

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»**

**НАУКА И МОЛОДЕЖЬ:
ПРОБЛЕМЫ, ПОИСКИ, РЕШЕНИЯ**

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

ВЫПУСК 26

*Труды Всероссийской научной конференции
студентов, аспирантов и молодых ученых
17 – 18 мая 2022 г.*

ЧАСТЬ I

Под общей редакцией профессора С.В. Коновалова

**Новокузнецк
2022**

ББК 74.48.288
Н 340

Редакционная коллегия:

д-р техн. наук, профессор Коновалов С.В.,
д-р физ.-мат. наук, профессор Громов В.Е.,
д-р техн. наук, профессор Фрянов В.Н.,
канд. техн. наук, доцент Чаплыгин В.В.,
д-р техн. наук, профессор Козырев Н.А.,
д-р техн. наук, доцент Фастыковский А.Р.,
канд. техн. наук, доцент Риб С.В.

Н 340

Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения: труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 17–18 мая 2022 г. Выпуск 26. Часть I. Естественные и технические науки / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Сибирский государственный индустриальный университет; под общ. ред. С.В. Коновалова – Новокузнецк; Издательский центр СибГИУ, 2022. – 419 с. : ил.

ISSN 2500-3364

Представлены труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых по результатам научно-исследовательских работ. Первая часть сборника посвящена актуальным вопросам в области естественных наук, перспективных технологий разработки месторождений полезных ископаемых; металлургических процессов, технологий, материалов и оборудования.

Материалы сборника представляют интерес для научных и научно-технических работников, преподавателей, аспирантов и студентов вузов.

ISSN 2500-3364

© Сибирский государственный
индустриальный университет, 2022

СОДЕРЖАНИЕ

I ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ	2
ДЕФОРМАЦИОННОЕ УПРОЧНЕНИЕ СТАЛЕЙ РАЗЛИЧНЫХ СТРУКТУРНЫХ КЛАССОВ <i>Аксёнова К.В., Ващук Е.С.</i>	3
МОЛЕКУЛЯРНО-ДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ОЦК-КРИСТАЛЛОВ ПРИ КРАТКОВРЕМЕННОМ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ ЛАЗЕРНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ <i>Гостевская А.Н.</i>	6
МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ КОСТНОЙ ТКАНИ, РАСПОЛОЖЕННОЙ ВОЗЛЕ ИМПЛАНТАТА С ЭЛЕКТРОВЗРЫВНЫМ БИОИНЕРТНЫМ ПОКРЫТИЕМ СИСТЕМЫ Ti-Zr ИЛИ Ti-Nb <i>Филяков А.Д., Романов Д.А., Невский С.А.</i>	10
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАСТРОВОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ ДЛЯ АНАЛИЗА МАТЕРИАЛОВ <i>Дробышев В.К., Гостевская А.Н.</i>	14
УСТАЛОСТНОЕ РАЗРУШЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИ ЧИСТОГО АЛЮМИНИЯ МАРКИ А5М В МАГНИТНОМ ПОЛЕ 0,2 Тл <i>Шляров В.В., Серебрякова А.А., Аксенова К.В.</i>	18
ВЛИЯНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ДО 0,5Тл НА ПАРАМЕТР ПЛАСТИЧНОСТИ СВИНЦА МАРКИ С2 <i>Серебрякова А.А., Шляров В.В.</i>	22
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА НАИМЕНЬШИХ КВАДРАТОВ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ <i>Кузнецова В.А., Панова В.С.</i>	24
ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ И МИКРОТВЕРДОСТИ ПОКРЫТИЯ ИЗ ВЫСОКОЭНТРОПИЙНОГО СПЛАВА СИСТЕМЫ Al-Co-Cr-Fe-Ni, НАНЕСЕННОГО НА СПЛАВ АМг5 С ПОМОЩЬЮ ПРОВОЛОЧНО-ДУГОВОГО АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА <i>Авчинник А.В., Осинцев К.А., Панченко И.А.</i>	29
ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОННО-ПУЧКОВОЙ ОБРАБОТКИ НА НАПРЯЖЕННО- ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ СПЛАВА СИСТЕМЫ Al-Co-Cr-Fe-Ni, ПОЛУЧЕННОГО С ПОМОЩЬЮ ПРОВОЛОЧНО-ДУГОВОГО АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА <i>Осинцев К.А., Данилушкин В.С., Епифанцев М.А., Воронин С.В.,</i>	31
ВЛИЯНИЕ ВНЕШНЕГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА СТРУКТУРУ АЛЮМИНИЯ, ПОЛУЧЕННОГО МЕТОДОМ ПРОВОЛОЧНО-ДУГОВОГО АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА <i>Лей Х., Чэнь С.</i>	33

