции алюмотермического восстановления были предварительно обработаны отдельно, в том числе высоко-титановый шлак, содержащий TiO_2 с массовой долей 92% и порошок V_2O_5 , прокачивают при $600^\circ C$ в течение 32 ч, CaO при $200^\circ C$ в течение 16 час, $KClO_3$ при $160^\circ C$ в течение 18 час, при этом получают термоматериалы реакции алюмотермического восстановления.

Термоматериалы реакции алюмотермического восстановления были взвешены по доле. Согласно массовому коэффициенту, высоко-титановый шлак: алюминиевый порошок: порошок V_2O_5 : CaO: $KClO_3 = 1.0:0.26:0.045:0.16:0.28$.

Размеры частиц каждого материала являются: размер частиц высоко-титанового шлака ≤ 3 мкм; алюминиевый порошок ≤ 2 мкм; порошок V_2O_5 ≤ 0.2 мкм; размер частиц CaO ≤ 0.2 мкм; размер частиц $KClO_3$ ≤ 2 мкм;

Этап 2: реакция самораспространяющейся алюмотермии

Смесь получают путем смешивания взвешенного сырья, кроме порошка алюминия, при этом смесь разделяют на 5 частей.

Согласно порядку добавления каждой смеси в реактор количество алюминия составляет в 1.20, 1.05, 1.0, 0.90, 0.85 раз больше стехиометрического отношения, а общая масса алюминиевого порошка составляет m_t в теории и m_a на практике, при этом $m_a = m_t \times 95\%$.

Среди них, первая партия из различных материалов, добавленных в реактор, составляла 20% от общей массы смеси, первая партия из различных материалов, добавленных в реактор, нужно добавить маг-

ний порошок как детонатор, поджечь смесь для инициирования самораспространяющихся реакций и получить первую партию высокотемпературных расплавов, достаточных, чтобы вызвать последующую реакцию.

Согласно порядку уменьшения стехиометрического отношения количества алюминия, в свою очередь, остальные смеси по очереди добавляются в реактор до тех пор, пока все материалы полностью не прореагируют на получение высокотемпературного расплава.

Этап 3: плавка в электромагнитном поле

Высокотемпературный сплав нагревается электромагнитной индукцией, шлак и металл разделяется на слои. Верхний слой - глиноземный шлак, нижний - сплав, при этом температура контролируется на 1800°C, время пребывания составляет 15 мин.

Этап 4: рафинирование шлака

(1) 90% от общего объема глинозема на основе шлака в верхний слой удаляется, остаточный объем глинозема на основе шлака и сплава расплава в нижнем слое подвергается эксцентриковому механическому перемешиванию, эксцентриковое расстояние составляет 0.3, скорость оборотов перемешивания составляет 50 об/мин, температура регулируется на 1800°C.

(2) Когда расплав перемешивается равномерно, осуществляется непрерывное помешивание, и рафинированный шлак из компонентов $\text{CaF}_2\text{-CaO-TiO}_2\text{-V}_2\text{O}_5$ вводят в расплав с высокой чистоты инертного газа в качестве газа-носителя дна индукционной печи средней частоты для шлака промывки и переработки, в котором, по массе, сырье алюминотермитных самораспространяющихся реакций: $\text{CaF}_2\text{-CaO-TiO}_2\text{-V}_2\text{O}_5$ на основе переработки шлака = 1.0: 0.02;

Рафинированный шлак $\text{CaF}_2\text{-CaO-TiO}_2\text{-V}_2\text{O}_5$ содержит химические компоненты и их массовые проценты CaF_2 : 5%, CaO : 60%, Na_2O : 0%, TiO_2 : 30%, V_2O_5 : 5%, соответственно. Среди них рафинированный шлак $\text{CaF}_2\text{-CaO-TiO}_2\text{-V}_2\text{O}_5$ содержит различные компоненты: CaO , CaF_2 , Na_2O , TiO_2 , V_2O_5 , размер частиц порошков которых <0.2 мм, перед использованием рафинированного шлака $\text{CaF}_2\text{-CaO-TiO}_2\text{-V}_2\text{O}_5$, выполняется предварительная обработка: спекание при 150°C в течение 10 ч.

(3) Титановый сплав был получен впрыском рафинированного шлака $\text{CaF}_2\text{-CaO-TiO}_2\text{-V}_2\text{O}_5$, при этом температура поддерживалась в диапазоне 1800°C с непрерывным эксцентрическим механическим смешиванием 10 мин, после помешивание прекращается.

Этап 5: охлаждение

После охлаждения титанового сплава до комнатной температуры, титановый сплав получают путем удаления верхнего шлака.

Подготовленный титановый сплав содержит химический состав и массовую долю: Al - 6.2%, V - 3.50%, Si - 0.2%, Fe - 0.2%, O - 0.32%, остаток - Ti.

Пример осуществления 2

Способ получения титанового сплава, основанный на алюмотермическом самораспространяющемся градиентном восстановлении шлака, включает в себя следующие этапы:

Этап 1: материальная предварительная подготовка

Термоматериалы реакции алюмотермического восстановления были предварительно обработаны отдельно, в том числе двуокись титана и порошок V_2O_5 , содержащий 99,5% TiO_2 , прокаливают при 650°C в течение 36 ч, CaO при 200°C в течение 8 ч, KClO_3 при 160°C в течение 18 ч, при этом получают термоматериалы реакции алюмотермического восстановления.

Термоматериалы реакции алюмотермического восстановления были взвешены по доле. Согласно массовому коэффициенту, двуокись титана: алюминиевый порошок:порошок V_2O_5 : CaO : KClO_3 = 1.0:0.26:0.045:0.16:0.28.

Размеры частиц каждого материала являются: размер частиц двуокиси титана $\leq 0,02$ мм; алюминиевый порошок ≤ 2 мм; порошок V_2O_5 ≤ 0.2 мм; размер частиц CaO ≤ 0.2 мм; размер частиц KClO_3 ≤ 2 мм.

Этап 2: реакция самораспространяющейся алюмотермии

Смесь получают путем смешивания взвешенного сырья, кроме порошка алюминия, при этом смесь разделяют на 6 частей.

Согласно порядку добавления каждой смеси в реактор количество алюминия составляет в 1.20, 1.1, 0.95, 0.90, 0.85, 0.80 раз больше стехиометрического отношения, а общая масса алюминиевого порошка составляет m_t в теории и m_a на практике, в которых $m_a = m_t \times 98\%$.

Среди них первая партия из различных материалов, добавленных в реактор, составляла 28.6% от общей массы смеси, первая партия из различных материалов, добавленных в реактор, нужно добавить магниевый порошок как детонатор, поджечь смесь для инициирования самораспространяющихся реакций и получить первую партию высокотемпературных расплавов, достаточных, чтобы вызвать последующую реакцию.

Согласно порядку уменьшения стехиометрического отношения количества алюминия, в свою очередь, остальные смеси по очереди добавляются в реактор до тех пор, пока все материалы полностью не прореагируют на получение высокотемпературного расплава.

Этап 3: плавка в электромагнитном поле

Высокотемпературный сплав нагревается электромагнитной индукцией, шлак и металл разделяется на слои. Верхний слой - глиноземный шлак, нижний - сплав, при этом температура контролируется на 1750°C, время пребывания составляет 20 мин.

Этап 4: рафинирование шлака

(1) 95% от общего объема глинозема на основе шлака в верхний слой удаляется, остаточный объем глинозема на основе шлака и сплава расплава в нижнем слое подвергается эксцентриковому механическому перемешиванию, эксцентриковое расстояние составляет 0,2, скорость оборотов перемешивания составляет 100 об/мин, температура регулируется в диапазоне 1750°C.

(2) Когда расплав перемешивается равномерно, осуществляется непрерывное помешивание, и рафинированный шлак из компонентов $\text{CaF}_2\text{-CaO-TiO}_2\text{-V}_2\text{O}_5$ вводят в расплав с высокой чистоты инертного газа дна печи средней частоты в качестве газа-носителя для шлака промывки и переработки, в котором, по массе, сырье алюминотермитно самораспространяющихся реакций: $\text{CaF}_2\text{-CaO-TiO}_2\text{-V}_2\text{O}_5$ на основе переработки шлака = 1.0:0.04;

Рафинированный шлак $\text{CaF}_2\text{-CaO-TiO}_2\text{-V}_2\text{O}_5$ содержит химические компоненты и их массовые проценты CaF_2 : 10%, CaO : 50%, Na_2O : 0%, TiO_2 : 30%, V_2O_5 : 10%, соответственно. Среди них рафинированный шлак $\text{CaF}_2\text{-CaO-TiO}_2\text{-V}_2\text{O}_5$ содержит различные компоненты: CaO , CaF_2 , Na_2O , TiO_2 , V_2O_5 , размер частиц порошков которых ≤ 0.2 мм, перед применением рафинированного шлака $\text{CaF}_2\text{-CaO-TiO}_2\text{-V}_2\text{O}_5$, выполняется предварительная обработка: спекание при 150°C в течение 20 ч.

