

О. А. Ц а п о в с к а я, О. И. Ч е л я п и н а (Подольск, РОНЦ МГОУ).
Прочность и термочность изделий с покрытием.

Покрытия используют для повышения прочностных характеристик изделий в процессе эксплуатации. В общем случае материал покрытия имеет другие теплофизические и упругие свойства по сравнению с основным материалом. Такое несоответствие свойств сопровождается появлением внутренних напряжений при силовом и температурном нагружении. Для определения уровня и характера распределения внутренних напряжений применяют различные методы: аналитические, численные (математический эксперимент), экспериментальные. Эти методы взаимно дополняют друг друга и позволяют получить требуемый результат. Аналитические методы используют, как правило, для изделий правильной геометрической формы. Если покрытие характеризуется неоднородной границей в сочетании с произвольной геометрической формой, то часто при моделировании внутренних напряжений используют экспериментальные подходы. Среди последних заслуживают внимания аналоговые методы. Их сущность заключается в идентичности математической формулировки двух разных задач, одна из которых допускает простую экспериментальную реализацию [1]. Целью данного сообщения является математическое обоснование аналогового метода определения температурных напряжений в системе «изделие–покрытие» с произвольной геометрией поперечного сечения и неоднородной границей раздела «материал–покрытие». Рассматривается состояние плоской деформации при свободной от нагрузки внешней поверхности. Упругие характеристики (модуль упругости) составных частей системы одинаковы. Коэффициент линейного расширения является непрерывной функцией координат и возрастает при переходе через границу раздела.

Функция напряжений для плоской задачи термоупругости находится из решения задачи

$$\Delta\Delta F = -\frac{E}{1-\nu}\Delta(\alpha T), \quad F = \frac{\partial F}{\partial n} = 0 \quad \text{на границе внешнего контура,} \quad (1)$$

где E — модуль Юнга всей системы, ν — коэффициент Пуассона, T — распределение температуры (находится из решения задачи теплопроводности). С точностью до обозначений эта задача идентична изгибу жестко закрепленной пластины под действием распределенной нагрузки

$$\Delta\Delta\omega = \frac{P(r)}{D}, \quad \omega = \frac{\partial\omega}{\partial n} = 0 \quad \text{на внешнем контуре,} \quad (2)$$

где ω — функция прогиба, $P(r)$ — распределенная нагрузка, D — жесткость пластины. Полное соответствие между функциями напряжений и прогиба пластины достигается путем введения множителя χ для сохранения размерности $[F] = [\chi\omega]$.

Соответствие задач (1) и (2) позволяет получить выражение для распределенной нагрузки

$$P(r) = -\frac{ED\Delta(\alpha T)}{(1-\nu)\chi}. \quad (3)$$

Модельную пластину идентичной конфигурации нагружают распределенным давлением по закону (3). Экспериментально измеренные поверхностные смещения (деформации) модельной пластины дают численные значения термонапряжений [2]. Последние в конечном итоге определяют прочность и термочность изделия с покрытием произвольной формы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Иванов С. Д.* Актуальные задачи моделирования технологических и температурных напряжений. М: МГОУ, 1999, 335 с.
2. *Власов Н. М., Егоров В. С., Колесов В. С., Федик И. И.* Аналогия плоской задачи термоупругости с изгибом пластины. — В сб.: Математические методы и физико-механические поля. Киев: Наукова Думка, 1979, № 10, с. 90–98.