

ничения, накладываемые внешней средой на возможные решения. Многочисленные психологические исследования показывают, что сами конструкторы или ЛПП без дополнительной аналитической поддержки используют упрощенные, а иногда и противоречивые решающие правила.

Литература

1. Борисов А.Н., Крумберг О.А., Федоров И.П. Принятие решений на основе нечетких моделей:

Примеры использования. – Рига: Зинатне, 1990. – 184 с.

2. Харатишвили Д. Рынок «облачных» услуг в цифрах и фактах // Компьютер Пресс № 8 2010. - [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.compress.ru/article.aspx?id=21549&iid=984>. Дата обращения: 28.10.2013.

ПРИБОР И МЕТОДИКА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТИ ОХЛАЖДЕНИЯ РАСПЛАВА

Семенков И.В.

Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр-т Ленина, 30
E-mail: martjushev@tpu.ru

Введение

Значительное количество научных исследований в материаловедении посвящено проблемам формирования структуры и свойств материалов в процессе кристаллизации. Один из наиболее часто изучаемых параметров это скорость охлаждения. Скорость охлаждения достаточно просто изменить путем изменения материала литейной формы, нагрева или охлаждения литейной формы. При этом влияние, оказываемое на структуру и свойства этого фактора, зачастую оказывается весьма значительно. Например, для антифрикционных марок бронз (свинцовистых, свинцово-оловянистых) изменение скорости охлаждения в процессе кристаллизации приводит к изменению формы свинцовых включений, величины зерна и параметров дендритной ячейки матрицы, количества твердого эвтектоида. Все эти изменения сказываются на свойствах отливок [1]. Среди уже проведенных исследований имеется множество работ посвященных свойствам получаемым отливками в литейные формы из различных материалов, но при этом количественные значения скоростей охлаждения при этом, как правило, не приводятся.

Материал и методы исследования

Данная работа посвящена созданию и апробированию методики определения скоростей охлаждения в процессе кристаллизации свинцово-оловянистых бронз. Из существующих способов влияния на скорость охлаждения было выбрано два – использование форм различной теплопроводности и нагрев литейной формы до различных температур [2]. Сочетание двух этих способов дает возможность получать скорости охлаждения отливки в широком интервале и вместе с тем не требует значительных затрат времени и средств на их реализацию.

С помощью прибора «Термограф», разработанного на кафедре ПМЭ Томского политехнического университета, строились зависимости тем-

пературы залитого расплава от времени. По построенным зависимостям в интервале от температуры заливки до 800°C, (включая кристаллизацию медной матрицы расплава), определялась средняя скорость охлаждения.

Построение зависимостей температуры отливки от времени охлаждения проводилось по одинаковым схемам, как для форм, нагретых до различных температур, так и для форм с нанесенными обмозками различных составов.

В качестве материала заливаемого в литейную форму была выбрана бронза марки БрОС10-10. Эта бронза состоит из 10% свинца, 10% олова и 80% меди.

Для определения скоростей охлаждения расплава бронзу заливали в формы с разной теплопроводностью: массивный чугунный кокиль (отношение массы отливки к массе формы 1:8) и в графитовую форму. Формы нагревались до различных температур (20 °C, 200 °C, 400 °C, 600 °C, 800 °C) [2].

Хромель-алюмелевую термопару (диаметр проволоки 0,3 мм) располагали на 1/2 глубины (рис. 1) в соответствии с рекомендацией [3]. Отливка имела вид параллелепипеда с размерами 80×15×15 мм. Регистрация значений термоЭДС термопары велась с помощью высокоскоростного прибора «Термограф» [4] (рис. 2). Прибор способен регистрировать до 40 значений термоЭДС за 1 с и вносить в память 1600 показаний, за одно исследование. Объем памяти прибора позволяет производить до 16 исследований без передачи данных на компьютер.

