

Костик Е.А., Костик В.О., Моханад Музахем Кхалаф

(НТУ «ХПИ», Харьков)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИОННО-ПЛАЗМЕННОГО АЗОТИРОВАНИЯ

Азотирование как метод упрочнения деталей машин и инструмента прошло длительный путь развития и совершенствования и является одним из эффективных и распространенных методов упрочнения в различных отраслях машиностроения.

Ионно-плазменное азотирование является высокопроизводительным, энергосберегающим процессом и является наиболее популярным видом азотирования на сегодняшний день. Важным фактором при ионно-плазменном азотировании, влияющим на скорость роста азотированного слоя и на его структуру, является отсутствие преобладающей роли граничной диффузии. Плазма, ускоряя направленный массоперенос положительных ионов к поверхности катода, создает условия для равномерной адсорбции атомов азота по всей поверхности металла, а не избирательно по границам зерен, как это наблюдается при обычном азотировании [1].

В настоящее время существует необходимость математического описания общей модели, позволяющей более надежно управлять ходом процесса и проводить предварительные расчеты результатов обработки.

Целью работы является получение математической модели, учитывающей одновременное влияние температуры и длительности азотирования на изменения глубины диффузионного слоя.

Материалом исследований является сталь 38Х2МЮА, которую подвергали ионно-плазменному азотированию при температурах 500–560 °С в течение 1–12 ч.

С целью экономии времени и материалов, а также для построения математической модели, применялся метод построения полного ортогонального центрального композиционного плана второго порядка. В

качестве входных переменных выбирались температура азотирования (x_1) и длительность химико-термической обработки (x_2). В качестве выходных переменных – глубина азотированного слоя образцов стали 38Х2МЮА. Интервалы варьирования анализируемых факторов были выбраны в соответствии с теоретическими данными и опытом применения ионно-плазменного азотирования.

С учетом значимости коэффициентов, модель глубины азотированного слоя в зависимости от нормированных значений температуры и длительности химико-термической обработки имеет следующий вид:

$$y = 295,55556 + 42,5085 \cdot x_1 + 280,056 \cdot x_2.$$

Проверка адекватности модели по критерию Фишера показала, что модель адекватна.

Таким образом, проведение экспериментов и обработка полученных результатов позволили получить адекватное уравнение для расчета глубины азотированного слоя в заданном интервале варьирования параметрами условий обработки. Математическое моделирование позволило найти параметры управления и проводить прогностические расчеты глубины диффузионного слоя без дополнительных экспериментов.

Литература:

1. Герасимов, С. А. Моделирование процесса ионного азотирования / С. А. Герасимов, М. Г. Крукович, Е. А. Бадерко, Н. П. Ключков // Наука и образование: МГТУ им. Н. Э. Баумана. – 2013. – № 01. – С. 313–332. DOI: 10.7463/0113.0501016