

УДК 669.017.3:669.15

А.А. Балакин, А.И. Денисенко

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС НА БАЗЕ МОДЕРНИЗИРОВАННОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СТАЛЕЙ МЕТОДОМ “СТОП-ЗАКАЛКИ”

Введение и анализ публикаций

Развитие промышленного производства как в Украине, так и за рубежом постоянно требует создания новых материалов с повышенным комплексом свойств, главенствующее место среди которых занимают легированные стали. Отличительная особенность современных легированных сталей состоит в том, что, имея сложный химический состав, они характеризуются многостадийным процессом затвердевания, предполагающим последовательное осуществление ряда фазовых превращений [1]. Как известно [2], связь между технологией и свойствами не является непосредственной, а раскрывается исключительно через структуру самих материалов, которая соответствует центральному звену цепи «технология-структура-свойства». Под наследственностью в широком плане понимают не только восстановление зерна [3], но и сохранение в металле после фазового или структурного преобразования некоторых особенностей макроскопического, микроскопического или субмикроскопического строения исходной структуры. Термическая обработка металлов также представима как информационная технология [4], формирующая информационный код структуры, обеспечивающей свойства металлов.

Основной целью различных вариантов термической обработки сталей является изменение фазового состава как матрицы, (соотношение феррита, аустенита, мартенсита), так и вторичных выделяющихся фаз (карбидов, нитридов и т.д.), поскольку фазовый состав сталей играет определяющую роль в формировании их свойств – физических, механических, коррозионных [5]. В работе [6] акцентировано внимание на то, что температурно-временную обработку расплава следует объединять с интенсивным теплоотбором

© Балакин А.А., Денисенко А.И., 2009

при кристаллизации для сохранения всех преимуществ создания значительного количества зародышей кристаллизации в интервале твердо-жидкого состояния расплава. Метод закалки из твердо-жидкого состояния позволяет гибко моделировать температурные условия плавления и затвердевания быстрорежущих сталей в достаточно большом диапазоне температур и скоростей.

В отличие от углеродистых сталей, где перитектическое превращение осуществляется с высокой скоростью в узком интервале температур и практически не сказывается на конечной структуре, в легированных сталях складывается обратная ситуация. Наличие в химическом составе сталей таких элементов, как хром, молибден, вольфрам и других, – эффективно влияет на кинетику перитектического превращения, часто делая его основополагающим в формировании комплекса свойств затвердевшего металла [1].

Для исследования высокотемпературного структурообразования в легированных сталях было создано экспериментальное оборудование [7], позволяющее методически строго фиксировать закалкой высокотемпературное состояние образца [1]. Основу конструкции установки (см. рис. 1а) составила вакуумная печь с закалочной емкостью. Подробно конструкция установки для “стоп-закалки” стали, а также расчет основных ее параметров и результаты поверочных экспериментов описаны в работах [1, 7].

Однако относительно сложная система электрического питания печи [1], собранная на базе автоматического пропорционально-дифференциального регулятора с широтно-импульсным принципом управления электронными вентилями и с применением генератора линейно изменяющегося напряжения для поддержания скорости изменения температуры в интервале 0,5 – 200,0 К/мин, со временем превратилась в основной фактор, ограничивающий как диапазон динамических параметров временной зависимости температуры печи, так и точность их отслеживания при формировании.

Постановка задачи

Вследствие вышеизложенного представляется актуальной как необходимость модернизации установки для исследования структурообразования в легированных сталях с применением фиксации высокотемпературного состояния образцов методом “стоп-закалки”, так и создание на ее базе компьютеризированного

программно-аппаратного комплекса с автоматизированной системой сбора данных и управления периферийными устройствами.

Основная часть

Принципы, на основе которых строилась система автоматизации установки, изложены в работах [8,9]. Основные элементы системы автоматизации – персональный компьютер с установленными на нем специализированным программным обеспечением и многофункциональным модулем.

Разработанный с участием проф., д.т.н. Калинушкина Е.П. и авторов настоящей публикации программно-аппаратный комплекс (см. рис. 1б) для исследования высокотемпературного структурообразования в легированных сталях по аналогии с [8,9] в части управления энерговыделением электротермических устройств включает цифро-аналоговый (ЦАП) и согласующий преобразователи. Измеряемые электрические сигналы, например от термопар, вводятся в компьютер через согласующие и аналого-цифровые (АЦП) преобразователи и используются для оперативной компьютерной коррекции энерговыделения согласно запрограммированному термическому режиму, а также для фиксации зависимостей от времени как этих величин, так и технологических характеристик нагревателя, ими обусловленных.