ПОЛУЧЕНИЕ НАНОДИСПЕРСНОГО КАРБИДА КРЕМНИЯ – УПРОЧНЯЮЩЕЙ ФАЗЫ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ НИКЕЛЯ И ХРОМА <i>Безрукова Е.С.</i>	307
РАСШИРЕНИЕ СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ 3 А СЧЕТ ОСВОЕНИЯ НОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ <i>Федулова А.В.</i>	311
АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ПРОИЗВОДСТВА ПРОКАТА НА НЕПРЕРЫВНОМ СРЕДНЕСОРТНОМ СТАНЕ 450 АО «ЕВРАЗ ЗСМК» <i>Пак В.Е., Маркалин Ю.А., Зохидов Х.Н.</i>	314
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ УЗЛОВ ПРОКАТНОЙ КЛЕТИ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ГОТОВОГО ПРОКАТА НА МЕЛКОСОРТНОМ СТАНЕ 250-1 АО «ЕВРАЗ ЗСМК» <i>Маркалин Ю.А., Зохидов Х.Н., Пак В.Е.</i>	319
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА СОРТОВОГО ПРОКАТА <i>Вахроломеев В.А., Глухов М.И., Захидов Х.М., Маркалин Ю.А.</i>	325
АНАЛИЗ ПУТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ НА СРЕДНЕСОРТНОМ СТАНЕ 450 АО «ЕВРАЗ ЗСМК» <i>Зохидов Х.Н., Маркалин Ю.А., Пак В.Е.</i>	327
ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ СЛИТКОВ ИЗ ПОРШНЕВЫХ СИЛУМИНОВ НА ОСНОВЕ Al-15 % Si <i>Прудников В.А., Рексиус В.С.</i>	332
ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ ШИХТЫ И РАСПЛАВА НА МИКРОСТРУКТУРУ СИЛУМИНОВ С 3-15% Si <i>Ломиворотов Н.П., Полунин А.М., Юркина М.С.</i>	335
РЕЛЬСОВАЯ СТАЛЬ: МАРКА И ХАРАКТЕРИСТИКИ <i>Михеева Д.В.</i>	341
ВОЗДЕЙСТВИЕ МОДИФИЦИРОВАНИЯ НА СТРУКТУРУ И ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЗАЭВТЕКТИЧЕСКИХ СИЛУМИНОВ <i>Полунин А.М., Ломиворотов Н.П., Юркина М.С.</i>	346
ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ МОДИФИЦИРОВАНИЯ И ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА МИКРОСТРУКТУРУ И МИКРОТВЕРДОСТЬ СПЛАВА Al-11%Si <i>Юркина М.С., Полунин А.М., Ломиворотов Н.П.</i>	350
ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ СВАРКИ ПОД НОВЫМ МАРГАНЕЦСОДЕРЖАЩИМ ФЛЮСОМ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ ИЗ СТАЛИ 09Г2С <i>Гусева Д.А.</i>	355
ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЦИКЛИЧЕСКОЙ КОВКИ НА СВОЙСТВА СТАЛИ 10 <i>Закирова Ш.К.</i>	359
ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА МИКРОСТРУКТУРУ ПОРШНЯ ИЗ СПЛАВА АК21 <i>Зокирова Г.К.</i>	362

нию со сплавами обычного приготовления. С увеличением содержания кремния указанные изменения свойств проявляются наиболее заметно.

