

И. Х. Ибрафиллов, Б. А. Тимеркаев, М. Ф. Шаехов,
Д. И. Ибрафиллов, М. А. Чернова

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВАКУУМНО-НАПЫЛИТЕЛЬНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА НА ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА МЕТАЛЛИЗАЦИИ ТКАНЕЙ

Ключевые слова: металлизация ткани, вакуум, плазма.

Анализ взаимосвязи параметров вакуумно-напылительного технологического комплекса, параметров напыления и показателей качества процесса выявил, что наибольшее влияние оказывает коэффициент отражения и от него возможно контролировать все показатели качества процесса напыления. Оптимальным путем построения системы автоматического управления, приводящим к стабилизации показателей качества технологического процесса, является стабилизация коэффициента отражения в зоне взаимодействия.

Keywords: tissue metallizing, vacuum, plasma.

Analysis of interrelation parameters of vacuum sputtering process complex deposition parameters and process quality indicators revealed that have most effect on the reflection coefficient and it is possible to monitor all indicators of quality of the deposition process. The optimal way of building automatic control system, which leads to stabilization of quality of process, is the stabilization of the reflection coefficient in the interaction zone.

Введение

Ткани металлизуют для улучшения их внешнего вида теплоизоляционных свойств [1]. Ввиду сложности рельефа ткани покрытие при вакуумной металлизации осаждается неоднородным слоем, не на все нити. Большая поверхность и наличие узких зазоров между волокнами создают условия для сильного поглощения тканями влаги и газов, поэтому перед металлизацией необходимо провести дегазацию. Особенно развита металлизация тканей в Японии и Германии. Трудно металлизировать натуральный шелк, шерсть, хлопчатобумажные и вискозные ткани. Легко поддаются металлизации ткани из искусственных волокон — нейлон, тетрон и др. Технология металлизации этих тканей такая же, как полимерных пленок. Натуральные ткани предварительно обрабатывают, нанося на них слой прозрачного лака. Для улучшения адгезии алюминиевых покрытий к целлюлозным тканям их выдерживают после металлизации в течение нескольких минут при температуре 120—240°C с откачкой со стороны ненапыленной поверхности [2] или импульсному магнитному полю [3].

Для получения узоров на тканях из целлюлозных волокон перед металлизацией наносят рисунок водорастворимыми красками, а затем ненужные участки покрытия удаляют при промывке в воде. Ткани из регенерированной целлюлозы перед нанесением рисунка обрабатывают формалином для уменьшения набухания волокон. Распространенным способом получения узоров на металлизированной ткани является избирательное травление напыленной в вакууме пленки через трафарет. После металлизации ткани из натуральных и искусственных волокон подвергают лакированию для защиты покрытия в процессе эксплуатации.

Коэффициент отражения тканей увеличивается в результате металлизации алюминием в ультрафиолетовой, видимой и инфракрасной областях спектра более, чем в 2 раза [4]. Металлизация тканей повышает их теплоизоляционные свойства, улучшает

защиту тела человека от охлаждения или ослабляет воздействие тепловых потоков от внешних источников [5]. По теплоизоляционным свойствам три слоя металлизированной хлопчатобумажной ткани эквивалентны десяти слоям из такой же ткани без покрытия. Ткань со сплошным покрытием толщиной несколько микрон почти не пропускает тепловых потоков.

Анализ

Основными регулируемыми параметрами вакуумно—напылительного технологического комплекса (ВНТК), влияющими на показатели качества технологического процесса (ТП) при магнетронном распылении являются подводимая электрическая мощность, зазор от подложки до распыляемого материала (МЭЗ), скорость подачи рабочих газов, скорость перемещения подложки относительно магнетрона, распыляемый материал и геометрические размеры магнетрона [6].

Общая картина влияния факторов нестабильности звеньев вакуумно—напылительного технологического комплекса (ВНТК) на его параметры, построенная на основе анализа результатов экспериментальных и патентно-информационных исследований, показана в таблице [7,8]. Здесь необходимо рассматривать ВНТК как совокупность взаимодействующих между собой звеньев сложной системы, участвующих в формировании качества [9] напыления.

К показателям качества ТП напыления относятся адгезия, пористость, коррозионная стойкость, толщина напыленного слоя и химический состав.

Качество ТП напыления обеспечивается заданными значениями и стабильностью плотности тока, скорость осаждения напыляемого материала, время воздействия на подложку, давления рабочих газов в камере и коэффициента отражения напыленного материала.