(3) Титановый сплав был получен впрыском рафинированного шлака $\text{CaF}_2\text{-CaO-TiO}_2\text{-V}_2\text{O}_5$, при этом температура поддерживалась в диапазоне 1750°C с непрерывным эксцентрическим механическим смешиванием 30 мин, после помешивание прекращается.

Этап 5: охлаждение

После охлаждения титанового сплава до комнатной температуры титановый сплав получают путем удаления верхнего шлака.

Подготовленный титановый сплав содержит химический состав и массовую долю: Al - 6.0%, V - 3.80%, Si - 0.3%, Fe - 0.6%, O - 0.24%, остаток - Ti.

Пример осуществления 3

Способ получения титанового сплава, основанный на алюминотермическом самораспространяющемся градиентном восстановлении шлака, включает в себя следующие этапы:

Этап 1: материальная предварительная подготовка

Термоматериалы реакции алюминотермического восстановления были предварительно обработаны отдельно, в том числе рутил, содержащий TiO_2 с массовой долей 92%, и порошок V_2O_5 , прокачивают при 600°C в течение 24 ч, CaO при 300°C в течение 12 ч, KClO_3 при 200°C в течение 18 ч, при этом получают термоматериалы реакции алюминотермического восстановления.

Термоматериалы реакции алюминотермического восстановления были взвешены по доле. Согласно массовому коэффициенту рутил:алюминиевый порошок:порошок $\text{V}_2\text{O}_5\text{:CaO:KClO}_3=1.0:0.26:0.045:0.16:0.28$.

Размеры частиц каждого материала являются: размер частиц рутила ≤ 3 мм; алюминиевый порошок ≤ 2 мм; порошок $\text{V}_2\text{O}_5 \leq 0.2$ мм; размер частиц $\text{CaO} \leq 0.2$ мм; размер частиц $\text{KClO}_3 \leq 2$ мм;

Этап 2: реакция самораспространяющейся алюминотермии

Смесь получают путем смешивания взвешенного сырья, кроме порошка алюминия, при этом смесь разделяют на 8 частей.

Согласно порядку добавления каждой смеси в реактор количество алюминия составляет в 1.20, 1.1, 1.0, 0.95, 0.925, 0.90, 0.875, 0.85 раз больше стехиометрического отношения, а общая масса алюминиевого порошка составляет m_t в теории и m_a на практике, при этом $m_a=m_t \times 99\%$.

Среди них первая партия из различных материалов, добавленных в реактор, составляла 22.2% от общей массы смеси, первая партия из различных материалов, добавленных в реактор, нужно добавить магниевый порошок как детонатор, поджечь смесь для инициирования самораспространяющихся реакций и получить первую партию высокотемпературных расплавов, достаточных, чтобы вызвать последующую реакцию.

Согласно порядку уменьшения стехиометрического отношения количества алюминия, в свою очередь, остальные смеси по очереди добавляются в реактор до тех пор, пока все материалы полностью не прореагируют на получение высокотемпературного расплава.

Этап 3: плавка в электромагнитном поле

Высокотемпературный сплав нагревается электромагнитной индукцией, шлак и металл разделяется на слои. Верхний слой - глиноземный шлак, нижний - сплав, при этом температура контролируется на 1700°C, время пребывания составляет 25 мин.

Этап 4: рафинирование шлака

(1) 95% от общего объема глинозема на основе шлака в верхний слой удаляется, остаточный объем глинозема на основе шлака и сплава расплава в нижнем слое подвергается эксцентриковому механическому

скому перемешиванию, эксцентриковое расстояние составляет 0.2, скорость оборотов перемешивания составляет 100 об/мин, температура регулируется в диапазоне 1700°C.

(2) Когда расплав перемешивается равномерно, осуществляется непрерывное помешивание, и рафинированный шлак из компонентов $\text{CaF}_2\text{-CaO-TiO}_2\text{-V}_2\text{O}_5$ вводят в расплав с высокой чистоты инертного газа в качестве газа-носителя для индукционной печи средней частоты для шлака промывки и переработки, в котором, по массе, сырье алюминотермитных самораспространяющихся реакций: $\text{CaF}_2\text{-CaO-TiO}_2\text{-V}_2\text{O}_5$ на основе переработки шлака = 1.0:0.06.

Рафинированный шлак $\text{CaF}_2\text{-CaO-TiO}_2\text{-V}_2\text{O}_5$ содержит химические компоненты и их массовые проценты CaF_2 : 5%, CaO =40%, Na_2O =0%, TiO_2 : 40%, V_2O_5 : 15%, соответственно. Среди них рафинированный шлак $\text{CaF}_2\text{-CaO-TiO}_2\text{-V}_2\text{O}_5$ содержит различные компоненты: CaO , CaF_2 , Na_2O , TiO_2 , V_2O_5 , размер частиц порошков которых ≤ 0.2 мм, перед применением рафинированного шлака $\text{CaF}_2\text{-CaO-TiO}_2\text{-V}_2\text{O}_5$, выполняется предварительная обработка: спекание при 180°C в течение 20 ч.

(3) Титановый сплав был получен впрыском рафинированного шлака $\text{CaF}_2\text{-CaO-TiO}_2\text{-V}_2\text{O}_5$, при этом температура поддерживалась в диапазоне 1700°C с непрерывным эксцентрическим механическим смешиванием 30 мин, после помешивание прекращается.

Этап 5: охлаждение

После охлаждения титанового сплава до комнатной температуры титановый сплав получают путем удаления верхнего шлака.

Подготовленный титановый сплав содержит химический состав и массовую долю: Al - 5.8%, V - 4.40%, Si - 0.4%, Fe - 0.8%, O - 0.2%, остаток - Ti.

Пример осуществления 4

Способ получения титанового сплава, основанный на алюмотермическом самораспространяющемся градиентном восстановлении шлака, включает в себя следующие этапы:

Этап 1: материальная предварительная подготовка

Термоматериалы реакции алюмотермического восстановления были предварительно обработаны отдельно, в том числе высоко-титановый шлак, содержащий TiO_2 с массовой долей 93%, и порошок V_2O_5 , прокаливают при 700°C в течение 12 ч, CaO при 300°C в течение 36 ч, KClO_3 при 250°C в течение 8 ч, при этом получают термоматериалы реакции алюмотермического восстановления.

Термоматериалы реакции алюмотермического восстановления были взвешены по доле. Согласно массовому коэффициенту, высоко-титановый шлак:алюминиевый порошок:порошок V_2O_5 : CaO : KClO_3 = 1.0:0.26:0.045:0.16:0.28.

Размеры частиц каждого материала являются: размер частиц высоко-титанового шлака ≤ 3 мм; алюминиевый порошок ≤ 2 мм; порошок V_2O_5 ≤ 0.2 мм; размер частиц CaO ≤ 0.2 мм; размер частиц KClO_3 ≤ 2 мм.

Этап 2: реакция самораспространяющейся алюминотермии

Смесь получают путем смешивания сырья, кроме порошка алюминия, затем смесь добавляют в смеситель непрерывного действия с равномерным расходом.

В то же время алюминиевый порошок добавляется к непрерывному смесителю при постепенно уменьшающемся расходе потока так, что алюминиевое содержание непрерывно добавленной смеси постепенно будет уменьшено от 1.28 раз стехиометрического коэффициента до 0.7 раз стехиометрического коэффициента.

Где число градиентных изменений содержания алюминия удовлетворяет уравнению:

$$m=(b-c)\div a \quad (1),$$

где m - частота изменения градиента содержания алюминия, b - высокий объем алюминия, c - низкий объем алюминия, a - изменение градиента коэффициента содержания алюминия, $a=0.01$, при расчете m в качестве 58 раз, интервал времени изменения градиента содержания алюминия - общее время реакции, деленное на m.

Согласно уравнению химической реакции общая масса алюминиевого порошка m_t в теории и практике m_a . Отношение между полной массой алюминиевого порошка и полной массой алюминиевого порошка m_a : $m_a=m_t \times 98\%$;

Сырье алюминиевый тепловой самораспространяющейся реакции смешивается в смеситель непрерывного действия и затем непрерывно добавляется в реактор термического восстановления алюминия, пока все материалы полностью не прореагируют для получения высокой температуры плавления.