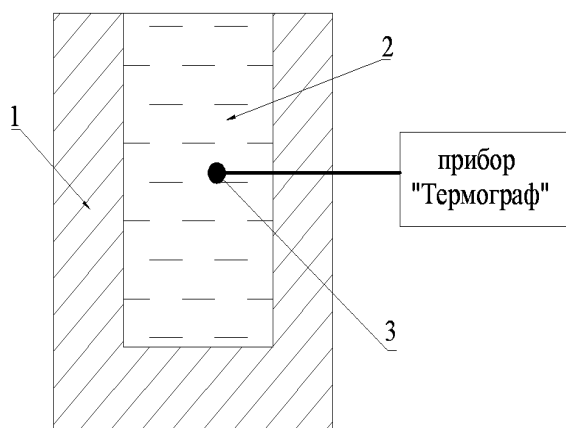


Рис. 1. Схема использования прибора «Термограф» в экспериментальных работах: 1 – литейная форма; 2 – расплав; 3 – хромель-алюмелевая термопара

Далее обработка результатов и построение графических зависимостей велись при помощи компьютерной программы «ТермоХр» [5].

Результаты исследования и их обсуждение

В ходе проведенных экспериментальных работ были построены по описанной выше методике кривые охлаждения для антифрикционной бронзы марки БрС10. Из построенных кривых охлаждения для чугунного кокиля на рис. 2 видно, что на начальном этапе охлаждения (первые 5-6с от момента заливки расплава в форму) для всех кривых температура резко падает до определенной температуры (своя для каждой кривой). При достижении этой температуры наступает тепловой баланс между залитым расплавом и нагретой литейной формой, после чего идет постепенное охлаждение формы и заготовки на воздухе. Кривые охлаждения в это время (10...40 с от старта отсчета) практически параллельны.

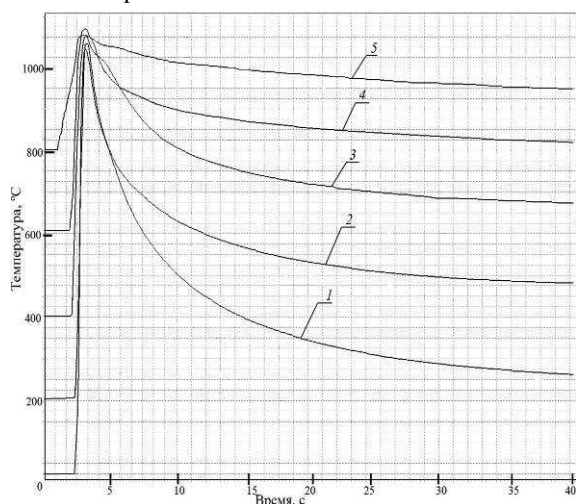


Рис. 2. Кривые охлаждения бронзы БрС10 при заливке в чугунную форму, нагретую до температуры: 1 – 20 °C; 2 – 200 °C; 3 – 400 °C; 4 – 600 °C; 5 – 800 °C.

Зависимость температуры залитого в форму расплава от времени, прошедшего с момента заливки для графитовой литейной формы аналогична зависимости на рисунке 2. Так же наиболее интенсивное охлаждение отливки идет в первые 4...5 с от момента заливки [6]. После этого идет постепенное охлаждение формы и заготовки. Вместе с этим наблюдаются отличия в скорости падения температуры в начальный момент охлаждения. Кроме того, значение температуры, при которой начинается плавное охлаждение отливки для графитовой формы выше, чем для чугунной (для одинаковых температур нагрева литейной формы).

Таблица 1. Скорости охлаждения бронзы БрОС10-10 в интервале температур 1050...800 °C, в зависимости от температуры нагрева формы

Температура нагрева, °C	Скорость охлаждения для графитовой/чугунной форм, °C/c
20	158/180
200	137/165
400	43/55
600	25/40
800	10/15

По построенным кривым на рис. 2 были измерены скорости охлаждения, их значения представлены в таблице 1.

Измерение скоростей проводилось в интервале температур 1050...800 °C, включающем диапазон кристаллизации расплава. Анализ значений, приведенных в таблице 1, показывает, что скорость охлаждения литейной формы комнатной температуры и нагретой до 800 °C отличается более чем в 10 раз. Весь используемый диапазон скоростей охлаждения расположен в пределах от 10 до 180 °C/c. Это дает возможность наиболее полно оценить влияние скорости охлаждения расплава в момент кристаллизации исследуемых бронз на микроструктуру и свойства.

Результаты исследования представленные в настоящей работе выполнены при поддержке гранты Президента РФ МК-6661.2013.8.

