

УДК 620.135.5

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОСТАВА ПСЕВДОЛИГАТУРЫ CU-SiC НА ПРОЦЕСС ПОЛУЧЕНИЯ НОВЫХ ЖАРОПРОЧНЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

© 2015 А.В. Кириллова

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва
(национальный исследовательский университет)

Статья поступила в редакцию 06.11.2015

В статье рассмотрен жидкофазный метод получения жаропрочного алюминиевого композиционного материала системы Al-Cu-SiC. Проведены микроструктурные исследования и механические испытания.

Ключевые слова: алюминиевый композиционный материал, модифицирование, механические свойства.

Композиционные материалы и изделия на алюминиевой основе отличаются достаточно высокими механическими характеристиками, а так же хорошей технологичностью для машин деталей различного назначения.

В настоящее время известны различные способы введения дисперсных упрочняющих частиц в алюминиевую матрицу: твердофазное спекание и жидкофазные методы с модифицированием [1-5].

Модифицирование является одним из известных способов изменения структуры различных промышленных сплавов, в том числе и на основе алюминия. Например, введение в расплав металла небольшой добавки карбида SiC в виде мелких частиц позволяет изменить структуру отливки и тем улучшить её механические свойства[1.]

Композиционные материалы, упрочненные порошком карбида кремния применяются в различных областях авиастроения, машиностроения, станкостроения. Применение таких композиционных материалов вместо обычных конструкционных позволит перейти на более высокий технический уровень[6,7].

Для введения SiC в состав композита может быть использован нанопорошок SiC, полученной по азидной технологии самораспространяющегося высокотемпературного синтеза. При этом для введения в расплав используют нанопорошковые псевдолигатуры, представляющие собой брикеты, спрессованные из нанопорошков SiC и порошка-носителя: медь, никель, алюминий [8,9,10].

Для получения нового алюминиевого композиционного материала были проведены экспериментальные плавки при различных температурах 750 °C, 850 °C и 950°C. Плавление проводилось в плавильной печи с цифровым терморегулятором с максимальной температурой 1200°C и макси-

мальной загрузкой тигля 2000 гр. В алюминиевый сплав A7 вводились лигатуры состава Cu-2,5%SiC в виде брикетов, полученных путем прессования с различными удельными давлениями от 0,1 до 0,35 МПа. Введение лигатуры проводилось механическим замешиванием в расплав жидкого алюминия.

Полученные в результате плавления образцы в виде цилиндрических столбиков диаметром 15 мм и массой 100 граммов подвергались микроструктурному исследованию, испытаниям на твердость на приборе Роквелла по шкале В, а также проводили химический анализ образцов. По результатам микроисследования, проведенного на аналитическом сканирующем микроскопе TESCAN VEGA, полученных слитков, видно что лигатура выделяется по границам зерен алюминия, что видно из рис. 1.

Результаты микроисследования, полученных слитков, показали, что кремний в структуре проявляется в очень малом количестве. Медь, которая является носителем для SiC, не растворяется, а выделяется по границам зерен алюминия и в небольших количествах по объему зерна. Количество растворенной меди в образцах соответствует составу, введенной псевдолигатуры. Такие элементы как серебро и кислород являются постоянными примесями в сплавах алюминия. Химический состав образцов, определялся на аналитическом сканирующем электронном микроскопе с большой камерой и увеличенным моторизованным столиком методом EDS на этом же микроскопе TESCAN VEGA и представлены на рис. 1 и в табл. 1.

Карты распределения основных элементов всех образцов примерно одинаковы, из них видно, что распределение алюминия и углерода равномерное по всему объему, а медь располагается по границам зерен. На рис. 2, 3, 4, представлены образцы, в которых в незначительных количествах есть кремний.

