

7. Федорцев Р.В. Исследование электрической проводимости скользящего контакта для оценки погрешностей формы притирающихся металлических пар // Энергетика. Известия вузов и энергетических объединений СНГ. – 1999. – № 2. – С. 41 – 45.

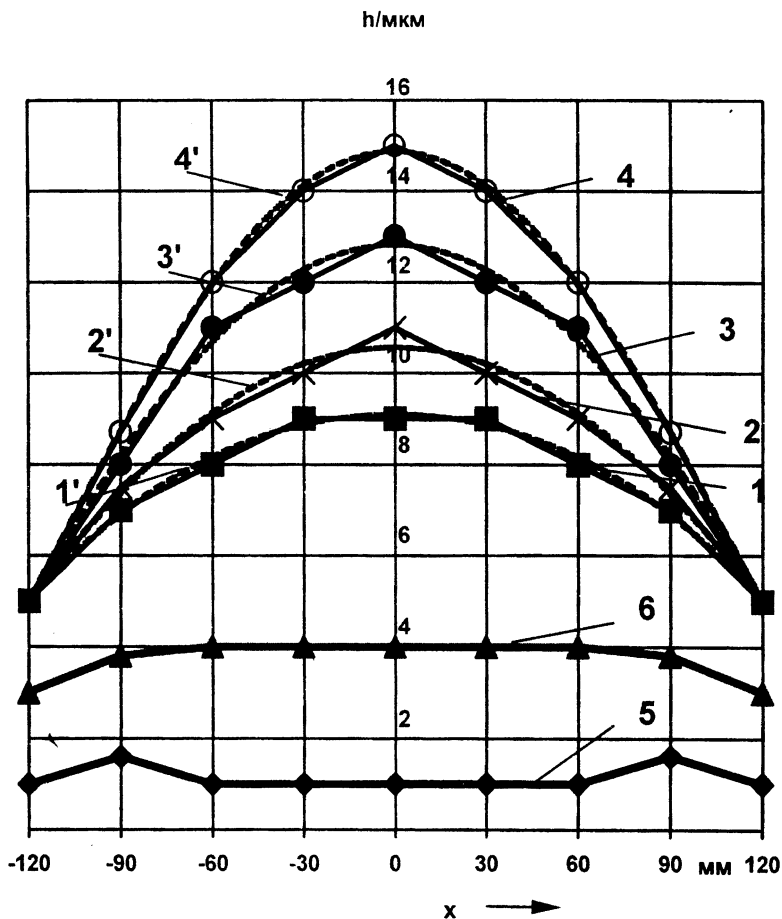
## **ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА РАВНОМЕРНОСТЬ ТОЛЩИНЫ ВАКУУМНО-ПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ**

Студент В.М. Голушко

Научный руководитель – д-р техн. наук, доц. С.А. Иващенко

Метод вакуумно-плазменной металлизации, позволяющий осаждать как тугоплавкие металлы, так и их химические соединения типа нитридов, карбидов и т.п. используется в основном для нанесения покрытий на поверхности прецизионных поверхностей. Основным фактором, влияющим на точностные параметры упрочняемых поверхностей, является толщина осажденного слоя. В камерах электродуговых вакуумных установок плотность потока материала расходуемого электрода неоднородна по объему камеры. Поэтому представляет интерес исследование пространственно-временного распределения толщины покрытия на поверхности деталей, размещенных в объеме камеры. Так как приведенные в научно-технической литературе сведения о распределении скорости роста толщины покрытия обусловлены различными по величине технологическими параметрами осаждения, геометрическими параметрами вакуумных камер, расстоянием подложки от катода и т.п., то была проведена серия экспериментов по определению влияния параметров процесса на равномерность покрытия TiN для длинномерной немагнитной подложки.

Для определения равномерности толщины покрытия использовалась пластина из стали 12X18H10T размерами 265x62x9 мм, на которой посредством винтов с шагом 30 мм в обе стороны от центра крепились шайбы ( $\varnothing 18 \times 1$  мм), выполненные из того же материала. Пластина устанавливалась перпендикулярно оси катода на расстоянии 300 мм от его торца таким образом, чтобы оси шайб и катода находились в одной горизонтальной плоскости.



Анализ результатов экспериментов показывает, что при электродуговом методе имеет место значительная неравномерность толщины покрытия по длине подложки, которая возрастает с увеличением тока фокусирующей катушки. В частности, при увеличении  $I_{\text{ф}}$  с 0 до 1,5 А перепад толщины покрытия на длине 120 мм от оси катода возрастает с 4 мкм (в 1,8 раза) до 10 мкм (в 3 раза). Одновременно с увеличением  $I_{\text{ф}}$  возрастает и производительность процесса, что подтверждается увеличением абсолютной величины толщины покрытия. Наибольший рост наблюдается по оси испарителя (около 70%),

и лишь при удалении от оси катода в радиальном направлении на 120 мм он падает практически до нуля.

Анализ распределения толщины покрытия по длине подложки показывает, что эта зависимость носит нелинейный (параболический) характер и может быть описана уравнением вида

$$Y = ax^2 + b,$$

где  $x$  – расстояние от оси катода до искомой точки на подложке в радиальном направлении;

$a$  и  $b$  – коэффициенты, зависящие от параметров процесса осаждения покрытия.

Характер экспериментальных зависимостей позволил сделать вывод, что коэффициент  $a$  определяется током фокусирующей катушки, а коэффициент  $b$  является функцией как тока фокусирующей катушки, так и времени осаждения покрытия.

На основании обработки результатов исследований была получена математическая модель распределения толщины покрытия на подложке как функции тока фокусирующей катушки и времени:

$$h = (-2,73 I_{\phi} - 2,8) \cdot 10^{-7} x^2 + (0,133 I_{\phi} + 0,3) \cdot 10^{-3} \cdot \tau,$$

где  $h$  – толщина покрытия, мкм;

$x$  – расстояние от оси катода до искомой точки на подложке в радиальном направлении, мм;

$I_{\phi}$  – ток фокусирующей катушки, А;

$\tau$  – время нанесения покрытия, мин.

## **УПРОЧНЯЮЩИЕ И ЗАЩИТНО-ДЕКОРАТИВНЫЕ СВОЙСТВА ВАКУУМНО-ПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ**

Студент В.М. Голушко

Научный руководитель – д-р техн. наук, доц. С.А Иващенко

Наиболее перспективными являются покрытия из кадмия, алюминия, титана и некоторых других металлов.

Вакуумное кадмирование широко применяется в авиационной промышленности, где для изготовления деталей используются