

**ОПИСАНИЕ
ИЗОБРЕТЕНИЯ
К ПАТЕНТУ**
(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) **ВУ** (11) **19815**

(13) **С1**

(46) **2016.02.28**

(51) МПК

C 22C 1/02 (2006.01)

C 22C 1/10 (2006.01)

C 22C 21/00 (2006.01)

(54) **СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА**

(21) Номер заявки: а 20121421

(22) 2012.10.12

(43) 2014.06.30

(71) Заявитель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(72) Авторы: Арабей Анастасия Витальевна; Рафальский Игорь Владимирович; Лущик Павел Евгеньевич (ВУ)

(73) Патентообладатель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(56) RU 2120490 C1, 1998.
RU 2190682 C1, 2002.
BY 14528 C1, 2011.
BY 12680 C1, 2009.
RU 2246379 C1, 2005.
US 4481031, 1984.

(57)

1. Способ получения композиционного материала на основе алюминия или алюминиевого сплава, включающий введение в расплав алюминия или алюминиевого сплава тугоплавких частиц, **отличающийся** тем, что тугоплавкие частицы вводят в интервале температур кристаллизации расплава при непрерывном перемешивании, затем расплав выдерживают при температуре выше температуры солидус.

2. Способ по п. 1, **отличающийся** тем, что в расплав алюминия или алюминиевого сплава предварительно вводят легирующие элементы, улучшающие смачивание тугоплавких частиц расплавом.

3. Способ по п. 1 или 2, **отличающийся** тем, что тугоплавкие частицы засыпают непосредственно в воронку, образующуюся в расплаве алюминия или алюминиевого сплава в результате его механического перемешивания.

4. Способ по п. 3, **отличающийся** тем, что тугоплавкие частицы перед вводом в расплав алюминия или алюминиевого сплава предварительно нагревают.

Изобретение относится к производству металлических композиционных материалов на основе алюминия, содержащих упрочняющие частицы тугоплавких соединений (карбиды, оксиды, нитриды и т.д.), которые могут быть использованы в аэрокосмической и автомобильной промышленности.

Частицы тугоплавких соединений в большинстве случаев не смачиваются или плохо смачиваются расплавом алюминия, и, как следствие, не обеспечивается возможность полного и равномерного распределения данных соединений в матричном расплаве.

Известен способ изготовления лигатур с алюминиевой матрицей [1], содержащих 40-80 % тугоплавких частиц, включающий помещение частиц в форму для пропитки и заливку жидким алюминием, при этом частицы и алюминий нагревают до разных температур, алюминий нагревают до температуры, превышающей температуру плавления алюминия не больше чем на 5-10 °С, а частицы, находящиеся в форме, нагревают до температуры, определяемой по формуле $T = 16450 / (13,87 - \lg(S \cdot \sigma))$, где T - температура тугоплавких

ВУ 19815 С1 2016.02.28

BY 19815 C1 2016.02.28

частиц, °C; S - удельная поверхность частиц $\text{м}^2/\text{м}^3$; σ - поверхностное натяжение жидкого алюминия, Дж/м².

Недостатком данного способа являются высокие энергетические затраты, связанные с необходимостью нагрева частиц тугоплавких соединений до высоких температур, а также необходимостью постоянного расчета и контроля температуры нагрева частиц тугоплавких соединений, связанной определенным соотношением с удельной поверхностью частиц и поверхностным натяжением жидкого алюминия.

Наиболее близким к заявляемому способу является способ получения композиционного материала на основе алюминиевого сплава [2], упрочненного карбидом титана, включающий введение в расплав алюминийсодержащей матрицы упрочняющих частиц, при этом процесс ведут путем подачи смеси тетрахлорида титана и тетрахлорида углерода в молярном соотношении 1:1 на поверхность расплава матрицы из алюминиевого сплава, содержащего 40-60 % магния, при непрерывном перемешивании и по окончании процесса восстановления полученный продукт выдерживают в вакууме при температуре 650-750 °C до получения материала, содержащего 5-8 % магния.

Недостатком прототипа является необходимость использования специального дорогостоящего оборудования, обеспечивающего выдержку расплава в вакууме при температурах выше температуры ликвидус, а также высокие энергетические затраты на процесс получения композиционного материала.