Этап 3: плавка в электромагнитном поле

Высокотемпературный сплав нагревается электромагнитной индукцией, шлак и металл разделяются на слои. Верхний слой - глиноземный шлак, нижний - сплав, при этом температура контролируется на 1800°C, время пребывания составляет 15 мин.

Этап 4: рафинирование шлака

(1) 85% от общего объема глинозема на основе шлака в верхний слой удаляется, остаточный объем глинозема на основе шлака и сплава расплава в нижнем слое подвергается эксцентриковому механическому перемешиванию, эксцентриковое расстояние составляет 0.4, скорость оборотов перемешивания

составляет 50 об/мин, температура регулируется на 1800°C.

(2) Когда расплав перемешивается равномерно, осуществляется непрерывное помешивание, рафинированный шлак из компонентов $\text{CaF}_2\text{-CaO-TiO}_2\text{-V}_2\text{O}_5$, рафинированный шлак из компонентов $\text{CaF}_2\text{-CaO-TiO}_2\text{-V}_2\text{O}_5$ вводят в расплав с высокой чистоты инертного газа дна печи средней частоты в качестве газа-носителя для шлака промывки и переработки, в котором, по массе, сырье алюминотермитных самораспространяющихся реакций: $\text{CaF}_2\text{-CaO-TiO}_2\text{-V}_2\text{O}_5$ на основе переработки шлака = 1.0:0.05;

Рафинированный шлак $\text{CaF}_2\text{-CaO-TiO}_2\text{-V}_2\text{O}_5$ содержит химические компоненты и их массовые проценты CaF_2 : 10%, CaO : 50%, Na_2O : 0%, TiO_2 : 35%, V_2O_5 : 5%, соответственно. Среди них рафинированный шлак $\text{CaF}_2\text{-CaO-TiO}_2\text{-V}_2\text{O}_5$ содержит различные компоненты: CaO , CaF_2 , Na_2O , TiO_2 , V_2O_5 , размер частиц порошков которых ≤ 0.2 мм, перед применением рафинированного шлака $\text{CaF}_2\text{-CaO-TiO}_2\text{-V}_2\text{O}_5$, выполняется предварительная обработка: спекание при 150°C в течение 10 ч.

(3) Титановый сплав был получен впрыском рафинированного шлака $\text{CaF}_2\text{-CaO-TiO}_2\text{-V}_2\text{O}_5$, при этом температура поддерживалась в диапазоне 1800°C с непрерывным эксцентрическим механическим смешиванием 20 мин, после помешивание прекращается.

Этап 5: охлаждение

После охлаждения титанового сплава до комнатной температуры, титановый сплав получают путем удаления верхнего шлака.

Подготовленный титановый сплав содержит химический состав и массовую долю: Al - 6.1%, V - 3.60%, Si - 0.6%, Fe - 0.7%, O - 0.31%, остаток - Ti.

Пример осуществления 5

Способ получения титанового сплава основанный на алюмотермическом самораспространяющемся градиентном восстановлении шлака, включает в себя следующие этапы:

Этап 1: материальная предварительная подготовка

Термоматериалы реакции алюмотермического восстановления были предварительно обработаны отдельно, в том числе высоко-титановый шлак, содержащий TiO_2 с массовой долей 92.5%, двуокись титана, содержащая TiO_2 с массовой долей 99.6%, и порошок V_2O_5 , которые прокаливают отдельно при 650°C в течение 20 ч, CaO при 200°C в течение 12 ч, KClO_3 при 150°C в течение 18 ч, при этом получают термоматериалы реакции алюмотермического восстановления с пропорцией высоко-титанового шлака и двуокиси титана 1:1.

Термоматериалы реакции алюмотермического восстановления были взвешены по доле. Согласно массовому коэффициенту высоко-титановый шлак двуокись титана:алюминиевый порошок:порошок V_2O_5 : CaO : KClO_3 =1.0:0.26:0.045:0.16:0.28.

В термоматериалах реакции алюмотермического восстановления диаметры частицы каждого материала соответственно: высокотитановый шлак ≤ 3 мм или диоксид титана ≤ 0.02 мм, алюминиевый порошок ≤ 2 мм, порошок V_2O_5 ≤ 0.2 мм, частицы CaO ≤ 0.2 мм, частицы KClO_3 ≤ 2 мм.

Этап 2: реакция самораспространяющейся алюмотермии

Смесь получают путем смешивания сырья, кроме порошка алюминия, затем смесь добавляют в смеситель непрерывного действия с равномерным расходом.

В то же время алюминиевый порошок добавляется к непрерывному смесителю при постепенно уменьшающемся расходе потока так, что алюминиевое содержание непрерывно добавленной смеси постепенно будет уменьшено от 1.20 раз стехиометрического коэффициента до 0.75 раз стехиометрического коэффициента.

Где градиентное изменение распределения алюминия удовлетворяет уравнению:

$$m=(b-c)\div a,$$

где m - частота градиентного изменения распределения алюминия, b - максимальное распределение алюминия, c - минимальное распределение алюминия, a - коэффициент градиентного изменения распределения алюминия, a=0.003; по расчетам m = 150 раз.

Согласно уравнению химической реакции теоретическая общая масса алюминиевого порошка составляет m_t , а фактическая общая масса алюминиевого порошка составляет m_a , где $m_a=m_t\times(95\sim 100)\%$.

Сырье алюминиевый тепловой самораспространяющейся реакции смешивается в смеситель непрерывного действия и затем непрерывно добавляется в реактор термического восстановления алюминия, пока все материалы полностью не прореагируют для получения высокой температуры плавления.

Этап 3: плавка в электромагнитном поле

Высокотемпературный сплав нагревается электромагнитной индукцией, шлак и металл разделяется на слои. Верхний слой - глиноземный шлак, нижний - сплав, при этом температура контролируется на 1700°C, время пребывания составляет 15 мин.

Этап 4: рафинирование шлака

(1) 90% от общего объема глинозема на основе шлака в верхний слой удаляется, остаточный объем глинозема на основе шлака и сплава расплава в нижнем слое подвергается эксцентриковому механическому перемешиванию, эксцентриковое расстояние составляет 0.4, скорость оборотов перемешивания составляет 150 об/мин, температура регулируется на 1700°C.

(2) Когда расплав перемешивается равномерно, осуществляется непрерывное помешивание, рафинированный шлак из компонентов $\text{CaF}_2\text{-CaO-TiO}_2\text{-V}_2\text{O}_5$ вводят в расплав с высокой чистоты инертного газа дна печи средней частоты в качестве газа-носителя для шлака промывки и переработки, в котором, по массе, сырье алюминотермитных самораспространяющихся реакций: $\text{CaF}_2\text{-CaO-TiO}_2\text{-V}_2\text{O}_5$ на основе переработки шлака = 1.0:0.05;

Рафинированный шлак $\text{CaF}_2\text{-CaO-TiO}_2\text{-V}_2\text{O}_5$ содержит химические компоненты и их массовые проценты CaF_2 : 5%, CaO : 50%, Na_2O : 0%, TiO_2 : 30%, V_2O_5 : 10%, соответственно. Среди них рафинированный шлак $\text{CaF}_2\text{-CaO-TiO}_2\text{-V}_2\text{O}_5$ содержит различные компоненты: CaO , CaF_2 , Na_2O , TiO_2 , V_2O_5 , размер частиц порошков которых ≤ 0.2 мм, перед применением рафинированного шлака $\text{CaF}_2\text{-CaO-TiO}_2\text{-V}_2\text{O}_5$, выполняется предварительная обработка: спекание при 450°C в течение 12 ч.

(3) Титановый сплав был получен впрыском рафинированного шлака $\text{CaF}_2\text{-CaO-TiO}_2\text{-V}_2\text{O}_5$, при этом температура поддерживалась в диапазоне 1700°C с непрерывным эксцентрическим механическим смешиванием 10 мин, после помешивание прекращается.

Этап 5: охлаждение

После охлаждения титанового сплава до комнатной температуры титановый сплав получают путем удаления верхнего шлака.

Подготовленный титановый сплав содержит химический состав и массовую долю: Al - 5.8%, V - 4.10%, Si - 0.3%, Fe - 0.6%, O - 0.22%, остаток - Ti.

