

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **042288**

(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.01.31

(21) Номер заявки
201990448

(22) Дата подачи заявки
2017.08.04

(51) Int. Cl. *C22C 1/04* (2006.01)
C22C 32/00 (2006.01)
C22C 1/10 (2006.01)
C22C 14/00 (2006.01)
C22C 16/00 (2006.01)
C22C 27/00 (2006.01)
C22C 28/00 (2006.01)
C22C 29/02 (2006.01)
C22C 29/14 (2006.01)
C22C 29/16 (2006.01)

(54) ОТЛИВКА ИЗ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА С МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ МАТРИЦЕЙ

(31) 2016903066; 2017901644

(32) 2016.08.04; 2017.05.05

(33) AU

(43) 2019.07.31

(86) PCT/AU2017/050822

(87) WO 2018/023171 2018.02.08

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
ВЕЙР МИНЕРАЛС АВСТРАЛИЯ ЛТД
(AU)

(72) Изобретатель:
Долман Кевин Фрэнсис, Тан Синьху
(AU)

(74) Представитель:
Медведев В.Н. (RU)

(56) WO-A1-2015100472
WO-A1-1998024575
EP-B1-1715070
US-A1-20090041609
WO-A1-2011094800
CN-A-106756237

(57) Отливка из композиционного материала с металлической матрицей содержит а) один или несколько из указанных далее основных металлов: титан, цирконий, гафний и тантал, и б) дисперсию тугоплавких частиц, содержащую по меньшей мере один, как правило, два или более из карбидов, и/или нитридов, и/или боридов по меньшей мере одного из основных металлов.

B1

042288

042288

B1

Область техники, к которой относится настоящее изобретение

Настоящее изобретение относится к отливкам из коррозионно- и износостойких композиционных материалов с металлической матрицей.

Настоящее изобретение также относится к способам литья композиционных материалов с металлической матрицей.

Предшествующий уровень техники настоящего изобретения

Отливки из композиционных материалов с металлической матрицей согласно настоящему изобретению особенно пригодны для использования в качестве компонентов, которые должны обладать высокой коррозионной и износостойкостью.

В качестве примера подходящих компонентов можно указать компоненты установок для кислотного выщелачивания под высоким давлением (HPAL), которые эксплуатируются в среде с высоко коррозионными и эрозийными минеральными суспензиями, транспортируемыми в установках HPAL в условиях действия высокой температуры и давления. К таким компонентам, например, можно отнести лопасти мешалки. Также в качестве примера к таким компонентам можно отнести внутренние детали арматуры, т.е. собираемые затвором арматуры, для перемещения суспензий на установках HPAL при температуре до 200-250°C под давлением до 5 МПа и на скорости 340 м/с. Высокие значения температуры и давления в установках HPAL существенно усиливают коррозионное воздействие минеральных суспензий. Увлеченные твердые частицы в минеральных суспензиях и высокие скорости вызывают эрозию открытых поверхностей лопастей мешалки, внутренних деталей арматуры и других компонентов, контактирующих с минеральными суспензиями. Общим результатом воздействия таких условий является высокая интенсивность износа открытых поверхностей внутренних деталей таких компонентов.

Таким образом, лопасти мешалки, внутренние детали арматуры и другие компоненты, контактирующие с описанными выше минеральными суспензиями, используемыми в установках HPAL, должны обладать термостойкостью, эрозийной стойкостью и стойкостью к сильной коррозии.

Такие компоненты установок HPAL, как правило, изготавливают из а) тугоплавких материалов, выбранных из карбида вольфрама, карбида кремния и частично стабилизированного циркония (PSZ), посредством спекания, б) сплавов, включающих сплавы на основе кобальта (такие как сплав 6), и в) закаленных титановых сплавов. Для таких установок предпринимались попытки поиска альтернативных вариантов таким материалам, поскольку они либо не обеспечивают удовлетворительные результаты, либо слишком дорогие.

Настоящее изобретение представляет собой альтернативу таким материалам.

Краткое раскрытие настоящего изобретения

Согласно настоящему изобретению предоставляется отливка из композиционного материала с металлической матрицей, содержащая частицы карбидов, и/или нитридов, и/или боридов любого одного или более чем одного из основных металлов: титана, циркония, гафния и тантала, диспергированные в матрице по меньшей мере одного из основных металлов.