Задачей изобретения является исключение из технологического процесса использование специального оборудования и снижение энергетических затрат на изготовление композиционного материала на основе алюминия.

Задача достигается тем, что в способе получения композиционного материала на основе алюминия или алюминиевого сплава, включающем введение в расплав тугоплавких частиц, частицы вводят в интервале температур кристаллизации расплава при непрерывном перемешивании, затем расплав выдерживают при температуре выше температуры солидус. В расплав алюминия или алюминиевого сплава предварительно вводят легирующие элементы, улучшающие смачивание тугоплавких частиц расплавом. Тугоплавкие частицы засыпают непосредственно в воронку, образующуюся в расплаве алюминия или алюминиевого сплава в результате его механического перемешивания. Тугоплавкие частицы перед вводом в расплав алюминия или алюминиевого сплава предварительно нагревают.

В расплавленный алюминий или алюминиевый сплав в интервале кристаллизации вводят однократно или порционно частицы тугоплавких соединений (карбиды, оксиды, нитриды и т.д.). Смачивание частиц и их равномерное распределение по всему объему расплава обеспечивается за счет ввода тугоплавких частиц в интервале кристаллизации расплава с последующей выдержкой композиции выше температуры солидус, а также легирующими элементами (титаном, магнием и др.), предварительно введенных в расплав. Для более эффективного замешивания тугоплавких частиц в расплав рекомендуется засыпать их непосредственно в воронку, образующуюся в расплаве в результате его механического перемешивания.

Способ проверен в лабораторных условиях.

Пример 1.

Получили композиционный материал путем ввода кремнезем (SiO_2) по предлагаемому способу.

В качестве шихты использовали алюминий марки А7 и формовочный кварцевый песок со средним размером фракции 0,1 мм.

Алюминий массой 1,5 кг расплавили в печи сопротивления в графитовом тигле при температуре 670 ± 10 °C. Для улучшения смачивания тугоплавких частиц в расплав алюминия вводили легирующий элемент (титан 0,3 мас. %). В воронку, образующуюся в результате механического перемешивания расплава, ввели предварительно нагретый до температуры 670 ± 10 °C кремнезем в количестве 20 мас. %. Процесс перемешивания рас-

ВУ 19815 С1 2016.02.28

плава вели до получения однородной вязкой массы. Полученную композицию выдержали 45 мин при температуре 670 ± 10 °С, затем нагрели до температуры 810 ± 10 °С с последующей выдержкой в течение 30 мин до получения композиционного материала.

Пример 2.

Получили композиционный материал путем ввода карбида кремния (SiC) по предлагаемому способу.

В качестве шихты использовали алюминий марки А7, дополнительно легированный 0,7 мас. % титана, и карбид кремния SiC со средним размером фракции 30 мкм. Расчетное содержание SiC в композиционном материале составило 10 мас. %.

Навеску алюминия массой 1,0 кг расплавили в графитовом тигле при температуре 680 ± 10 °С, с использованием механического перемешивания расплава ввели карбид кремния в количестве 10 мас. %. Процесс перемешивания расплава вели до получения однородной вязкой массы. Полученную композицию выдержали 40 мин при температуре 670 ± 10 °С, затем нагрели до температуры 830 ± 10 °С с последующей выдержкой в течение 30 мин до получения композиционного материала.

Результаты исследований приведены в таблице.

№ п/п	Способ получения	Вводимые частицы	Необходимость использования спец. оборудования	Количество вводимых частиц, %	Температура нагрева матричного расплава, °С	Температура нагрева частиц, °С	Энергозатраты, отн. %
1	Предлагаемый	SiO ₂	нет	20	670-810	680	81
2	Предлагаемый	SiC	нет	10	680-830	-	73
3	Прототип	TiC	да	20	650-850	-	100

Из данных, приведенных в примерах и таблице, видно, что применение предлагаемого способа позволит снизить энергетические затраты на 19-27 %, а также исключить необходимость использования специального оборудования для плавки в вакууме.

Источники информации:

1. Патент РФ 2190682, МПК С 22С 1/10, 2002.
2. Патент РФ 2120490, МПК С 22С 1/10, С 22С 21/00, 1998.