Пример осуществления 6

Способ получения титанового сплава, основанный на алюмотермическом самораспространяющемся градиентном восстановлении шлака, включает в себя следующие этапы:

Этап 1: материальная предварительная подготовка

Термоматериалы реакции алюмотермического восстановления были предварительно обработаны отдельно, в том числе высоко-титановый шлак, содержащий TiO_2 с массовой долей 93%, двуокись титана, содержащая TiO_2 с массовой долей 99.5%, рутил, содержащий TiO_2 с массовой долей 94%, и порошок V_2O_5 прокаливают при 650°C в течение 36 ч, CaO при 300°C в течение 16 ч, KClO_3 при 180°C в течение 24 ч, при этом получают термоматериалы реакции алюмотермического восстановления с пропорцией высоко-титанового шлака, двуокиси титана и рутила 1:1:1.

Термоматериалы реакции алюмотермического восстановления были взвешены по доле. Согласно массовому коэффициенту высоко-титановый шлак, двуокись титана и рутил:алюминиевый порошок:порошок V_2O_5 : CaO : $\text{KClO}_3=1.0:0.26:0.045:0.16:0.28$.

Размеры частиц каждого материала являются: размер частиц высоко-титанового шлака ≤ 3 мм, размер частиц рутила ≤ 3 мм; размер частиц двуокиси титана ≤ 0.02 мм, алюминиевый порошок ≤ 2 мм; порошок V_2O_5 ≤ 0.2 мм; размер частиц CaO ≤ 0.2 мм; размер частиц KClO_3 ≤ 2 мм.

Этап 2: реакция самораспространяющейся алюмотермии

Смесь получают путем смешивания сырья, кроме порошка алюминия, затем смесь добавляют в смеситель непрерывного действия с равномерным расходом.

В то же время алюминиевый порошок добавляется к непрерывному смесителю при постепенно уменьшающемся расходе потока так, что алюминиевое содержание непрерывно добавленной смеси постепенно будет уменьшено от 1.2 раз стехиометрического коэффициента до 0.75 раз стехиометрического коэффициента.

Где градиентное изменение распределения алюминия удовлетворяет уравнению:

$$m=(b-c)\div a,$$

где m - частота градиентного изменения распределения алюминия, b - максимальное распределение алюминия, c - минимальное распределение алюминия, a - коэффициент градиентного изменения распределения алюминия, $a=0.001$, по расчетам $m=450$ раз;

Согласно уравнению химической реакции теоретическая общая масса алюминиевого порошка составляет m_c , а фактическая общая масса алюминиевого порошка составляет m_a , где $m_a=m_c\times(95\sim 100)\%$.

Сырье алюминиевый тепловой самораспространяющейся реакции смешивается в смеситель непрерывного действия и затем непрерывно добавляется в реактор термического восстановления алюминия, пока все материалы полностью не прореагируют для получения высокой температуры плавления.

Этап 3: плавка в электромагнитном поле

Высокотемпературный сплав нагревается электромагнитной индукцией, шлак и металл разделяется на слои. Верхний слой - глиноземный шлак, нижний - сплав, при этом температура контролируется на 1750°C , время пребывания составляет 20 мин.

Этап 4: рафинирование шлака

(1) 90% от общего объема глинозема на основе шлака в верхний слой удаляется, остаточный объем глинозема на основе шлака и сплава расплава в нижнем слое подвергается эксцентриковому механическому перемешиванию, эксцентриковое расстояние составляет 0.4, скорость оборотов перемешивания составляет 50 об/мин, температура регулируется на 1750°C .

(2) Когда расплав перемешивается равномерно, осуществляется непрерывное помешивание, рафи-

нированный шлак из компонентов $\text{CaF}_2\text{-CaO-TiO}_2\text{-V}_2\text{O}_5$ вводят в расплав с высокой чистоты инертного газа в качестве газа-носителя для индукционной печи средней частоты для шлака промывки и переработки, в котором, по массе, сырье алюминотермитных самораспространяющихся реакций: $\text{CaF}_2\text{-CaO-TiO}_2\text{-V}_2\text{O}_5$ на основе переработки шлака = 1.0:0.06;

Рафинированный шлак $\text{CaF}_2\text{-CaO-TiO}_2\text{-V}_2\text{O}_5$ содержит химические компоненты и их массовые проценты CaF_2 : 10%, CaO : 40%, Na_2O : 0%, TiO_2 : 35%, V_2O_5 : 15%, соответственно. Среди них рафинированный шлак $\text{CaF}_2\text{-CaO-TiO}_2\text{-V}_2\text{O}_5$ содержит различные компоненты: CaO , CaF_2 , Na_2O , TiO_2 , V_2O_5 , размер частиц порошков которых ≤ 0.2 мм, перед применением рафинированного шлака $\text{CaF}_2\text{-CaO-TiO}_2\text{-V}_2\text{O}_5$, выполняется предварительная обработка: спекание при 200°C в течение 12 ч.

(3) Титановый сплав был получен впрыском рафинированного шлака $\text{CaF}_2\text{-CaO-TiO}_2\text{-V}_2\text{O}_5$, при этом температура поддерживалась в диапазоне 1750°C с непрерывным эксцентрическим механическим смешиванием 30 мин, после помешивание прекращается.

Этап 5: охлаждение

После охлаждения титанового сплава до комнатной температуры титановый сплав получают путем удаления верхнего шлака.

Подготовленный титановый сплав содержит химический состав и массовую долю: Al - 5.6%, V - 4.40%, Si - 0.6%, Fe - 0.6%, O - 0.18%, остаток - Ti.

Пример осуществления 7

Способ получения титанового сплава, основанный на алюмотермическом самораспространяющемся градиентном восстановлении шлака, включает в себя следующие этапы:

Этап 1: материальная предварительная подготовка

Термоматериалы реакции алюминотермического восстановления были предварительно обработаны отдельно, в том числе рутил, содержащий TiO_2 с массовой долей 92%, и порошок V_2O_5 прокаливают при 600°C в течение 24 ч, CaO при 200°C в течение 16 ч, KClO_3 при 180°C в течение 20 ч, при этом получают термоматериалы реакции алюминотермического восстановления.

Термоматериалы реакции алюминотермического восстановления были взвешены по доле. Согласно массовому коэффициенту, рутил:алюминиевый порошок:порошок V_2O_5 : CaO : KClO_3 = 1.0:0.26:0.045:0.16:0.28.

Размеры частиц каждого материала являются: размер частиц рутила ≤ 3 мм; алюминиевый порошок ≤ 2 мм; порошок V_2O_5 ≤ 0.2 мм; размер частиц CaO ≤ 0.2 мм; размер частиц KClO_3 ≤ 2 мм.

Этап 2: реакция самораспространяющейся алюминотермии

Смесь получают путем смешивания взвешенного сырья, кроме порошка алюминия, при этом смесь разделяют на 5 частей.

Согласно порядку добавления каждой смеси в реактор количество алюминия составляет в 1.20, 1.05, 1.0, 0.90, 0.85 раз больше стехиометрического отношения, а общая масса алюминиевого порошка составляет m_t в теории и m_a на практике, в которых $m_a = m_t \times 98\%$.

Среди них первая партия из различных материалов, добавленных в реактор, составляла 20% от общей массы смеси, первая партия из различных материалов, добавленных в реактор, нужно добавить магниевый порошок как детонатор, поджечь смесь для инициирования самораспространяющихся реакций и получить первую партию высокотемпературных расплавов, достаточных, чтобы вызвать последующую реакцию.

Согласно порядку уменьшения стехиометрического отношения количества алюминия, в свою очередь, остальные смеси по очереди добавляются в реактор до тех пор, пока все материалы полностью не прореагируют на получение высокотемпературного расплава.

Этап 3: плавка в электромагнитном поле

Высокотемпературный сплав нагревается электромагнитной индукцией, шлак и металл разделяется на слои. Верхний слой - глиноземный шлак, нижний - сплав, при этом температура контролируется на 1700°C , время пребывания составляет 15 мин.

Этап 4: рафинирование шлака

(1) 90% от общего объема глинозема на основе шлака в верхний слой удаляется, остаточный объем глинозема на основе шлака и сплава расплава в нижнем слое подвергается эксцентриковому механическому перемешиванию, эксцентриковое расстояние составляет 0.3, скорость оборотов перемешивания составляет 100 об/мин, температура регулируется на 1700°C .