Более конкретно, согласно настоящему изобретению предоставляется отливка из композиционного материала с металлической матрицей, содержащая а) один или несколько из указанных далее основных металлов: титан, цирконий, гафний и тантал, и б) дисперсию тугоплавких частиц, содержащую два или более из карбидов, и/или нитридов, и/или боридов по меньшей мере одного из основных металлов.

Используемый в настоящем документе термин "тугоплавкие частицы" подразумевает частицы материала, температура плавления которого больше 2900°C.

Используемый в настоящем документе термин "основной металл", используемый в контексте матрицы, может включать один из основных металлов без других основных металлов.

Используемый в настоящем документе термин "основной металл", используемый в контексте матрицы, может также включать сплав металлов титана, и/или циркония, и/или гафния, и/или тантала.

Один или несколько основных металлов также может содержать небольшие концентрации, как правило, до 6 мас.%, более характерно до 2 мас.% других в виде либо целенаправленных добавок, либо неизбежных примесей. Так, например, один или несколько основных металлов также может содержать небольшие концентрации любого одного или более чем одного из алюминия, ванадия, ниобия, никеля, молибдена, хрома и кобальта для улучшения механических свойств и палладия, рутения для усиления коррозионной стойкости.

Предпочтительно отливка не должна содержать элементы платиновой группы в концентрациях, превышающих 0,005 мас.%.

Отливка может содержать карбиды, и/или нитриды, и/или бориды одного из четырех основных металлов в матрице такого же основного металла.

Например, в титановой матрице отливки могут содержаться два или более из карбидов, и/или нитридов, и/или боридов титана.

Например, тугоплавкие частицы могут содержать карбиды титана и бориды титана в титановой матрице.

Тугоплавкие частицы могут содержать карбиды титана и нитриды титана в титановой матрице.

Тугоплавкие частицы могут содержать бориды титана и нитриды титана в титановой матрице.

Отливка может содержать два или более из карбидов, и/или нитридов, и/или боридов одного из четырех основных металлов в матрице другого из основных металлов.

Например, отливка может содержать два или более из карбидов, и/или нитридов, и/или боридов тантала в титановой матрице.

Отливка может содержать 5-60 об.% тугоплавких частиц, диспергированных в матрице основного металла.

Отливка может содержать 5-50 об.% тугоплавких частиц, диспергированных в матрице основного металла.

Отливка может содержать 5-40 об.% тугоплавких частиц, диспергированных в матрице основного металла.

Отливка может содержать более 10 об.% тугоплавких частиц, диспергированных в матрице основного металла.

Отливка может содержать более 15 об.% тугоплавких частиц, диспергированных в матрице основного металла.

Отливка может содержать менее 30 об.% тугоплавких частиц, диспергированных в матрице основного металла.

Отливка может содержать менее 25 об.% тугоплавких частиц, диспергированных в матрице.

Отливка может содержать менее 20 об.% тугоплавких частиц, диспергированных в матрице основного металла.

Содержание тугоплавких частиц в отливке может находиться в диапазоне от 5 до 65 мас.% от общей массы отливки.

Содержание тугоплавких частиц в отливке может находиться в диапазоне от 12 до 45 мас.% от общей массы отливки.

Содержание тугоплавких частиц в отливке может находиться в диапазоне от 12 до 25 мас.% от общей массы отливки.

Основной размер тугоплавких частиц может быть менее 400 микрон.

Основной размер тугоплавких частиц может быть менее 200 микрон.

Основной размер тугоплавких частиц может быть менее 150 микрон.

Основной размер тугоплавких частиц может быть менее 100 микрон.

Основной размер тугоплавких частиц может быть менее 50 микрон.

Основной размер тугоплавких частиц может быть более 5 микрон.

Концентрации по меньшей мере двух из углерода, бора и азота могут составлять до 10 мас.% от общей массы отливки.

Концентрации по меньшей мере двух из углерода, бора и азота могут составлять менее 8 мас.% от общей массы отливки.

Концентрации по меньшей мере двух из углерода, бора и азота могут составлять менее 7 мас.% от общей массы отливки.

Концентрации по меньшей мере двух из углерода, бора и азота могут составлять менее 6 мас.% от общей массы отливки.

В качестве основного металла может использоваться чистый металл.

В качестве основного металла может использоваться промышленный металл, т.е. металл, который не является на 100% чистым металлом, но, по существу, представляет собой чистый металл.

