

## ЛОКАЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНАЯ ОБРАБОТКА КРИСТАЛЛИЗУЮЩЕГОСЯ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА

*В.В. Новокрещенов*

## LOCAL ELECTRICAL-PULSED TREATMENT OF SOLIDIFYING ALUMINIUM ALLOY

*V.V. Novokreshchenov*

Рассмотрен способ локальной обработки кристаллизующегося алюминиевого сплава марки АК7ч импульсным электромагнитным воздействием. Представлен вариант экспериментальной установки, позволяющей влиять электромагнитным полем на ход кристаллизации силумина в локальной области отливки.

*Ключевые слова:* электроимпульсная обработка, локальное воздействие, установка, кристаллизация, алюминиевый сплав.

The communication considers the method of local treatment of solidifying AK7ch grade aluminium alloy by pulsed electromagnetic action. A version of experimental installation is presented that allows to affect the course of silumin crystallization in a local area of the casting by electromagnetic field.

*Keywords:* electrical-pulsed treatment, local action, installation, crystallization, aluminium alloy.

Одна из важнейших научно-технических задач заключается в улучшении комплекса физико-механических и эксплуатационных свойств металлических сплавов за счет применения физических методов воздействия. В последние годы наиболее перспективным и широко изучаемым способом управления структурой сплава является обработка наносекундными электромагнитными импульсами (НЭМИ), характерная его особенность состоит в однополярности и отсутствии осциллирующих колебаний в излучаемом поле [1, 2].

Исследования по применению данного способа обработки в период кристаллизации сплава АК7ч показали, что эффективная область электромагнитного воздействия располагается в 5–10 см вокруг места установки излучателя [3].

В связи с этим изучение локального воздействия НЭМИ на структуру алюминиевого сплава проводилось на модифицированной экспериментальной установке, схема которой представлена на рис. 1.

В отличие от установки [2] графитовые трубки уменьшены до 110 мм, на эту же глубину

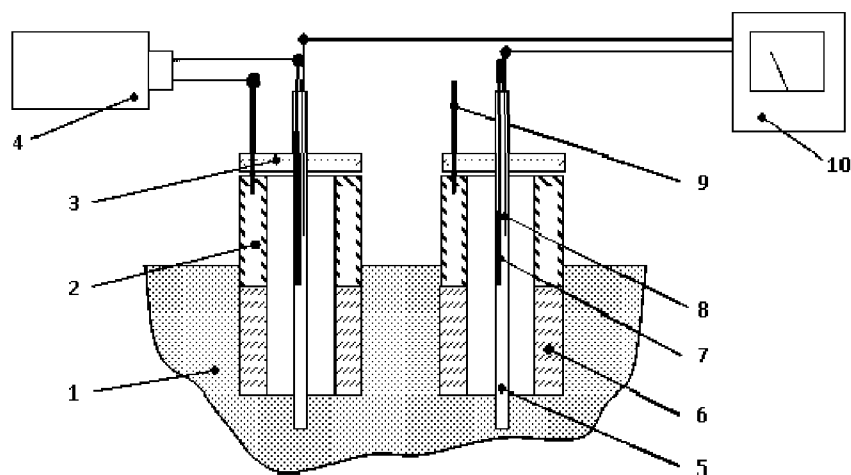


Рис. 1. Экспериментальная установка для создания локального электромагнитного воздействия на кристаллизующийся алюминиевый сплав: 1 – песчаноглинистая форма; 2 – графитовая трубка; 3 – асбестовая крышка; 4 – генератор НЭМИ; 5 – кварцевая трубка; 6 – кварцевая втулка; 7, 9 – медные электроды; 8 – термопара; 10 – милливольтметр



Рис. 2. Обработанный (справа) и необработанный (слева) цилиндры сплава АК7с с графитовыми трубками

от графитовой крышки погружены медные излучатели.

В результате проведенных экспериментов были получены цилиндрические образцы исходного и обработанного НЭМИ сплавов диаметром 60 мм и высотой 220 мм, представленные на рис. 2.