На получение литой структуры большое вли-

Кириллова Анна Викторовна, старший преподаватель кафедры технологии металлов и авиационного материаловедения. E-mail: avkirillova76@mail.ru

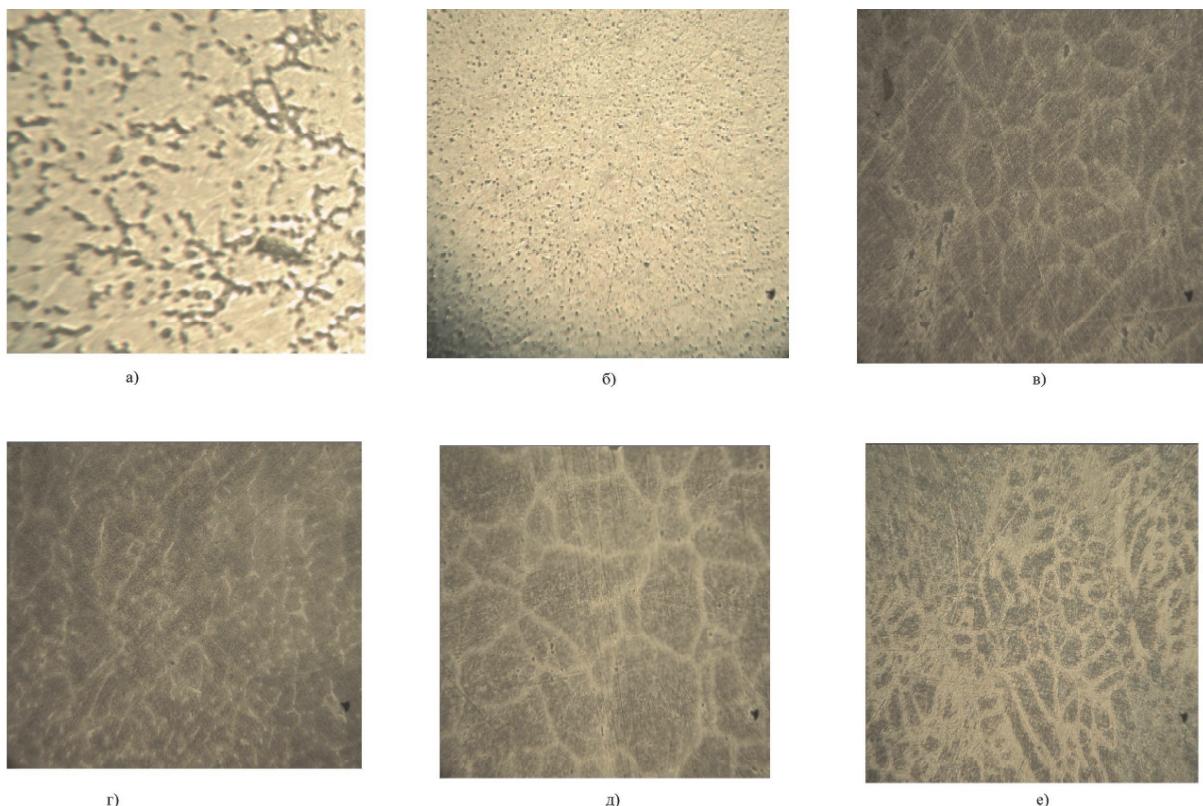


Рис. 1. Микроструктура образцов, полученных при литье.

Увеличение *200. а – образец 1; б – образец 2; в – образец 3; г – образец 4; д – образец 5; е – образец 6
(номера образцов, соответствуют табл. 1)

жение оказывает как давление прессования брикетов, так и способ перемешивания порошков.

Изломы всех образцов имеют хрупкий ха-

рактер. Хрупкий излом имеет кристаллическое строение, происходит практически без предварительной пластической деформации, в нем можно