(2) Когда расплав перемешивается равномерно, осуществляется непрерывное помешивание, рафинированный шлак из компонентов $\text{CaF}_2\text{-CaO-TiO}_2\text{-V}_2\text{O}_5$ вводят в расплав с высокой чистоты инертного газа для дна печи средней частоты в качестве газа-носителя для шлака промывки и переработки, в котором, по массе, сырье алюминотермитных самораспространяющихся реакций: $\text{CaF}_2\text{-CaO-TiO}_2\text{-V}_2\text{O}_5$ на основе переработки шлака = 1.0:0.04;

Рафинированный шлак $\text{CaF}_2\text{-CaO-TiO}_2\text{-V}_2\text{O}_5$ содержит химические компоненты и их массовые проценты CaF_2 : 5%, CaO : 50%, Na_2O : 0%, TiO_2 =40%, V_2O_5 : 5%, соответственно. Среди них рафинированный шлак $\text{CaF}_2\text{-CaO-TiO}_2\text{-V}_2\text{O}_5$ содержит различные компоненты: CaO , CaF_2 , Na_2O , TiO_2 , V_2O_5 , размер частиц

порошков которых ≤ 0.2 mm, перед применением рафинированного шлака $\text{CaF}_2\text{-CaO-TiO}_2\text{-V}_2\text{O}_5$, выполняется предварительная обработка: спекание при 150°C в течение 10 ч.

(3) Титановый сплав был получен впрыском рафинированного шлака $\text{CaF}_2\text{-CaO-TiO}_2\text{-V}_2\text{O}_5$, при этом температура поддерживалась в диапазоне 1700°C с непрерывным эксцентрическим механическим смешиванием 10 мин, после помешивание прекращается.

Этап 5: охлаждение

После охлаждения титанового сплава до комнатной температуры, титановый сплав получают путем удаления верхнего шлака.

Подготовленный титановый сплав содержит химический состав и массовую долю: Al - 6.3%, V - 3.70%, Si - 0.4%, Fe - 0.6%, O - 0.35%, остаток - Ti.

Пример осуществления 8

Способ получения титанового сплава, основанный на алюмотермическом самораспространяющемся градиентном восстановлении шлака, включает в себя следующие этапы:

Этап 1: материальная предварительная подготовка

Термоматериалы реакции алюмотермического восстановления были предварительно обработаны отдельно, в том числе двуокись титана, содержащая TiO_2 с массовой долей 99.7%, рутил, содержащий TiO_2 с массовой долей 93% и порошок V_2O_5 , прокалывают при 700°C в течение 16 ч, CaO при 250°C в течение 16 ч, KClO_3 при 180°C в течение 36 ч, при этом получают термоматериалы реакции алюмотермического восстановления с пропорцией двуокиси титана и рутила 1:1.

Термоматериалы реакции алюмотермического восстановления были взвешены по доле. Согласно массовому коэффициенту двуокись титана и рутил:алюминиевый порошок:порошок V_2O_5 : CaO: $\text{KClO}_3=1.0:0.26:0.045:0.16:0.28$.

Размеры частиц каждого материала являются: размер частиц рутила ≤ 3 mm, двуокиси титана $\leq 0,02$ mm; алюминиевый порошок ≤ 2 mm; порошок $\text{V}_2\text{O}_5 \leq 0.2$ mm; размер частиц CaO ≤ 0.2 mm; размер частиц $\text{KClO}_3 \leq 2$ mm;

Этап 2: реакция самораспространяющейся алюмотермии

Смесь получают путем смешивания взвешенного сырья, кроме порошка алюминия, при этом смесь разделяют на 6 частей.

Согласно порядку добавления каждой смеси в реактор количество алюминия составляет в 1.20, 1.1, 0.95, 0.90, 0.85, 0.80 раз больше стехиометрического отношения, а общая масса алюминиевого порошка составляет m_t в теории и m_a на практике, в которых $m_a=m_t \times 98\%$.

Среди них первая партия из различных материалов, добавленных в реактор, составляла 28.6% от общей массы смеси, первая партия из различных материалов, добавленных в реактор, нужно добавить магниевый порошок как детонатор, поджечь смесь для инициирования самораспространяющихся реакций, и получить первую партию высокотемпературных расплавов, достаточных, чтобы вызвать последующую реакцию.

Согласно порядку уменьшения стехиометрического отношения количества алюминия, в свою очередь, остальные смеси по очереди добавляются в реактор до тех пор, пока все материалы полностью не прореагируют на получение высокотемпературного расплава.

Этап 3: плавка в электромагнитном поле

Высокотемпературный сплав нагревается электромагнитной индукцией, шлак и металл разделяется на слои. Верхний слой - глиноземный шлак, нижний - сплав, при этом температура контролируется на 1800°C , время пребывания составляет 15 мин.

Этап 4: рафинирование шлака

(1) 95% от общего объема глинозема на основе шлака в верхний слой удаляется, остаточный объем глинозема на основе шлака и сплава расплава в нижнем слое подвергается эксцентриковому механическому перемешиванию, эксцентриковое расстояние составляет 0.4, скорость оборотов перемешивания составляет 50 об/мин, температура регулируется на 1800°C .

(2) Когда расплав перемешивается равномерно, осуществляется непрерывное помешивание, рафинированный шлак из компонентов $\text{CaF}_2\text{-CaO-TiO}_2\text{-V}_2\text{O}_5$ вводят в расплав с высокой чистоты инертного газа в качестве газа-носителя дна индукционной печи средней частоты для шлака промывки и переработки, в котором, по массе, сырье алюмотермитных самораспространяющихся реакций: $\text{CaF}_2\text{-CaO-TiO}_2\text{-V}_2\text{O}_5$ на основе переработки шлака =1.0:0.06;

Рафинированный шлак $\text{CaF}_2\text{-CaO-TiO}_2\text{-V}_2\text{O}_5$ содержит химические компоненты и их массовые проценты CaF_2 : 10%, CaO: 40%, Na_2O : 0%, TiO_2 : 40%, V_2O_5 :10%, соответственно. Среди них рафинированный шлак $\text{CaF}_2\text{-CaO-TiO}_2\text{-V}_2\text{O}_5$ содержит различные компоненты: CaO, CaF_2 , Na_2O , TiO_2 , V_2O_5 , размер частиц порошков которых ≤ 0.2 mm, перед применением рафинированного шлака $\text{CaF}_2\text{-CaO-TiO}_2\text{-V}_2\text{O}_5$, выполняется предварительная обработка: спекание при 150°C в течение 48 ч.

(3) Титановый сплав был получен впрыском рафинированного шлака $\text{CaF}_2\text{-CaO-TiO}_2\text{-V}_2\text{O}_5$, при этом температура поддерживалась в диапазоне 1800°C с непрерывным эксцентрическим механическим смешиванием 20 мин, после помешивание прекращается.

Этап 5: охлаждение

После охлаждения титанового сплава до комнатной температуры титановый сплав получают путем удаления верхнего шлака.

Подготовленный титановый сплав содержит химический состав и массовую долю: Al - 5.7%, V - 4.20%, Si - 0.7%, Fe - 0.9%, O - 0.18%, остаток - Ti.

Пример осуществления 9

Способ получения титанового сплава, основанный на алюмотермическом самораспространяющемся градиентном восстановлении шлака, включает в себя следующие этапы:

Этап 1: материальная предварительная подготовка

Термоматериалы реакции алюмотермического восстановления были предварительно обработаны отдельно, в том числе рутил, содержащий TiO_2 с массовой долей 92% и порошок V_2O_5 , прокаливают при $650^\circ C$ в течение 16 ч, CaO при $200^\circ C$ в течение 16 ч, $KClO_3$ при $180^\circ C$ в течение 24 ч, при этом получают термоматериалы реакции алюмотермического восстановления.

Термоматериалы реакции алюмотермического восстановления были взвешены по доле. Согласно массовому коэффициенту рутил:алюминиевый порошок:порошок V_2O_5 :CaO: $KClO_3$ =1.0:0.26:0.045:0.16:0.28.

Размеры частиц каждого материала являются: размер частиц рутила ≤ 3 mm; алюминиевый порошок ≤ 2 mm; порошок V_2O_5 ≤ 0.2 mm; размер частиц CaO ≤ 0.2 mm; размер частиц $KClO_3$ ≤ 2 mm.

Этап 2: реакция самораспространяющейся алюмотермии

Смесь получают путем смешивания взвешенного сырья, кроме порошка алюминия, при этом смесь разделяют на 8 частей.

Согласно порядку добавления каждой смеси в реактор количество алюминия составляет в 1.20, 1.1, 1.0, 0.95, 0.925, 0.90, 0.875, 0.85 раз больше стехиометрического отношения, а общая масса алюминиевого порошка составляет m_t в теории и m_a на практике, в которых $m_a = m_t \times 98\%$.