Например, в качестве основного металла может использоваться титан 12-го класса. Титан 12-го класса - это титановый сплав с молибденом и никелем, обладающий превосходной коррозионной стойкостью в восстановительных и окислительных средах. Ниже приведены характеристики титана 12-го класса: ASTM B265 (12), ASTM B337 (12), ASTM B338 (12), ASTM B348 (12), ASTM B381 (F-12) и UNS R53400. Ниже перечислены химические компоненты, входящие в титан 12-го класса, мас.-%: С: макс. 0,08%; Н: макс. 0,015%; Fe: макс. 0,3%; Мо: 0,2-0,4%; Ni: 0,6-0,9%; N: макс. 0,03%; О: макс. 0,25%; и Ti: остальное.

Отливка может представлять собой любой подходящий компонент требуемой формы.

Такой компонент может использоваться в качестве самостоятельного компонента или может являться частью более сложного компонента.

Таким компонентом может быть любой компонент, используемый в установках HPAI, которые работают с минеральными суспензиями в условиях высокой температуры и давления, для чего требуется термостойкость, эрозийная стойкость и стойкость к сильной коррозии. К таким компонентам, например, можно отнести лопасти мешалки и внутренние детали арматуры.

Согласно настоящему изобретению также предоставляется композиционный материал с металлической матрицей, содержащий частицы карбидов, и/или нитридов, и/или боридов любого одного или более чем одного из основных металлов: титана, циркония, гафния и тантала, диспергированные в матрице по меньшей мере одного из основных металлов.

Более конкретно, согласно настоящему изобретению также предоставляется композиционный мате-

риал с металлической матрицей, содержащий частицы двух или более из карбидов, и/или нитридов, и/или боридов любого одного или более чем одного из основных металлов: титана, циркония, гафния и тантала, диспергированные в матрице по меньшей мере одного из основных металлов.

Согласно настоящему изобретению также предоставляется способ формирования отливки из композиционного материала с металлической матрицей, предусматривающий стадии:

а) формирование жидкого расплава из по меньшей мере одного из основных металлов: титана, циркония, гафния и тантала и по меньшей мере двух из углерода, бора и азота; и

б) формирование отливки компонента требуемой формы из жидкого расплава, при этом затвердевший компонент характеризуется микроструктурой, содержащей дисперсию из двух или более карбидов, и/или нитридов, и/или боридов основного металла, диспергированных в матрице основного металла.

В ходе лабораторных исследований заявитель обнаружил, что жидкие расплавы титана можно получить при значительно меньшей температуре, чем температура плавления титана, если плавление проводить с по меньшей мере двумя из углерода, бора и азота, вместо одного из углерода, бора и азота. В частности, заявитель обнаружил, что для плавления сырьевых материалов, состоящих из 75 мас.% титана 12-го класса и 25 мас.% карбида титана, в электрошлаковой печи температура печи должна существенно превышать 2000°C, а работа при такой температуре приводит к повреждению печи. Также заявитель обнаружил, что при температуре печи менее 2000°C можно расплавить а) сырьевые материалы на основе титана, бора и углерода, б) сырьевые материалы на основе титана, бора и азота, в) сырьевые материалы на основе титана, азота и углерода и г) сырьевые материалы на основе титана, бора, углерода и азота без урона для самой печи. Другими словами, при использовании двух или более из бора, углерода и азота удалось существенно снизить температуру плавления сырьевых материалов. Заявитель также обнаружил, что получаемые в результате из таких сырьевых материалов отливки обладают превосходной коррозионной стойкостью, твердостью и другими механическими свойствами.

Способ может предусматривать формирование жидкого расплава из одного из основных металлов и по меньшей мере двух из углерода, бора и азота при температуре печи менее 2000°C.

Температура печи может быть менее 1900°C, как правило, менее 1800°C.

Например, если в жидкий расплав входит титан, углерод и бор, микроструктура отливки может содержать карбиды титана и бориды титана, диспергированные в титановой матрице, при этом во время отверждения карбиды и бориды будут выпадать в осадок из жидкого расплава.

Способ может предусматривать смешивание сырьевых материалов, содержащих по меньшей мере один из основных металлов, с по меньшей мере двумя из углерода, бора и азота.

Способ может предусматривать формирование однородной смеси из сырьевых материалов.

Сырьевые материалы могут иметь губчатую структуру.

