

### Выводы

Применение описанной методики для разработки модернизированного регламента обжига электродных изделий позволяет обеспечить требуемую скорость нагрева заготовок в интервале температур образования полукокса [2] и согласовать минимум скорости роста в заготовках с пиком газовой выделению.

Промышленная проверка модернизированного регламента показала, что выход бракованных изделий уменьшился на 7-10 %, а управляемость процессом обжига в целом улучшилась, за счет уменьшения интенсивности газовой выделению и следовательно исключения возможности самовозгорания летучих.

### Литература

1. Чалых Е.Ф. Оборудование электродных заводов : учеб. пособие [Текст] / Е.Ф. Чалых. — М. : Металлургия, 1990. — 238 с.
2. Производство электродной продукции [Текст] / А.К. Санников, А.Б. Сомов, В.В. Ключников и др. — М. : Металлургия, 1985. — 128с.
3. Power saving at production of electrode products [Текст] / Ye.N. Panov, S.V. Kutuzov, A.Ya. Karvatsky [et al.] // XVII Intern. Conf. «Aluminium of Siberia», V Conf. «Metallurgy of Non-Ferrous and Rare Metals», VII Symp. «Gold of Siberia», (Krasnoyarsk, Russia, Sept. 7–9, 2011) : Proceed. of the Intern. Congress, Krasnoyarsk : «Verso», 2011. — P. 412–423.
4. Степаненко М.А. Производство пекового кокса [Текст] / М.А. Степаненко, Я.А. Брон, Н.К. Кулаков. — Харьков: Металлургиздат, 1965. — 310 с.

*Проаналізовано вплив комплексної технології на властивості циліндричних виливків з ливарного алюмінієвого сплаву АК7ч, що має підвищений вміст заліза. Приведені результати досліджень мікроструктури виливків і механічних властивостей*

*Ключові слова: алюмінієвий сплав, модифікування, фази, що містять залізо*

*Проанализировано влияние комплексной технологии на свойства цилиндрических отливок из литейного алюминиевого сплава АК7ч, имеющего повышенное содержание железа. Приведены результаты исследований микроструктуры отливок и механических свойств*

*Ключевые слова: алюминиевый сплав, модифицирование, железосодержащие фазы*

*The effect of aggregate technology to the properties of the cylindrical castings from foundry aluminum alloy АК7ч having high iron content is analysed. The results of researches of microstructure of foundings and mechanical properties are resulted.*

*Keywords: aluminum alloy, modification, phases containing iron*

УДК 621.746.6:669.046.516.4:669.715

## ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ ТЕХНОЛОГИИ НА СВОЙСТВА ОТЛИВОК ИЗ СПЛАВА АК7Ч С ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ЖЕЛЕЗА

**Ю.В. Доценко**

Кандидат технических наук, доцент\*

**В.Ю. Селиверстов**

Кандидат технических наук, доцент

\*Кафедра литейного производства

Национальная металлургическая академия Украины  
пр. Гагарина, 4, г. Днепропетровск, 49600

### Введение

Повышенное содержание железа в сплавах системы Al-Si является причиной резкого снижения механических и эксплуатационных свойств отливок. Фазы содержащие железо (FeAl<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>SiFe, Al<sub>4</sub>Si<sub>2</sub>Fe, Al<sub>5</sub>SiFe и др.), как правило, имеют грубокристаллическое строе-

ние и поэтому негативно влияют, в первую очередь, на относительное удлинение сплава.

Нейтрализация вредного влияния железа на свойства сплавов возможна при условии получения железосодержащих фаз в компактном виде, что достигается легированием, модифицированием, а также применением внешних воздействий на расплавы (элек-

трические и магнитные поля, высокотемпературные перегревы, ультразвук) [1-5]. Многочисленные экспериментальные и теоретические исследования по влиянию внешних воздействий на расплавы в процессе кристаллизации и в период плавки показали, что они позволяют существенно измельчить структурные составляющие сплавов с повышением технологических и механических свойств.

