

УДК 004.9

С.В. ГОНТОВОЙ, В.А. ЕМЕЛЬЯНОВ

Донбасский государственный технический университет, Алчевск

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ СИСТЕМА МЕТАЛЛОГРАФИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА МЕТАЛЛОВ

Приведена информационная технология определения показателей качества металлов, на основе которой разработана автоматизированная компьютерная система металлографического анализа. Описана структура разработанной системы и показан ее общий вид. Представлена структура нейронной сети программного анализатора, необходимого для обработки изображений микроструктур металлов. Продемонстрированы результаты функционирования разработанной системы на основе полученных разработанной системой, изображений микроструктуры стали марки 10ХСНД.

Ключевые слова: металлографический анализ, автоматизированная компьютерная система, экспертная система, программное обеспечение.

Введение

Уровень промышленного развития передовых стран на современном этапе характеризуется не только объемом производства и ассортиментом выпускаемой продукции, но и показателями ее качества.

Отсутствие контроля или его некачественное выполнение может привести не только к нарушению условий их эксплуатации, но и к преждевременному прекращению функционирования изделия и связанному с этим значительному материальному ущербу, а также тяжелым последствиям: взрывоопасной ситуации, возникновению пожара, отравлению окружающей среды и трагической гибели людей. Таким образом, проблема жизнеобеспечения на предприятии неразрывно связана с качеством продукции.

В целях повышения качества изделий предприятия постоянно увеличивают объемы операций контроля и численность контролирующего персонала. Важным средством решения этой проблемы является применение объективных физических методов контроля, таких как металлографический анализ [1]. Постоянное повышение требований, предъявляемых к качеству черных металлов разных групп и классов, вызывает необходимость разработки моделей и средств автоматизированного контроля качества продукции.

1. Информационная технология определения показателей качества металлов

Математическая модель процесса металлографического анализа представляет собой отображение между двумя подмножествами свойств моделируемо-

го процесса Y и $\{X, V\}$, что может быть записано как:

$$y = f(x, v) \quad (1)$$

где, $x_i \in X, i = \overline{1, n_X}$ – совокупность входных воздействий на процесс, которыми являются набор изображений микроструктур металлов и тип проводимого металлографического анализа;

$v_l \in V, l = \overline{1, n_V}$ – совокупность воздействий внешней среды, т.е. влияние на процесс пользователя (технолога);

$y_l \in Y, l = \overline{1, n_Y}$ – совокупность выходных характеристик процесса, в качестве которых могут выступать количественное и качественное описание изображения микроструктуры металла, а также экспертное заключение относительно исследуемого образца металла.

Математическое исследование позволило представить процесс металлографического контроля качества металлов в виде последовательной смены состояний и переходов между ними, как показано на рис. 1:

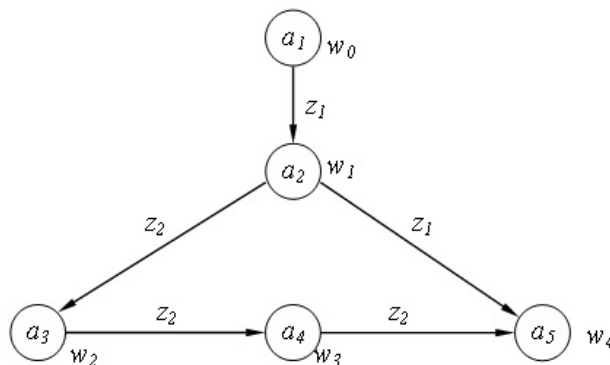


Рис. 1. Граф состояний процесса металлографического контроля

На графе показано множество выходных сигналов, которые задаются следующим образом:

$$W = \{w_0, w_1, w_2, w_3, w_4\}, \quad (2)$$

где w_0 – подготовленный образец металла;

w_1 – изображение микроструктуры металла;

w_2 – обработанное изображение микроструктуры металла;

w_3 – множество количественных и качественных характеристик исследуемого образца;

w_4 – остаточный ресурс исследуемого образца металла.