Среди них первая партия из различных материалов, добавленных в реактор, составляла 22.2% от общей массы смеси, первая партия из различных материалов, добавленных в реактор нужно добавить магниевый порошок как детонатор, поджечь смесь для инициирования самораспространяющихся реакций и получить первую партию высокотемпературных расплавов, достаточных, чтобы вызвать последующую реакцию.

Согласно порядку уменьшения стехиометрического отношения количества алюминия, в свою очередь, остальные смеси по очереди добавляются в реактор до тех пор, пока все материалы полностью не прореагируют на получение высокотемпературного расплава.

Этап 3: плавка в электромагнитном поле

Высокотемпературный сплав нагревается электромагнитной индукцией, шлак и металл разделяется на слои. Верхний слой - глиноземный шлак, нижний - сплав, при этом температура контролируется на $1750^\circ C$, время пребывания составляет 15 мин.

Этап 4: рафинирование шлака

(1) 95% от общего объема глинозема на основе шлака в верхний слой удаляется, остаточный объем глинозема на основе шлака и сплава расплава в нижнем слое подвергается эксцентриковому механическому перемешиванию, эксцентриковое расстояние составляет 0.2, скорость оборотов перемешивания составляет 150 об/мин, температура регулируется в диапазоне $1750^\circ C$.

(2) Когда расплав перемешивается равномерно, осуществляется непрерывное помешивание, рафинированный шлак из компонентов CaF_2 -CaO- TiO_2 - V_2O_5 вводят в расплав с высокой чистоты инертного газа дна печи средней частоты в качестве газа-носителя для шлака промывки и переработки, в котором, по массе, сырье алюмотермитных самораспространяющихся реакций: CaF_2 -CaO- TiO_2 - V_2O_5 на основе переработки шлака = 1.0:0.05.

Рафинированный шлак CaF_2 -CaO- TiO_2 - V_2O_5 содержит химические компоненты и их массовые проценты CaF_2 : 5%, CaO: 50%, Na_2O : 0%, TiO_2 : 30%, V_2O_5 : 15%, соответственно. Среди них рафинированный шлак CaF_2 -CaO- TiO_2 - V_2O_5 содержит различные компоненты: CaO, CaF_2 , Na_2O , TiO_2 , V_2O_5 , размер частиц порошков которых ≤ 0.2 mm, перед применением рафинированного шлака CaF_2 -CaO- TiO_2 - V_2O_5 , выполняется предварительная обработка: спекание при $180^\circ C$ в течение 20 ч.

(3) Титановый сплав был получен впрыском рафинированного шлака CaF_2 -CaO- TiO_2 - V_2O_5 , при этом температура поддерживалась в диапазоне $1750^\circ C$ с непрерывным эксцентрическим механическим смешиванием 15 мин, после помешивание прекращается.

Этап 5: охлаждение

После охлаждения титанового сплава до комнатной температуры титановый сплав получают путем удаления верхнего шлака.

Подготовленный титановый сплав содержит химический состав и массовую долю: Al - 5.5%, V - 4.30%, Si - 0.2%, Fe - 0.6%, O - 0.16%, остаток - Ti.

Пример осуществления 10

Способ получения титанового сплава, основанный на алюмотермическом самораспространяющемся

градиентном восстановлении шлака, включает в себя следующие этапы:

Этап 1: материальная предварительная подготовка

Термоматериалы реакции алюминотермического восстановления были предварительно обработаны отдельно, в том числе рутил, содержащий TiO_2 с массовой долей 93%, и порошок V_2O_5 , прокаливает при $500^\circ C$ в течение 24 ч, CaO при $250^\circ C$ в течение 12 ч, $KClO_3$ при $150^\circ C$ в течение 18 ч, при этом получают термоматериалы реакции алюминотермического восстановления.

Термоматериалы реакции алюминотермического восстановления были взвешены по доле. Согласно массовому коэффициенту, рутил:алюминиевый порошок:порошок $V_2O_5:CaO:KClO_3=1.0:0.26:0.045:0.16:0.28$.

Размеры частиц каждого материала являются: размер частиц рутила ≤ 3 mm; алюминиевый порошок ≤ 2 mm; порошок $V_2O_5 \leq 0.2$ mm; размер частиц $CaO \leq 0.2$ mm; размер частиц $KClO_3 \leq 2$ mm.

Этап 2: реакция самораспространяющейся алюминотермии

Смесь получают путем смешивания сырья, кроме порошка алюминия, затем смесь добавляют в смеситель непрерывного действия с равномерным расходом.

В то же время алюминиевый порошок добавляется к непрерывному смесителю при постепенно уменьшающемся расходе потока так, что алюминиевое содержание непрерывно добавленной смеси постепенно будет уменьшено от 1.28 раз стехиометрического коэффициента до 0.78 раз стехиометрического коэффициента.

Где градиентное изменение распределения алюминия удовлетворяет уравнению:

$$m=(b-c)\div a,$$

где m - частота градиентного изменения распределения алюминия, b - максимальное распределение алюминия, c - минимальное распределение алюминия, a - коэффициент градиентного изменения распределения алюминия, $a=0.004$, при расчете m в качестве 128 раз, интервал времени изменения градиента содержания алюминия - общее время реакции, деленное на m ;

Согласно уравнению химической реакции теоретическая общая масса алюминиевого порошка составляет m_t , а фактическая общая масса алюминиевого порошка составляет m_a , где $m_a=m_t \times 98\%$;

Сырье алюминиевый тепловой самораспространяющейся реакции смешивается в смеситель непрерывного действия и затем непрерывно добавляется в реактор термического восстановления алюминия, пока все материалы полностью не прореагируют для получения высокой температуры плавления.

Этап 3: плавка в электромагнитном поле

Высокотемпературный сплав нагревается электромагнитной индукцией, шлак и металл разделяется на слои. Верхний слой - глиноземный шлак, нижний - сплав, при этом температура контролируется на $1700^\circ C$, время пребывания составляет 20 мин.

Этап 4: рафинирование шлака

(1) 85% от общего объема глинозема на основе шлака в верхний слой удаляется, остаточный объем глинозема на основе шлака и сплава расплава в нижнем слое подвергается эксцентриковому механическому перемешиванию, эксцентриковое расстояние составляет 0.4, скорость оборотов перемешивания составляет 100 об/мин, температура регулируется на $1700^\circ C$.

(2) Когда расплав перемешивается равномерно, осуществляется непрерывное помешивание, рафинированный шлак из компонентов $CaF_2-CaO-TiO_2-V_2O_5$ вводят в расплав с высокой чистоты инертного газа дна печи средней частоты в качестве газа-носителя для шлака промывки и переработки, в котором, по массе, сырье алюминотермических самораспространяющихся реакций: $CaF_2-CaO-TiO_2-V_2O_5$ на основе переработки шлака = 1.0:0.04;

Рафинированный шлак $CaF_2-CaO-TiO_2-V_2O_5$ содержит химические компоненты и их массовые проценты CaF_2 : 5%, $CaO=49\%$, Na_2O : 1%, TiO_2 : 40%, V_2O_5 : 5%, соответственно. Среди них рафинированный шлак $CaF_2-CaO-TiO_2-V_2O_5$ содержит различные компоненты: CaO , CaF_2 , Na_2O , TiO_2 , V_2O_5 , размер частиц порошков которых ≤ 0.2 mm, перед применением рафинированного шлака $CaF_2-CaO-TiO_2-V_2O_5$ выполняется предварительная обработка: спекание при $150^\circ C$ в течение 10 ч.

(3) Титановый сплав был получен впрыском рафинированного шлака $CaF_2-CaO-TiO_2-V_2O_5$, при этом температура поддерживалась в диапазоне $1700^\circ C$ с непрерывным эксцентрическим механическим смешиванием 10 мин, после помешивание прекращается.

Этап 5: охлаждение

После охлаждения титанового сплава до комнатной температуры титановый сплав получают путем удаления верхнего шлака.

Подготовленный титановый сплав содержит химический состав и массовую долю: Al - 5.8%, V - 4.50%, Si - 0.4%, Fe - 0.7%, O - 0.22%, остаток - Ti.

Пример осуществления 11

Способ получения титанового сплава, основанный на алюмотермическом самораспространяющемся градиентном восстановлении шлака, включает в себя следующие этапы:

Этап 1: материальная предварительная подготовка

Термоматериалы реакции алюминотермического восстановления были предварительно обработаны

отдельно, в том числе высоко-титановый шлак, содержащий TiO_2 с массовой долей 93%, двуокись титана, содержащая TiO_2 с массовой долей 99.8%, и порошок V_2O_5 , прокаливают при $550^\circ C$ в течение 36 ч, CaO при $250^\circ C$ в течение 12 ч, $KClO_3$ при $150^\circ C$ в течение 24 ч, при этом получают термоматериалы реакции аллюминотермического восстановления с пропорцией высоко-титанового шлака и двуокиси титана 1:1.

