

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский технологический
университет «МИСиС»

ТРУДЫ
IX Международной научно-практической конференции
«Прогрессивные литейные технологии»

НИТУ «МИСиС»
13-17 ноября 2017 г.

Под редакцией проф. В.Д. Белова и проф. А.И. Батышева

МОСКВА 2017

УДК 621.74:669.1/8
ББК 34.3.61
П785



**«ПРОГРЕССИВНЫЕ ЛИТЕЙНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»:
ТРУДЫ КОНФЕРЕНЦИИ**

*Под редакцией проф. В.Д. Белова и проф. А.И. Батышева
- М.: Лаборатория рекламы и печати, 2017, 358 с.
ISSN*

*Труды конференции издаются под общей редакцией текстов.
Сборник подготовили: В.Д. Белов, А.И. Батышев*

13 – 17 ноября 2017 года
«Национальный исследовательский
технологический университет «МИСиС»

ТРУДЫ IX Международной научно-практической конференции
«Прогрессивные литейные технологии»

© Кафедра ЛТиХОМ, НИТУ «МИСиС», 2017
© Лаборатория рекламы и печати, 2017

Содержание

Литейное производство России – сегодня

Белов В.Д. Кафедра литейных технологий и художественной обработки материалов НИТУ «МИСиС» в современных условиях развития России.....8

Дибров И.А. О проведении XIII международного съезда литейщиков и международной выставке «литье – 2017» 19 - 21 сентября 2017 г., г. Челябинск13

I. Основы теории и технологии литейных процессов

Голод В.М. Проблемы и перспективы диагностики дендритной структуры литейных сплавов24

Деев В.Б., Сметанюк С.В., Приходько О. Г., Пономарева К.В., Куценко А.И., Куценко А.А. Исследование влияния тепловых и электромагнитных воздействий на кристаллизацию расплавов28

Бондаренко Ю.А., Ечин А.Б., Баженов В.Е., Колтыгин А.В. Определение температурного градиента при направленной кристаллизации с помощью компьютерного моделирования процесса затвердевания.....32

Баженов В.Е., Пикунов М.В., Пашков И.Н. Изучение изотермической кристаллизации при выдержке жидкого цинка в твердом алюминии36

Митрохин А.С., Бережной Д.В. Определение оптимальных параметров вертикально-щелевой литниково-питающей системы для литья тонкостенных крупногабаритных отливок из магниевых сплавов в системе компьютерного моделирования литейных процессов «ProCast»40

Изотов В.А., Шатульский А.А. Определение шлакозадерживающей способности литниковых систем43

Сокорев А. А. Применение огнеупорных промышленных отходов в технологиях литейных процессов.45

Дудченко А.В. Формулировка задачи оптимизации конструкции щелевого питателя для ускоренной заливки литейных форм47

Муслинов В.В., Изотов В.А. Исследование коэффициентов расхода литниковых систем с фильтром52

Коновалов А.Н., Матвеев С.В. Некоторые аспекты проведения испытаний на растяжение металлов.55

II. Прогрессивные технологии производства отливок из сплавов цветных металлов и композиционных материалов

Деев В.Б., Прусов Е.С., Сметанюк С.В., Полежаев А.П., Прохоренко А.В. Исследование комплекса свойств заэвтектического силумина с различным количеством железа58

Деев В.Б., Прусов Е.С., Сметанюк С.В., Полежаев А.П., Приходько О.Г., Пономарева К.В. Исследование жидкотекучести модифицированного заэвтектического силумина61

Галушко А.М., Королев С.П., Шешко А.Г., Королев М.С., Волочко А.Т. Проблемы и пути управления структурообразованием в сплавах Al-Si при изготовлении отливок «поршень»64

Безруких А.И., Бондаренко Д.Н., Баранов В.Н., Юрьев П.О., Степаненко Н.А. Перспективы разработки новых алюминиевых сплавов, экономнолегированных скандием77

Никитин В.И., Никитин К.В., Тимошкин И.Ю., Лыков А., Черников Д.Г., Исаев А.И. Наследственное влияние структуры шихты на деформируемость бинарных силуминов.....81

Батышев К.А., Зажигин В.В. Получение качественных отливок из алюминиевых сплавов на предприятиях авиационной отрасли85

Лившиц В.Б., Безпалько В.И., Мамедова И.Ю., Попов Е.И. Влияние параметров литья под низким давлением на структуру и свойства алюминиевых сплавов89

Белов В.Д., Шаруда Н.А. Опыт производства высококачественной продукции из вторичного сырья в ПК «ВТОРАЛЮМИНПРОДУКТ»92