Используемый в настоящем документе термин "губчатая структура" следует понимать как сырьевые материалы с пористой структурой.

Сырьевые материалы могут иметь форму порошков.

Используемый в настоящем документе термин "порошки" следует понимать как сухое, сыпучее твердое вещество, состоящее из большого количества тонких частиц, которые могут свободно перетекать во время встряхивания или наклона.

Сырьевые материалы могут иметь форму порошков основного металла.

Сырьевые материалы могут иметь форму порошков основного металла и одного или нескольких из углерода, бора и азота.

Например, сырьевые материалы могут представлять собой порошки бориды титана.

Сырьевые материалы могут иметь форму порошков из двух или более из углерода, бора и азота.

Например, сырьевой материал может представлять собой порошок, содержащий бор и углерод, или порошок, содержащий бор, углерод и азот.

Сырьевые материалы может содержать до 10 мас.% по меньшей мере двух из углерода, бора и азота.

Сырьевые материалы может содержать до 10 мас.% по меньшей мере двух из углерода, бора и азота.

Сырьевые материалы могут содержать менее 8 мас.% по меньшей мере двух из углерода, бора и азота.

Сырьевые материалы могут содержать менее 7 мас.% по меньшей мере двух из углерода, бора и азота.

Сырьевые материалы могут содержать менее 6 мас.% по меньшей мере двух из углерода, бора и азота.

В качестве основного металла может использоваться чистый металл.

В качестве основного металла может использоваться промышленный металл, т.е. металл, который не является на 100% чистым металлом, но, по существу, представляет собой чистый металл.

Например, если основной металл представляет собой титан, то титан может быть титаном 12-го класса.

Основной металл может представлять собой сплав основного металла и другого металла.

Способ может предусматривать прессование смеси сырьевого материала и формирование гранул, прессовок или других прессованных форм.

Способ может предусматривать формирование жидкого расплава из одного из основных металлов и по меньшей мере двух из углерода, бора и азота посредством плавления сырьевого материала в любой подходящей печи в условиях инертной атмосферы.

В качестве печи может использоваться электрошлаковая печь.

В качестве печи может использоваться вакуумная плавильная печь.

Способ может предусматривать любой подходящий вариант для отливки жидкого расплава с формированием компонента.

Способ может предусматривать центробежное литье жидкого расплава с формированием компонента.

Отливка может содержать 5-60 об.% тугоплавких частиц, диспергированных в матрице основного металла.

Отливка может содержать 5-50 об.% тугоплавких частиц, диспергированных в матрице основного металла.

Отливка может содержать 5-40 об.% тугоплавких частиц, диспергированных в матрице основного металла.

Отливка может содержать более 10 об.% тугоплавких частиц, диспергированных в матрице основного металла.

Отливка может содержать более 15 об.% тугоплавких частиц, диспергированных в матрице основного металла.

Отливка может содержать менее 30 об.% тугоплавких частиц, диспергированных в матрице основного металла.

Отливка может содержать менее 25 об.% тугоплавких частиц, диспергированных в матрице.

Отливка может содержать менее 20 об.% тугоплавких частиц, диспергированных в матрице основного металла.

Содержание тугоплавких частиц в отливке может находиться в диапазоне от 5 до 65 мас.% от общей массы материала.

Содержание тугоплавких частиц в отливке может находиться в диапазоне от 12 до 25 мас.% от общей массы материала.

Основной размер тугоплавких частиц может быть менее 400 микрон.

Основной размер тугоплавких частиц может быть менее 200 микрон.

Основной размер тугоплавких частиц может быть менее 150 микрон.

Основной размер тугоплавких частиц может быть менее 100 микрон.

Основной размер тугоплавких частиц может быть менее 50 микрон.

Основной размер тугоплавких частиц может быть более 5 микрон.

Отливка может содержать однородную дисперсию тугоплавких частиц в матрице основного металла.

Отливка может содержать неоднородную дисперсию тугоплавких частиц в матрице основного металла.

Краткое описание фигур

Далее настоящее изобретение будет описано со ссылкой на примеры и прилагаемые фигуры, где на фиг. 1 показан микроснимок варианта осуществления композиционного материала с матрицей из частиц карбида титана и основного металла на основе титана в соответствии с настоящим изобретением, полученного в ходе лабораторных испытаний, проводимых заявителем; и

на фиг. 2 показан микроснимок варианта осуществления отливки из композиционного материала с титановой металлической матрицей, содержащей дисперсии карбидов титана и боридов титана, в соответствии с настоящим изобретением, полученной в ходе лабораторных испытаний, проводимых заявителем.