Множество состояний, переход в которые осуществляется во время процесса контроля под действием входных сигналов, изображены на графе и описаны как

$$A = \{a_1, a_2, a_3, a_4, a_5\}, \quad (3)$$

где a_1 – состояние подготовки исследуемого образца;

a_2 – состояние формирования изображения микроструктуры металла;

a_3 – состояние обработки изображения микроструктуры металла;

a_4 – состояние формирования результата обработки;

a_5 – состояние оценки результата обработки.

Под множеством входных сигналов понимается следующее множество:

$$Z = \{z_1, z_2\}, \quad (4)$$

где z_1 – воздействие технолога;

z_2 – изображение микроструктуры металла.

Математическая модель процесса вместе с разработанными моделями системы и инструментальными средствами [2 – 5] являются основой информационной технологии, реализация которой позволяет проводить автоматизированный металлографический анализ, в отличие от существующих систем, с возможностью поддержки принятия решений относительно исследуемого образца металла.

Основные этапы предложенной информационной технологии сведены в табл. 1:

Таблица 1

Информационная технология (основные этапы)

Операции	Исходные данные	Состояния процесса	Получаемый результат	Средства информационной технологии	
				Модели, методы	Инструментальные средства
1. Формируется изображение микроструктуры металла	Шлиф металла	a_1, a_2	Изображение микроструктуры металла	Метод формирования изображения микроструктуры	Измерительная часть системы (микроскоп МИМ-8М, фотокамера)
2. Производится анализ изображения микроструктуры металлов	Изображение металла, тип проводимого анализа	a_3	Количественные характеристики металла (балл зерна)	Информационная модель системы,	Разработанное программное обеспечение
3. Производится поиск прецедента в базе знаний, близкого к ситуации	Хим. состав металла, дефекты и количественные характеристики	a_4	Индекс прецедента в базе знаний	Модель нейросетевой организации ЭС	
4. Осуществляется выбор наилучшего решения	Индекс прецедента в базе знаний	a_4	Свойства металла (хрупкость и т.д.)		
5. Формируются управляющие рекомендации	Марка металла и его свойства	a_5	Итоговый отчет по металлу с его свойствами		
6. Отсылается результат на клиентскую ЭВМ	Номер цеха, и идентификатор изображения металла	a_5	Итоговый отчет по металлу с его свойствами	Модель распределенной организации системы	

Разработанная информационная технология представляет собой совокупность модели процесса металлографического анализа и программно-технических средств, объединённых в технологическую цепочку, обеспечивающую сбор, обработку, хранение, распространение и отображение количественных (балл зерна, неметаллические включения), качественных характеристик металла (предел прочности, хрупкость) и управляющих рекомендаций относительно исследуемого образца металла, с целью повышения точности и опера-

тивности процесса металлографического анализа на предприятии.

2. Автоматизированная компьютерная система металлографического анализа

На основании данной информационной технологии была разработана автоматизированная компьютерная система металлографического контроля качества металлов.

Общий вид системы приведен на рис. 2:

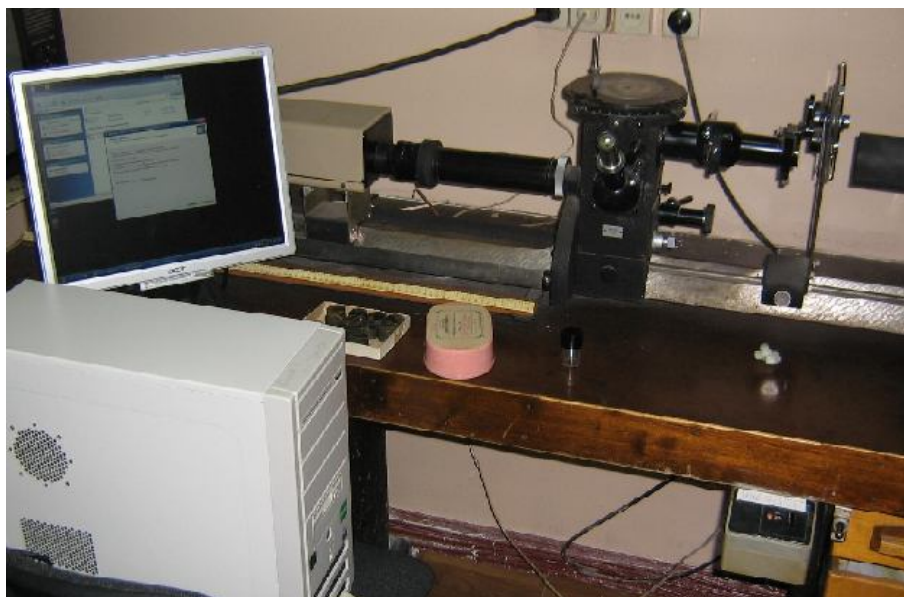


Рис. 2. Автоматизированная компьютерная система металлографического контроля качества металлов

В состав автоматизированной компьютерной системы металлографического анализа входят:

1. Металлографический микроскоп МИМ-8М – предназначенный для получения микроструктуры металла;

2. Видеокамера – формирует изображение микроструктуры и посредством канала передачи передает сформированный снимок на компьютер технолога;

3. Компьютер технолога – ЭВМ, предназначенная для анализа изображения микроструктуры металла, на которой располагается программное обеспечение (ПО);

Программное обеспечение в свою очередь включает в себя: программный анализатор – предназначен для обработки изображения микроструктуры, а также экспертную систему – программа, которая оперирует со знаниями в области металлографии с целью выработки рекомендаций относительно исследуемого образца металла.

Основу программного анализатора составляет многослойная нейронная сеть [6]. Данная нейрон-

ная сеть имеет входной слой, скрытый слой и выходной слой нейронов. Количество нейронов во входном слое вычисляется умножением на 3 количества сегментов в выборке изображений (одним из параметров является яркость). Размер выходного слоя определяется количеством марок металла для распознавания. Структура сети приведена на рисунке 3.

Обучение нейросетевого программного обеспечения проводилось на основе базы эталонных микроструктур металлов [7,8]. Веса нейронной сети задавались случайным образом. Это гарантировало, что в сети не произойдет насыщения большими значениями весов, и предотвратило ряд других нежелательных последствий. Например, если всем весам придать одинаковые начальные значения, а для требуемого функционирования необходимы неравные значения, то сеть не сможет обучиться.

Для начала обучения необходимо прочесть входной вектор значений, и выходной вектор значений и считанные значения соответственно присвоить входным и выходным нейронам.

Для элементов первого скрытого слоя вычисляется совокупный ввод и вывод соответственно:

$$x_j = w_0 + \sum_{i=1}^n x_i \cdot w_{ij}. \quad (5)$$

В качестве активационной функции выбрана сигмоидальная функция, представленная формулой

$$y_j = \frac{1}{1 + e^{-x_j}}. \quad (6)$$

Процесс коррекции весовых значений начинается с вычисления ошибки для каждого выходного элемента

$$\delta_j = (T_j - y_j) \cdot y_j(1 - y_j), \quad (7)$$

где T_j – требуемое выходное значение данного элемента j ;

δ_j – величина ошибки элемента j

y_j – реально вычисленное выходное значение элемента j ;

Затем для последнего скрытого слоя вычисляем ошибку каждого элемента:

$$\delta_k = y_j(1 - y_j) \sum_k \delta_k \cdot w_{kj}, \quad (8)$$

где индекс k соответствует предыдущему слою в обратном движении в сети

После этапа вычисления ошибок выполняется этап обновления значений весов по формуле:

$$\Delta w_{ij}(n+1) = \eta(\delta_j y_i) + \alpha \Delta w_{ij}(n), \quad (9)$$

где η – норма обучения, то есть коэффициент, от которого зависит величина изменения веса;

α – инерционный член, который позволяет уменьшить вероятность того, что изменения весов приобретут осциллирующий характер.