а)



б)

Рисунок 1 - Общий вид установки для “стоп-закалки” сталей и сплавов до (а) и после (б) модернизации

Программой управления организуется мониторинг измеряемых параметров а также заполнение массивов, содержащих временные зависимости всех первичных измеряемых параметров. Одновременно

организуется мониторинг управляющих параметров и перерисовок экрана циклом на основе таймера с более крупным временным интервалом, чем у измерительных циклов. В каждом интервале таймера для текущего момента времени по заданным функциям вычисляются соответствующие ему значения всех управляющих величин, производятся требуемые вычисления и корректировки с учетом измеряемых параметров, направляются управляющие сигналы в соответствующие аппаратные модули управления цифро-аналоговыми и дискретными каналами, производится заполнение массивов, содержащих временные зависимости всех значений измеряемых (использованных в расчетах) и управляющих (заданных и текущих) параметров.



Рисунок 2 - Схема организации информационных потоков системы автоматического управления периферийными устройствами программно-аппаратного комплекса

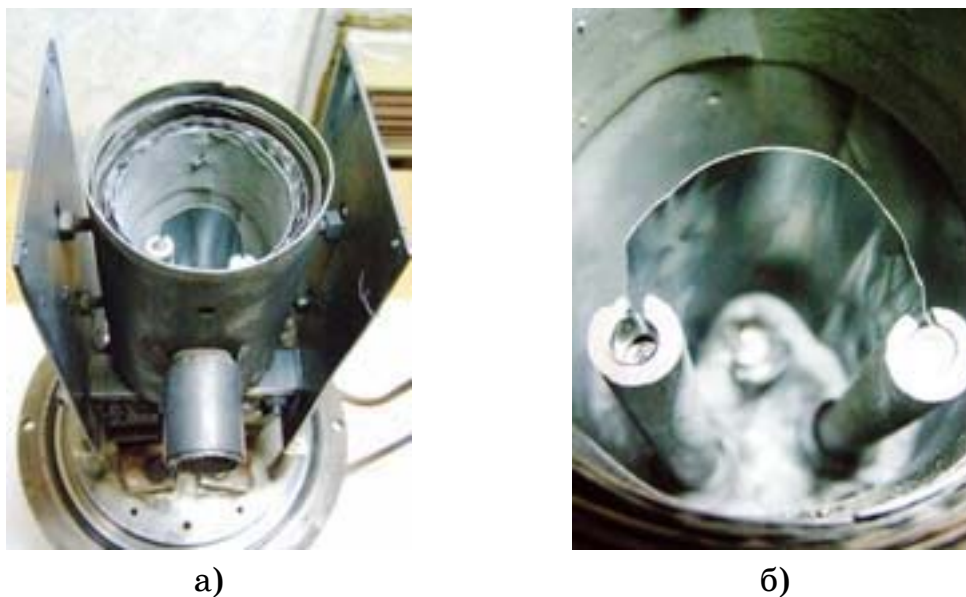
По истечении заданного интервала времени завершается работа всех циклов, выключаются все каналы управления и производится запись отчета о реализованном режиме в директорию отчета в виде набора файлов, содержащих массивы данных с временными зависимостями по всем измеряемым и управляющим параметрам.

Особое внимание при создании установки было уделено автоматизации системы управления греющей мощностью термических устройств в реакционной камере при использовании для управления выделением тепловой энергии величины напряжения источника питания [10-12]. В процессе работы над поставленной задачей авторами определены совокупности параметров для описания состояния электротермических устройств и совокупности измеряемых и компьютерно регистрируемых информативных факторов для текущего расчета на их основе этих параметров с целью обеспечения оперативности диагностики и управления энерговыделением соответствующих устройств программно-аппаратных исследовательских комплексов [12].

Вакуумная электрическая печь сопротивления с экранной теплоизоляцией и металлическими нагревателями (см. рис. 3а и 3б), используемая в установке для исследования сталей методом “стоп-закалки”, относится к печам косвенного нагрева [13], которые имеют сравнительно малую тепловую инерционность и дают возможность поддерживать необходимую чистоту атмосферы в камере в тех случаях, когда необходимо обеспечивать ее соответствующий состав.

В качестве нового нагревательного элемента (см. рис. 3а и 3б) применена лента шириной 50 мм, огибающая по дуге постоянного радиуса тигель с образцом стали, что позволило получить в фокальной плоскости обрабатываемого образца концентрированный тепловой поток высокой однородности и сфокусировать тепловую энергию на исследуемом объекте.

В рабочее пространство печи, ограниченное коаксиальной экранной защитой, входят: толкатель, с помощью которого образец сбрасывается через отверстие и шахту в закалочную ванну; молибденовый эталон с зачеканенным горячим спаем термопары, термопара, управляющая работой температурного датчика системы электропитания нагревателя, тепловые экраны.



а)

б)

Рисунок 3 - Вакуумная электрическая печь сопротивления с экранной теплоизоляцией (а) и металлическим нагревателем (б)

Конструкция модернизированного толкателя (см. рис. 4а) предусматривает загрузку в печь только одного образца, что исключает как температурное воздействие при его обработке на последующие образцы, так и заклинивания, перекосы в процессе сбрасывания подложки с образцом в закалочную ванну (см. рис. 4б и 4в) в отличие от прежней версии установки, когда образцы в количестве нескольких штук располагались один за другим.