Для изучения характера влияния НЭМИ в отдельной взятой области отливки на структуру сплава из низкокачественной шихты использовался сплав АК7с с повышенным содержанием железа (0,6 мас. %). Температура заливки расплава составляла 700 °С.

Для проведения металлографических исследований из цилиндров вырезались пластины толщиной 10 мм вдоль оси установки кварцевой трубки. Полученные пластины разрезали на две

части и маркировались: 1 – контрольный верхний, 3 – экспериментальный верхний; 2 – контрольный нижний, 4 – экспериментальный нижний.

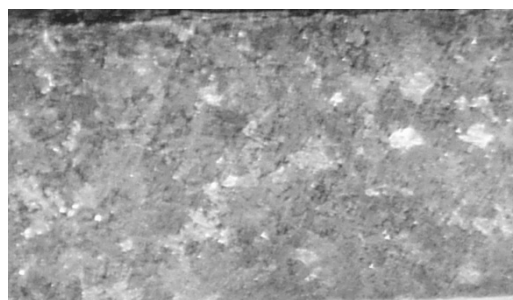
В результате анализа макроструктуры сплава установлено, что размер зерна из обработанной НЭМИ части слитка на 10–15 % меньше, чем в аналогичной части слитка исходного сплава. Фотографии характерных макроструктур образцов четырех типов представлены на рис. 3.

В ходе микроструктурных исследований на растровом электронном микроскопе JOEL JSM-64600LV были получены фотографии (рис. 4).

На фотографиях видно, что образец, сформированный в локальном поле НЭМИ (экспериментальный верхний), имеет наименьшие размеры дендритных ячеек  $\alpha$ -фазы (размер дендритов уменьша-



а)



б)



в)



г)

Рис. 3. Макроструктуры алюминиевых образцов: а – контрольный верхний; б – экспериментальный верхний; в – контрольный нижний; г – экспериментальный нижний