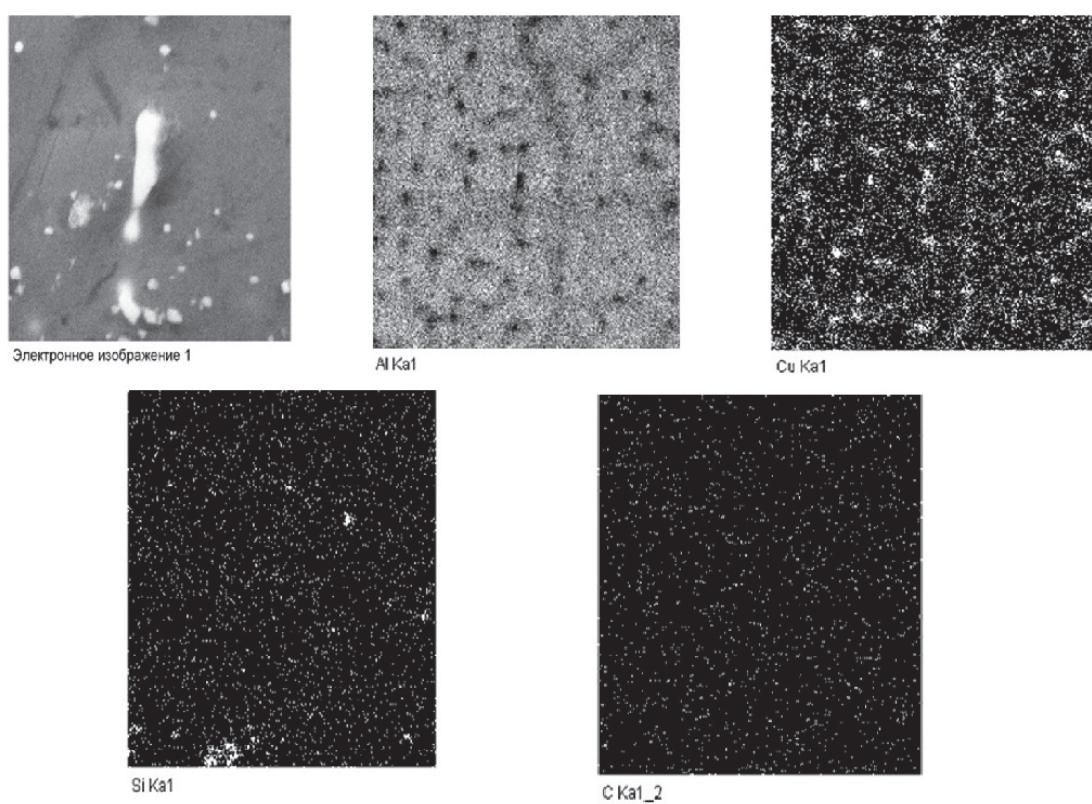


Рис. 2. Карта распределение основных элементов образца № 2

Таблица 1. Химический состав, полученных при плавке образцов

№ образца	Алюминий,%	Медь,%	Углерод,%	Кремний,%	Серебро,%	Кислород,%
1.	89,72	3,64	4,29	-	0,54	1,67
2.	88,77	1,61	3,62	0,39	2,19	2,8
3.	79,89	0,66	7,76	0,14	0,87	10,67
4.	77,57	4,00	8,51	-	0,87	8,87
5.	86,52	0,03	4,89	0,10	1,05	7,40
6.	85,66	1,01	3,32	-	1,42	8,58