а)

б)

в)

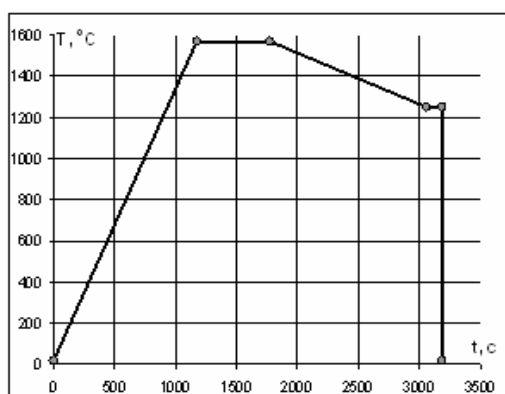
Рисунок 4 - Узел сбрасывателя подложки и образца (а - толкатель до (вверху) и после (внизу) модернизации, положение тигля-подложки для образца до (б) и после (в) сбрасывания)

На сбрасывателе подложки и образца установлена дополнительная термопара (см. рис. 4б и 4в) с целью более точного

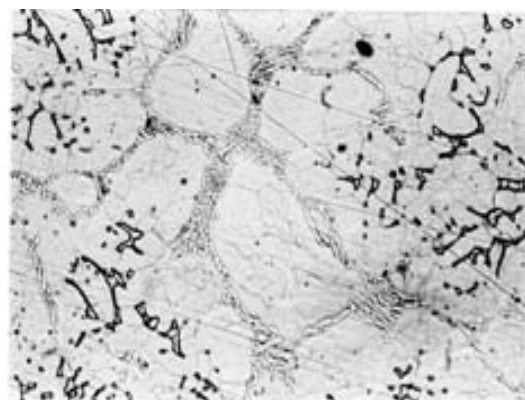
отслеживания температурных параметров процесса выплавки. Увеличено количество тепловых экранов, препятствующих теплоотводу по каналу продвижения толкателя тигля-подложки с образцом, что позволило исключить коробление толкателя во время обратного хода.

В конструкцию толкателя введено подвижное соединение двух его частей (см. рис. 4а внизу), выполненное с применением вольфрамовой проволоки, что позволило сформировать дополнительную степень свободы для обоймы, в которой находится тигель, и обеспечить беспрепятственность перемещения тигля-подложки для образца от места выплавки при разных температурах в камере. С целью уменьшения инерционности температурных измерений максимально сокращено расстояние между образцом и термопарами, закрепленными на сбрасывателе тигля-подложки и образца.

Пробные плавки стали на модернизированной установке проводились в среде проточного аргона высокой чистоты, который напускался в рабочий объем печи после откачки из него воздуха. Скорость охлаждения образца при закалке в 10%-м растворе поваренной соли составляла 2500-6000 К/с [1].



а)



б)

Рисунок 5 - Пример временной зависимости (а) термообработки стали Р6М5 и ее структура (б) при увеличении X 250

На рис. 5 в качестве примера представлены график режима нагрева с последующей закалкой от температуры 1260 °С образца стали Р6М5 и его микроструктура. Из анализа микроструктуры стали, приведенной на рис. 5б, следует, что процесс ее формирования

подчиняется общим принципам многофазного затвердевания с учетом специфики структурообразования в быстрорежущих сталях.

Выводы

На базе модернизированной установки “стоп-закалки” стали создан предназначенный для обеспечения проведения на современном уровне экспериментальных исследований и получения широкой базы экспериментальных данных о высокотемпературном структурообразовании в легированных сталях программно-аппаратный комплекс с автоматизированной системой сбора данных и управления периферийными устройствами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Калинушкин Е.П. Перитектическая кристаллизация легированных сплавов на основе железа. – Днепропетровск: Пороги, 2007. – 172 с.
2. Ніколенко А.М., Кіндрачук В.М. Мезоскопічні аспекти проблематики структурної інженерії матеріалів // Фізика і хімія твердого тіла. – Т.3, № 1(2002) . – С. 76-80.
3. Дяченко С.С. Спадковість і її роль при термічній обробці сталі (огляд) // Металознавство та обробка металів. – 2004. – №2. – С. 3–13.
4. Шулаев В.М. 7-я международная научно-техническая конференция "Оборудование и технологии термической обработки металлов и сплавов" // Металловедение и термическая обработка металлов. – 2006. – №7. – С. 67–68.
5. Корнеев А.Е., Степанова И.А., Ярополова Е.И. Анализ фазового состава сталей // Металловедение и термическая обработка металлов. – 2006. – №7. – С. 60–66.
6. Кондратюк С.Є., Таранов Є.Д., Нурадінів А.С., Ельдарханов А.С. Вплив температурно-часових параметрів на кристалізацію розплавів у нерівноважному стані // Металознавство та обробка металів. – 2003. – №4. – С. 3–7.
7. Калинушкин Е.П. Исследование механизма и кинетики фазовых превращений при кристаллизации быстрорежущих сталей с целью повышения их технологической пластичности и стойкости готового инструмента: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.16.01 / НМетАУ, Дніпропетровськ. – 1983. – 21 с.