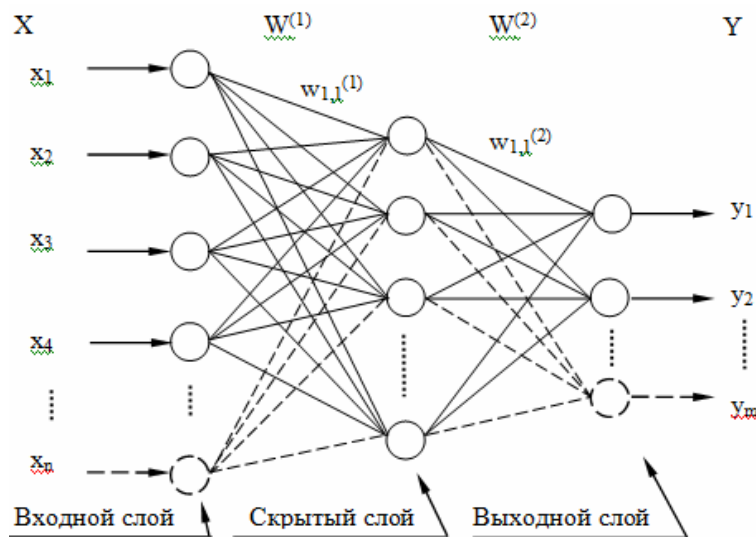


Рис. 3. Структура нейронной сети программного анализатора

Процесс распознавания заключается в том, что на входы обученной нейронной сети подаётся изображение микроструктуры металла, подлежащее распознаванию. Затем значения входного вектора проходят обученные внутренние слои нейросети и на выходах нейросети формируется выходной вектор, значения которого анализируются и в соответствии с заданными правилами позволяют отнести данное изображение к определённым эталонным изображениям микроструктур представленным в соответствующих ГОСТах [7, 8].

3. Экспериментальные исследования разработанной системы

Для оценки эффективности применения автоматизированной компьютерной системы был проведен металлографический анализ с помощью разра-

ботанной системы. В результате проведения металлографического анализа, с помощью предложенной автоматизированной компьютерной системой, были получены и проанализированы изображения микроструктур стали марки 10ХСНД.

Результаты металлографического анализа, проведенного с помощью разработанной системы, сведены в табл. 2 и 3.

Заключение

Использование информационных технологий для построения автоматизированной компьютерной системы позволило перевести проведение процесса металлографического контроля качества металлов на качественно новый уровень благодаря следующим преимуществам, которыми обладает созданная интеллектуальная система:

Таблица 2

Результаты анализа изображений микроструктур стали (10XСНД)

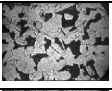



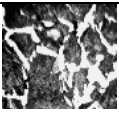
Микроструктура	Структурная составляющая	Форма включений	Полученный средний балл зерна	Средний балл зерна по ГОСТ 5639-82	Рекомендации
1. 	Феррит, Перлит	Зерно	5	5	отсутствуют
2. 	Феррит, Перлит	Зерно	7	7	отсутствуют
3. 	Феррит, Перлит	Зерно	1	1	Высокая хрупкость «Возможна переплавка»

Таблица 3

Результаты анализа изображений микроструктур стали на процентное содержание углерода

Микроструктура	Структурная составляющая	Углерод, % (С)	Форма включений	Неметаллические включения
1. 	Феррит, Перлит	0,21	Зерно	отсутствуют
2. 	Феррит, Перлит	0,55	Зерно	отсутствуют
3. 	Феррит, Перлит	0,72	Зерно	отсутствуют

1. Автоматизированный анализ изображений – анализ изображений микроструктур металлов осуществляется при помощи программных средств.

2. Способность к обучению – система является интеллектуальной и за счет использования аппарата нейронных сетей способна обучаться на обработанном наборе изображений микроструктур металлов;

3. Использование современных сетевых технологий позволяет легко интегрировать предложенную автоматизированную систему в системы более высокого уровня (автоматизированные системы управления цехом, предприятием), а также выполнить систему по типу клиент-серверной технологии, что повышает оперативность проведения металлографического анализа.

