

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

Статус: по данным на 09.03.2016 - прекратил действие, но может быть восстановлен

(21), (22) Заявка: **2012108703/02**, **06.03.2012**(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
06.03.2012

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **06.03.2012**(45) Опубликовано: [10.07.2013](#)(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2425163 C2**, **27.07.2011**. **RU 2190682 C1**, **10.10.2002**. **RU 2230810 C1**, **20.06.2004**. **GB 2088409 A**, **09.06.1982**. **US 20090297394 A1**, **03.12.2009**.

Адрес для переписки:

634050, г.Томск, пр. Ленина, 36, НИИ ПММ ТГУ, Е.В. Архиповой

(72) Автор(ы):

**Жуков Александр Степанович (RU),
Архипов Владимир Афанасьевич (RU),
Ворожцов Александр Борисович (RU),
Кульков Сергей Николаевич (RU),
Ворожцов Сергей Александрович (RU),
Жуков Илья Александрович (RU),
Пикущак Елизавета Владимировна (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Общество с ограниченной
ответственностью "Компакт-Д" (RU)**

(54) СПОСОБ УПРОЧНЕНИЯ ЛЕГКИХ СПЛАВОВ

(57) Реферат:

Изобретение относится к металлургии, в частности к получению легких сплавов на основе алюминия. В расплав на основе алюминия вводят лигатуру, содержащую частицы тугоплавкого соединения. В качестве лигатуры используют порошок микронных размеров тугоплавкого соединения, частицы которого покрывают слоем равномерно перемешанной смеси нанопорошка алюминия и углеродных нанотрубок, при следующем соотношении компонентов, мас. %: тугоплавкое соединение 80-90, нанопорошок алюминия 5-10, углеродные нанотрубки 5-10. Обеспечивается повышение прочности и износоустойчивости дисперсно-упрочненных легких сплавов на основе алюминия. 1 з.п. ф-лы, 1 пр.

Изобретение относится к области металлургии, а именно к получению легких сплавов на основе алюминия с повышенной прочностью и износостойчивостью за счет введения в них упрочняющих дисперсных лигатур. Дисперсно-упрочненные алюминиевые сплавы используются при изготовлении деталей и изделий, обладающих высокими прочностными характеристиками при малом весе, в ряде отраслей промышленности (авиационная, ракетно-космическая, автомобильная и т.д.).

В настоящее время нашли широкое применение легкие сплавы с плотностью $\rho < 3 \text{ г/см}^3$ на основе алюминия (дюралюмины), в которые вводят (0.5÷5.0) мас.% магния, кремния, цинка, титана, меди, марганца и других металлов. Одним из перспективных направлений повышения прочностных характеристик легких сплавов является введение в их состав дисперсных лигатур из тугоплавких соединений.

Известен способ получения сплава на основе алюминия путем введения в расплав (1-15) мас.% частиц оксидов размером (1÷100) нм, температура плавления которых выше температуры плавления алюминия [1].

Известны способы получения дисперсно-упрочненных алюминиевых сплавов путем введения в них брикетов из высокопрочных керамических частиц [2] и путем экструзии гранулированных композиций, включающих карбиды и оксид магния [3].

Открытие технологий получения углеродных нанотрубок (1991 г.), обладающих уникальными прочностными характеристиками (на два порядка превышающими характеристики стали), позволило использовать их для упрочнения легких сплавов на основе алюминия [4-6].

Известны способы получения матричных нанокомпозитов путем плазменной обработки смеси порошка Al-Si и углеродных нанотрубок с последующим нанесением на подложку [4] или путем экструзии смеси порошка алюминия и углеродных нанотрубок [5].

Известен способ получения упрочненных углеродными нанотрубками алюминиевых композитов путем горячего прессования с вращением матрицы под давлением 6 ГПа [6].

Уникальные свойства углеродных нанотрубок в полной мере могут быть реализованы лишь при их равномерном распределении в матричном материале. К недостаткам рассмотренных способов упрочнения легких сплавов относится сложность обеспечения равномерности распределения углеродных нанотрубок в матрице из алюминиевого сплава, а следовательно, получения сплавов со стабильными характеристиками.

Наиболее близким по техническому решению к заявляемому изобретению является способ введения упрочняющих частиц в алюминиевые сплавы [7]. Этот способ включает предварительное получение порошкообразного композиционного материала (порошка тугоплавкого соединения, частицы которого покрыты слоем алюминия толщиной от 10 до 25% от диаметра частиц тугоплавкого соединения) с последующим введением композиционного материала в алюминиевый расплав. Данный способ обеспечивает более равномерное распределение частиц тугоплавкого соединения в расплаве.

Техническим результатом настоящего изобретения является разработка способа упрочнения легких сплавов за счет дополнительного введения в них углеродных нанотрубок.

Для достижения указанного технического результата предложен способ упрочнения легких сплавов путем введения в них лигатуры - порошка микронных размеров тугоплавкого соединения, на поверхность частиц которого наносят смесь равномерно перемешанной смеси нанопорошка алюминия и углеродных нанотрубок. Содержание компонентов лигатуры составляет (80÷90) мас.% тугоплавкого соединения, (10÷5) мас.% нанопорошка алюминия, (10÷5) мас.% углеродных нанотрубок. При этом в качестве тугоплавкого соединения используется оксид или карбид, или нитрид алюминия, или кремния, или циркония, или титана.