Анализ взаимосвязи параметров ВНТК, характеристик ТП напыления с показателями качества выявил, что наибольшую информативность оказывает коэффициент отражения металлизированной ткани в

ультрафиолетовом спектре длин волн (например, для алюминия 350нм.).

Отсюда следует, что главным критерием оценки качества параметров ТП выступает коэффициент отражения металлизированной ткани.

Таблица 1 - Значения факторов нестабильности звеньев ВНТК, влияющих на качество напыления

Звенья ВНТК	Параметры	Факторы, влияющие на стабильность параметров	Отклонение параметров
Магнетрон	Мощность	Напряжение питания.	до $\pm 5\%$
	Плотность потока плазменного факела	Межэлектродный зазор, напыляемый материал, состав.	до $\pm 5\%$
Среда распространения плазмы	Диэлектрическая проницаемость	Химический состав газовой среды.	до $\pm 2\%$
Ткань	Коэффициент теплового преобразования энергии плазмы	Теплофизические параметры металла.	до $\pm 3\%$
	Габаритно-весовые характеристики	Масса, форма, начальная температура поверхности.	до $\pm 0,5\%$
Механизмы перемещения	Скорость перемещения, электро-механические характеристики привода	Питающее напряжение, момент инерции	до $\pm 5\%$
Система управления	Точностные характеристики передаточных функций звеньев	Погрешность метода аппроксимации	до $\pm 3\%$
	Характеристики системы	Разрядность, быстродействие	до $\pm 0,1\%$

Обсуждение результатов

Оптимальным путем построения системы автоматического управления (САУ), приводящим к стабилизации показателей качества ТП, является стабилизация заданного значения показаний датчика [10], в данном случае коэффициента отражения. Общая взаимосвязь между параметрами ВНТК и параметрами ТП показана на рисунке 1.

Поэтому основной задачей является разработка методов по измерению коэффициента отражения и его стабилизации за счет управления параметрами звеньев ВНТК.

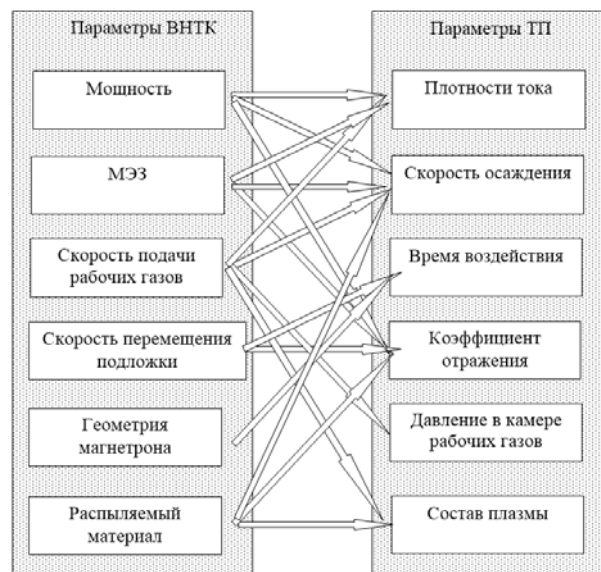


Рис. 1 - Взаимосвязь между параметрами ВНТК и параметрами ТП

Для реализации процесса вакуумной металлизации тканей с заданными показателями необходимо производить контроль и управление параметрами ВНТК в реальном времени протекания ТП.

В этих условиях актуальным является, с одной стороны, расчет оптимального изменения параметров ТП, а с другой - разработка и исследование САУ процессом [11, 12] плазменного напыления, основанная на реализации комбинированного управления путем введения обратной связи по информативным параметрам ТП [12], что обеспечит повышение эффективности использования ВНТК.

Результаты экспериментов показали, что качество напыления и его стабильность зависят от плотности тока, скорости осаждения распыляемого материала и коэффициента отражения напыленного материала. Именно нестабильностью параметров можно объяснить противоречивость результатов [13]. Поэтому основной задачей является разработка методов по стабилизации параметров системы управления плазменным потоком [14].

Синтез САУ требует проведения оптико-физических исследований плазмы для выявления информативных параметров, измеряемых в реальном времени ТП [15].

Рассматривая зависимость показателей качества ТП от многочисленных параметров, изменяющихся во времени (рис. 2), можно утверждать, что оптимальный путь построения САУ по стабилизации показателей качества ТП связан с решением задачи измерения коэффициента отражения материала.

Анализ взаимосвязи параметров ВНТК, параметров напыления и показателей качества процесса выявил, что наибольшее влияние оказывает коэффициент отражения и от него возможно контролировать все показатели качества процесса напыления [16]. Оптимальным путем построения САУ ВНТК, приво-

дящим к стабилизации показателей качества ТП, является стабилизация коэффициента отражения в зоне взаимодействия [6].