### Анализ предыдущих публикаций

Железо очень мало растворимо в алюминии и уже при тысячных долях процента при низких температурах появляется новая фаза  $FeAl_3$ . Эта фаза, как считают в последнее время, является одной из виновниц высокой устойчивости и наследственности литой структуры алюминия и его сплавов, когда дендритное строение можно наблюдать даже после очень больших степеней пластической деформации (50-90%) и последующего рекристаллизационного отжига. Железо уменьшает электропроводность и химическую стойкость алюминия и его сплавов. Железо совместно с кремнием в алюминиевых сплавах образует эвтектику из твердого раствора на основе алюминия и кристаллов  $FeSiAl_5$ , которая имеет форму китайских иероглифов. Для нейтрализации вредного влияния железа в сплавы вводят марганец, бериллий, церий, хром, ванадий, никель и другие переходные металлы, которые подавляют образование  $\beta$ -фазы и способствуют выделению более сложных фаз ( $Al-Mn-Fe-Si$ ) и ( $Al_7Fe_3Be_7$ ), кристаллизующихся в компактной форме, например фаза  $Be_3SiFe$  имеет округлую форму, а фаза  $Al_8Si_6Mg_3Fe$  выделяется в виде тонких прожилок скектообразной формы [1, 4, 5].

Одним из перспективных способов влияния на морфологию железосодержащих фаз в процессе кристаллизации является обработка расплава электрическим током. Однако механизм физико-химического воздействия электрического тока на процесс кристаллизации исследован недостаточно как в экспериментальном, так и теоретическом плане. Имеющиеся данные носят отрывочный характер и часто противоречат друг другу [4].

В производственных условиях также применяют профилактические мероприятия с целью исключения контакта стального и чугунного плавно-заливочного инструмента и тиглей с алюминиевым расплавом и насыщением его железом, причем главная сложность получения качественного покрытия (обмазки) чугунных и стальных тиглей - обеспечение требуемой стойкости покрытия и его механической прочности. Для исключения контакта чугунных или стальных тиглей разработаны составы, способы изготовления и нанесения «Покрытия жаростойкого для чугунных и стальных тиглей» ТУ 100196035.006 - 2001, действие которых основано на несмачиваемости и химической нейтральности покрытий к жидкому алюминию [5].

Железосодержащие фазы имеют ковалентный тип межатомных связей, что обуславливает их направленность при кристаллизации. Для уменьшения анизотропии силовых полей валентных электронов в образующемся зародыше при кристаллизации необходимо изменить характер межатомного взаимодействия [1].

Один из возможных вариантов изменения формы и размеров включений фаз с ковалентным типом межатомных связей - введение в расплав примесей, атомы которых, растворяясь в растущем кристалле, ослабляют ковалентную составляющую связи между его атомами, и тем самым уменьшают ориентирующее действие кристалла на соприкасающуюся с ним жидкую фазу. Установлено, что измельчение железосодержащих фаз наблюдается после легирования расплава марганцем, хромом, молибденом и дополнительной обработки расплава элементами VI группы - серой, селеном и теллуром [1]. Модифицирование железосодержащей фазы серой или теллуром при соотношении, %,  $Fe/Mn = 2/1$  способствует увеличению количества фазы с гексагональной решеткой и сопровождается некоторым изменением ее параметра, а включения приближаются к правильным многогранникам. При этом добавки серы и теллура концентрируются в компактных включениях  $\beta_H$ -фазы.

Эффективный способ изменения морфологии кристаллизующихся фаз - затвердевание их в резко неравновесных условиях [3]. При этом создаются условия для измельчения зерна, значительного расширения растворимости в твердом состоянии, подавления роста грубых включений первичных интерметаллидов. Поэтому целесообразно использовать этот процесс затвердевания для устранения формирования грубых первичных железосодержащих фаз. Причем, если обеспечить мелкодисперсное их формирование, то они смогут выступать в качестве упрочняющей фазы.

Поэтому **целью статьи** является исследование влияния технологии комплексной обработки на структуру и механические свойства отливок из сплава АК7ч с повышенным содержанием железа при кристаллизации их в кокиле.

### Основной материал

Эксперименты проводили в производственных условиях ОАО «Днепропетровский агрегатный завод». Расплав АК7ч готовили в электрической печи сопротивления САТ-0,25. Заливали расплав при температуре 993 К в кокиль (подогретый до температуры 523 К) три цилиндрических отливки (высота 500 мм, диаметр 150 мм) по режимам:

- 1 - без обработки;
- 2 - с предварительной деформацией чушки (степень деформации 25%) при температуре 573 К;
- 3 - с предварительной деформацией чушки (степень деформации 25%) при температуре 573 К и добавлением 0,2 % модификатора («Таблетка дегазирующая с модифицирующим эффектом комплексная для доэвтектических и эвтектических силуминов» ТУ РБ 14744129.004-98).

Химический состав исследуемого сплава АК7ч приведен в таблице 1.

Таблица 1

Химический состав исследуемого сплава АК7ч

Al	Si	Fe	Mn	Ti	Mg
Основа	6.51	0.55	0.45	0.15	0.35

На рисунках 1-3 представлена микроструктура отливок из сплава АК7ч до и после обработки.