Термоматериалы реакции аллюминотермического восстановления были взвешены по доле. Согласно массовому коэффициенту высоко-титановый шлак двуокись титана: аллюминиевый порошок:порошок V_2O_5 : CaO : $KClO_3$ =1.0:0.26:0.045:0.16:0.28.

В термо-материалах реакции аллюминотермического восстановления, диаметры частицы каждого материала соответственно: высокотитановый шлак ≤ 3 mm, или диоксид титана ≤ 0.02 mm, аллюминиевый порошок ≤ 2 mm, порошок V_2O_5 ≤ 0.2 mm, частицы CaO ≤ 0.2 mm, частицы $KClO_3$ ≤ 2 mm.

Этап 2: реакция самораспространяющейся аллюминотермии

Смесь получают путем смешивания сырья, кроме порошка аллюминия, затем смесь добавляют в смеситель непрерывного действия с равномерным расходом.

В то же время аллюминиевый порошок добавляется к непрерывному смесителю при постепенно уменьшающемся расходе потока так, что аллюминиевое содержание непрерывно добавленной смеси постепенно будет уменьшено от 1.27 раз стехиометрического коэффициента до 0.7 раз стехиометрического коэффициента.

Где градиентное изменение распределения аллюминия удовлетворяет уравнению:

$$m=(b-c)\div a,$$

где m - частота градиентного изменения распределения аллюминия, b - максимальное распределение аллюминия, c - минимальное распределение аллюминия, a - коэффициент градиентного изменения распределения аллюминия, $a=0.002$, по расчетам $m=285$ раз;

Согласно уравнению химической реакции, теоретическая общая масса аллюминиевого порошка составляет m_t , а фактическая общая масса аллюминиевого порошка составляет m_a , где $m_a=m_t \times 97\%$;

Сырье аллюминиевый тепловой самораспространяющейся реакции смешивается в смеситель непрерывного действия и затем непрерывно добавляется в реактор термического восстановления аллюминия, пока все материалы полностью не прореагируют для получения высокой температуры плавления.

Этап 3: плавка в электромагнитном поле

Высокотемпературный сплав нагревается электромагнитной индукцией, шлак и металл разделяется на слои. Верхний слой - глиноземный шлак, нижний - сплав, при этом температура контролируется на $1750^\circ C$, время пребывания составляет 15 мин.

Этап 4: рафинирование шлака

(1) 90% от общего объема глинозема на основе шлака в верхний слой удаляется, остаточный объем глинозема на основе шлака и сплава расплава в нижнем слое подвергается эксцентриковому механическому перемешиванию, эксцентриковое расстояние составляет 0.4, скорость оборотов перемешивания составляет 150 об/мин, температура регулируется на $1750^\circ C$.

(2) Когда расплав перемешивается равномерно, осуществляется непрерывное помешивание, рафинированный шлак из компонентов CaF_2 - CaO - TiO_2 - V_2O_5 вводят в расплав с высокой чистоты инертного газа в качестве газа-носителя дна индукционной печи средней частоты для шлака промывки и переработки, в котором, по массе, сырье аллюминотермических самораспространяющихся реакций: CaF_2 - CaO - TiO_2 - V_2O_5 на основе переработки шлака =1.0:0.06.

Рафинированный шлак CaF_2 - CaO - TiO_2 - V_2O_5 содержит химические компоненты и их массовые проценты CaF_2 : 10%, CaO : 43%, Na_2O =2%, TiO_2 : 35%, V_2O_5 : 10%, соответственно. Среди них рафинированный шлак CaF_2 - CaO - TiO_2 - V_2O_5 содержит различные компоненты: CaO , CaF_2 , Na_2O , TiO_2 , V_2O_5 , размер частиц порошков которых ≤ 0.2 mm, перед применением рафинированного шлака CaF_2 - CaO - TiO_2 - V_2O_5 , выполняется предварительная обработка: спекание при $200^\circ C$ в течение 12 ч.

(3) Титановый сплав был получен впрыском рафинированного шлака CaF_2 - CaO - TiO_2 - V_2O_5 , при этом температура поддерживалась в диапазоне $1750^\circ C$ с непрерывным эксцентрическим механическим смешиванием 10 мин, после помешивание прекращается.

Этап 5: охлаждение

После охлаждения титанового сплава до комнатной температуры, титановый сплав получают путем удаления верхнего шлака.

Подготовленный титановый сплав содержит химический состав и массовую долю: Al - 5.6%, V - 4.0%, Si - 0.7%, Fe - 0.9%, O - 0.13%, остаток - Ti .

Пример осуществления 12

Способ получения титанового сплава, основанный на аллюминотермическом самораспространяющемся градиентном восстановлении шлака, включает в себя следующие этапы:

Этап 1: материальная предварительная подготовка

Термоматериалы реакции аллюминотермического восстановления были предварительно обработаны отдельно, в том числе высоко-титановый шлак, содержащий TiO_2 с массовой долей 92% и порошок V_2O_5 ,

прокаливают при 700°C в течение 24 ч, CaO при 250°C в течение 12 ч, KClO₃ при 250°C в течение 24 ч, при этом получают термоматериалы реакции алюминотермического восстановления.

Термоматериалы реакции алюминотермического восстановления были взвешены по доле. Согласно массовому коэффициенту высоко-титановый шлак:алюминиевый порошок:порошок V₂O₅: CaO: KClO₃=1.0:0.26:0.045:0.16:0.28.

Размеры частиц каждого материала являются: размер частиц высоко-титанового шлака ≤3 mm; алюминиевый порошок ≤2 mm; порошок V₂O₅ ≤0.2 mm; размер частиц CaO ≤0.2 mm; размер частиц KClO₃ ≤2 mm;

Этап 2: реакция самораспространяющейся алюминотермии

Смесь получают путем смешивания сырья, кроме порошка алюминия, затем смесь добавляют в смеситель непрерывного действия с равномерным расходом.

В то же время алюминиевый порошок добавляется к непрерывному смесителю при постепенно уменьшающемся расходе потока так, что алюминиевое содержание непрерывно добавленной смеси постепенно будет уменьшено от 1.23 раз стехиометрического коэффициента до 0.72 раз стехиометрического коэффициента.

Где градиентное изменение распределения алюминия удовлетворяет уравнению:

$$m=(b-c)\div a,$$

где m - частота градиентного изменения распределения алюминия, b - максимальное распределение алюминия, c - минимальное распределение алюминия, a - коэффициент градиентного изменения распределения алюминия, a=0.001, по расчетам m=450 раз.

Согласно уравнению химической реакции, теоретическая общая масса алюминиевого порошка составляет m_т, а фактическая общая масса алюминиевого порошка составляет m_а, где m_а=m_т×95%;

Сырье алюминиевый тепловой самораспространяющейся реакции смешивается в смеситель непрерывного действия и затем непрерывно добавляется в реактор термического восстановления алюминия, пока все материалы полностью не прореагируют для получения высокой температуры плавления.

Этап 3: плавка в электромагнитном поле

Высокотемпературный сплав нагревается электромагнитной индукцией, шлак и металл разделяется на слои. Верхний слой - глиноземный шлак, нижний - сплав, при этом температура контролируется на 1750°C, время пребывания составляет 15 мин.

Этап 4: рафинирование шлака

(1) 90% от общего объема глинозема на основе шлака в верхний слой удаляется, остаточный объем глинозема на основе шлака и сплава расплава в нижнем слое подвергается эксцентриковому механическому перемешиванию, эксцентриковое расстояние составляет 0.4, скорость оборотов перемешивания составляет 50 об/мин, температура регулируется на 1750°C.

(2) Когда расплав перемешивается равномерно, осуществляется непрерывное помешивание, рафинированный шлак из компонентов CaF₂-CaO-TiO₂-V₂O₅ вводят в расплав с высокой чистоты инертного газа дна печи средней частоты в качестве газа-носителя для шлака промывки и переработки, в котором, по массе, сырье алюминотермитных самораспространяющихся реакций: CaF₂-CaO-TiO₂-V₂O₅ на основе переработки шлака = 1.0:0.07;

Рафинированный шлак CaF₂-CaO-TiO₂-V₂O₅ содержит химические компоненты и их массовые проценты CaF₂: 5%, CaO=49%, Na₂O: 1%, TiO₂: 30%, V₂O₅: 15%, соответственно. Среди них рафинированный шлак CaF₂-CaO-TiO₂-V₂O₅ содержит различные компоненты: CaO, CaF₂, Na₂O, TiO₂, V₂O₅, размер частиц порошков которых ≤0.2 mm, перед применением рафинированного шлака CaF₂-CaO-TiO₂-V₂O₅, выполняется предварительная обработка: спекание при 200°C в течение 24 ч.

