

Перед процессом обработки выводим резец в исходную точку с координатами  $z = 3$  мм,  $x = 42$  мм. Общая длина хода резца по координате  $z$  составляет  $l = 45 + 3 = 48$  мм. На этой длине должно уместиться число циклов колебаний инструмента равное

$$H = \frac{l}{X_{\text{сп}} - X_{\text{отс}}} = \frac{48}{0,327 - 0,163} = \frac{48}{0,164} \approx 292.$$

Пересчитаем точную длину перемещения резца

$$292 \cdot 0,164 = 47,888 \text{ мм}$$

Следовательно, координата вывода инструмента в исходную точку по оси  $z = 2,888$  мм

Таким образом, управляющая программа для станка 16К20Ф3 с устройством ЧПУ модели 2Р22 имеет вид

№001 T1 S2 500

№002 X42 Z2.888 E

№003 W-0.327 F3.6

№004 W0.164 F0.36 M18

№005 L11 H292 B003

№006 M02

## ЛИТЕРАТУРА

1. Молочко, В.И. О влиянии структуры цикла вибрационного резания на шероховатость обработанной поверхности.// Вести НАН Беларуси. Сер. физ.-техн. наук. 2004. №1. С.45-52.

УДК 621.793

Ивашенко С.А., Голушко В.М., Султан А. И., Кармажи Х.Т.Е.

## МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОТНОСТИ ИОННОГО ПОТОКА И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕЕ РЕАЛИЗАЦИИ

*Белорусский национальный технический университет,*

*Минск, Беларусь*

Защитно-декоративные покрытия широко применяются в различных отраслях промышленности как у нас в Республике, так и за рубежом. [1] Наиболее часто технология формирования защитно-декоративных покрытий включает в себя такие основные стадии как: подготовка поверхности, нанесение грунтовочного лака, формирование покрытия и нанесение защитного лака. Использование вакуумно-плазменных

технологий, в частности метода КИБ (конденсация покрытий из плазменной фазы в вакууме с ионной бомбардировкой поверхности), для формирования защитно-декоративных покрытий позволяет увеличить срок службы изделий с покрытиями, повысить их функциональные свойства, снизить себестоимость изготовления изделий с покрытиями за счет упрощения технологического процесса получения покрытий (исключаются дорогостоящие и экологически вредные стадии нанесения грунтовочного и защитного лака).

Эксплуатационные свойства изделий с покрытиями формируются в ходе всего технологического процесса их изготовления. Вместе с тем наиболее существенное влияние на свойства изделий с покрытиями оказывают заключительные операции, предусматривающие подготовку поверхности и осаждение покрытий.

Технология формирования вакуумно-плазменных покрытий методом КИБ включает в себя следующие основные стадии:

1. Внекамерная подготовка изделий;
2. Внутрикамерная подготовка изделий;
3. Формирование покрытия.

Внутрикамерная подготовка изделий направлена как на получение поверхности высокой чистоты, так и на ее активацию. При вакуумно-плазменном нанесении покрытий на металлические изделия внутрикамерная подготовка заключается в бомбардировке поверхности ускоренными высокоэнергетичными ( $E \approx 10^3$  эВ) ионами материала катода (ионная бомбардировка). Для внутрикамерной подготовки изделий изготовленных из материалов с малой теплопроводностью (стекло) используется обработка поверхности потоком ионов инертных газов, так как бомбардировка ионами материала катода в данном случае неприемлема из-за возникающего температурного градиента в поверхностном слое, приводящего к растрескиванию материала основы. С этой целью используется газовый источник ионов с холодным катодом типа «радикал».

Режим ионной обработки должен обеспечивать преобладание процесса ионного распыления загрязнений над процессом адсорбции. [2] То есть эффективность очистки поверхности в основном будет определяться плотностью ионного потока и энергией ионов. Также можно предположить, что плотность ионного потока будет оказывать существенное влияние и на формируемый в процессе обработки микрорельеф поверхности. Это важно при формировании вакуумно-плазменных защитно-декоративных покрытий, так как шероховатость поверхности изделия с покрытием во многом определяется шероховатостью поверхности после ионной обработки.

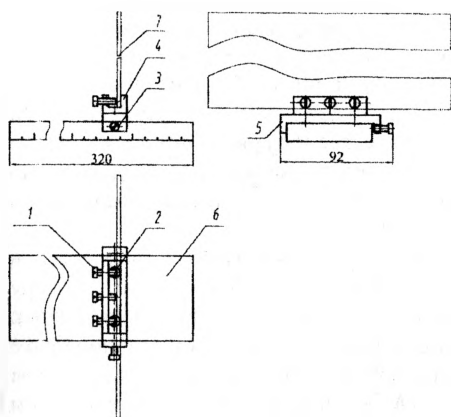


Рис. 1. Приспособление для определения плотности ионного потока

Закрепление направляющей на плите на необходимом расстоянии осуществляется винтом (3). В держателе (4) с помощью винтов (1) могут устанавливаться образцы (7). Регулируя расстояние между ионным источником и образцом можно изменять плотность ионного потока. При проведении экспериментов образцы устанавливаются перпендикулярно потоку ионов.