Таким образом, при использовании предложенной автоматизированной компьютерной системы металлографического контроля качества металлов было снижено время проведения металлографического анализа, достигнута высокая степень соответствия полученных результатов эталонам изображений металлов, повышена оперативность проведения данного вида анализа для выявления брака с

целью экономии сырья и материальных ресурсов предприятия.

Литература

1. Богомолова Н.А. Практическая металлография. / Н.А. Богомолова. – М.: Высшая школа, 1987. – 240 с.

2. Гонтовой С.В. Информационная модель интеллектуальной автоматизированной системы металлографического контроля качества металлов / С.В. Гонтовой, В.А Емельянов. // Сборник научных трудов Донбасского государственного технического университета. – Алчевск: ДонГТУ, 2009. – Вып. 28. – С. 447-452

3. Емельянов В.А. Структура интеллектуальной автоматизированной системы металлографического контроля качества металлов. / В.А. Емельянов // Труды 11-й международной научно-технической конференции «Системный анализ и информационные технологии – 2009». – Киев, 2009. – С. 298

4. Гонтовой С.В. Структурная организация интеллектуальной системы металлографического контроля качества металлов. / С.В. Гонтовой,

В.А. Емельянов // Труды международной научно-практической конференции «Информационные технологии и информационная безопасность в науке, технике и образовании – 2009». – Севастополь, 2009. – С. 331

5. Емельянов В.А. Программное обеспечение автоматизированной компьютерной системы металлографического контроля качества металлов / В.А. Емельянов // Труды международной научно-технической конференции «Интегрированные компьютерные технологии в машиностроении – 2009». – Т. 2. – Х.: Национальный аэрокосмический

университет "ХАИ", 2009. – С. 4.

6. Уоссермен Ф. Нейрокомпьютерная техника: Теория и практика: пер. с англ / Ф. Уоссермен – М.: Мир, 1992. – 185 с.: ил.

7. ГОСТ 8233-56 СТАЛЬ. Эталоны микроструктуры. – Введ. 1.07.1957 – М.: Госстандарт СССР: Изд-во стандартов, 1972. – 21 с.

8. ГОСТ 5639 – 82 СТАЛИ И СПЛАВЫ. Методы выявления и определения величины зерна. – Введ. 01.01.1983 – М.: Госстандарт СССР: Изд-во стандартов, 1994. – 45 с.

Поступила в редакцію 14.01.2010

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Н.Н. Заблодский, Донбасский государственный технический университет, Алчевск, Украина.

АВТОМАТИЗОВАНА КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА МЕТАЛОГРАФІЧНОГО КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ МЕТАЛІВ

С.В. Гонтовий, В.О. Ємельянов

Приведена інформаційна технологія визначення показників якості металів, на основі якої розроблена автоматизована комп'ютерна система металлографічного аналізу. Описана структура розробленої системи та показаний її загальний вигляд. Представлена структура нейронної мережі програмного аналізатора, необхідного для обробки зображень мікроструктур металів. Продемонстровані результати функціонування розробленої системи на основі отриманих розробленою системою зображень мікроструктури сталі марки 10ХСНД.

Ключові слова: металлографічний аналіз, автоматизована комп'ютерна система, експертна система, програмне забезпечення.

AUTOMATED COMPUTER SYSTEM OF METALLOGRAPHIC CHECKING OF METALS QUALITY

S.V. Gontovoi, V.A. Yemelyanov

Information technology of indexes determination of metals quality is resulted, on basis which is developed the automated computer system. The structure of the automated computer system of metallographic analysis is described. A neuron network of software, which necessary for processing of microstructures images of metals structure is presented. The results of functioning of the developed system are shown on basis, got the developed system, images of microstructure the brands of 10XCHD became.

Key words: metallographic analysis, automated computer system, consulting model, software.

Гонтовой Сергей Викторович – канд. техн. наук, доцент, заведуючий кафедрой специализированных компьютерных систем Донбасского государственного технического университета, Алчевск, Украина.

Емельянов Виталий Александрович – аспирант кафедры специализированных компьютерных систем Донбасского государственного технического университета, Алчевск, Украина, e-mail: evayes@list.ru.