Пример осуществления настоящего изобретения

Заявитель провел лабораторные испытания композиционных материалов с металлической матрицей в соответствии с настоящим изобретением, полученных из частиц карбида титана, диспергированных в матрице из основного металла на основе титана.

Заявитель также провел лабораторные испытания отливок из композиционных материалов с металлической матрицей в соответствии с настоящим изобретением, содержащих частицы карбида титана и боридов титана, диспергированные в матрице из основного металла на основе титана.

Лабораторные испытания включали работу с отливками из композиционных материалов с металлической матрицей в соответствии с настоящим изобретением, содержащими два или более из карбидов, и/или нитридов, и/или боридов титана, диспергированные в матрице основного металла на основе титана.

В ходе лабораторных испытаний заявитель обнаружил, что испытываемые отливки из композици-

онного материала с металлической матрицей обладают преимуществами по сравнению с известными керамическими материалами, в частности карбидами вольфрама, карбидами кремния и частично стабилизированного циркония (PSZ), образуемыми в процессе спекания.

Результаты лабораторных исследований приведены ниже. Также далее будут описаны два характерных примера.

1) Карбиды титана, бориды титана и нитриды титана являются химически инертными, и коррозионная стойкость основного металла на основе титана (куда входит сплав металла) в суспензиях HPAI при определенных рабочих условиях была доказана, доказательством чего является успешная эксплуатация существующих корпусов арматуры, которые изготовлены из титана 12-го класса (номинальный химический состав, в мас. %: Fe ≤ 0,30; O ≤ 0,18; Ti - остальное; C ≤ 0,08; H ≤ 0,15; N ≤ 0,03; Mo 0,2-0,4, Ni 0,6-0,9).

2) Карбиды титана, бориды титана и нитриды титана обладают чрезвычайной твердостью (более 2000 HV). Также тугоплавкие материалы на основе титана, включающие карбиды титана, бориды титана и нитриды титана, имеют очень маленький коэффициент теплового расширения, как матрица основного металла, в частности титана. Обычно это подразумевает высокую стойкость к тепловым воздействиям, что крайне важно для применения в установках HPAI, особенно если материалы используются для изготовления затворов арматуры.

3) Титан - очень жесткий металл.

4) Отливки из композиционного материала с матрицей из металла основе титана, содержащие а) твердые частицы карбида титана и матрицу основного металла на основе жесткого титана 12-го класса или б) твердые частицы карбида/борида титана и матрицу основного металла на основе жесткого титана 12-го класса, обладают коррозионной и эрозионной стойкостью и стойкостью к тепловым нагрузкам. Такие свойства можно регулировать в соответствии с необходимостью посредством изменения относительного количества тугоплавких частиц и матрицы основного металла, а также других переменных, таких как размер и форма тугоплавких частиц.

5) Отливки из композиционного материала с матрицей из металла на основе титана, содержащие дисперсии из двух или более из карбидов титана, боридов титана и нитридов титана, обладают высокой твердостью, обеспечиваемой частицами, и высокой жесткостью, обеспечиваемой титановой матрицей, и высокой общей коррозионной стойкостью.

6) Карбиды титана и карбиды/бориды титана могут быть синтезированы в металле на основе титана 12-го класса непосредственно в процессе изготовления жидкого металла, предложенном заявителем, для получения прочной связи между карбидами титана и матрицей основного металла на основе титана.

7) Матрица основного металла на основе титана отливок композиционного материала с металлической матрицей может быть дополнительно оптимизирована для повышения твердости и/или коррозионной стойкости.

8) Ниже перечислены химические составы и ожидаемые свойства отливок из композиционного материала с матрицей из металла основе титана, содержащих дисперсии карбидов титана.

А. Пример состава отливки из композиционного материала с металлической матрицей, состоящей из карбида титана в матрице из основного металла на основе титана, выглядит следующим образом.

N	C	H	Fe	O	Ni	Mo	Ti
< 0,03	3,2-4,3	< 0,01	< 0,3	< 0,25	0,5-0,8	0,1-0,3	Остальное

Б. Ожидаемые минимальные механико-физические свойства отливок из композиционного материала с частицами карбида титана/с матрицей из металла основе титана с указанным выше составом.