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

Введение в состав лигатуры углеродных нанотрубок (помимо частиц тугоплавких соединений - оксидов, карбидов или нитридов) приводит к дополнительному повышению прочности и износостойкости получаемых упрочненных легких сплавов. Согласно результатам экспериментальных исследований [4-6], углеродные нанотрубки являются практически идеальным материалом для упрочнения легких конструкционных материалов в авиакосмической технике, автомобильной промышленности, при изготовлении спортивных снарядов. Это обусловлено их уникальной структурой, низкой плотностью углеродных нанотрубок и рекордными прочностными характеристиками (предел прочности до 30 ГПа, модуль Юнга до 1 ТПа).

Однако уникальные свойства углеродных нанотрубок в полной мере могут быть реализованы лишь при их равномерном распределении в матричном материале [4-6]. Известные способы введения нанотрубок в расплавы не обеспечивают однородности их распределения в объеме расплава.

Предлагаемое в заявляемом изобретении нанесение углеродных нанотрубок (в смеси с нанопорошком алюминия) на

поверхность частиц микронных размеров тугоплавкого соединения позволяет обеспечить равномерное распределение частиц тугоплавких соединений, а следовательно, и углеродных нанотрубок при введении лигатуры в расплав на основе алюминия.

Нанесение на поверхность частиц тугоплавкого соединения порошка алюминия (совместно с углеродными нанотрубками) повышает смачиваемость частиц расплава на основе алюминия при температурах, близких к температуре плавления алюминия, и не требует значительного перегрева расплава.

Предлагаемое содержание компонентов лигатуры (80±90% тугоплавкого соединения, 10±5% нанопорошка алюминия, 10±5% углеродных нанотрубок) обеспечивает формирование на поверхности частиц тугоплавкого соединения достаточно тонкого устойчивого слоя из смеси нанопорошка алюминия и углеродных нанотрубок.

Использование в качестве тугоплавкого соединения оксида или карбида, или нитрида алюминия, кремния, циркония или титана связано с высокими прочностными характеристиками этих материалов и наличием технологий получения порошков данных соединений.

Пример реализации способа.

Смесь нанопорошка алюминия марки «Алекс» со среднемассовым диаметром частиц $D_{43}=0.18$ мкм (50 мас.%) и углеродных нанотрубок (50 мас.%) помещают в планетарную мельницу и перемешивают в атмосфере аргона в течение (5÷6) часов при скорости вращения 200 об/мин. Затем полученную смесь (20±10) мас.% и порошок оксида алюминия со среднемассовым диаметром частиц $D_{43}=75$ мкм (80±90) мас.% дополнительно подвергают механической активации в планетарной мельнице в течение (10±15) мин. В результате механической активации на поверхности части оксида алюминия формируется слой нанопорошка алюминия и углеродных нанотрубок. Далее полученную лигатуру вводят в расплав алюминиевого сплава при его разливке в форму.

Таким образом, предложенный способ позволяет повысить прочность и износостойкость легких сплавов на основе алюминия за счет дополнительного введения в их состав углеродных нанотрубок при равномерном распределении упрочняющих компонентов в алюминиевом расплаве.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ловшенко Ф.Г., Ловшенко Г.Ф. Способ получения дисперсно-упрочненных алюминиевых сплавов // Патент РФ № 1797218, МПК С22С 1/02. Оpubл. 10.09.1996.
2. Моисеев В.А. Стацурa В.В., Гордеев Ю.И., Летуневский В.В. Способ получения сплава на основе алюминия // Патент РФ № 2177047, МПК В22F 9/04, С22С 1/05. Оpubл. 20.12.2001.
3. Панфилов А.В., Бранчуков Д.Н., Панфилов А.А. и др. Литой композиционный материал на основе алюминиевого сплава и способ его получения // Патент РФ № 2323991, МПК С22С 1/10, С22С 21/00, В22F 3/02, В22F 3/26, В82В 3/00. Оpubл. 10.05.2008.
4. Laha T., Agarwal A., McKechnie T., Seal S. Synthesis and characterization of plasma spray formed carbon nanotube reinforced aluminum composite // Material Science and Engineering. 2004, A381. - P.249-258.
5. Jizhi Liao, Ming-Jen Tan, Raju V. Ramanujan, Shashwat Shukla. Carbon nanotube evolution in aluminum matrix during composite fabrication process // Materials Science Forum. 2011. Vol. 690. - P.294-297.
6. Soo-Hyun Joo, Seung Chae Yoon, Chong Soo Lee et al. Microstructure and tensile behavior of Al and Al-matrix carbon nanotube composites processed by high pressure torsion of the powders // Journal of Material Science. 2010. Vol. 45. - P.4652-4658.
7. Кульков С.Н., Ворожцов А.Б., Ворожцов С.А. и др. Способ введения упрочняющих частиц в алюминиевые сплавы // Патент РФ № 2425163, МПК С22С 1/10. Оpubл. 27.07.2011.

Формула изобретения

1. Способ упрочнения легких сплавов, включающий введение в расплав на основе алюминия лигатуры, содержащей частицы тугоплавких соединений, отличающийся тем, что лигатуру получают путем нанесения на поверхность частиц порошка микронных размеров тугоплавкого соединения равномерно перемешанной смеси нанопорошка алюминия и углеродных нанотрубок при следующем содержании компонентов, мас.%:

тугоплавкое соединение	80-90
нанопорошок алюминия	5-10
углеродные нанотрубки	5-10

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что в качестве тугоплавкого соединения используют оксид, или карбид, или нитрид алюминия, или кремния, или циркония, или титана.

ММ4А Досрочное прекращение действия патента из-за неуплаты в установленный срок пошлины за поддержание патента в силе

Дата прекращения действия патента: **07.03.2014**

Дата публикации: [10.02.2015](#)
