

МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУР В ИССЛЕДОВАНИИ ХАРАКТЕРА ЗАТВЕРДЕВАНИЯ ОТЛИВКИ

И.Н. Ердаков, В.В. Новокрещенов, И.В. Саламатов, Л.Н. Сабирова

THE METHOD OF TEMPERATURE MEASUREMENT IN STUDYING THE CHARACTER OF SOLIDIFICATION OF A CASTING

I.N. Erdakov, V.V. Novokreshchenov, I.V. Salamatov, L.N. Sabirova

Рассмотрен один из методов исследования механизма и скоростей затвердевания отливок – метод измерения температур (МИТ), проведен сравнительный анализ МИТ с другими методами, представлены результаты экспериментов термометрирования затвердевающих отливок.

Ключевые слова: литье, предпосылки развития, эффективная технология, основы ресурсосбережения, принципы.

The communication considers one of the methods of studying the mechanism and rates of casting solidification, namely the method of temperature measurement (MTM). A comparative analysis of MTM and other methods is carried out and the results of experiments of thermomonitoring of solidifying castings are presented.

Keywords: casting, preconditions of development, effective technology, foundations of resource-saving, principles.

В теории литейных процессов для изучения механизма и скоростей затвердевания отливок исторически использовались: метод выливания жидкого остатка, метод измерения температур, метод аналогий, метод математического анализа [1–3].

Применение метода последовательного выливания жидкого остатка из залитых форм простой конфигурации через заданные промежутки времени позволяет получить ценную информацию в изучении скоростей затвердевания отливок. Но этим методом можно измерять только скорость нарастания твердой корки металла, на поздних стадиях затвердевания отливки он не применим, так как поверхностная твердая корка не дает возможность вылить жидкий металл, а для сплавов со значительным интервалом затвердевания он будет давать неудовлетворительные результаты. Твердая корка будет содержать жидкий металл либо весь сплав будет выливаться из формы или застревать в ней.

В методе аналогий или моделирования поток тепла или распределение температур имитируются агентами, свойства которых легко поддаются измерениям, например, в электрических цепях, электролите или мыльных пленках. Главные факторы, сдерживающие распространение данного метода в исследованиях, – точное знание теплофизических характеристик сплава, его поведение в твердом жидком состоянии и применение аналогии только к стационарному тепловому потоку.

Метод проведения математического анализа процесса затвердевания отливки с позиций способа решения поставленной задачи разделяется на аналитический и метод математического прибли-

жения [4, 5]. Учитывая высокую сложность, аналитический расчет теплопередачи в затвердевающей отливке получен для небольшого количества простых случаев. Метод математического приближения эффективно реализуется в современных системах инженерного анализа, но также требует знания всех теплофизических свойств используемых материалов, особенно в исследовании скоростей затвердевания сплавов.

Отдельное место в теории литейных процессов занимает метод измерения температур. Всеобщее признание этого метода связано в первую очередь с отсутствием каких-либо сложностей в проведении.

В заданных местах затвердевающей отливки устанавливаются термопары. Строятся кривые охлаждения сплава, начиная с момента заливки сплава в форму и заканчивая заданной температурой затвердевшей отливки.

Например, в исследовании кристаллизации алюминиевого сплава (АК7ч) в импульсном электромагнитном поле и в изучении характера затвердевания плиты из стали 110Г13Л при разных способах заполнения формы [6, 7] были использованы следующие схемы установки термопар, представленные на рис. 1 и 2 соответственно.

Результаты измерений температур приведены на рис. 3 и 4.

В исследованиях кристаллизации силумина использовали хромель-алюмелевую термопару, а в случае со сталью – вольфрам-ренийевую. Термопары были защищены наборной керамической оболочкой и подключены к электронному автоматическому потенциометру ЭПР-09мз.