Библиографический список

1. Добаткин В.И. Гранулируемые алюминиевые сплавы / В.И. Добаткин, В.И. Елагин. – Москва : Металлургия, 1981. – 176 с.
2. Спеченные материалы из алюминиевых порошков / В.Г. Гопиенко, М.Е. Смагоринский, А.А. Григорьев, А.Д. Беллавин; под ред. Смагоринского М.Е. – Москва: Металлургия, 1993. – 320 с.
3. Polmear I. J. Light alloys: from traditional alloys to nanocrystals. – Amsterdam: Elsevier Ltd, 2005. – 421 p.
4. Афанасьев В.К. О влиянии кремния на тепловое расширение алюминия А7 / В.К. Афанасьев, А.В. Горшенин, М.В. Попова, А.Н. Прудников, М.А. Старостина // Металлургия машиностроения. – 2010. – № 6. – С. 23-26.
5. Строганов Г.Б. Сплавы алюминия с кремнием / Г.Б. Строганов, В.А. Ротенберг, Г.Б. Гершман. – Москва: Металлургия, 1977. – 272 с.
6. Напалков В.И. Легирование и модифицирование алюминия и магния / В.И. Напалков, С.В. Махов. – Москва : МИСИС, 2002. – 376 с.
7. Афанасьев В.К. Новые способы обработки жидких сплавов алюминия с 30-50% кремния / В.К. Афанасьев, М.В. Попова // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 2001. – № 2. – С. 29-31.
8. Кузнецов А.О. Модифицирование силуминов – разные подходы для одной системы легирования / А.О. Кузнецов, Д.А. Шадаев, В.Ю. Конкевич, С.Т. Бочвар, Т.М. Кунявская // Технология легких сплавов. – 2014. – №4. – С. 75–81.
9. Ушакова В.В. О влиянии обработки расплава на линейное расширение сплавов Al -20÷40% Si / В.В. Ушакова, М.В. Попова, З.А. Лузянина // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 1995. – № 4. – С. 69.
10. Попова М.В. Наследственное влияние обработки шихты и расплава на терморасширение заэвтектических силуминов / М.В. Попова, А.А. Ружило // Литейное производство. 2000. – № 10. – С. 4-6.

УДК 669.716: 669.018.28

ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ МОДИФИЦИРОВАНИЯ И ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА МИКРОСТРУКТУРУ И МИКРОТВЕРДОСТЬ СПЛАВА AL-11%SI

Юркина М.С., Полунин А.М., Ломиворотов Н.П.

Научный руководитель: д-р техн. наук, профессор Попова М.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: yurkina_99@list.ru*

Изучено влияние модифицирования сульфатом меди и термической обработки на изменение параметров микроструктуры и микротвердость

структурных составляющих доэвтектического силумина Al–11%Si.

Ключевые слова: модифицирование, термическая обработка, силумин, микроструктура, микротвердость.

Для изучения влияния модифицирования расплава сульфатом меди и термической обработки на структуру и свойства сплава Al–11%Si проводили металлографические и дюрOMETрические исследования. Металлографические исследования проводили на оптическом микроскопе Carl Zeiss AxioObserver Alm при увеличении 500. Исследование микротвердости проводили на микротвердомере 402 MVD.

Расплав обрабатывали сульфатом меди в количестве 0,2% (без выстаивания) и 1% без выстаивания и с выстаиванием в течение 1 часа при температуре 900°C. Затем производили заливку в холодный алюминиевый кокиль при температуре 850°C и 720°C соответственно.

Модифицирование способствует улучшению структуры благодаря тому, что модификаторы даже в малых концентрациях измельчают выделения первичного и эвтектического кремния. После модифицирования дендриты алюминия приобретают более тонкое строение. Такие структурные изменения приводят к получению более благоприятного комплекса свойств силуминов [1, 2].

Изменение структуры вследствие нагрева также оказывает влияние на физико-механические свойства силуминов [4].

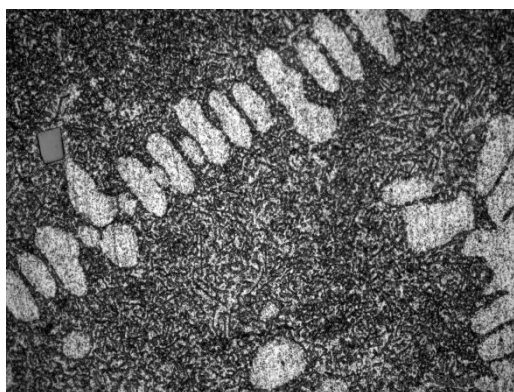
В качестве способов термической обработки для силуминов широкое распространение получили закалка и старение. После закалки эти сплавы обладают высокими механическими свойствами, что связано с образованием пересыщенного твердого раствора легирующих компонентов в алюминии. В результате старения происходит распад пересыщенного твердого раствора и, следовательно, выделение промежуточных фаз в дисперсной форме [6].