Прочность на растяжение	538	МПа
Предел текучести	455	МПа
Коэффициент расширения	9×10^{-6}	м/м/°C при 20–427°C
Теплопроводность	14	ВАТТЫ/МЕТР-КЕЛЬВИН при 204°C
Плотность	4580	кг/м ³
Температура плавления	1668	°C

В. Прогнозируемая производительность отливок из композиционного материала из карбида титана/металла на основе титана в установке HPAI:

коррозионная стойкость к воздействию суспензии в установке HPAI аналогична коррозионной стойкости металла на основе титана 12-го класса;

эрозионная стойкость к воздействию суспензии в установке HPAI аналогична или лучше эрозионной стойкости существующего седла клапана, выполненного посредством вставки из Hecology SA;

вязкость разрушения более 50 МПа м^{1/2}.

9) Ниже перечислены химические составы и ожидаемые свойства отливок из композиционного материала с матрицей из металла основе титана, содержащих дисперсии карбидов и боридов титана.

А. Пример состава отливки из композиционного материала с металлической матрицей, состоящей из карбида титана и борида титана в матрице из основного металла на основе титана, выглядит следующим образом.

(масс. %)					
В	С	Ni	Mo	Ti	Итого
5,50	1,53	0,70	0,28	92,00	100

Б. Ожидаемые минимальные механико-физические свойства отливок из композиционного материала с частицами карбида/борида титана / с матрицей из металла основе титана с указанным выше составом.

Прочность на растяжение	600	МПа
Коэффициент расширения	9×10^{-6}	м/м/°С при 20–427°С
Теплопроводность	14	ВАТТЫ/МЕТР-КЕЛЬВИН при 204°С
Плотность	4500	кг/м ³
Температура плавления	2000	°С

В. Прогнозируемая производительность отливок из композиционного материала из карбида и боридов титана/металла на основе титана в установке HPAL:

коррозионная стойкость к воздействию суспензии в установке HPAL аналогична коррозионной стойкости металла на основе титана 12-го класса;

эрозионная стойкость к воздействию суспензии в установке HPAL аналогична или лучше эрозионной стойкости существующего седла клапана, выполненного посредством вставки из Hexoloy SA;

вязкость разрушения более 20 МПа м^{1/2}.

эрозионная стойкость к воздействию суспензии в установке HPAL аналогична или лучше эрозионной стойкости существующего седла клапана, выполненного посредством вставки из Hexoloy SA;

В результате исследовательской работы, проделанной заявителем, было установлено, что отливки из композиционных материалов, показанные на фиг. 1 и 2, обладают многообещающими микроструктурами, механическими свойствами и литейными характеристиками.

Как было отмечено выше, на фиг. 1 показан микроснимок варианта осуществления отливки из композиционного материала с матрицей из частиц карбида титана и основного металла на основе титана в соответствии с настоящим изобретением, полученного в ходе лабораторных испытаний, проводимых заявителем.

Композиционный материал, показанный на фиг. 1, содержит 30 об.% частиц карбида титана, наибольший диаметр которых составляет приблизительно 15 микрон, и основной металл на основе титана 12-го класса с описанным выше номинальным составом.

Отливка из композиционного материала с металлической матрицей была изготовлена литьем слитка из расплава титана 12-го класса, полученного в электродуговой плавильной печи под парциальным давлением аргона в водоохлаждаемом медном поде, т.е. слиток был отлит с закалкой. Частицы карбида титана добавляли в печь в расплав в виде отдельных частиц с основным размером приблизительно 15 микрон.

Как было отмечено выше, на фиг. 2 показан микроснимок варианта осуществления отливки из композиционного материала с титановой металлической матрицей в соответствии с настоящим изобретением, содержащей дисперсии карбидов титана и боридов титана в титановой матрице в соответствии с настоящим изобретением, полученной в ходе лабораторных испытаний, проводимых заявителем.

Отливка из композиционного материала, показанная на фиг. 2, содержит 30 об.% карбидов титана и боридов титана и основной металл на основе титана 12-го класса с описанным выше номинальным составом.

Согласно фиг. 2 карбиды титана выпали в осадок в форме дендритов, а бориды титана выпали в осадок в форме угловатых частиц, во время отверждения композиционного материала отливки.