6. Деев В.Б. Исследование технологических параметров и расчет количества твердой фазы при кристаллизации литейных алюминиевых сплавов / В.Б. Деев, И.Ф. Селянин, И.Ю. Кольчурина и др. // Литейщик России. 2007. № 8. С. 18–23.
7. Селянин И.Ф. Рафинирование расплавов при использовании низкосортной шихты / И.Ф. Селянин, В.Б. Деев, А.П. Войтков, Н.В. Башмакова // Литейщик России. 2006. № 2. С. 18–20.
8. Деев В.Б. Влияние температурной обработки и электрического тока на свойства алюминиевых сплавов / В.Б. Деев, И.Ф. Селянин, О.И. Нохрина, Н.В. Башмакова // Заготовительные производства в машиностроении. 2008. № 4. С. 50–53.
9. Деев В.Б. Исследование жидкотекучести и герметичности алюминиево-кремниевых сплавов / В.Б. Деев, И.Ф. Селянин, А.В. Феоктистов, Ю.Ф. Шульгин // Заготовительные производства в машиностроении. 2003. № 3. С. 8–10.
10. Деев В.Б. Температурные режимы плавки и заливки Al-сплавов при литье по газифицируемым моделям / В.Б. Деев, К.В. Пономарева, А.С. Юдин и др. // Литейное производство. 2014. № 3. С. 25–27.
11. Mbuya T.O. Influence of Iron on Castability and Properties of Aluminum Alloys: Literature Review // International Journal of Cast Metals Research. 2003. Vol. 16. No. 5. P. 451-465.
12. Wang H. In-Situ Si/Al Composite Produced by Semisolid Metal Processing // Materials and Manufacturing Processes. 2007. Vol. 22. Iss. 6. P. 696-699.
13. Кечин В.А., Прусов Е.С. Элементы в первичном алюминии: генезис и классификация // Металлургия машиностроения. 2016. №1. С. 18-21.
14. Патент РФ на полезную модель № 88353. Устройство комплексного контроля качества сплавов / В.Б. Деев, О.Г. Приходько, И.Ф. Селянин и др. // Заявка № 2009124954/22. Приоритет 29 июня 2009 г. Оpubл. 10.11.2009 г. Бюл. № 31.
15. Suarez M.A., Figueroa I., Cruz A., Hernandez A., Chavez J.F. Study of the Al-Si-X System by Different Cooling Rates and Heat Treatment // Materials Research. 2012. Vol. 15. No. 5. P. 763-769.
16. Taylor J.A. Iron-containing Intermetallic Phases in Al-Si Based Casting Alloys // Procedia Materials Science. 2012. Vol. 1. P. 19-33.
17. Ходаков Г.С. Реология суспензий. Теория фазового течения и ее экспериментальное обоснование / Г.С. Ходаков // Российский химический журнал. 2003. Т. XLVII, №2. С. 33–44.
18. Металловедение алюминия и его сплавов / Беляев А.И., Бочвар О.С., Буйнов Н.И. и др. // М.: Металлургия, 1983, 230 с.

УДК 621.746:669.715

ИССЛЕДОВАНИЕ ЖИДКОТЕКУЧЕСТИ МОДИФИЦИРОВАННОГО ЗАЭВТЕКТИЧЕСКОГО СИЛУМИНА

**В.Б. Деев¹, Е.С. Прусов², С.В. Сметанюк¹, А.П. Полежаев¹, О.Г. Приходько³,
К.В. Пономарева³**

¹ НИТУ «МИСиС», г. Москва

² Владимирский государственный университет, г. Владимир

³ Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк

Модифицирующая обработка является одним из эффективных способов управления структурой и свойствами алюминиевых сплавов. Традиционные широко применяемые модификаторы (натрий, фосфор, титан, бор, стронций, сера и т.д.) позволяют существенно

повысить качество отливок из доэвтектических и заэвтектических силуминов [1–5]. Однако изыскания новых модификаторов и разработка способов модифицирования алюминиевых сплавов продолжают вызывать практический интерес у литейщиков [6–8]. Особое значение такие работы приобретают в связи с повышенным вниманием к ресурсосберегающим технологиям производства сплавов и использованием при получении силуминов значительной доли вторичных материалов [7, 9–13]. Несмотря на большое число работ в области изучения закономерностей изменения структуры, механических и эксплуатационных свойств алюминиевых сплавов при модифицирующей обработке, вопросам влияния модифицирования на литейные свойства силуминов пока уделяется недостаточное внимание. При этом в современной научной литературе представлены противоречивые данные по влиянию различных модификаторов на литейные свойства заэвтектических силуминов, что обуславливает актуальность проведения дальнейших исследований в этом направлении.