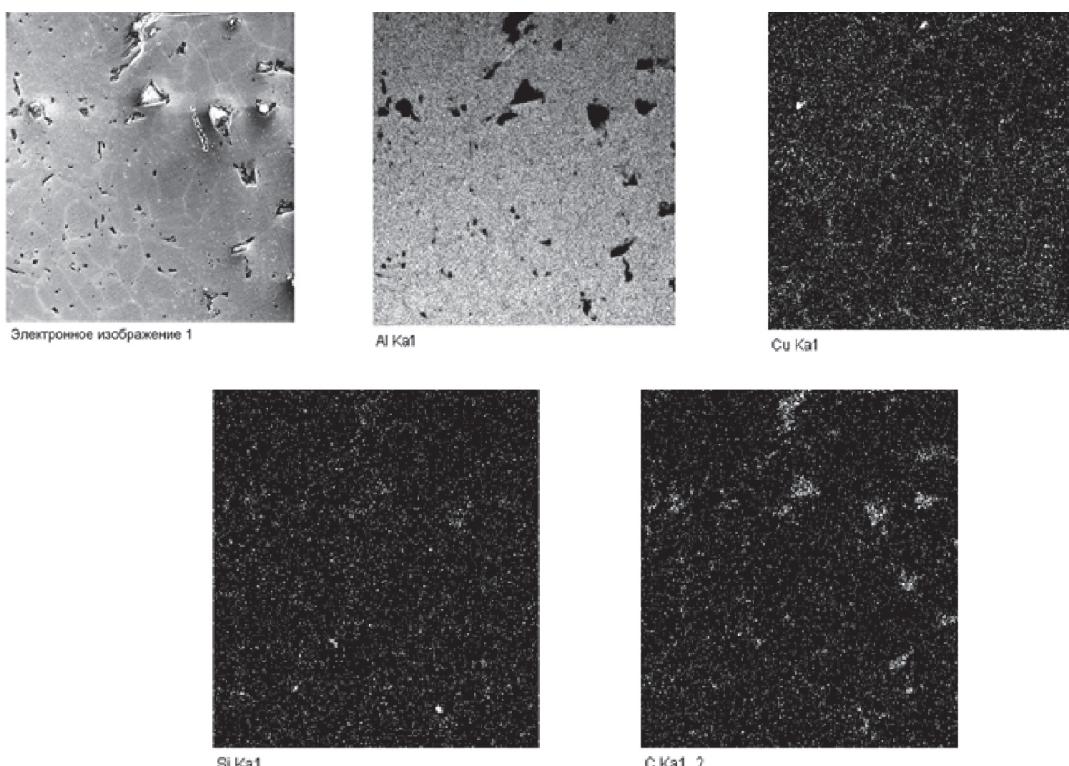


Рис. 3. Карта распределение основных элементов образца № 3

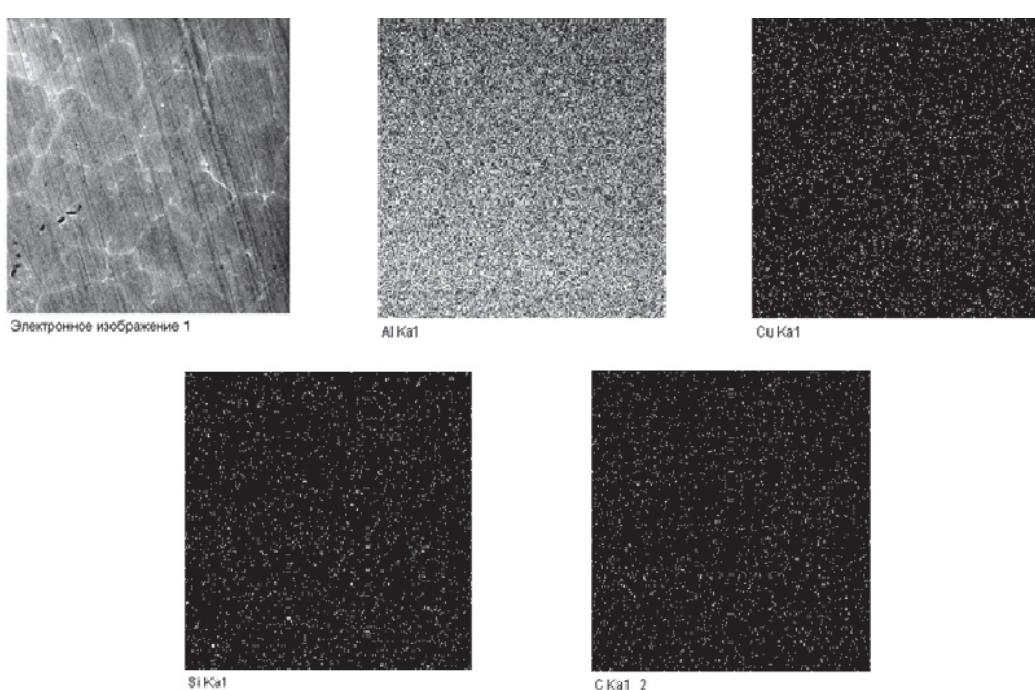


Рис. 4. Карта распределение основных элементов образца № 5

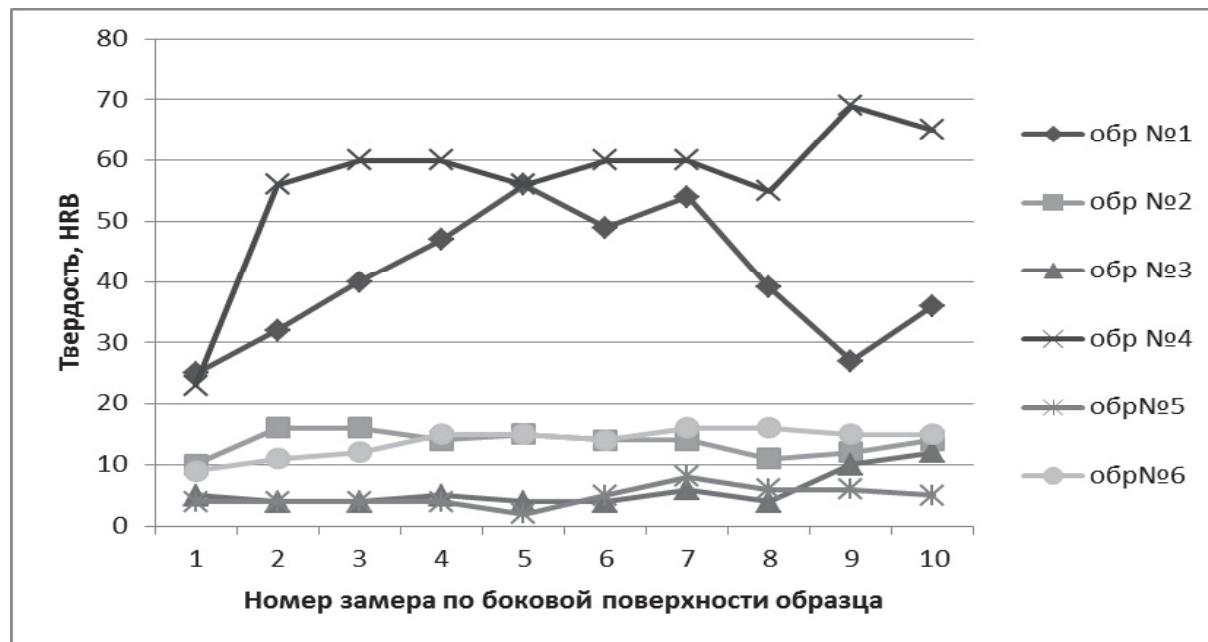


Рис. 5. Распределение твердости по боковой поверхности образцов

различить форму и размер зерен металла. Хрупкий излом характерен для достаточно твердых материалов, что соответствует замеренным значениям твердости. Исследование твердости проводилось по боковой поверхности образцов от донного торца с шагом 5 мм на приборе Ровелла по шкале В с нагрузкой 100 кг стальным шариком.

Высокие значения твердости в отдельных точках, свидетельствуют о наличии не растворившихся частиц лигатуры. Распределение твердости по длине образцов показано на рис. 5.

С увеличением твердости происходит и увеличение прочности.

Влияние температуры расплава на прочность, получаемых материалов Al-SiC имеет специфический характер. С повышением температуры прочность заметно возрастает. Так оптимальным режимом ввода лигатуры состава Cu-2,5% SiC является температура 750 °C при выдержке 2 часа, для лигатуры состава Cu-5% SiC температура 850 °C.

Применение такого упрочненного материала позволяет уменьшить массу деталей и элементов конструкций на 15-50%, в 1,5-2 раза повысить их жесткость и усталостные характеристики по сравнению с прототипными металлическими материалами (например титановыми и алюминиевыми сплавами), обеспечивая при этом повышение эффективности, конструкционной надежности [1].

