

УДК 621.357.7:[004.89+004.65]

Степанова А.А., Михайлова П.Г.

РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

Степанова Александра Алексеевна, аспирант факультета информационных технологий и управления;
 Михайлова Павла Геннадьевна, к.т.н., доцент, доцент кафедры компьютерно-интегрированных систем в химической технологии, e-mail: mpavla@yandex.ru;
 Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия
 125480, Москва, ул. Героев Панфиловцев, д. 20

Приводятся результаты разработки интеллектуальной системы контроля качества гальванических покрытий с использованием методов искусственного интеллекта. Проведен анализ гальванического производства как объекта управления качеством продукции. Определены основные подсистемы. Описаны их функциональные возможности. Разработана производственная база знаний для управления качеством гальванических покрытий.

Ключевые слова: база данных, база знаний, гальваническое производство, гальванические покрытия, интеллектуальная система, производственные правила, управление качеством продукции, экспертная система.

DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT QUALITY CONTROL SYSTEM FOR GALVANIC COATINGS

Stepanova A.A., Mikhaylova P.G.
 D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia

The results of the development of an intelligent quality control system of galvanic coatings using artificial intelligence methods are presented. The analysis of galvanic production as an object of product quality management is carried out. The main subsystems are identified. Their functional capabilities are described. The knowledge base of production rules is made.

Keywords: database, knowledge base, galvanic production, galvanic coatings, intelligent system, production rules, product quality management, expert system.

Нанесение гальванических покрытий – один из способов предотвращения коррозии, повышения износостойкости и увеличения срока службы различных агрегатов, устройств и оборудования. Для контроля и управления качеством гальванических покрытий на производстве необходима система, обеспечивающая выработку управляющих воздействий и поддержку принимаемых решений

для процесса нанесения покрытий с целью поддержания заданного уровня качества.

Для контроля и управления качеством гальванических покрытий предложена структура интеллектуальной системы, представленная на рис. 1. Она включает в себя две подсистемы: анализа и управления качеством, сбора и хранения данных.

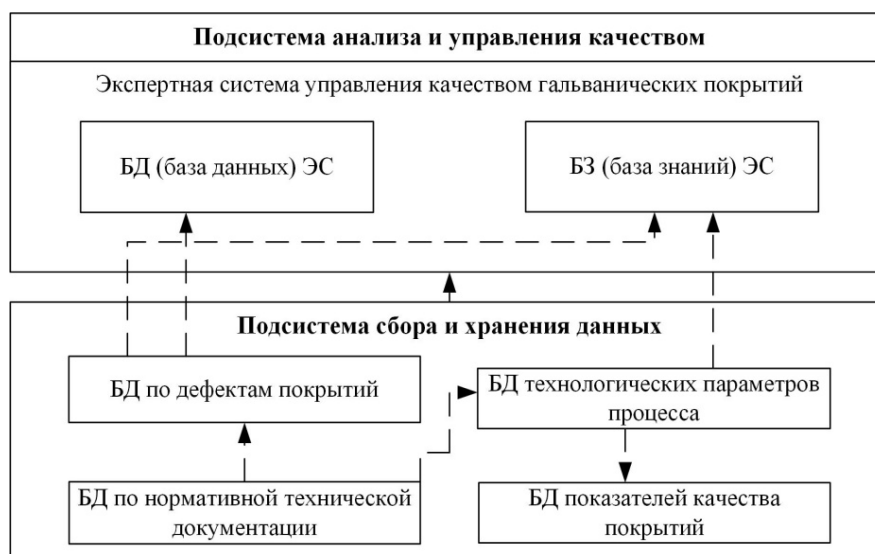


Рис.1. Структура интеллектуальной системы обеспечения качества гальванических покрытий

Подсистема сбора и хранения данных включает четыре базы данных (БД).

Все возможные дефекты при нанесении покрытий (неравномерное покрытие, пятна, отслаивание покрытия и пр.) различными способами (хромирование, серебрение, кадмирование и пр.), причины возникновения и способы их устранения содержатся в БД по дефектам покрытий. Данная БД разработана на основе анализа литературных источников [1-3] и включает описание порядка 50 дефектов для 8 различных видов гальванических покрытий.

БД по нормативной технической документации содержит информацию по картам контроля – документам, содержащим описание способов и средств технологического контроля полученных покрытий, технологию нанесения покрытий, а также ГОСТы и другие нормативные документы на гальванические покрытия и методы их контроля.

В БД показателей качества покрытий находятся данные по результатам испытаний гальванических покрытий, а также нормативные значения показателей качества.