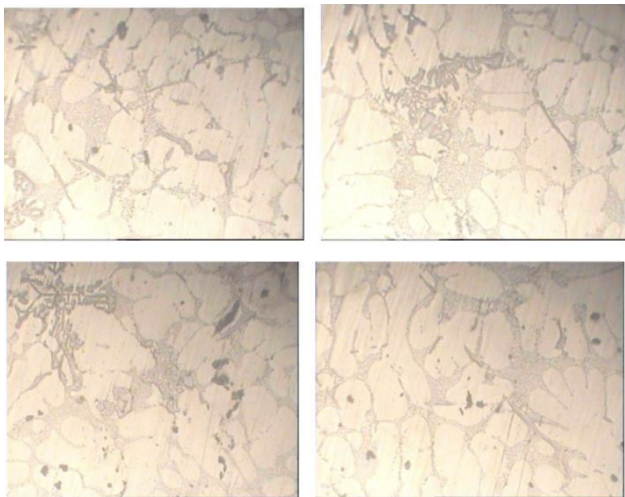


Рис. 1. Микроструктура отливки из сплава АК7ч без обработки. x106

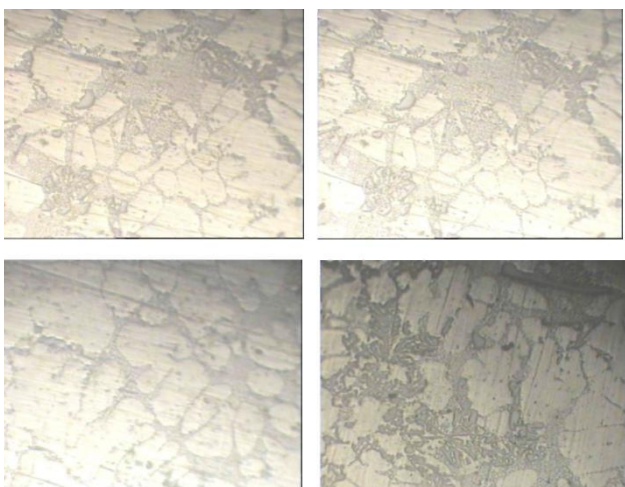


Рис.2. Микроструктура отливки из сплава АК7ч обработанного по режиму 2. x106

Микроструктура отливок без обработки состоит из твердого раствора алюминия  $\alpha_{Al}$ , эвтектики  $\alpha_{Al}+Si$  и фазы  $\alpha(AlFeMnSi)$ . В структуре отливок, прежде всего, обращает на себя внимание ярко выраженная разнотернистость, которая после обработки по режиму 2 и 3 сведена к минимуму. Степень измельчения зерна первичных кристаллов твердого раствора составила от 0,18 до 0,1 мкм при режиме 2 и от 0,18 до 0,06 мкм при режиме 3, то есть достигнуто измельчение в 1,5-3 раза. Изменение формы и размеров фазы  $\alpha(AlFeMnSi)$  также существенно. Форма фазы  $\alpha(AlFeMnSi)$  после обработки по режимам 2 и 3 стала близка к сферической, особенно четко это выражено после обработки по режиму 3.

В таблице 2 приведены результаты испытаний по определению механических свойств металла отливок из сплава АК7ч, полученного с применением комплексной технологии

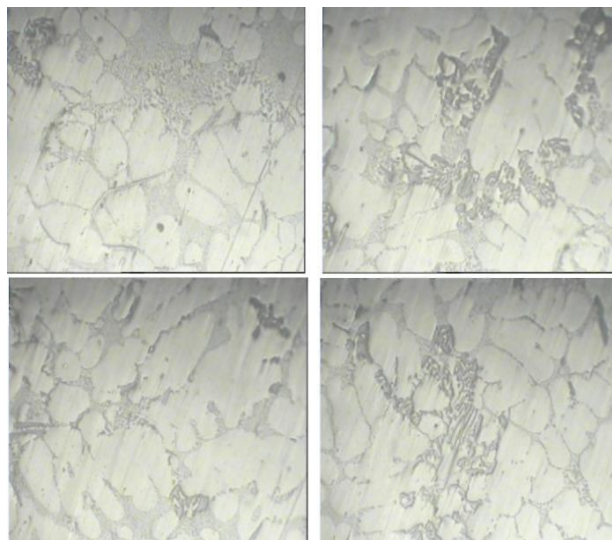


Рис.3. Микроструктура отливки из сплава АК7ч обработанного по режиму 3. x106

Таблица 2

Механические свойства металла отливок из сплава АК7ч до и после применения комплексной технологии

№	Предел прочности( $\sigma_B$ ), МПа	Относительное удлинение (d), %	Твердость (НВ)
1	165	2,2	501
2	182	2,5	503
3	201	3,6	504

По данным приведенным в таблице видно, что применение комплексной технологии позволило повысить механические свойства отливок: по режиму 2 - на 10-12%, по режиму 3 - на 20-30%.

