

Установлено расплавление (через 7 мин 40 с) в песчано-глинистой форме ранее затвердевшего слоя высокопрочного чугуна толщиной 3,5...6,0 мм. Только при выливании через 23 мин слой затвердевшего металла составил 2,7...6,5 мм.

Ускоренное затвердевание части отливки Ø 500мм, охлаждающейся в кокиле, по сравнению с ниже лежащей частью отливки Ø 350мм, охлаждающейся в песчано-глинистой форме, нарушает питание усадки и обуславливает образование усадочных дефектов. Установлено несимметричность процесса затвердевания по радиусу отливок из высокопрочного чугуна в комбинированной кокильной и песчано-глинистой литейной формах, описаны причины этого явления.

УДК 621.745.56: 621.3.017.71.

**В. Н. Цуркин А. В. Иванов, С. С. Череповский**

Институт импульсных процессов и технологий НАН Украины, Николаев

### **ЭЛЕКТРОТОКОВОЕ ТЕРМОСТАТИРОВАНИЕ РАСПЛАВА**

Качество любого металла в значительной степени зависит от процессов формирования его структуры при переходе из жидкого состояния в твёрдое, но в определенных условиях теплоотвода. Последнее обстоятельство (особенно для больших масс металла) играет ключевую роль в формировании показателей свойств литого металла. И если для одних сплавов и технологических процессов выплавки и разливки необходимо обеспечивать как можно более высокую скорость кристаллизации, то для исходных данных важно обеспечить выравнивание температуры в объеме металла и (или) выдержку заданной температуры с задаваемой скоростью охлаждения.

Цель данной работы – показать функциональные возможности электротокowego способа выравнивания температуры в объёме охлаждаемого сплава с заданной скоростью.

Преимущество электрического тока для достижения указанной цели заключается прежде всего в том, что кроме возможности подогрева с помощью Джоулева тепла внутри расплава, можно, используя разные варианты конфигураций неоднородного электрического поля в объекте обработки, добиваться в его объёме выравнивания температурных градиентов.

В работе для лабораторных исследований использован чистый алюминий, который плавил в шахтной термопечи, в графитовом тигле. Масса одной порции металла в эксперименте составляла 150 грамм.

Охлаждение после выплавки при 740°C осуществляли как в печи с отключенными от источника тока ТЭНами, так и вне печи в условиях естественного охлаждения на воздухе.

Ток в расплав подводили с помощью титановых электродов, которые были выполнены в виде прутков диаметром 3 мм и подключались к источнику постоянного тока. Диапазон исследованных амплитуд тока составлял от 50 до 150А. Температура расплава регулировалась хромель-алюмелевыми термопарами и терморегуляторами ТК-4К. Термопары размещались у зеркала расплава и у дна тигля. Исследован температурный интервал охлаждения от 720 до 650°C.

В указанных пределах варьируемых параметров получены данные, которые показывают функциональную возможность кондукционного электрического тока снижать скорость охлаждения в несколько раз, поддерживать заданную температуру, распределенную равномерно в объеме расплава (по высоте металлического столба), или же дополнительно прогревать расплав от определенных температурных значений массы металла. Практически для всех варьируемых параметров выравнивание температуры в условиях эксперимента по высоте расплава осуществляется за 20 секунд.

Используя теорию размерностей и подобия, в работе предложен безразмерный параметр, учитывающий параметры нагружения, массу металла и его физические свойства, определяющие нагрев и теплопередачу.

$$Const = \frac{I^2 \cdot R \cdot \tau^2}{M \cdot D}, \quad (1)$$

где: I-Сила тока; А;

R- сопротивление металлического образца; Ом;

$\tau$  – время обработки;с;

M – масса металла; кг ;

D –коэффициент температуропроводности; м<sup>2</sup>/с.

В других терминах масштабный фактор (1) примет вид

$$Const = \frac{j^2 \cdot \sigma \cdot \tau^2}{\rho \cdot D}, \quad (2)$$

где: j – плотность тока ; А/м<sup>2</sup>;

$\sigma$  – удельное сопротивление расплава; Ом ;

$\rho$  – плотность расплава; кг/м<sup>3</sup>.

Полученные результаты свидетельствуют о широких функциональных возможностях Джоулева нагрева при кондукционной обработке расплава выравнивать температурные градиенты в его объеме и обеспечивать заданную скорость охлаждения. Кроме того, обработка расплава электрическим током является активным инструментом для формирования более благоприятной структуры литого металла, которая обеспечивает повышенные значения его свойств [1].

### **Список литературы**

1. *Иванов А.В., Синчук А.В., Цуркин В.Н.* Электротоксовая обработка жидких и кристаллизующихся металлов в литейных технологиях // *Электронная обработка материалов*, 2011. – №47(5), – с.89-98.

УДК 669.15.018:25-194

**Щеглов В. М., Примак И. Н., Кондратюк С. Е., Пархомчук Ж. В.**

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, г. Киев.

### **К ВОПРОСУ ЭФФЕКТИВНОСТИ МОДИФИЦИРОВАНИЯ СТАЛИ**

Исследование места ЩЗМ (в основном Са) в производстве стали с возможностью регулирования состава, морфологии, количества неметаллических включений (НВ) интенсивно начали изучать с начала 1970 г., в основном для решения следующих задач:

- улучшения механических свойств по толщине проката;
- снижения чувствительности трещинообразования при нагреве, особенно в зонах термического влияния сварных швов;
- понижения чувствительности высокопрочных сталей для магистральных трубопроводов к водородному охрупчиванию в кислотной, газовой или нефтяной средах.

Раньше указанные металлургические требования частично удовлетворяли за счет обработки жидкой стали редкоземельными элементами, алюминием и др., однако повышенная загрязненность НВ, в т. ч. цериевая неоднородность, не всегда позволяли решать поставленные перед металлургическим производством задачи. Отличием активных элементов РЗМ, способных глубоко связы-