Данные о проведении технологического контроля нанесения покрытий на детали (результаты химического анализа состава ванн и содержания загрязняющих примесей, значения технологических параметров работы ванны) хранятся в БД технологических параметров процесса.

Подсистема анализа и управления качеством реализуется в виде экспертной системы (ЭС), в которой осуществляются:

- контроль качества (полученные результаты анализов покрытий сравниваются с данными из нормативных документов);

- выдача рекомендаций по поддержанию и корректировке технологического процесса, что позволяет управлять качеством нанесения гальванических покрытий.

Для её разработки был проведен анализ гальванического производства, на котором функционирует порядка 30 различных гальванических ванн, а также имеется цианистое отделение, как объекта управления качеством. Покрытия наносятся на такие детали как плунжера, блоки цилиндров (серебрение), валы и направляющие (хромирование), корпуса и гильзы (анодирование) и пр. Всего в рамках данной работы рассмотрено 8 различных процессов нанесения покрытий.

В результате определено, что показателями качества гальванических покрытий являются: внешний вид, толщина покрытия (H , мкм), пористость (N_{cp} – среднее число пор на 1 см^2), прочность сцепления ($\sigma_{сц}$, МПа). Взаимосвязь технологических параметров процесса с показателями качества представлена на рис.2.

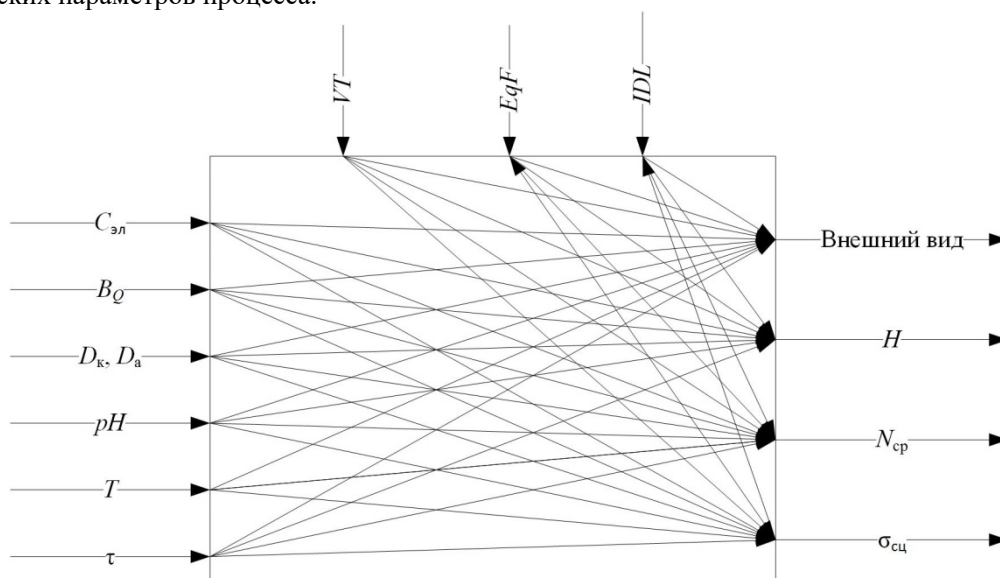


Рис.2. Структурная схема нанесения гальванических покрытий, как объекта управления качеством

Управляющими воздействиями являются: $C_{эл}$ – химический состав ванны (концентрации электролитов), %; B_Q – выход по току, %; D_k, D_a – катодная и анодная плотности тока, $A/дм^2$; pH – водородный показатель; T – температура, $^{\circ}C$; τ – время процесса, ч.

Возмущающие воздействия: VT – нарушение технологии (неправильные действия рабочего персонала); EqF – отказы оборудования (электродов, датчиков и т.п.); IDL – неточные данные лаборатории.

На основе проведенного анализа были разработаны производственные правила и модели представления знаний.

Для формализованного представления знаний необходимо формировать производственные модели с использованием лингвистических переменных и операций алгебры логики. Например, для процесса хромирования деталей определены следующие лингвистические переменные: «хром не осаждается на деталях» (x_1) и «матовое покрытие» (x_2), принимающие значения { AD – «отсутствие дефекта», NRD – «дефект в пределах нормы», PD – «наличие дефекта»}.

Лингвистические переменные «концентрация хромового ангидрида, C_{CrO_3} » (u_1), «катодная плотность тока, D_k » (u_2), «температура процесса, T » (u_3), описывающие управляющие воздействия,

принимают следующие значения: *NB* (negative big) – «отрицательное изменение», *Z* (zero) – «нулевое изменение», *PB* (positive big) – «положительное изменение».