Среднемассовая твердость отливки из композиционного материала, показанной на фиг. 2, составила 350 HV.

Отливка из композиционного материала с металлической матрицей, показанная на фиг. 2, была выполнена в виде слитка из жидкого расплава при температуре 2000°С в электрошлаковой печи в условиях инертной атмосферы из сырьевых материалов, содержащих порошок титана 12-го класса и порошки, содержащие бор и углерод.

В результате исследовательской работы, проделанной заявителем, было установлено, что отливка

из композиционных материалов, показанная на фиг. 2, обладает многообещающими микроструктурами, механическими свойствами и литейными характеристиками.

Варианты осуществления настоящего изобретения, описанные выше, предусматривают многочисленные модификации, которые также входят в объем настоящего изобретения.

Так, например, учитывая сходство в группах IIIВ и IVВ периодической таблицы, несмотря на то, что описание относится конкретно к отливкам из композиционного материала с металлической матрицей, настоящее изобретение также распространяется на композиционные материалы с металлической матрицей, полученные из циркония, или гафния, или тантала, или комбинаций этих четырех в матрице основного металла с огнеупорными частицами, включающими два или более из карбидов, и/или нитридов, и/или боридов по меньшей мере одного из основных металлов.

Следует понимать, что используемый в настоящем документе термин "содержит" или его грамматические варианты, используемые в настоящем раскрытии и формуле изобретения, эквивалентен используемому в настоящем документе термину "включает" и не рассматривается как исключаящий наличие других признаков или.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Отливка из композиционного материала с металлической матрицей, содержащая а) один или несколько из указанных далее основных металлов: титан, цирконий, гафний и тантал, и б) дисперсию тугоплавких частиц, составляющих более 10 об.%, состоящих, по существу, из:

- i. карбидов титана и нитридов титана в титановой матрице;
- ii. боридов титана и нитридов титана в титановой матрице;
- iii. карбидов циркония и боридов циркония в циркониевой матрице;
- iv. карбидов гафния и боридов гафния в гафниевой матрице;
- v. карбидов тантала и боридов тантала в танталовой матрице; или
- vi. двух или более из карбидов, и/или нитридов, и/или боридов одного из четырех основных металлов в матрице другого из основных металлов.

2. Отливка по п.1, содержащая два или более из карбидов тантала, и/или нитридов, и/или боридов в титановой матрице.

3. Отливка по п.1 или 2, содержащая до 60 об.%, как правило, до 40 об.%, как правило, более 15 об.%, как правило, менее 30 об.%, как правило, менее 25 об.%, как правило, менее 20 об.% тугоплавких частиц, диспергированных в матрице основного металла.

4. Отливка по любому из предшествующих пунктов, содержащая тугоплавкие частицы в диапазоне от 5 до 65 мас.%, как правило, в диапазоне от 12 до 25 мас.% от общей массы материала.

5. Отливка по любому из предшествующих пунктов, содержащая тугоплавкие частицы с основным размером менее 400 микрон, как правило, менее 200 микрон, как правило, менее 150 микрон, как правило, менее 100 микрон, как правило, менее 50 микрон.

6. Отливка по любому из предшествующих пунктов, в которой концентрация по меньшей мере двух из углерода, бора и азота составляет до 10 мас.%, как правило, менее 8 мас.%, как правило, менее 7 мас.%, как правило, менее 6 мас.% от общей массы отливки.

7. Отливка по любому из предшествующих пунктов, в которой в качестве основного металла используется чистый металл или промышленный металл, т.е. металл, который не является на 100% чистым металлом, но, по существу, представляет собой чистый металл, такой как титан 12-го класса.

8. Отливка по любому из предшествующих пунктов, выполненная в виде компонента, используемого в установках кислотного выщелачивания под высоким давлением (HPAL), которые работают с минеральными суспензиями в условиях высокой температуры и давления, для чего требуется термостойкость, эрозионная стойкость и стойкость к сильной коррозии.

