

КОМПЛЕКС АППАРАТНЫХ И ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЖЕЛЕЗОУГЛЕРОДИСТЫХ РАСПЛАВОВ

Л.С. ФАЙНЗИЛЬБЕРГ, Т.П. ПОТАПОВА

Институт кибернетики имени В.М.Глушкова АН УССР

Дана общая характеристика цифровых анализаторов для оперативного контроля химического состава и температуры расплавов чугуна и стали. Приведена информация о программном пакете для оценки технологических параметров пробы серого чугуна по кривой охлаждения. Разработанные средства апробированы на металлургических и литейных предприятиях.

Ключевые слова: *Автоматизация контроля, химический состав, температура, механические свойства, железоуглеродистый расплав, термический анализ, распознавание образов.*

Проблема получения достоверной информации о ходе протекания процесса выплавки металла по-прежнему актуальна в черной металлургии. Сложность решения этой проблемы главным образом обусловлена отсутствием соответствующих датчиков, допускающих непрерывную работу в агрессивной высокотемпературной среде. Поэтому все большее внимание у нас в стране и за рубежом уделяется разработке методов и средств косвенного контроля технологических параметров расплава по ходу плавки.

В Институте кибернетики имени В.М.Глушкова АН УССР на протяжении ряда лет проводились научно-исследовательские работы, на основе которых созданы оригинальные технические и программные средства, позволяющие автоматизировать процесс контроля основных технологических параметров железоуглеродистых расплавов - химического состава и температуры жидкого чугуна и стали и представить достоверную информацию об этих характеристиках расплава в цифровой форме, удобной для восприятия оператором и последующего использования в системе управления процессом плавки.

Для оценки химического состава расплавов по кривой охлаждения предложен новый подход к термическому анализу [1-4], основанный на использовании принципов распознавания образов. В соответствии с этим подходом осуществляется автоматическое распознавание своеобразных фрагментов (горизонтальных и наклонных участков) сигнала, поступающего от датчика температуры пробы расплава в процессе его охлаждения и кристаллизации. Распознавание осуществляется по совокупности признаков сигнала, позволяющих в реальном масштабе времени с минимальной вероятностью ошибки обнаружить фрагменты, соответствующие периодам фазовых и структурных превращений, и отличить эти фрагменты от "ложных" фрагментов, обусловленных действием различного рода помех и возмущений.

Оценка химического состава производится на основе регрессионных математических моделей, связывающих процентное содержание контролируемого химического элемента с температурами фазовых превращений, в частности, с температурами ликвидуса и солидуса. Регрессионные модели строятся путем обработки экспериментальной выборки наблюдений с использованием результатов контрольных анализов.

Предложенный метод обработки кривых охлаждения реализован аппаратно (схемно) в специализированных цифровых вычислительных устройствах - анализаторах "УГЛЕРОД" и "ЧУГУН".

Анализатор "УГЛЕРОД" обеспечивает автоматическое определение в цифровой форме содержания углерода в жидкой стали, а анализатор "ЧУГУН" - содержания углерода и кремния, а также величину углеродного эквивалента в жидком чугуне.

Анализаторы рассчитаны на работу в комплексе с измерительными установками для термического анализа, в частности, с установкой типа ЭСУ-155 на базе термпарного

датчика температуры, разработанной НПО Черметавтоматика [5], и установкой типа ТГА-3 на базе бесконтактного оптического датчика температуры, разработанной НПО НИИТракторсельхозмаш [6].

Анализаторы "УГЛЕРОД" и "ЧУГУН" *обеспечивают:*

1. Преобразование сигнала датчика температуры в цифровой эквивалент с помощью специального аналого-цифрового преобразователя, имеющего чувствительность порядка 4 мкВ;
2. Автоматический поиск характерных фрагментов сигнала в реальном масштабе времени;
3. Автоматическое распознавание информативных и "ложных" фрагментов сигнала;
4. Определение значений температур ликвидуса $T_{лик}$ и солидуса $T_{сол}$;
6. Вычисление процентных содержаний углерода С и кремния Si, а также величины углеродного эквивалента СЕ ;
7. Индикацию величин С, Si и СЕ в десятичном виде на цифровых табло с дискретностью 0.01 % ;
8. Световую сигнализацию об исправности измерительной цепи датчика - включение зеленого индикатора "Цепь исправна";
9. Световую сигнализацию нормального протекания процесса измерения - включение желтого индикатора "Измерение";
10. Световую сигнализацию о нарушениях технологии измерения - включение красного индикатора "Повторить измерение";
11. Передачу результатов анализа в канал связи с УВМ.

Анализаторы имеют органы настройки, обеспечивающие возможность их адаптации к конкретным условиям эксплуатации. При этом, если воспользоваться методом градуировки, предложенным нами в работе [7], то построение градуировочных зависимостей для определения С, Si и СЕ по температурам $T_{лик}$ и $T_{сол}$ возможно с использованием показаний самого предварительно ненастроенного анализатора.

