

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТОЛЩИНЫ МЕТАЛИЗИРОВАННОГО ПОКРЫТИЯ, ПОЛУЧЕННОГО МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ МЕТАЛЛИЗАЦИИ

Т.А. ЧЕБУНЬКИНА, И.В. ЗЕМЛЯКОВА, А.Б. СМИРНОВ

(Костромской государственной технологической университет)

Целью заключительной отделки является улучшение внешнего вида тканей и придание им новых, в том числе специальных, свойств. Ассортимент тканей значительно расширился, а качество тканей улучшилось благодаря использованию различного типа новых специальных отделок, которые производят для снижения или устранения недостатков в тканях, для придания важных для них свойств или для создания каких-либо эффектов, улучшающих эстетические свойства.

Одной из таких специальных отделок является металлизация тканей – нанесение на ткань тонких слоев различных металлов, некоторых сплавов и неорганических веществ. Металлизация позволяет придать ткани желаемые декоративные свойства, а также сделать их теплозащитными, токопроводящими, диэлектрическими и пр.

Среди большого количества способов получения металлизированных тканей наибольшее применение получило нанесение покрытий напылением. Существует две разновидности процесса напыления: напыление в вакууме атомами или ионами, которые, осаждаясь и конденсируясь на поверхности изделия, образуют покрытие, и напыление мелкодисперсными частицами.

Нанесение покрытий мелкодисперсными частицами проводят с помощью газотермических методов напыления, которые включают в себя нагрев или плавление каким-либо источником теплоты напыляемого материала и его ускорение газовым потоком. К этим методам относится электродуговая металлизация. В КГТУ на кафедре технологии художественной обработки материалов и технического сервиса под руководством Гусева В.А. собрана экспериментальная установка по нанесе-

нию металлических покрытий методом электродуговой металлизации на различные конструкционные материалы.

В процессе металлизации струя напыляемых частиц образует конус, вершина которого при проволочном распылении располагается в точке плавления проволоки, а основанием служит напыляемая поверхность. Металлические частицы внутри этого конуса распределены случайным образом. Совокупность центров частиц, случайным образом распределенных в пространстве, называется случайным полем точек, а плотностью поля называется среднее число точек, попадающих в единицу объема [1].

Неравномерность распределения частиц в металловоздушной струе существенно снижает масштаб применения газотермических методов для получения металлизированных тканей. Внутри конуса можно выделить зоны с разной плотностью частиц, а именно плотность частиц в центральной части струи больше, чем в периферийных зонах. В процессе металлизации частицы оседают на поверхности напыления, образуя металлический слой, ограниченный сверху некоторой поверхностью, а снизу – основой для напыления. Проекцию металлической поверхности на основу будем называть пятном напыления. В связи с этим возникает задача математического описания поверхности металлического слоя.

При фиксированном времени напыления толщину слоя можно описать с помощью функции двух переменных $h=h(x,y)$, где (x,y) – координаты произвольной точки. Зная уравнение этой поверхности, можно рассчитать толщину металлического слоя в любой точке и геометрические характеристики пятна напыления. В общем

случае толщина металлического слоя описывается функцией трех переменных: x , y и времени напыления t .

На экспериментальной установке, включающей стенд для механизации процессов напыления; металлизационный аппарат промышленного образца ЭМ-6; комплект для электродуговой металлизации КДМ-2 на базе источника постоянного тока ТИМЕЗ-500, были проведены эксперименты по нанесению слоя металла на металлическую пластину в течение времени $t=20$ с при следующих технологических параметрах: подача проволоки 1 м/мин, давление 7 атм, напряжение 25 В, расстояние до напыляемой поверхности 200 мм.

Была введена прямоугольная декартова система координат, начало в левом нижнем углу образца, ось Ox направлена вдоль длины образца. Для каждого образца получена матрица $M^{(k)}$, $k=1, \dots, n$, n – количество образцов, элементы $m_{i,j}^{(k)}$ которой равны толщине напыленного слоя в точке с координатами $(x_i; y_j)$. Измерения проводились с шагом по оси абсцисс 8 мм, по оси ординат 6 мм.

Затем была построена матрица M средних значений, элементы которой вычислены по формуле:

$$m_{ij} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (m_{ij}^{(k)}).$$

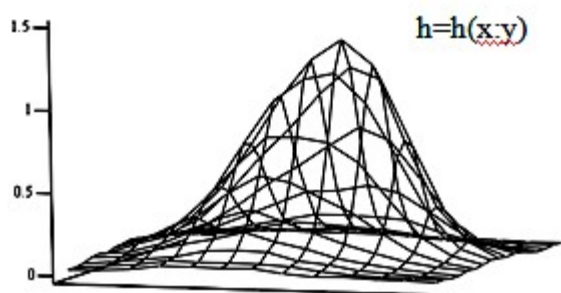


Рис. 1

По результатам экспериментов построен график изменения толщины слоя (рис. 1) в зависимости от координат точки $(x; y)$, а поверхность металлического слоя описана уравнением

$$h(x; y) = A e^{a(x-x_0)^2 + b(x-x_0)(y-y_0) + c(y-y_0)^2},$$

где $(x_0; y_0)$ – координаты точки пятна напыления, которой соответствует наибольшая толщина слоя.

Из курса высшей математики известно, что график поверхности удобно представлять линиями уровня. Получив ряд линий уровня, по их взаимному расположению можно получить представление о графике функции, то есть о форме поверхности. На рис. 2 изображены линии уровня функции $h=h(x; y)$.

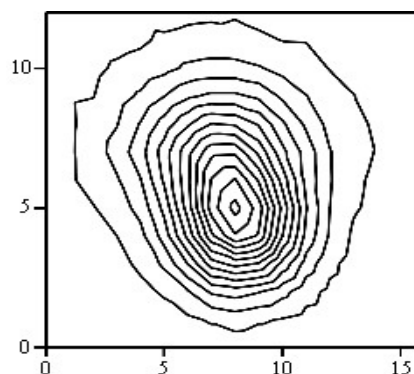


Рис. 2

Там, где линии располагаются "гуще", функция изменяется быстрее (поверхность идет круче), а в тех местах, где линии уровня располагаются реже, функция изменяется медленнее.

Анализируя полученные графики, можно сделать вывод о том, что толщина слоя распределена несимметрично по пятну напыления. Зона с наибольшей толщиной смещена по отношению к центру.

ВЫВОДЫ

1. В результате проведенных экспериментов установлено, что если закрепить металлизатор и проводить напыление на неподвижную основу, то на ней образуется металлический слой, толщина которого распределена неравномерно.

2. Найдено аналитическое выражение, описывающее вид получаемой металлической поверхности.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Вентцель Е.С., Овчаров Л.А.* Теория вероятностей и ее инженерные приложения. – М.:Наука, 1988.

Рекомендована кафедрой высшей математики.
Поступила 05.06.09.