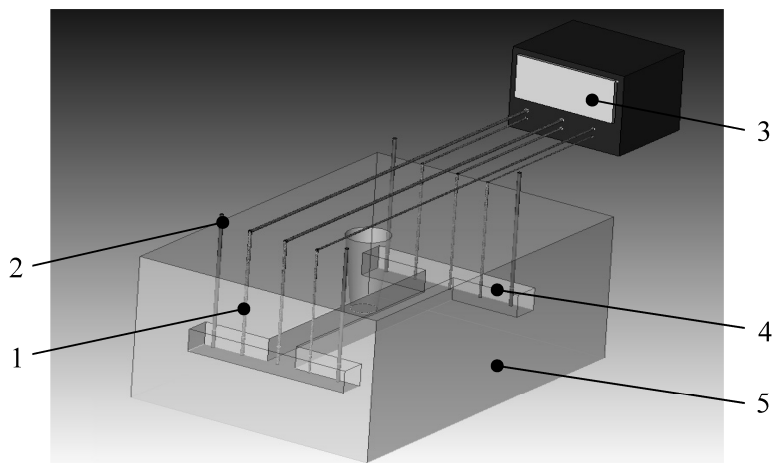


Рис. 1. Объемная схема экспериментальной установки исследования кристаллизации сплава АК7ч в импульсном электромагнитном поле: 1 – термопара; 2 – медный электрод; 3 – потенциометр; 4 – литейная полость; 5 – песчано-глинистая форма

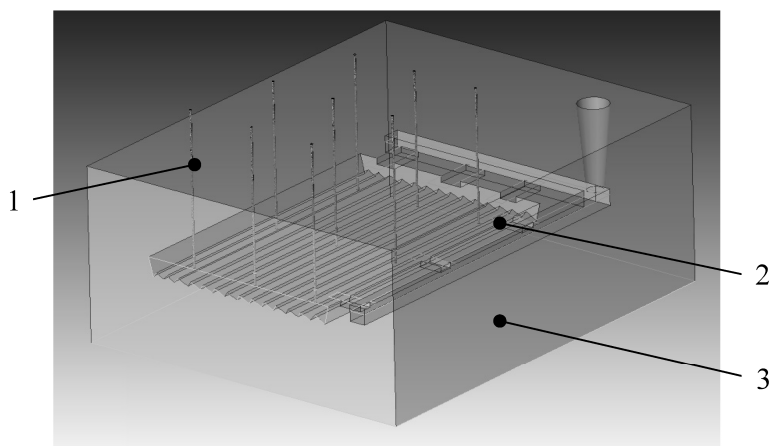


Рис. 2. Объемная схема экспериментальной формы в исследовании характера затвердевания стальной плиты при ее заполнении через разработанную литниково-питающую систему: 1 – термопара; 2 – литейная полость; 3 – песчано-глинистая форма

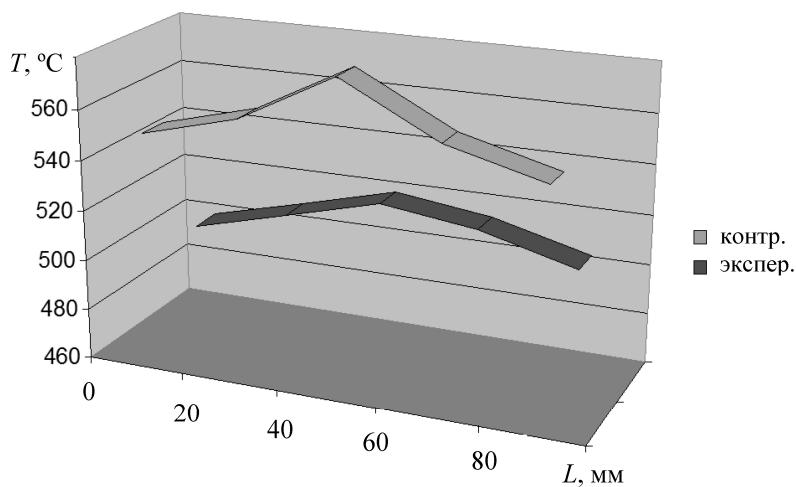


Рис. 3. Изменение температуры в затвердевающих брусках из АК7ч (контрольный и экспериментальный) через 100 с после заливки формы (L – длина бруска)