Заключение

Таким образом, скорость охлаждения при заливке расплава бронзы в чугунную литейную форму комнатной температуры для наиболее часто промышленно используемых отношений массы отливки к массе формы (1:5, 1:10) составляет ~150 °C/c. Скорости охлаждения при изготовлении отливки в чугунной форме и в графитовой форме отличаются на величину ~30...40 %. Показано, что предварительный подогрев литейной формы позволяет значительно снизить скорость охлаждения отливки и увеличить время нахождения расплава в жидком состоянии. Из кривых

охлаждения видно, что предварительный нагрев литейной формы до высоких температур 500...800 °С позволяет выявить площадку кристаллизации и тем самым определить температуру кристаллизации материала.

Литература

1. Мартюшев Н.В., Петренко Ю.Н., Егоров Ю.П. Производство поршневых колец компрессоров высокого давления // Литейное производство. – 2008. – № 8. – С. 24-26.

2. Мартюшев Н.В., Семенов И.В. Структура и свойства бронзовых отливок при различных скоростях охлаждения // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 6. – С. 1-1.

3. Мартюшев Н.В. Влияние условий кристаллизации на структуру и свойства бронз, содержащих свинец // Металлургия машиностроения. – 2010. – № 4. – С. 32-36.

4. Мартюшев Н.В. Параметры дендритной структуры медных сплавов // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2011. – № 11-3 (54). – С. 229-232.

5. Мартюшев Н.В. Влияние условий кристаллизации на свойства отливок из бронзы брос 10-10 // Литейное производство. – 2011. – № 6. – С. 11-13.

6. Мартюшев Н.В., Егоров Ю.П., Утьев О.М. Компьютерный анализ структуры материалов // Обработка металлов: технология, оборудование, инструменты. – 2003. – № 3. – С. 32.

ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО МЕТАЛЛОГРАФИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Семенов И.В.

Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр-т Ленина, 30
E-mail: martjushev@tpu.ru

Введение

Количественная оценка параметров структуры материалов является одной из задач в исследовательских работах по определению влияния технологических факторов и различных видов обработки материалов. Такая оценка может быть проведена как для видимой плоскостной микроструктуры, так и для пространственного строения [4, 6]. Одной из задач данной работы было проведение количественной оценки параметров включений легкоплавкой фазы. Наибольшей трудоемкостью в оценках структуры является первичный замер геометрических параметров структурных составляющих. Проведение таких исследований “вручную” требует большого количества времени и появляется субъективная погрешность исследователя. Ранее существовало дорогостоящее оборудование, такое, например, как металлографические комплексы “EPIQUANT” или “Квантимак” для автоматического структурного анализа. С развитием цифровой техники появилась возможность проводить исследование с гораздо большей производительностью и меньшими затратами на оборудование. Так авторы работы [1] предлагают использовать универсальные компьютерные программы по обработке изображений Adobe PhotoShop и Corel Photo Paint. Однако недостатком этого метода является наличие нескольких программ и умение работать с ними, а так же возможность получения только одного параметра – объемной доли. Определять средний размер частиц структуры, дисперсию и коэффициент корреляции данные программы не могут. Существуют разработанные программные комплексы для проведения количественного анализа микроструктур фирм SIAMS и Carl Zeiss, но эти продукты доро-

гостоящи, сложны для изучения и в них часто отсутствуют специальные модули для специфического анализа включений контрастной фазы, например определения среднего размера частиц включений, отклонения частиц от круглой формы и т.п.

Кафедрой МТМ была разработана компьютерная программа для обработки изображений и количественной оценки параметров микроструктуры “Система КОИ” [2]. Написание программы велось на языке с++ с применением программного пакета Borland C++Builder. Разработанная программа служит для расчета объемной доли и среднего размера частиц структуры и позволяет производить расчет по нескольким сотням секущих (зависит от разрешения фотографии) в одном поле зрения [3].

Алгоритм работы программы заключается в следующем: в цифровом виде исследуемое изображение представляется в виде большого количества точек – пикселей, расположенных последовательно в виде горизонтальных цепочек. Непосредственно файл содержит коды цветов пикселей, а их координаты получаются автоматически. Программа извлекает коды цветов, сравнивает с заданными пользователем значениями и, в зависимости от результата, добавляет к банку данных белой, либо черной фазы. Так собирается информация о количестве черной и белой фазы, процент серой фазы вычисляется как остаток.

Одной из возможностей, реализованных в разработанной программе, является построение с её помощью гистограммы по длине частиц для различных исследуемых фаз. Это позволяет провести более полные исследования распределения включений в исследуемых образцах по форме и разме-