Металлографический анализ сплава Al–11%Si позволил установить, что после обработки расплава 0,2% и 1% сульфата меди без выстаивания в его структуре кроме участков модифицированной эвтектики и дендритов твердого раствора наблюдается эвтектика игольчатого строения (рисунок 1).

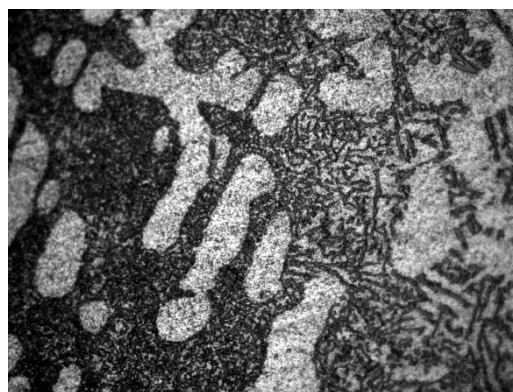
Установлено также, что в результате обработки расплава 0,2% сульфата меди структура сплава Al–11%Si представляет собой дендриты α-твердого раствора и неравномерно модифицированную алюминиево-кремниевую эвтектику (рисунок 1, б). После повышения количества модификатора до 1% в структуре доэвтектического силумина преобладает эвтектика игольчатого строения (рисунок 1, в), кроме того, дендриты α-твердого раствора в некоторых областях структуры имеют более округлую форму (сфероидизированы) и меньшие размеры (рисунок 1, в).

После выстаивания при температуре 900°C в течение 1 часа расплава Al–11%Si, обработанного 1% CuSO₄, структура силумина представляет собой дендриты α-твердого раствора и перемодифицированную эвтектику (рисунок 1, г). Перемодифицирование структуры произошло вследствие

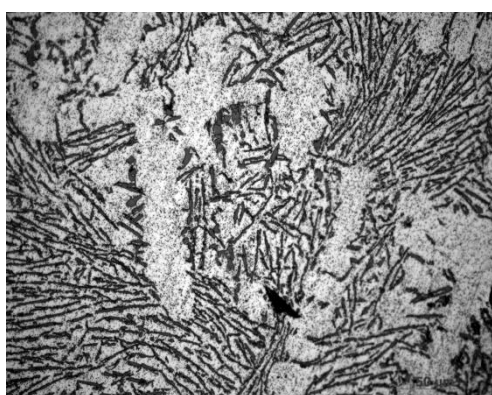
использования достаточно высокой температуры обработки расплава и длительного времени выстаивания.



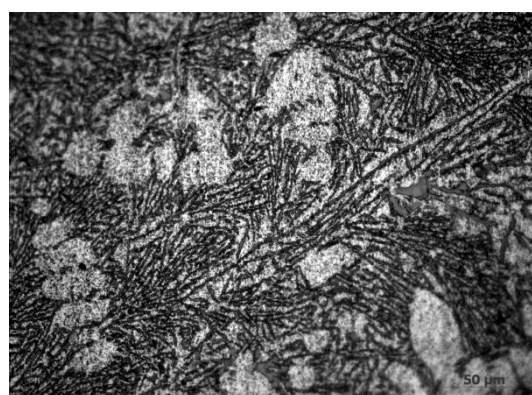
а



б



в



г

Рисунок 1 – Микроструктура сплава Al–11%Si (x 500): а – исходный, без обработки; б – обработка 0,2 % CuSO₄; в – обработка 1 % CuSO₄, без выстаивания расплава; г – обработка 1 % CuSO₄, с выстаиванием расплава

Результаты определения микротвердости структурных составляющих сплава Al–11%Si после обработки расплава по указанным режимам представлены в таблице 1. Установлено, что модифицирование сульфатом меди повышает микротвердость α-твердого раствора и эвтектики сплава Al–11 %Si.