В статье исследовано влияние добавок стронция и бария, а также содержания железа в сплаве на жидкотекучесть заэвтектического силумина Al – 15 % Si, приготовленного с использованием возврата и отходов производства. Опытные плавки проводили в печи ИСТ-0,06 с использованием флюса (KCl - 45 %; NaCl - 35 %; Na₃AlF₆ - 20 %) в количестве 1% от массы расплава. Шихта состояла из возврата и лома сплава Al – 15 % Si, лома отливок из сплава АК12, лигатуры Al-Fe (45%). Химический состав шихты корректировали кристаллическим кремнием Кр-1. Контроль химического состава сплавов осуществляли на квантометре ARL-4460. Для модифицирования расплавов стронцием и барием использовали лигатуры: силикостронций (5 % Sr) и силикобарий (33 % Ba). После загрузки расчетного количества шихтовых материалов в печь и расплавления металловалки сплав перегревали до температуры 800 – 850 °С, специальным приспособлением вводили навеску лигатуры в количестве 0,01; 0,05; 0,1; 0,3; 0,5; 1,0 % (по массе) в каждом отдельном эксперименте под зеркало металла, при этом расплав перемешивали кварцевой трубкой.

После модифицирования расплав выдерживали 20 – 25 мин и заливали при температуре 730 °С в кокильную прутковую пробу (диам. прутка 6 мм) для определения жидкотекучести. Дополнительно заливали образцы для металлографических исследований. Для каждой серии экспериментов рассчитывали среднее арифметическое значение измеряемой величины.

В таблице 1 приведены значения жидкотекучести силумина Al – 15 % Si с различным содержанием железа в зависимости от вида и расхода модификатора.

Таблица 1. Жидкотекучесть модифицированного силумина Al – 15 % Si с различным содержанием железа

Лигатура	Содержание железа в силумине, % масс.	Жидкотекучесть сплава, мм, при добавках лигатуры, % масс.						
		Без модифицирования	0,01	0,05	0,1	0,3	0,5	1,0
Силикостронций (5% Sr)	0,55	130	134	139	150	153	157	170
	1,10	116	126	130	141	148	150	156
Силикобарий (33% Ba)	0,55	130	146	158	168	168	170	194
	1,10	116	118	126	137	146	152	162

Из таблицы 1 видно, что модифицирование силумина Al – 15 % Si любым количеством силикостронция или силикобария в исследованном диапазоне концентраций используемых модификаторов увеличивает жидкотекучесть сплава по сравнению с немодифицированным состоянием. Максимальные значения жидкотекучести получены при добавлении 1,0 масс. % модифицирующей присадки, при этом силикобарий оказывает более сильное положительное влияние на жидкотекучесть сплава, чем силикостронций. При повышении содержания Fe с 0,55 до 1,1 % отмечено уменьшение жидкотекучести как немодифицированных, так и модифицированных сплавов Al – 15 % Si.

Учитывая данные металлографических исследований, зависимость жидкотекучести от добавок силикостронция и силикобария может быть объяснена следующим образом. Модифицирование указанными лигатурами во всем диапазоне концентраций изменяет размеры и морфологию включений первичного кремния. Грубые включения кремния в немодифицированном сплаве препятствуют течению металла по каналам литейной формы значительно больше, чем мелкие включения в модифицированных сплавах. В присутствии примеси железа силумин кристаллизуется с формированием иглообразных выделений железистой составляющей, пронизывающей все сечение отливки. Выделение таких игл в процессе течения металла оказывает тормозящее действие движущемуся потоку расплава. В исходных сплавах (без модифицирования) эта фаза пронизывает все поле шлифа, в модифицированных сплавах выделение железистой составляющей становится более компактными. Наряду с изменением структурно-морфологических характеристик, повышение жидкотекучести опытных сплавов может быть обусловлено уменьшением интервала кристаллизации в результате модифицирующей обработки.

Выводы.

Выявлено положительное влияние модифицирования лигатурами силикостронцием и силикобарием на жидкотекучесть заэвтектического силумина Al – 15 % Si, полученного из вторичных материалов. Добавки 0,5–1,0 % силикостронция или силикобария повышают жидкотекучесть на 15–40 % в сравнении с исходным состоянием. Присутствие железа в составе сплава снижает модифицирующую способность используемых лигатур, что требует ввода более высоких концентраций модификаторов для достижения аналогичного эффекта по увеличению жидкотекучести. С учетом полученных результатов представляется целесообразным продолжение исследований литейных свойств модифицированных заэвтектических силуминов в более широком диапазоне концентраций модификаторов.

