

**ОПИСАНИЕ
ИЗОБРЕТЕНИЯ
К ПАТЕНТУ**
(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) **ВУ** (11) **20184**

(13) **С1**

(46) **2016.06.30**

(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 НА
ОСНОВЕ АЛЮМИНИЯ**

(21) Номер заявки: а 20121425

(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; Немененок Болеслав Мечеславович; Трибушевский Владимир Леонидович; Трибушевский Леонид Владимирович (ВУ)

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

(56) RU 2120490 С1, 1998.

RU 2190682 С1, 2002.

RU 2006145193 А, 2008.

ВУ 14209 С1, 2011.

SU 463733, 1975.

KZ 23508 А4, 2010.

UA 96812 С2, 2011.

(57)

1. Способ получения композиционного материала на основе алюминия или алюминиевого сплава, включающий введение в расплав тугоплавких частиц, **отличающийся** тем, что тугоплавкие частицы вводят в расплав алюминия или алюминиевого сплава в интервале температур кристаллизации расплава, непрерывно перемешивая до его полного затвердевания, затем повторно расплавляют, нагревая до температуры 810 ± 10 °С, и выдерживают при этой температуре.

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 перед вводом в расплав алюминия или алюминиевого сплава предварительно нагревают.

4. 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.

5. Способ по п. 4, **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.

ВУ 20184 С1 2016.06.30

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 частиц, °С; 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 необходимость 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 °С 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 использования 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 расплав в интервале кристаллизации при непрерывном перемешивании до его полного затвердевания, после чего его повторно расплавляют, осуществляя его нагрев до температуры 810 ± 10 °С и выдержку при этой температуре. В алюминий или алюминиевый расплав предварительно вводят легирующие элементы, улучшающие смачивание тугоплавких частиц расплавом. Тугоплавкие частицы засыпают непосредственно в воронку, образующуюся в расплаве в результате его механического перемешивания. Тугоплавкие частицы перед вводом в расплав предварительно нагревают.

В расплавленный алюминий или его 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 алюминия обеспечивается за счет механического перемешивания расплава вплоть до его полной кристаллизации, а также легирующими элементами расплава (титаном, магнием и др.). 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 кремнезема (SiO_2) по предлагаемому способу.

В качестве шихты использовали алюминий марки А7 и формовочный кварцевый песок со средним размером фракции 0,2 мм.

ВУ 20184 С1 2016.06.30

Алюминий массой 10 кг расплавили в печи сопротивления типа САТ-0,03 при температуре 680 ± 10 °С с использованием механического перемешивания в расплав ввели кремнезем в количестве 35 мас. %. Процесс перемешивания расплава вели до момента его полной кристаллизации. После завершения кристаллизации полученную композицию расплавили, нагрели до температур 810 ± 10 °С и выдержали 45 мин при указанной температуре для протекания реакции восстановления кремния алюминием.

После завершения плавки получили композиционный материал на основе сплава системы алюминий-кремний, содержащий 35 мас. % тугоплавких частиц оксида алюминия, образующихся в результате реакции восстановления кремния алюминием.

Пример 2.

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

В качестве шихты использовали алюминий марки А7 дополнительно легированном 0,5 мас. % титана и карбид кремния SiC со средним размером фракции 30 мкм. Расчетное содержание SiC в композиционном материале составило 10 мас. %.

Навеску алюминия массой 1,2 кг расплавили в графитовом тигле при температуре 680 ± 10 °С. Для улучшения смачивания тугоплавких частиц в расплав алюминия вводили легирующий элемент (титан 0,3 мас. %). Предварительно нагретые до температуры 680 °С, частицы карбида кремния в количестве 10 мас. % засыпали в воронку, образующуюся в расплаве в результате его механического перемешивания. Процесс перемешивания расплава вели до его полного затвердевания. После завершения кристаллизации полученную композицию расплавили, нагрели до температуры 810 ± 10 °С и выдержали 45 мин при указанной температуре, затем слили композиционный материал.

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	35	700-810	-	70
2	предлагаемый	SiC	нет	10	680-810	680	77
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 23-30 %, 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.