Общий вид приспособления представлен на рисунке 2.

Подготовка и выбор образцов для проведения экспериментов заключается в следующем. Размер образца должен обеспечивать полное перекрытие ионного потока создаваемого «радикалом», поэтому в качестве образцов используются пластины размерами 300x300x5 мм из стали 12Х18Н10Т.

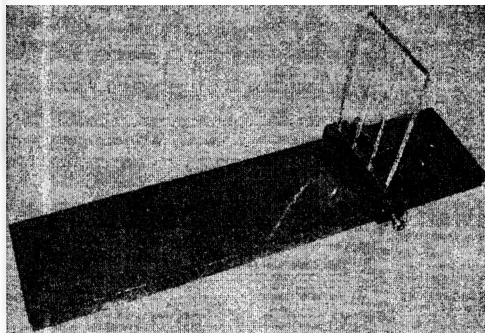


Рис. 2. Фотография приспособления для определения плотности ионного потока

Для определения плотности ионного потока и производительности процесса ионной обработки нами было сконструировано и изготовлено приспособление. Конструкция приспособления представлена на рисунке 1. Приспособление состоит из плиты (6) на которой установлена направляющая (5) с закрепленным на ней с помощью двух винтов (2) держателем (4). На плите нанесена шкала с шагом 10 мм, что позволяет устанавливать направляющую на фиксированных расстояниях относительно ионного

источника. Регулируя расстояние между ионным источником и образцом можно изменять плотность ионного потока. При проведении экспериментов образцы устанавливаются перпендикулярно потоку ионов.

Предварительная внекамерная подготовка образцов заключается в шлифовании с последующим полированием до шероховатости  $R_a=0,05$  мкм, протирке бязью смоченной в спирте ректификате. Затем образцы размещаются на столе вакуумной камеры установки УРМ3.279.079,

стол вакуумной камеры соединен с вводом вращения. После того как в вакуумной камере достигнут необходимый вакуум производится очистка образцов ионами материала катода ( $Ti^+$ ) в течении 60 с при ускоряющем напряжении на основе 1000 В и токе дуги 90 А. Конденсация слоя  $Ti$  толщиной  $\approx$  мкм осуществляется при токе дугового разряда 80 А, напряжении на основе 100 В. Выбор в качестве материала покрытия титана можно объяснить следующим: титан имеет невысокую твердость по сравнению с нитридом титана, что позволит снизить время необходимое для распыления покрытия ионами инертного газа.

Подготовленный образец с нанесенным покрытием закрепляется в приспособлении. Установка приспособления в вакуумную камеру осуществляется так, чтобы ось ионного источника проходила через центр пластины. Приспособление с образцом в камере находится в стационарном состоянии (ввод вращения отключен). Обработка пластины с покрытием производится ионами инертного газа ( $Ar^+$ ) с энергией 2 – 3 кэВ в течении 30 минут при давлении в камере  $p = 3,2 \cdot 10^{-2}$  Па. Так как для обработки ионами инертного газа характерно распыление поверхности, то в

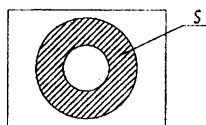


Рис. 3. Пластина после обработки ионным потоком

результате обработки на пластине остается вытравленный участок в виде кольца с площадью  $S$  (см. рисунок 3). Форма вытравленного участка обусловлена конструкцией ионного источника.

Зная площадь ( $S$ ) и силу тока ( $I$ ) можно определить плотность ионного потока для данных режимов обработки по формуле:

$$j = \frac{I}{S}, \text{ мА/см}^2. \quad (1)$$

Изменяя продолжительность и режимы ионной обработки можно определить производительность процесса.

Таким образом, разработанная методика позволяет определить зависимость шероховатости обрабатываемой поверхности и производительности процесса обработки от плотности ионного потока.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Клявинь, М.В., Гриките, В.К., Калве, В.А. и др. Защитно-декоративные вакуумные покрытия. Обзор. Рига, ЛатНИИНТИ, 1977. – 58с.
2. Ивановский, Г. Ф., Петров, В. И. Ионно-плазменная обработка материалов. – М.: Радио и связь, 1986. – 232 с.
3. Защитные, вакуумные покрытия на стали. Ройх И.Л. и Колтунова Л.Н., М., «Машиностроение», 1971. – 280 с.