Список литературы:

1. Sigworth G.K., Kuhn T.A. Grain Refinement of Aluminum Casting Alloys // International Journal of Metalcasting. 2007. Vol. 1. Iss. 1. P. 31–40.
2. Селянин И.Ф. Влияние модифицирования на жидкотекучесть, усадку, газонасыщенность и пористость литейных алюминиевых сплавов / И.Ф. Селянин, И.Ю. Кольчурина, В.А. Скударнов и др. // Ползуновский альманах. 2006. № 3. С. 185–190.
3. Деев В.Б. Исследование технологических параметров и расчет количества твердой фазы при кристаллизации литейных алюминиевых сплавов / В.Б. Деев, И.Ф. Селянин, И.Ю. Кольчурина и др. // Литейщик России. 2007. № 8. С. 18–23.
4. Деев В.Б. Эффективные технологии обработки расплавов при получении литейных алюминиевых сплавов / В.Б. Деев, И.Ф. Селянин, Ри Хосен и др. // Литейщик России. 2012. № 10. С. 19–21.
5. Марукович Е.И., Стеценко В.Ю. Модифицирование сплавов. Мн.: Беларуская наука, 2009. 192 с.
6. Easton M.A., Qian M., Prasad A., St. John D.H. Recent Advances in Grain Refinement of Light Metals and Alloys // Current Opinion in Solid State and Materials Science. 2016. Vol. 20. Iss. 1. P. 13-24.
7. Никитин К.В., Тимошкин И.А. Эффективные технологии приготовления заэвтектических силуминов с мелкокристаллической структурой / В сб.: Всероссийская

научно-техническая интернет-конференция с международным участием «Высокие технологии в машиностроении». - Самара: СамГТУ, 2008. С. 240-245.

8. Деев В.Б. Развитие научных основ тепловых и электромагнитных воздействий на расплавы и разработка ресурсосберегающих технологий получения высококачественных отливок из алюминиевых сплавов. Автореф. дисс. ... докт. техн. наук. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет, 2012. 35 с.

9. Reck В.К., Graedel Т.Е. Challenges in Metal Recycling // Science. Vol. 337. 2012. P. 690-695.

10. Селянин И.Ф. Рафинирование расплавов при использовании низкосортной шихты / И.Ф. Селянин, В.Б. Деев, А.П. Войтков, Н.В. Башмакова // Литейщик России. 2006. № 2. С. 18–20.

11. Деев В.Б. Влияние температурной обработки и электрического тока на свойства алюминиевых сплавов / В.Б. Деев, И.Ф. Селянин, О.И. Нохрина, Н.В. Башмакова // Заготовительные производства в машиностроении. 2008. № 4. С. 50–53.

12. Деев В.Б. Исследование жидкотекучести и герметичности алюминиево-кремниевых сплавов / В.Б. Деев, И.Ф. Селянин, А.В. Феоктистов, Ю.Ф. Шульгин // Заготовительные производства в машиностроении. 2003. № 3. С. 8–10.

13. Деев В.Б. Температурные режимы плавки и заливки АL-сплавов при литье по газифицируемым моделям / В.Б. Деев, К.В. Пономарева, А.С. Юдин и др. // Литейное производство. 2014. № 3. С. 25–27.

УДК 621.74:669.715

ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ УПРАВЛЕНИЯ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕМ В СПЛАВАХ Al-Si ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ОТЛИВОК «ПОРШЕНЬ»

А.М. Галушко¹, С.П. Королев¹, А.Г. Шешко¹, М.С. Королев¹, А.Т. Волочко²

¹ОДО «Эвтектика», г.Минск

²ФТИ НАН РБ, г.Минск

Важнейшей задачей отечественной промышленности является проблема импортозамещения выпускаемой продукции. Это затрагивает и такую область машиностроения как производство поршней для двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Практически все варианты решения данной задачи связаны с проблемой существенного увеличения рабочих температур в камере сгорания. Это в свою очередь сопровождается возрастанием термической нагрузки на поршень, что вызывает необходимость повышения уровня его механических свойств и эксплуатационных характеристик.

В качестве материала для изготовления поршней современных ДВС используют сплавы системы алюминий –кремний (силумины) с добавками различных легирующих элементов. Согласно действующим стандартам (ГОСТ 1583-93) для изготовления поршней ДВС рекомендованы сплавы типа АК12М2MgH (АЛ25), АК12ММgH (АЛ30) и АК21М2,5H2,5 (ВКЖЛС-2), то есть эвтектические и заэвтектические сплавы. Известно, что первые из них имеют более высокие механические и физические свойства по сравнению с заэвтектическими сплавами. Поэтому в Республике Беларусь предпочтение отдано сплаву АК12М2MgH.