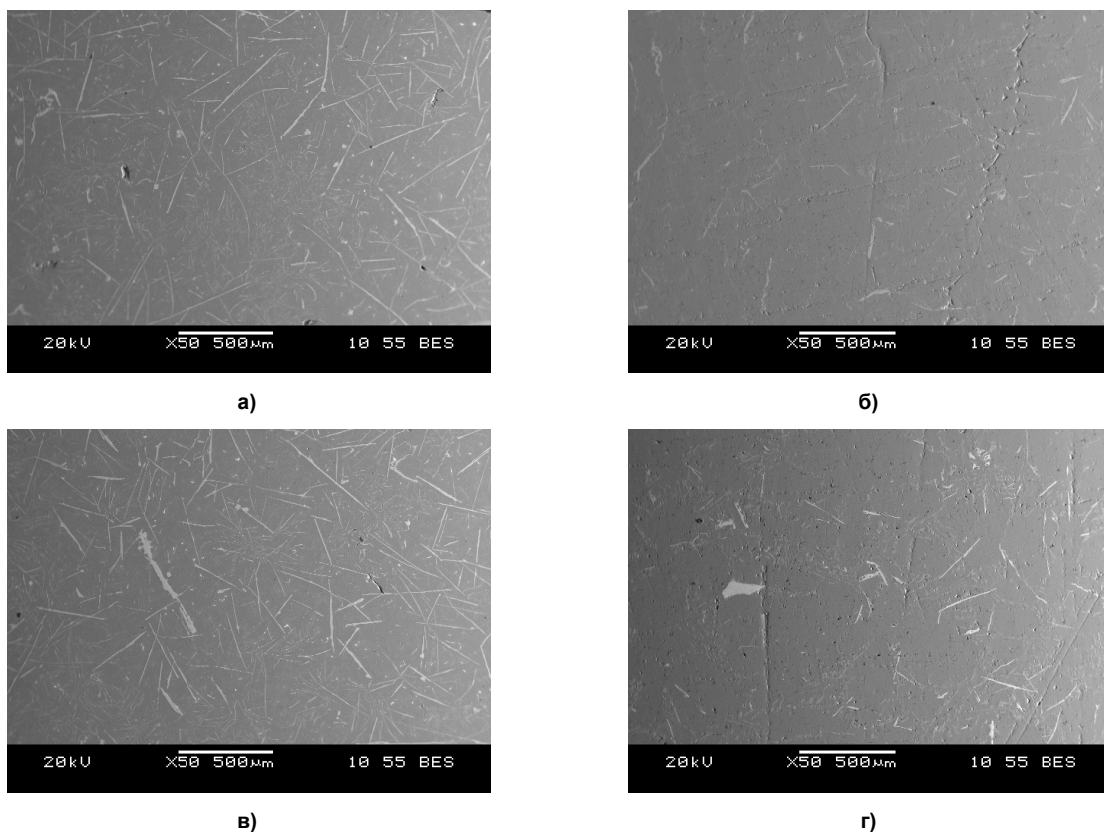


Рис. 4. Микроструктуры алюминиевых образцов: а – контрольный верхний; б – экспериментальный верхний; в – контрольный нижний; г – экспериментальный нижний

ется в 1,15 раза), и железистая фаза  $Al_xSiFe$  в ходе кристаллизации выделяется в компактной форме. Зафиксировано уменьшение количества макро- и микропор в экспериментальных образцах: во 2-м образце – в 1,8 раза; в 4-м образце – 2,3 раза.

Указанное влияние НЭМИ на кристаллизацию силумина можно объяснить с позиций основной закономерности физики контактной разности потенциалов. Под действием НЭМИ в локальной области расплава происходит пространственное разделение зарядов возникших зародышей с образованием электрических диполей. Электрическое поле диполей понижает потенциальную энергию электронов, новых зарождающихся твердых частиц в ближайших объемах расплава, и уменьшает их работу выхода из зародыша. Это уменьшает контактную разность потенциалов между расплавом и зародышем, снижается критический размер последнего, интенсифицируется процесс зародышеобразования в локальной области отливки.

Учитывая предположение о том, что в интерметаллиде  $Al_xSiFe$  ионы  $Fe^-$  несут избыточный отрицательный, а ионы  $Al^+$  и  $Si^+$  избыточные положительные заряды [4], противоположное воздействие НЭМИ на ионы  $\beta$ -фазы препятствует образованию ее кристаллической решетки. Наименее прочно связаны между собой ионы  $Fe^-$ ,  $Al^+$  и  $Si^+$  на острых углах зародыша. Поэтому скорость роста выступающих тонких частей кристалла замедляет-

ся и в верхней части отливки кристалл растет в более компактной форме.

В результате проведенных экспериментальных исследований установлена возможность эффективного воздействия НЭМИ на кристаллизующийся сплав силумина с повышенным содержанием железа в локальной зоне отливки.

#### Литература

1. Крымский, В.В. О новых возможностях воздействия наносекундных импульсов на расплавы металлов / В.В. Крымский, И.Н. Ермаков // *Литейщик России*. – 2010. – № 10. – С. 27–29.
2. Ермаков, И.Н. Применение генератора наносекундных электромагнитных импульсов в технологическом процессе изготовления отливок / И.Н. Ермаков, В.В. Новокрещенов // *Литейные процессы: межрегион. сб. науч. тр. / под ред. В.М. Колокольцева*. – Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2010. – Вып. 9. – № 1. – С. 67–70.
3. Ермаков, И.Н. Импульсное электромагнитное воздействие на кристаллизационный процесс силумина [АК7ч] // *Литейщик России*. – 2011. – № 7. – С. 17–18.
4. Влияние электрического тока на кристаллизацию алюминиевых сплавов, содержащих железо / В.Б. Деев, И.Ф. Селянин, Н.В. Башмакова и др. // *Литейщик России*. – 2007. – № 8. – С. 12–15.

Поступила в редакцию 25 июня 2012 г.