



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

Статус: по данным на 09.03.2016 - действует
Пошлина: учтена за 3 год с 06.11.2015 по 05.11.2016

(21), (22) Заявка: **2013149191/02, 05.11.2013**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
05.11.2013

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **05.11.2013**

(45) Опубликовано: [20.02.2015](#)

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2323991 C1, 10.05.2008. RU 2031969 C1, 27.03.1995. SU 1650746 A1, 23.05.1991. WO 1988003520 A1, 19.05.1988. WO 1996030550 A1, 03.10.1996**

Адрес для переписки:

**634050, г.Томск, пр. Ленина, 36, НИИ ПММ ТГУ,
Директору**

(72) Автор(ы):

**Ворожцов Александр Борисович (RU),
Ворожцов Сергей Александрович (RU),
Архипов Владимир Афанасьевич (RU),
Кульков Сергей Николаевич (RU),
Шрагер Эрнест Рафаилович (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
"Национальный исследовательский
Томский государственный университет"
(ТГУ) (RU)**

(54) СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ УПРОЧНЕННЫХ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИЯ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области металлургии, в частности к получению легких сплавов с повышенной прочностью на основе алюминия, и может быть использовано в ракетно-космической, авиационной, автомобильной промышленности. Способ включает получение лигатуры из смеси порошков алюминия и диборида или карбида титана ударно-волновым компактированием в виде стержней при содержании в лигатуре 5 мас.% порошка диборида или карбида титана с размером частиц (1+5) мкм и введение полученных стержней в расплав алюминиевой основы, разогретой до 720°С, при одновременном воздействии на расплав ультразвукового поля. Изобретение направлено на повышение прочности и износостойкости сплавов. 1 пр.

Изобретение относится к области металлургии, а именно к получению легких сплавов на основе алюминия с повышенной прочностью и износостойкостью за счет введения в них упрочняющих дисперсных добавок. Дисперсно-упрочненные легкие сплавы на основе алюминия используются для изготовления отдельных деталей и изделий в целом, обладающих высокими эксплуатационными характеристиками при малом весе, в ряде отраслей промышленности (ракетно-космическая, авиационная, автомобильная и т.д.).

В настоящее время нашли широкое применение легкие сплавы с плотностью не более 3000 кг/м^3 на основе алюминия, в которые вводят до 15 мас.% кремния, магния, цинка, меди, марганца, титана и других металлов. Одним из наиболее перспективных направлений повышения прочностных характеристик сплавов на основе алюминия (дюралей, силуминов, дуралюминов) является введение в их состав дисперсных добавок из тугоплавких соединений.

Известен способ получения дисперсно-упрочненных алюминиевых сплавов путем горячей экструзии гранулированных композиций, включающих карбонаты и оксид магния [1].

Известен способ получения литого композиционного материала на основе алюминиевого сплава путем введения в расплав алюминия брикетов из высокопрочных керамических частиц, причем брикетирование проводят под давлением ($100 \div 130$) МПа, а брикеты перед вводом в расплав нагревают до температуры $\sim 110^\circ\text{C}$ [2].

Наиболее близким по техническому решению к заявляемому изобретению является способ получения сплава на основе алюминия [3]. Этот способ основан на введении в расплавленную алюминиевую основу ($1 \div 15$) мас.% мелкодисперсных порошков оксидов металла с размером частиц в диапазоне ($1 \div 100$) нм, температура плавления которых превышает температуру плавления расплава.

Техническим результатом настоящего изобретения является разработка способа получения упрочненных сплавов на основе алюминия с повышенной прочностью и износостойкостью.

Для достижения указанного технического результата предложен способ получения упрочненных сплавов на основе алюминия, включающий введение в расплав алюминиевой основы лигатуры, содержащей модифицирующие добавки. В качестве лигатуры используют смесь порошков алюминия и модифицирующих добавок - диборида или карбида титана, которую предварительно компактируют ударно-волновым воздействием в виде стержней. Полученные стержни вводят в расплав алюминия, разогретый до 720°C , при одновременном воздействии на расплав ультразвукового поля. Содержание порошка диборида или карбида титана с размером частиц ($1 \div 5$) мкм в лигатуре составляет 5 мас.%.

Полученный положительный эффект (повышение прочности и износостойкости легких сплавов) обусловлен следующими факторами.

1. Использование в качестве модифицирующих добавок диборида (TiB_2) или карбида (TiC) титана связано со снижением размеров зерен в алюминиевых сплавах при введении этих модификаторов. Снижение структурных элементов сплава (зерен) повышает его прочностные характеристики (см., например, [4]).

2. Использование ударно-волнового воздействия при компактировании лигатуры в отличие от традиционно применяемого метода механической активации с последующим прессованием брикетов позволяет получать образцы с высокой плотностью (близкой к плотности сплошного материала). Кратковременность воздействия высоких температур и давлений при взрывном компактировании позволяет в основном сохранить исходную структуру и свойства компонентов. В то же время варьирование интенсивности и времени воздействия высоких давлений и температур при ударном сжатии позволяет контролируемым образом варьировать структуру и свойства компактов [5].

