Таран В.М., Лясникова А.В., Дударева О.А., Гришина И.П., Маркелова О.А.
*Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.
Саратов, Россия*

doi: 10.18411/lj-31-03-2017-2-07
idsp 000001:lj-31-03-2017-2-07

Компьютерное моделирование прочности и пористости плазменных покрытий с помощью экспертно-статистического метода

Аннотация

В статье предлагается использование экспертно-статистического метода в качестве подхода для моделирования прочности и пористости плазмонапыленных покрытий. Описаны основные этапы и методики моделирования.

Ключевые слова: пористые покрытия, прочность, плазменное напыление, моделирование структур

Как известно, плазмонапыленные покрытия обладают достаточно высокой пористостью [1], что позволяет использовать их в качестве резервуара для хранения жидких веществ различного назначения (масел, лекарств и т.д.) [2]. При этом остро стоит задача формирования плазменных покрытий, сочетающих прогнозируемую пористость для обеспечения поступления жидких веществ в необходимом количестве в необходимую область с высокой прочностью.

Экспериментально и теоретически доказано, что чем выше степень пористости покрытия, тем ниже его прочность [3-4]. В связи с этим возникает задача выбора допустимых значений этих двух свойств покрытия таким образом, чтобы пористость соответствовала требованиям функционального назначения покрытия, а прочность – требованиям технической надежности изделия с покрытием. Геометрическое представление данной задачи, в виде соотношения между прочностью и пористостью покрытия приведено на рис. 1.

В общем случае под прочностью покрытия понимается напряженное состояние определенных участков объема покрытия, величина которого выше некоторого предельно допустимого напряжения. В связи с этим, важное значение имеет изучение особенностей возникновения напряженного состояния в материале покрытия.

Рис. 1. Диаграмма корреляционной связи между прочностью и пористостью покрытия: σ_0 – прочность компактного материала покрытия; $[\sigma_n]$ – предельно допустимая прочность покрытия; $\sigma_n^{\max}$ – максимально достижимая прочность покрытия; $\Pi_{\min}, \Pi_{\max}$ – минимально и максимально достижимые пористости покрытия; A – зона допустимых соотношений прочности и пористости; Π – пористость покрытия

Установлено, что суммарный результат прочности покрытий зависит, как от величины напряжений, так и от их пространственной направленности.

С другой стороны пористость покрытия определяется, как отношение объема порового пространства к общему объему покрытия. В плазменном покрытии поры имеют различную сложную конфигурацию и для их описания и анализа целесообразно прибегать к модельному представлению пор в виде правильных фигур, например цилиндра, сферы или куба.

В процессе моделирования применим метод, при котором любую физическую величину или структурное образование можно предоставить как совокупность взаимосвязанных дискретных элементов. Данный метод позволит перейти к решению конкретных задач с использованием ЭВМ.

Дискретизация изучаемого объема пористого покрытия проводилась кубическими фигурами с плоскими боковыми поверхностями (дискретные ячейки).

Далее переходим к методу экспертно-статистического моделирования прочности и пористого порошковых покрытий, включающему в себя этапы:

1. Выборка из общего объема покрытия небольшого участка со свойствами, присущими всему объему покрытия.
2. Формирование шкалы физических величин (случайные с нормальным распределением), участвующих в моделировании.
3. Для целей статистического моделирования вводится понятие вероятности случайной величины и его порогового критерия, который определяет необходимый доверительный интервал.
4. Данные полученные в результате экспертно-статистических испытаний сравниваются с результатами, полученными в процессе экспериментальных испытаний реальных изделий с покрытиями на лабораторных стендах.

Предложенная методика позволяет оценить прочность и пористость плазменных покрытий с помощью экспертно-статистического метода.

Исследование выполнено при финансовой поддержке грантов РФФИ в рамках научных проектов № 16-08-01250 а, № 15-03-02767 а и № 16-33-60154 мол а_дк, а также гранта Президента для государственной поддержки молодых российских ученых РФ – докторов наук МД-1403.2017.8 и стипендии Президента РФ для молодых ученых и аспирантов СП-289.2015.4.

Литература

1. Лясников В.Н. Плазменное напыление: монография / В.Н. Лясников, А.В. Лясникова, О.А. Дударева. Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2016. 643 с.
2. Лясникова А.В. Статистическое моделирование движения жидкого лекарственного вещества в пористых биокomпозиционных покрытиях / А.В. Лясникова, В.М. Таран, О.А. Маркелова, О.А. Дударева, И.П. Гришина // Конструкции из композиционных материалов. – 2014. – № 4. – С. 34-39.
3. Теоретические основы разработки плазменных технологий и оборудования: монография / В.М. Таран, А.В. Лясникова, О.А. Дударева, И.П. Гришина, О.А. Маркелова. Днепропетровск: ФОП Середняк Т.К, 2014. - 880 с.
4. Физико-математическое моделирование процесса формирования нанопористой структуры плазмонапыленных покрытий / В.М. Таран, А.В. Лясникова, Н.В. Протасова, О.А. Дударева // Нанотехника. 2012. №1. С.55-58.