

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

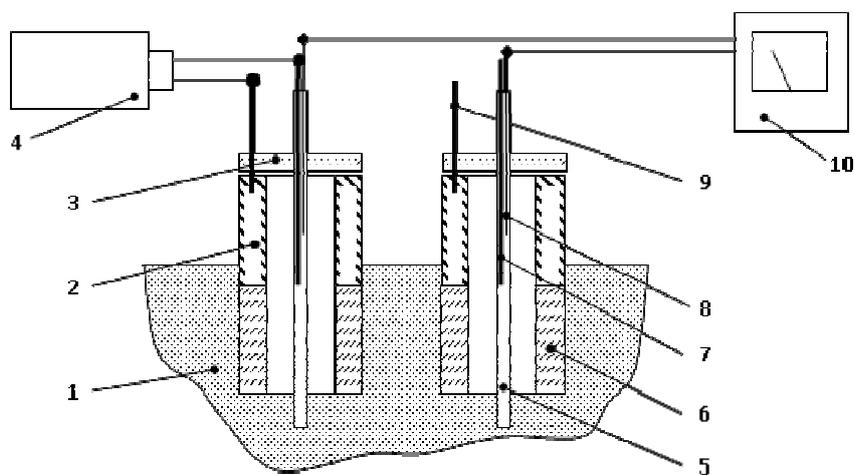


Рис. 1. Экспериментальная установка для создания локального электромагнитного воздействия на кристаллизующийся алюминиевый сплав: 1 – песчаноглинистая форма; 2 – графитовая трубка; 3 – асбестовая крышка; 4 – генератор НЭМИ; 5 – кварцевая трубка; 6 – кварцевая втулка; 7, 9 – медные электроды; 8 – термопара;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



Рис. 2. Обработанный (справа) и необработанный (слева) цилиндры сплава АК7ч 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 АК7ч 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.

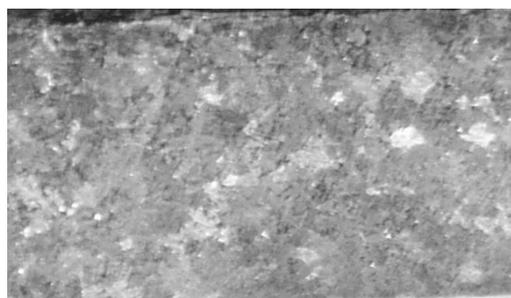
В результате анализа макроструктуры сплава установлено, что размер зерна из обработанной НЭМИ части слитка на 10–15 % меньше, чем в аналогичной части слитка исходного сплава. Фотографии характерных макроструктур образцов четырех типов представлены на рис. 3.

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 α -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

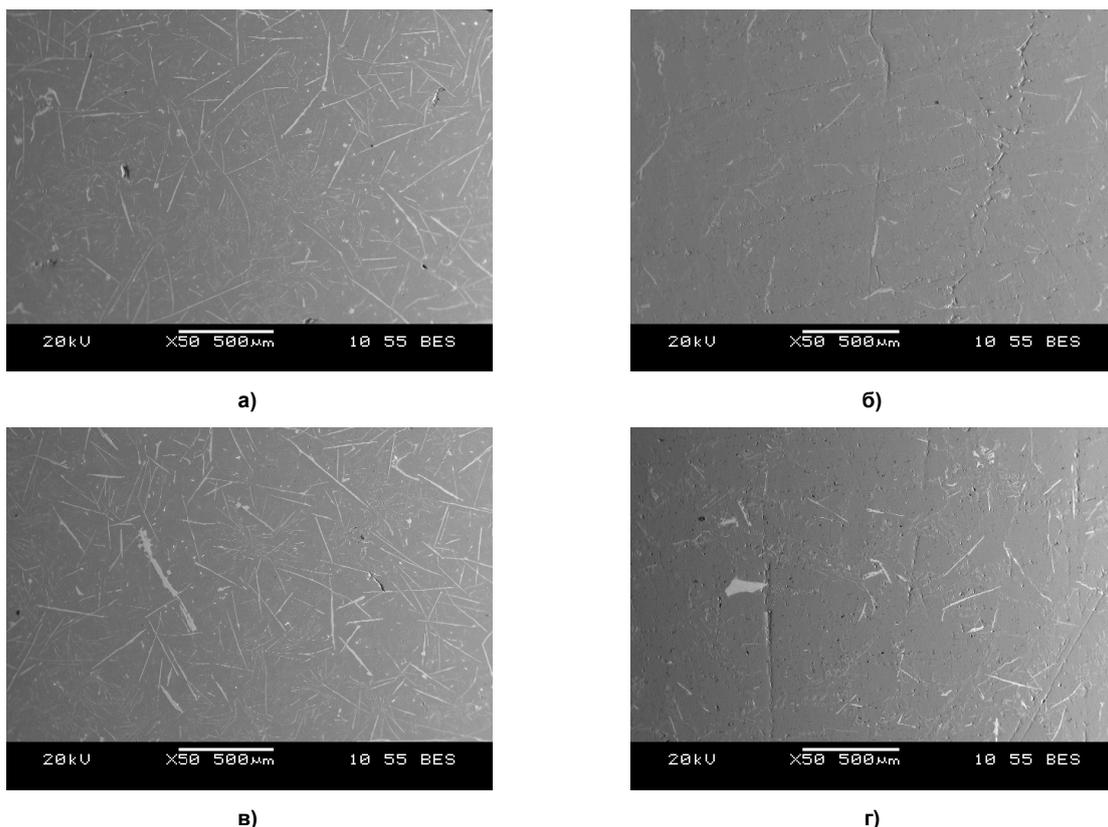


Рис. 4. Микроструктуры алюминиевых образцов: а – контрольный верхний; б – экспериментальный верхний; в – контрольный нижний; г – экспериментальный нижний

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 β -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. Баимакова и др. // *Литейщик России*. – 2007. – № 8. – С. 12–15.

Поступила в редакцию 25 июня 2012 г.