3. Введение модифицирующих добавок (TiB_2 или TiC) в расплав на основе алюминия обеспечивается плавлением матричного алюминия стержней. Это предотвращает агрегацию (коагуляцию) частиц модификатора, которая проявляется при введении в расплав порошкового модификатора.

4. Воздействие ультразвукового поля на расплав алюминиевой основы при введении в него стержней лигатуры обеспечивает более равномерное распределение модифицирующей добавки (TiB_2 или TiC) в объеме расплава на основе алюминия.

5. Заявляемые оптимальные значения диапазона размеров частиц порошка TiB_2 или TiC ($1 \div 5$) мкм, содержание модифицирующих добавок в лигатуре (5 мас.%) и температуры расплава алюминия (720°C) получены экспериментально при упрочнении легких сплавов на основе алюминия (силумины АК-7 и АК-9, содержащие 7 и 9% кремния, соответственно). При повышении температуры расплава выше 720°C возможно укрупнение размеров зерен и интенсификация процесса окисления алюминия.

Пример реализации способа

Смесь порошка алюминия промышленной марки АД-6 со среднемассовым диаметром частиц $D_{43}=4.6$ мкм (95 мас.%) и порошка карбида титана TiC со среднемассовым диаметром частиц $D_{43}=3.0$ мкм (5 мас.%) помещали в контейнер и подвергали ударно-волновому воздействию (взрывному компактированию). Взрывное компактирование

происходило под действием продуктов детонации контактных зарядов взрывчатого вещества (аммонит 6ЖВ) с максимальным давлением в детонационной волне 1500 МПа.

Полученные в результате компактирования стержни лигатуры диаметром 15 мм и высотой 400 мм вводили в расплав силумина АК-7 (93 мас.% алюминия и 7 мас.% кремния), разогретый в тигле объемом 1 л до температуры 720°C. Соотношение массы вводимой лигатуры к массе расплава составляло $M_n/M_p=0.1$. В процессе ввода стержней лигатуры на расплав силумина в тигле в течение (7÷10) минут воздействовали ультразвуковым полем частотой $f=17.5$ кГц, генерируемым ультразвуковым технологическим аппаратом УЗТА-1/22-0. Амплитуда колебаний рабочего органа аппарата (стержень из тугоплавкого металла, помещенный в тигель с расплавом) составляла (10÷30) мкм.

Расплав с введенным модификатором (карбидом титана) разливали в кокиль и после полного остывания проводили металлографическое исследование образцов полученного материала.

По результатам лабораторного металлографического анализа показано, что введение модификатора (~0.5 мас.%) в расплав на основе алюминия - силумин АК-7 - уменьшает средний размер зерен на (30÷50)% - от 250 мкм (чистый алюминий в литом состоянии) до (125÷175) мкм (модифицированный материал).

Таким образом, предложенный способ позволяет повысить прочность легких сплавов на основе алюминия за счет снижения размеров зерен путем введения модификаторов (диборида или карбида титана) при его равномерном распределении в объеме расплава.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент РФ № 1797218, МПК В22F 9/04, С22С 1/05. Способ получения дисперсно-упрочненных алюминиевых сплавов / Ф.Г. Ловшенко, Г.Ф. Ловшенко; опубл. 10.09.1996.
2. Патент РФ № 2323991, МПК С22С 1/10, С22С 1/00, D22F 3/02, В22F 3/26, В82В 3/00. Литой композиционный материал на основе алюминиевого сплава и способ его получения / А.В. Панфилов, Д.Н. Бранчуков, А.А. Панфилов [и др.]; опубл. 10.05.2008.
3. Патент РФ № 2177047, МПК В22F 9/04, С22С 1/05. Способ получения сплава на основе алюминия / В.А. Моисеев, В.Н. Стацура, Ю.И. Гордеев, В.В. Летуновский; опубл. 20.12.2001.
4. Разрушение. Т.1 Микроскопические и макроскопические основы механики разрушения. / Ред. Г. Либовиц; Пер. с англ. А.С. Вавакина и др. / Под ред. А.Ю. Ишлинского. М.: Мир, 1973. - 763 с.
5. Бузюркин А.Е. Теоретическое и экспериментальное исследование ударно-волнового нагружения металлических порошков под действием взрыва / А.Е. Бузюркин, Е.Н. Краус, Я.Л. Лукьянов // Вестник НГУ. Серия: Физика. - 2010. - Т.5. - Вып.3. - С.71-78.

Формула изобретения

Способ получения упрочненных сплавов на основе алюминия, включающий введение в расплав алюминиевой основы лигатуры, содержащей модифицирующие добавки, отличающийся тем, что лигатуру предварительно получают в виде стержней из смеси порошков алюминия и модифицирующих добавок диборида или карбида титана, которую компактируют путем ударно-волнового воздействия, при этом содержание порошка диборида или карбида титана с размером частиц (1÷5) мкм в лигатуре составляет 5 мас.%, а полученные стержни вводят в расплав алюминия, разогретый до 720°C, при одновременном воздействии на расплав ультразвукового поля.