В развитии предложенных технических решений создан также цифровой анализатор "ГРАДУС", позволяющий автоматизировать процесс контроля и представить в цифровой форме температуру расплава, измеряемую термопарой погружения либо термоэлектрическими термометрами со сменными блоками типа ТТСБ, ТТР-2075, ТВР-7175 и др. Анализатор обеспечивает автоматическое определение в реальном масштабе времени установившегося режима сигнала датчика на фоне возможных помех, усреднение значений сигнала в установившемся режиме и выдачу результата в виде десятичного числа с дискретностью 1 град. С. Осуществляется также реализацию других сервисных функций (контроль цепи датчика, сигнализация режимов и т.п.).

Анализаторы выполнены в пылезащищенном исполнении, допускающем их надежную работу в сложных условиях металлургического и литейного производств.

Для решения задачи оперативного комплексного контроля химического состава жидкого литейного чугуна на содержание углерода, кремния, хрома, марганца, меди, фосфора, величины углеродного эквивалента и коэффициента эвтектического насыщения, а также прогнозирования механических свойств – прочности на растяжение, твердости и толщины отбеленного слоя разработан интерактивный пакет "ТЕРМОГРАФ" для компьютерной обработки кривых охлаждения с использованием персональных ЭВМ типа IBM PC XT/AT, который работает под управлением операционной системы MS DOS.

С помощью этого пакета обеспечивается построение математических моделей для определения указанных технологических параметров, оценка адекватности моделей результатам контрольных анализов и обработка в реальном масштабе времени кривых охлаждения с выдачей результатов в текстовом и графическом видах на экран монитора и матричный принтер. Подробная информация об этом пакете приведена в работе [8].

Анализаторы "УГЛЕРОД" прошли промышленные испытания и апробацию при эксплуатации в конвертерных цехах Днепровского металлургического завода им. Ф.Э. Дзержинского (г.Днепропетровск) и Челябинского металлургического завода, на

двухванных сталеплавильных печах Череповецкого металлургического комбината и на мартеновских печах Оздского металлургического завода (Венгерская Республика). Анализаторы "ЧУГУН" испытаны и введены в эксплуатацию на Московском заводе "Станколит", Самаркандском литейном заводе, и в доменном цехе Оздского металлургического завода.

Анализаторы "ГРАДУС" испытаны при промышленной эксплуатации на двухванной сталеплавильной печи Череповецкого металлургического завода, электродуговой сталеплавильной печи завода "Электросталь" (г.Электросталь, Московской обл.) и установке непрерывной разливки стали Новолипецкого металлургического завода.

Пакет "ТЕРМОГРАФ" апробирован при обработке кривых охлаждения проб серого чугуна, зарегистрированных на Купянском литейном заводе.

Промышленная эксплуатация показала, что использование разработанных средств обеспечивает повышение достоверности и оперативности получения информации, существенно снижает количество срывов заказов из-за непопадания в заданный допуск.

По данным Череповецкого металлургического завода это позволило при выплавке канатных сталей получить годовой экономический эффект 131 тыс.руб.

Предложенный метод распознавания фрагментов сигнала и технические решения для его реализации защищены авторскими свидетельствами СССР и патентами США, ФРГ, Японии, Великобритании, Австралии и других индустриально развитых стран.

ЛИТЕРАТУРА

1. Файнзильберг Л.С. Новый подход к термическому анализу жидкой стали на углерод // Известия ВУЗов. Серия «Черная металлургия». – 1978. – № 6. – С. 113-119.
2. Файнзильберг Л.С. Применение методов статистического распознавания в термографическом анализе состава металла // Кибернетика. –1978. – № 6. – С.159-162.
3. Fainzilberg L.S. Metod and device for discriminating thermal effect of phase transformation of metals and alloys in the process of their colling // Патент США No. 4198679, опубл. 15.04.80 г.
4. Файнзильберг Л.С. Способ распознавания площадки ликвидуса на термограмме // Авт.свид. СССР № 787965, опубл. Б.И., 1980, № 46.
5. Гиттер В.М., Магидов В.И., Супин М.С., Трейстер Ю.Я. Определение содержания углерода в жидкой стали по температуре ликвидуса // Автоматизация металлургического производства. – М.: Металлургия, 1973. – С.40-44.
6. Файнзильберг Л.С., Власенко Ю.В., Тухин Э.Х., Шелковый Э.А. Автоматическое определение в цифровой форме химического состава жидкого чугуна // Литейное производство. –1985. – № 8. – С. 23-24.
7. Файнзильберг Л.С. Метод градуировки аппаратуры для термического анализа содержания углерода в стали // Заводская лаборатория.– 1987. –№ 1. – С. 33-35.
8. Скурихин В.И., Файнзильберг Л.С., Потапова Т.П., Шелковый Э.А. Система компьютерной обработки термограмм // Управляющие системы и машины. –1990, № 4. – С.82-88.