### Выводы

Проанализировано влияние комплексной технологии на размер и форму структурных составляющих, а также на уровень механических свойств отливок из сплава АК7ч с повышенным содержанием железа при литье в кокиль.

В результате проведенных исследований удалось достигнуть изменения формы и размеров железо-содержащей фазы, повысить уровень механических свойств на 10-30%.

Комплексная обработка, включающая деформационную обработку шихты, модифицирование и кристаллизацию в неравновесных условиях позволила резко снизить негативное влияние железа и как следствие повысить уровень эксплуатационных свойств отливок.

### Литература

1. Немененок, Б.М. Теория и практика комплексного модифицирования силуминов [Текст] / Б.М. Немененок - Мн. Технопринт, 1999. - 272 с.

2. Возможность использования комплексного модификатора длительного действия на основе нанопорошков длительного действия для повышения качества отливок из алюминиевых сплавов [Текст]: Новые материалы и технологии в машиностроении-2005. Сб. трудов IV Международной научно-технической конференции. / Брянск: БГИТА - 2005. – С. 17 –23.
3. Селиверстов, В.Ю. Перспективы применения комбинированных способов управления структурообразованием литого металла [Текст] / В.Ю. Селиверстов, Ю.В. Доценко / Вісник ДДМА. - 2009. - № 1 (15). – С.267-273.
4. Затвердевание металлического расплава при внешних воздействиях [Текст]/ А.Н. Смирнов, В.Л. Пилошенко, С.В. Момот, В.Н. Амитан. - Д.: Издательство «ВИК» - 2002. - 169 с.
5. Ефимов, В.А. Физические методы воздействия на процессы затвердевания сплавов [Текст] / В.А. Ефимов, А.С. Эльдарханов. – М.: Металлургия, 1995. – 272 с.

**Запропонований метод, оптимальність якого полягає в одночасному визначенні параметрів режимів зварювання за вибраною альтернативною ціллю (ширина зварного шва) з непрямым урахуванням властивостей матеріалів, середовища, обладнання, приладів, зварювального та вимірювального інструментів**

**Ключові слова: метод візуалізації, лазерне зварювання, вибір режиму**

**Предложен метод, оптимальность которого заключается в одновременном определении параметров режимов сварки по выбранной альтернативной цели (ширина сварного шва) с косвенным учетом свойств материалов, среды, оборудования, приспособления, сварочного и измерительного инструментов**

**Ключевые слова: метод визуализации, лазерная сварка, выбор режима**

**The method which optimality consists from simultaneous determination of parameters of welding modes on the selected alternative purpose (width of a welded seam) with the indirect registration of materials properties, the environments, the equipment, the devices, welding and measuring tools is offered**

**Key words: imaging method, laser welding, mode selection**

УДК 681.325

## ОПТИМАЛЬНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА ЛАЗЕРНОЙ СВАРКИ ТОНКОСТЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

**А.Г. Лукашенко**

Докторант, кандидат технических наук, старший научный сотрудник  
Центр лазерной техники и технологий\*  
Контактный тел.: (0472)76-25-73  
E-mail: kafedra\_CKC@mail.ru

**Д.А. Лукашенко**

Аспирант  
\*Институт электросварки им. Е.О. Патона Национальной академии Украины  
ул. Боженко, 11, г. Киев, Украина, 03680  
Контактный тел.: (0472)76 -25-73  
E-mail: kafedra\_CKC@mail.ru

**И.А. Зубко**

Аспирант, ассистент\*\*  
Контактный тел.: (0472)71-42-43  
E-mail: kafedra\_CKC@mail.ru

**Р.Е. Юпин**

Аспирант, ассистент\*\*  
Контактный тел.: 093-917-22-12, (0472) 71-42-43  
E-mail: necrowman2@mail.ru

**В.М. Лукашенко**

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой  
\*\*Кафедра Специализированные компьютерные системы  
Черкасский государственный технологический университет  
бул. Шевченко, 460, г. Черкассы, Украина, 18006  
Контактный тел.: (0472)76 -25-73  
E-mail: kafedra\_CKC@mail.ru