9. Способ формирования отливки из композиционного материала с металлической матрицей, предусматривающий стадии:

а) формирование жидкого расплава из по меньшей мере одного из основных металлов: титана, циркония, гафния и тантала и по меньшей мере двух из углерода, бора и азота; и

б) формирование отливки компонента из жидкого расплава требуемой формы, при этом затвердевший компонент характеризуется микроструктурой, содержащей дисперсию более чем 10 об.% тугоплавких частиц, состоящую, по существу, из:

- i. карбидов титана и нитридов титана в титановой матрице;
- ii. боридов титана и нитридов титана в титановой матрице;
- iii. карбидов циркония и боридов циркония в циркониевой матрице;
- iv. карбидов гафния и боридов гафния в гафниевой матрице;
- v. карбидов тантала и боридов тантала в танталовой матрице; или
- vi. двух или более из карбидов, и/или нитридов, и/или боридов одного из четырех основных металлов в матрице другого из основных металлов, причем указанные частицы выпадают в осадок из жидкого расплава и диспергируют в матрице основного металла.

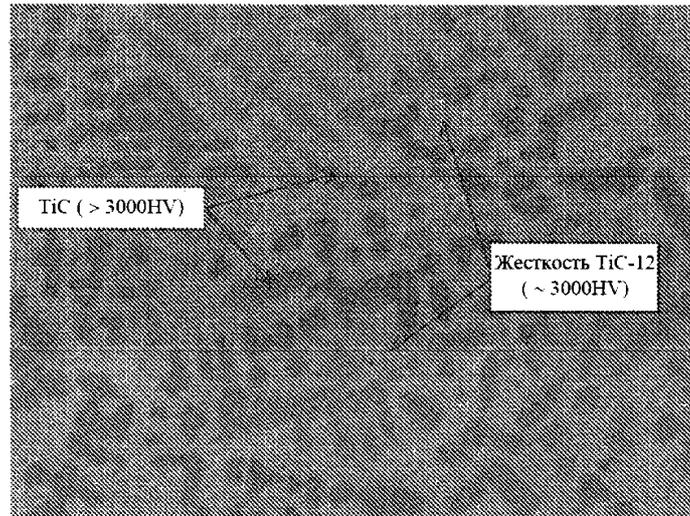
10. Способ по п.9, предусматривающий формирование жидкого расплава из по меньшей мере одного из основных металлов и по меньшей мере двух из углерода, бора и азота при температуре печи менее 2000°C.

11. Способ по п.9 или 10, где в жидкий расплав входит титан, углерод и бор, микроструктура отливки содержит карбиды титана и бориды титана, диспергированные в титановой матрице, при этом во время отверждения карбиды и бориды выпадают в осадок из жидкого расплава.

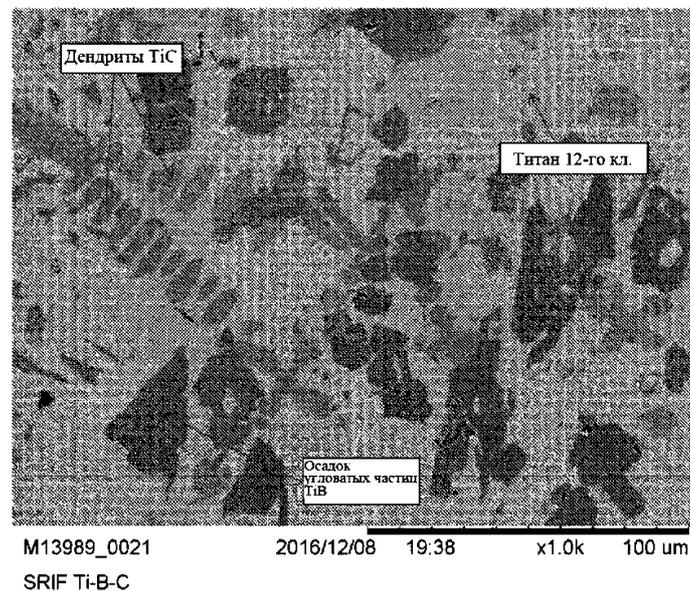
12. Способ по любому из пп.9-11, предусматривающий смешивание сырьевых материалов, содержащих по меньшей мере один из основных металлов, с по меньшей мере двумя из углерода, бора и азота.

13. Способ по п.12, где сырьевые материалы имеют форму порошков и губчатую структуру.

14. Способ по любому из пп.9-13, предусматривающий формирование жидкого расплава из по меньшей мере одного из основных металлов и по меньшей мере двух из углерода, бора и азота посредством плавления сырьевого материала в печи в условиях инертной атмосферы или вакуума.



Фиг. 1



Ti - 12 + TiX (X = B или C)

Среднемассовая твердость: 350HV TiX: 30 об. %

Фиг. 2