Поэтому основной задачей является разработка методов измерения температуры и стабилизации ее за счет управления параметрами звеньев ВНТК. При ионно-плазменной обработке требуется стабилизация заданных значений ТП, к которым относятся величина плотности тока, скорость осаждения напыляемого материала, время воздействия на подложку и коэффициента отражения напыленного материала, оказывающие наибольшее влияние на показатели качества ТП напылении [3,4].



Рис. 2 - Влияние характеристик ТП на показатели качества ТП

Внедрение такой системы управления приводит к повышению качества продукции, увеличению ресурса установки и в конечном счете к снижению экономических затрат при разработке и создании нового класса ВНТК.

Выводы

Исследования, проведенные, по ионно-плазменному напылению металлов на ткани, показывают нестабильность показателей качества технологического процесса. К этим показателям качества относятся адгезия, пористость, коррозионная стойкость

и химический состав. Существенное значение в этом играют параметры ВНТК. Здесь необходимо рассматривать ВНТК как совокупность взаимодействующих между собой звеньев сложной системы. Это магнетрон и подаваемая на него мощность, обрабатываемая подложка и механизм ее перемещения.

Отсюда следует, что главным критерием оценки качества параметров ТП выступает температура плазмы, поэтому оптимальным путем построения САУ, приводящим к стабилизации показателей качества ТП, является стабилизация ее коэффициента отражения металлизированной поверхности.

Литература

1. Пат. РФ 2.008.044 (1992)
2. Авт. свид. СССР 243.566 (1967)
3. Авт. свид. СССР 1.813.792 (1999)
4. Пат. РФ 2.398.045 (2008)
5. Пат. РФ 2.156.100 (1992)
6. Д.И. Исрафилов. Дисс. канд. тех. наук, КамПИ, Набережные Челны, 2007. 141 с.
7. L.A. Simonova, D. Israphilov, M. Chernova and A.Nugumanova, WASJ, 23, 7, 926-929 (2013)
8. L.A. Simonova, D. Israphilov, M. Chernova and A.Nugumanova, WASJ, 23, 7, 930-934 (2013)
9. И.Х. Исрафилов, В.В. Звездин, А.И. Нугуманова, Р.С. Файрузов, Д.И. Исрафилов, Вестник КГТУ им. А.Н. Туполева, 2, 86-88 (2007)
10. Л. А. Симонова, С. Ю. Юрасов, К. В. Симонова. Оборудование автоматизированного производства. Камская гос. инженерно-экономическая акад., Набережные Челны, 2011. 160 с.
11. Ф.С. Новик, Я.Б. Арсов. Оптимизация процессов технологии металлов методами планирования экспериментов. Машиностроение, Москва, 304с.
12. Ю.И. Топчиев. Атлас для проектирования систем автоматического регулирования: Учеб. пособие для вузов. Машиностроение, Москва, 1989.
13. Д.Р. Фархутдинова, Л.Н. Абуталипова. Вестник Казанского технологического университета, 20, 315-317 (2013)
14. А.Н. Титов, Н.К. Нуриев, Р.Ф. Тазиева. Вестник Казанского технологического университета, 19, 324-331 (2013)
15. А.Т. Галиакбаров. Дисс. канд. тех. наук, КамПИ, Набережные Челны, 2006. 125 с.
16. Д.А. Башмаков. Социально-экономические и технические системы: исследование, проектирование, оптимизация, 2, 10-14 (2010)
17. А.И. Сайфутдинов, Б.А. Тимеркаев. Вестник КГТУ им. А.Н. Туполева, 2, 109-114 (2011)

© **И. Х. Исрафилов** - проф., зав. отделением «Энергетика и информатизация», Набережночелнинский институт К(П)ФУ, IIIsrafilov@kpfu.ru; **Б. А. Тимеркаев** - проф., зав. каф. общей физики КНИТУ им. А.Н.Туполева-КАИ, btimerkaev@gmail.com; **М. Ф. Шаехов** - д.т.н., проф. каф. плазмохимических и нанотехнологий высокомолекулярных соединений КНИТУ, shaechov@kstu.ru; **Д. И. Исрафилов** - доц. каф. высокоэнергетических процессов и агрегатов, Набережночелнинский институт К(П)ФУ, DIIIsrafilov@kpfu.ru; **М. А. Чернова** – инж. каф. автоматизации и управления, Набережночелнинский институт К(П)ФУ, smilby@mail.ru.