Таблица 1 – Влияние обработки расплава сульфатом меди на микротвердость структурных составляющих сплава Al – 11%Si

Обработка расплава	Микротвердость (HV)		
	эвтектика		α-твердый раствор
	мелкодисперсная	игольчатого строения	
без обработки	66	–	47
0,2% CuSO ₄	68	69	57
1% CuSO ₄ (без выстаивания)	78	70	60
1% CuSO ₄ (с выстаиванием)	–	76	57

В результате проведения металлографического анализа термически обработанного сплава Al-11%Si установлено, что после закалки структура силумина представляет собой дендриты твердого раствора и неравномерно модифицированную алюминиево-кремниевую эвтектику (рисунок 2, б).



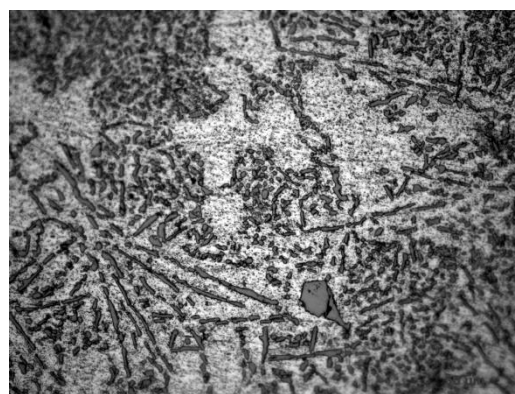
а



б



в



г

Рисунок 2 – Микроструктура сплава Al-11%Si(а, б, в, г) - х 500, е – х 200:
а – исходный (без термообработки); в – 250 °С, 10 часов; б – 550°С, 1 час,
закалка в воду; г – 550°С, 1 час + 250°С, 10 часов

В процессе нагрева силуминов при температуре выше 500°С происходит сфероидизация частиц кремния, что способствует повышению механических свойств [1].

В результате старения, так же, как и после закалки, наблюдается неравномерно модифицированная эвтектика и дендриты α -твердого раствора. Однако после термической обработки в структуре силумина наблюдаются участки «перемодифицированной» эвтектики (рисунок 2, в), что, по-видимому, связано с длительностью выдержки при старении. В результате закалки и последующего старения структура силумина представляет собой также неравномерно модифицированную эвтектику и дендриты твердого раствора (рисунок 2, г). Имеются участки эвтектики не только зернистого, но и игольчатого строения (рисунок 2, г).

В результате определения микротвердости установлено, что закалка и старение, проведенные отдельно, приводят к снижению микротвердости

структурных составляющих, а совместное их проведение повышает их микротвердость (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние термической обработки на микротвердость структурных составляющих сплава Al – 11%Si

Режим термической обработки	Микротвердость (HV)		
	эвтектика		α -твердый раствор
	модифицирующая	иглочатого строения	
без термической обработки	66	–	47
550°C, 1 ч, закалка в воде	51	57	45
250°C, 10 ч, охл. на воздухе	64	62	43
550°C, 1 ч, вода + 250°C, 10 ч, воздух	68	75	49

Таким образом, в результате проведения исследований было установлено, что сульфат меди является эффективным модификатором эвтектики в сплаве Al–11%Si. В связи с этим модифицирование сульфатом меди и термическую обработку можно использовать в качестве способов улучшения структуры и свойств сплава Al–11%Si.

Библиографический список

1. Водород и свойства сплавов алюминия с кремнием / В.К. Афанасьев, И.Н. Афанасьева, М.В. Попова [и др.]. – Абакан: Хакасское кн. изд-во, 1998. – 192 с.
2. Производство алюминиевых сплавов: учеб. пособие / Г.В. Галевский, В.Б. Деев, Н.М. Кулагин [и др.]. – Москва: Флинта: Наука, 2006. – 288 с.
3. Мальцев М.В. Металлография промышленных цветных металлов и сплавов / М.В. Мальцев. – Москва : Металлургия, 1970. – 364 с.
4. Строганов Г.Б. Высокопрочные литейные алюминиевые сплавы / Г.Б. Строганов. – Москва : Металлургия, 1985. – 216 с.
5. Силумины. Атлас микроструктур и фрактограмм промышленных сплавов: справочное издание/ А.Г. Пригунова, Н.А. Белов, Ю.Н. Таран [и др.]. – Москва : МИСИС, 1996. – 175 с., ил.
6. Металловедение алюминия и его сплавов: справочное издание / А.И. Беляев, О.С. Бочвар, Н.Н. Буйнов [и др.]. – Москва : Металлургия, 1983. – 280с., ил.