

УДК 667.6
КОНТРОЛЬ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЦВЕТОВОГО ОТКЛОНЕНИЯ
ПОЛИМЕРНОГО ПОКРЫТИЯ ОЦИНКОВАННОЙ ПОЛОСЫ

Е. В. ЕРШОВ, И. А. ВАРФОЛОМЕЕВ, Л. Н. ВИНОГРАДОВА
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ЧЕРЕПОВЕЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Череповец, Россия

На сегодняшний день при производстве проката с полимерным покрытием внутри одного рулона и между партиями металла зачастую возникает цветовое отклонение (ΔE) произведенной стали с покрытием от установленного эталона. Проблема устранения цветового различия решалась для различных объектов и сфер применения [1, 2]. Однако полученные результаты не могут быть адаптированы для рассматриваемой предметной области в связи со специфичностью технологического процесса производства.

Процесс окраски оцинкованной полосы по технологии «CoilCoating» состоит из следующих этапов: обработка поверхности полосы хромирующим раствором, нанесение грунтовочного слоя, сушка грунтовочного слоя, нанесение эмали (отделочного слоя) окрасочными валами, сушка отделочного слоя и смотка полосы в рулоны.

Цвет лакокрасочного материала (ЛКМ) определяется согласно каталогу цветовых гамм RAL в соответствии со стандартными образцами. Полное цветовое различие рассчитывается по формуле:

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}, \quad (1)$$

где $\Delta L = L - L_0$; L – координата образца; L_0 – координата стандарта; $\Delta a = a - a_0$; a – координата образца; a_0 – координата стандарта; $\Delta b = b - b_0$; b – координата образца; b_0 – координата стандарта [3].

Измерение цветовых координат полимерного покрытия образца выполняется с помощью спектрофотометра во время лабораторных испытаний готовой продукции.

Для определения перечня параметров, влияющих на коэффициент цветового различия, была собрана ретроспективная информация о работе агрегата полимерных покрытий металла на ОАО «Северсталь» за последний год. Для каждого произведенного рулона эта выборка содержала все технологические параметры, хранящиеся в АСУТП, параметры ЛКМ и фактические значения цветового отклонения (всего 53 параметра). Дальнейшая обработка полученного набора данных осуществлялась в пакете SPSSStatistics.

Так как прогнозирование полного цветового отклонения потенциально могло привести к появлению кумулятивной ошибки по каждому из его

составляющих (ΔL , Δa , Δb), было решено осуществлять прогнозирование для трех его составляющих. После этого по формуле (1) на основе прогнозных значений ΔL , Δa , Δb выполнялся расчет значения ΔE .

На основе метода главных компонент было выделено 3 фактора, которые на 92 % определяют дисперсию параметра цветового отклонения: 1. Температуры первых четырех зон печи отделочного слоя (T_{31} , T_{32} , T_{33} , T_{34}), определяющие режим сушки покрытия. Именно в первых четырех зонах печи формируется верхняя пленка полимерного покрытия, определяющая конечный цвет. 2. Толщина полосы (h) и скорость прохождения через технологические участки (V). 3. Толщина покрытия ($h_{\text{покр}}$) и удельный вес твердых частиц в ЛКМ (w).

Наличие в модели прогнозирования трех выходных переменных (ΔL , Δa , Δb) и восьми входных переменных (T_{31} , T_{32} , T_{33} , T_{34} , h , V , w , $h_{\text{покр}}$), полученных в результате факторного анализа, делает модель многосвязной.

Для модели прогнозирования цветового отклонения полимерного покрытия необходимо декомпозировать (децентрализовать) многосвязную модель на три подмодели. Каждая из полученных подмоделей осуществляет расчет одной составляющей цветового отклонения. При этом на вход каждой подмодели подаются все параметры входного вектора.

Для построения корректных нечетких правил на основе ретроспективной информации о цветовом отклонении использовалась многослойная искусственная нейронная сеть. Для обучения нейро-нечеткой сети использовался алгоритм обратного распространения ошибки, а обучающими данными выступала выборка, полученная в результате факторного анализа.

По результатам работы программного обеспечения «Адаптивная нейро-нечеткая модель управления техническими объектами» производился расчет величины ΔE и сопоставление расчетного значения с фактическим. По итогам эксперимента средняя ошибка прогнозирования полного цветового отклонения составила 4,7 %. Это позволяет более гибко реагировать на требования клиента, повысить качество продукции, снизить себестоимость и сроки производства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Низина, Т. А.** Экспериментально-теоретические основы прогнозирования и повышения долговечности защитно-декоративных покрытий : дис. ... д-ра техн. наук / Т. А. Низина. – Саранск, 2007. – 408 с.
2. **Сорокин, Д. А.** Градация цветового различия и идентификация фарфора методами многомерного шкалирования : дис. ... канд. техн. наук / Д. А. Сорокин. – М., 2009. – 154 с.
3. **Владимиров, Ю. В.** Покрытие полимерными материалами стальных листов / Ю. В. Владимиров, В. Н. Файнштейн. – М. : ЦНИИЧМ, 1967 – 289с.