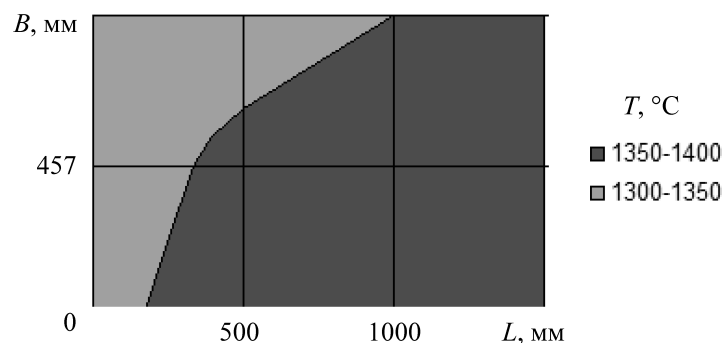


Рис. 4. Температура затвердевающей стальной плиты, при заполнении формы по разработанной литниковой системе, через 500 с после заливки (B – ширина плиты, L – длина плиты)

Результаты измерения температуры остывающих отливок позволили сделать вывод о характере затвердевания. Установлено, что из-за интенсификации электромагнитным полем процесса зародышеобразования силумин начинает раньше переходить в твердое состояние, и к моменту времени 100 с после заливки формы экспериментальный образец имеет более низкие значения, чем контрольный (см. рис.3).

В ходе проведенного анализа затвердевания стальной плиты, залитой по разработанной конструкции литниково-питающей системы, было установлено, что из-за интенсивного перемешивания расплава в форме один из углов литейной полости разогревается. В результате этого перед началом затвердевания температурное поле отливки приобретает значения, при которых затвердевание начинается с противоположного стояку угла плиты. Фронт кристаллизации сплава перемещается вдоль диагонали отливки (см. рис. 4).

Обязательным условием обеспечения точности измерения температур данным методом является калибровка партии проволоки, из которой сделаны термопары, а также размещение термопар параллельно изотермам отливки или формы. Последнее исключает теплопередачу вдоль проводов.

Метод измерения температур не требует знания теплофизических свойств всех материалов, дает точную информацию в интервале затвердевания сплава, метод быстр, им можно определять температурный градиент в различных точках отливки, формы и на границе.

Литература

1. Гуляев, Б.Б. Теория литейных процессов / Б.Б. Гуляев. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1976. – 216 с.
2. Баландин, Г.Ф. Основы теории формирования отливок: в 2 ч. / Г.Ф. Баландин. – М.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1976. – Ч. 1. – 328 с.
3. Раддл, Р.У. Затвердевание отливок / Р.У. Раддл. – М.: Машигиз, 1960. – 390 с.
4. Развитие теории трещиностойкости отливок / М.А. Иванов, В.И. Швецов, Е.Л. Волосатова, Д.В. Изотов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Металлургия». – 2011. – Вып. 17. – № 36 (253). – С. 48–50.
5. Иванов, М.А. Температурные поля изложницы при литье однотонных блоков цилиндра / М.А. Иванов, В.И. Швецов, Б.А. Кулаков // Вестник ЮУрГУ. Серия «Металлургия». – 2005. – Вып. 6. – № 10 (50). – С. 99–101.
6. Ермаков, И.Н. Влияние импульсного электрического воздействия на кристаллизацию силумина (АК7ч) и стали (20ГЛ) / И.Н. Ермаков, В.В. Новокрепцов // Литейные процессы: межрегион. сб. науч. тр. / под ред. В.М. Колокольцева. – Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2010. – Вып. 9. – № 1. – С. 54–57.
7. Ермаков, И.Н. Ресурсосберегающий аспект в производстве литых плит из стали Гадфильда / И.Н. Ермаков // Заготовительные производства в машиностроении. – 2011. – № 11. – С. 3–5.

Поступила в редакцию 25 июня 2012 г.