Композиционные материалы и изделия на алюминиевой основе отличаются достаточно высокими механическими характеристиками и хорошей технологичностью для деталей машин различного назначения, однако практическое применение их остается на низком уровне [3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Березовский В.В. Применение дисперсно-упрочненных металлических композиционных материалов на основе алюминиевого сплава, армированного частицами SiC в авиационной промышленности [Текст] / Березовский В.В. // Научный электронный журнал «Новости материаловедения. Наука и техника» 2013. №4. С.1-11.
- Печников А.А., Толешулы А., Мещеряков Е.Г. Литые композиционные изделия с алюминиевой матрицей [Текст] / Печников А.А., Толешулы А., Мещеряков Е.Г. // Известия МГТУ «МАМИ» Т.2, № 1(19), 2014. – С. 42-44.
- Курганова Ю.А., Чернышева Т.А., Кобелева Л.И., Курганов С.В. Эксплуатационные характеристики алюроматричных дисперсно-упрочненных композиционных материалов и перспективы их использования на современном рынке конструкционных материалов [Текст] / Курганова Ю.А., Чернышева Т.А., Кобелева Л.И., Курганов С.В. // Металлы. 2011. №4. С.71.
- Михеев Р.С., Чернышова Т.А. Дискретно армированные композиционные материалы системы Al-TiC (обзор) [Текст] / Михеев Р.С., Чернышова Т.А. // Заготовительное производство в машиностроении 2008. № 11. – С. 44-53.
- Напалков В.И., Махов С.В. Легирование и модификация алюминия и магния [Текст] / Напалков В.И., Махов С.В./М.: МИСИС, 2002. – 376 с.
- Крушенко Г.Г., Фильчиков М.Н. Технология получения алюминиевого композита с повышенным содержанием упрочняющих нанопорошков [Текст] / Крушенко Г.Г., Фильчиков М.Н. // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. академика М.Ф. Решетова. 2011. № 1. – С. 139-142.
- Никитин В.И., Никитин К.В. Наследственность в литых сплавах [Текст] / Никитин В.И., Никитин К.В. – М.: Машиностроение -1, 2005. 476 с.

8. Амосов А.П., Никитин В.И., Никитин К.В., Рязанов С.А., Ермошкин А.А. Научно-технические основы применения процессов самораспространяющегося высокотемпературного синтеза для создания литых алюминиевых композиционных сплавов, дискретно армированных наноразмерными керамическими частицами [Текст] / Амосов А.П., Никитин В.И., Никитин К.В., Рязанов С.А., Ермошкин А.А. // Наукоемкие технологии в машиностроении. 2013. №8. С. 3-9.
9. Амосов А.П., Титова Ю.В., Майдан Д.А., Ермошкин А.А., Тимошкин И.Ю. О применении нанопорошковой продукции азидной технологии СВС для армирования и модификации алюминиевых сплавов [Текст] / Амосов А.П., Титова Ю.В., Майдан Д.А., Ермошкин А.А., Тимошкин И.Ю. // Известия вузов. Цветная металлургия. 2015. № 1. – С. 68-74.
10. Nosova E.A., Kuzina A.A., Kuts A.V. Development of the process of pseudo-ligatures manufacturing from aluminum and nickel powders for the modification of alloys // Applied Mechanics and Materials, vol. 698 (2015), pp452-456 ©(2015) Trans Tech Publications, Switzerland.

**RESEARCH OF EFFECT OF COMPOSITION OF CU-SiC PSEVDOLIGATURY
ON THE PROCESS OBTAINING NEW HEAT-RESISTANT ALUMINUM COMPOSITE MATERIALS**

© 2015 A.V. Kirillova

Samara State Aerospace University named after Academician S.P. Korolyov
(National Research University)

The article describes the liquid phase method to obtain heat-resistant aluminum composite material of Al-Cu-SiC. Microstructural investigations and mechanical testing were conducted.

Keywords: aluminum composite material, modification, mechanical properties.