Для управления показателями качества внешнего вида покрытий процесса хромирования сформирована база, включающая 7 производственных правил. Примеры формирования управляющих воздействий – «концентрация хромового ангидрида, C_{CrO_3} », «катодная плотность тока, D_k » и «температура процесса, T » приведены в таблицах 1-3.

Таблица 1. Нечеткий алгоритм формирования управляющего воздействия «концентрация хромового ангидрида, C_{CrO_3} »

Значения лингвистической переменной (термы) «хром не осаждается на деталях» (x_1)	Значения лингвистической переменной (термы) «матовое покрытие» (x_2)		
	<i>AD</i>	<i>NRD</i>	<i>PD</i>
<i>AD</i>	<i>Z</i>	<i>Z</i>	<i>PB</i>
<i>NRD</i>	<i>Z</i>	<i>Z</i>	<i>PB</i>
<i>PD</i>	<i>Z</i>	<i>Z</i>	<i>PB</i>

Таблица 2. Нечеткий алгоритм формирования управляющего воздействия «катодная плотность тока, D_k »

Значения лингвистической переменной (термы) «хром не осаждается на деталях» (x_1)	Значения лингвистической переменной (термы) «матовое покрытие» (x_2)		
	<i>AD</i>	<i>NRD</i>	<i>PD</i>
<i>AD</i>	<i>Z</i>	<i>Z</i>	<i>NB</i>
<i>NRD</i>	<i>Z</i>	<i>Z</i>	<i>NB</i>
<i>PD</i>	<i>PB</i>	<i>PB</i>	<i>Z</i>

Таблица 3. Нечеткий алгоритм формирования управляющего воздействия «температура процесса, T »

Значения лингвистической переменной (термы) «хром не осаждается на деталях» (x_1)	Значения лингвистической переменной (термы) «матовое покрытие» (x_2)		
	<i>AD</i>	<i>NRD</i>	<i>PD</i>
<i>AD</i>	<i>Z</i>	<i>Z</i>	<i>PB</i>
<i>NRD</i>	<i>PB</i>	<i>Z</i>	<i>NB</i>
<i>PD</i>	<i>NB</i>	<i>Z</i>	<i>PB</i>

Примеры сформированных производственных правил имеют вид:

1. Если «хром не осаждается на деталях» = «отсутствие дефекта» и «матовое покрытие» = «наличие дефекта», то «концентрация хромового

ангидрида, C_{CrO_3} » = «положительное изменение» и «катодная плотность тока, D_k » = «отрицательное изменение» и «температура процесса, T » = «нулевое изменение».

2. Если «хром не осаждается на деталях» = «присутствие дефекта» и «матовое покрытие» = «отсутствие дефекта», то «концентрация хромового ангидрида, C_{CrO_3} » = «нулевое изменение» и «катодная плотность тока, D_k » = «положительное изменение» и «температура процесса, T » = «отрицательное изменение».

3. Если «хром не осаждается на деталях» = «дефект в пределах нормы» и «матовое покрытие» = «отсутствие дефекта», то «концентрация хромового ангидрида, C_{CrO_3} » = «нулевое изменение» и «катодная плотность тока, D_k » = «отрицательное изменение» и «температура процесса, T » = «положительное изменение».

Формализовано данные правила (M_i) записываются следующим образом:

$$M_1 \equiv [(x_1 = AD) \wedge (x_2 = PD)] \rightarrow ((u_1 = PB) \wedge (u_2 = NB) \wedge (u_3 = Z)),$$

$$M_2 \equiv [(x_1 = PD) \wedge (x_2 = AD)] \rightarrow ((u_1 = Z) \wedge (u_2 = PB) \wedge (u_3 = NB)),$$

$$M_3 \equiv [(x_1 = NRD) \wedge (x_2 = AD)] \rightarrow ((u_1 = Z) \wedge (u_2 = NB) \wedge (u_3 = PB)).$$

Всего составлено более 60 производственных правил для таких процессов как хромирование, серебрение, меднение, фосфатирование, свинцевание, никелирование, оловянирование, кадмирование и пр.

Таким образом, разрабатываемая интеллектуальная система контроля качества гальванических покрытий позволит специалисту определить дефект, установить причину возникновения и принять решение по его устранению, корректируя технологический режим процесса в соответствии с требованиями технической документации.

Список литературы

1. Гальванические покрытия в машиностроении: Справочник. В 2-х т. / Под ред. М.А. Шлугера и Л.Д. Тока. Т. 1. М.: Машиностроение, 1985. 240 с.
2. Ямпольский А.М., Ильин В.А. Краткий справочный гальванотехника. М.: Машиностроение, 1972. 239 с.
3. Мельников П.С. Справочник по гальванопокрытиям в машиностроении. М.: Машиностроение, 1991. 380 с.