(3) Титановый сплав был получен впрыском рафинированного шлака CaF₂-CaO-TiO₂-V₂O₅, при этом температура поддерживалась в диапазоне 1750°C с непрерывным эксцентрическим механическим смешиванием 10 мин, после помешивание прекращается.

Этап 5: охлаждение

После охлаждения титанового сплава до комнатной температуры, титановый сплав получают путем удаления верхнего шлака.

Подготовленный титановый сплав содержит химический состав и массовую долю: Al - 5.5%, V - 3.60%, Si - 0.4%, Fe - 0.9%, O - 0.10%, остаток - Ti.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ получения титанового сплава, основанный на алюмотермическом самораспространяющемся градиентном восстановлении шлака, состоящий из следующих этапов:

этап 1, представляющий собой предварительную подготовку материалов, при которой термоматериалы реакции алюминотермического восстановления предварительно обрабатывают отдельно, при этом указанные термоматериалы реакции алюминотермического восстановления содержат алюминиевый порошок, порошок V₂O₅, CaO, KClO₃ и титан, смешанный с одним или с несколькими компонентами, включающими рутил, высокотитановый шлак или двуокись титана с массовой долей TiO₂≥99.5%, при этом

термоматериалы берут в соотношении (массовые доли): титансодержащие материалы/алюминиевый порошок/порошок V_2O_5 / CaO/ $KClO_3=1.0/(0.60\sim 0.24)/(0.042\sim 0.048)/(0.12\sim 0.26)/(0.22\sim 0.30)$, при этом в реакции алюминотермического восстановления частицы каждого термоматериала имеют диаметр: частицы рутила не более 3 мм, частицы высокотитанового шлака не более 3 мм или частицы диоксида титана не более 0.02 мм, частицы алюминиевого порошка не более 2 мм, частицы порошка V_2O_5 не более 0.2 мм, частицы CaO не более 0.2 мм, частицы $KClO_3$ не более 2 мм;

этап 2, представляющий собой реакцию самораспространяющейся алюминотермии, при которой самораспространяющееся алюминотермическое градиентное восстановление осуществляют следующим образом:

получение смеси посредством смешивания взвешенного сырья, за исключением порошка алюминия, при этом смесь разделяют на несколько частей, каждую смесь добавляют в реактор, количество алюминия постепенно уменьшают в 0.85~0.65 раз от стехиометрического соотношения в 1.15~1.35 раз, согласно уравнению химической реакции, теоретическая общая масса алюминиевого порошка составляет m_t , а фактическая общая масса алюминиевого порошка составляет m_a , где $m_a=m_t\times(95\sim 100)\%$, при этом первая партия термоматериалов, добавленная в реактор, составляет 10-30% от общей массы смеси, и первая партия термоматериалов, добавленных в реактор, магниевый порошок в качестве воспламенителя, воспламеняют смесь для инициирования самораспространяющихся реакций, в результате чего первая партия полученных высокотемпературных расплавов является достаточной для инициирования следующей реакции, при этом согласно порядку уменьшения стехиометрического количества алюминия смеси по очереди добавляют в реактор до тех пор, пока все материалы полностью не прореагируют на получение высокотемпературного расплава, или

получение смеси путем смешивания сырья, за исключением порошка алюминия, после чего смесь добавляют в смеситель непрерывного действия с равномерным расходом, при этом алюминиевый порошок добавляют к смесителю непрерывного действия при постепенно уменьшающемся расходе потока так, что содержание алюминия непрерывно добавляемой смеси постепенно уменьшают от 1.15~1.35 раз стехиометрического коэффициента до 0.85~0.65 раз стехиометрического коэффициента, при этом градиентное изменение распределения алюминия удовлетворяет уравнению:

$$m=(b-c)\div a,$$

где m - частота градиентного изменения распределения алюминия, b - максимальное распределение алюминия, c - минимальное распределение алюминия, a - коэффициент градиентного изменения распределения алюминия, $0<a\leq 0.04$, согласно уравнению химической реакции, теоретическая общая масса алюминиевого порошка составляет m_t , а фактическая общая масса алюминиевого порошка составляет m_a , где $m_a=m_t\times(95\sim 100)\%$, при этом сырье алюминиевой тепловой самораспространяющейся реакции смешивают в смесителе непрерывного действия и затем непрерывно добавляют в реактор термического восстановления алюминия, пока все материалы полностью не прореагируют для получения высокой температуры плавления;

этап 3, заключающийся в плавлении термоматериалов в электромагнитном поле, при котором высокотемпературный расплав нагревают с использованием электромагнитной индукции, при этом шлак и металл разделяют таким образом, что верхний слой представляет собой глиноземный шлак, а нижний - сплав, температура плавления которого составляет 1700~1800°C, а время плавления составляет 5~25 мин;

этап 4, заключающийся в рафинировании шлака, при котором

(1) 85-95% от общего объема глинозема на основе шлака удаляют в верхний слой, а остаточный объем глинозема на основе шлака и сплава в нижнем слое подвергают эксцентриковому механическому перемешиванию, скорость которого составляет 50~150 об/мин, а температура контролируется в диапазоне 1700~1800°C;

(2) осуществляют непрерывное помешивание расплава для его равномерного перемешивания, вводят в расплав инертный газ высокой чистоты в качестве газа-носителя для промывки и переработки шлака, при этом отношение CaF_2 -CaO-TiO₂-V₂O₅ к переработанному шлаку (по массе) составляет 1.0:(0.02~0.08), CaF_2 -CaO-TiO₂-V₂O₅ содержит химические соединения (мас.%) CaF_2 : 5~10%, CaO: 40~60%, Na₂O: 0~2%, TiO₂: 30~40%, V₂O₅: 5~15%, соответственно, а остальное - примеси, при этом размер частиц этих соединений - не более 0.2 мм,

(3) титановый сплав получают впрыском рафинированного шлака CaF_2 -CaO-TiO₂-V₂O₅, при этом поддерживают температуру в диапазоне 1700~1800°C с непрерывным эксцентрическим механическим перемешиванием в течение 10~30 мин;

этап 5, заключающийся в охлаждении, при котором титановый сплав получают удалением верхнего слоя шлака после охлаждения титанового сплава до комнатной температуры.

2. Способ получения титанового сплава по п.1, отличающийся тем, что получают титановый сплав состава (массовые доли): Al - 5.5~6.5%, V - 3.5~4.5%, Si - 0.2~1.0%, в качестве примесей Fe - 0.2~1.0% и O≤0.9%, остаток - Ti.

3. Способ получения титанового сплава по п.1, отличающийся тем, что термоматериалы на этапе 1

имеют следующие параметры:

(1) титан-содержащие материалы, порошок V_2O_5 и CaO подвергнуты спеканию отдельно, температура спекания $\geq 120^\circ C$, время 12~36 ч;

(2) время сушения $KClO_3$ при $150\sim 300^\circ C$ составляет 12~48 ч.

4. Способ получения титанового сплава по п.1, отличающийся тем, что количество партий термоматериалов на этапе 2 составляет n , при этом $n \geq 4$.

5. Способ получения титанового сплава по п.1, отличающийся тем, что на этапе 3 используют прибор электромагнитной индукции, представляющий собой печь индукции средней частоты, с частотой электромагнитного поля не менее 1000 Гц.

6. Способ получения титанового сплава по п.1, отличающийся тем, что на этапе 4 используют эксцентриковое механическое перемешивание с эксцентриситетом 0.2~0.4.

7. Способ получения титанового сплава по п.1, отличающийся тем, что на этапе 4 используют впрыск рафинированного шлака, предпочтительно впрыск на дно индукционной печи средней частоты.

8. Способ получения титанового сплава по п.1, отличающийся тем, что на этапе 4 используют инертный газ особой чистоты - аргон высокой чистоты, чистотой не менее 99.95%.

9. Способ получения титанового сплава по п.1, отличающийся тем, что на этапе 4 (2) перед использованием рафинированного шлака $CaF_2-CaO-TiO_2-V_2O_5$ выполняют предварительную обработку: температура спекания составляет $150\sim 450^\circ C$ в течение 10~48 ч.



Евразийская патентная организация, ЕАПВ

Россия, 109012, Москва, Малый Черкасский пер., 2
