

А. В. Т р е г у б (Москва, МГУЛ). **Оценка прочности покрытия древесно-стружечной плиты с трещиноподобным отслоением.**

При изготовлении мебели, межкомнатных дверей и других изделий из дерева в настоящее время широко используются составные материалы, например, древесно-стружечные плиты, покрытые шпоном или ламинатом. В силу технологических (например, непрочности) или иных причин (эксплуатация и хранение) между составными частями изделия может возникнуть расслоение, что при определенных условиях может привести к росту дефекта и возможному разрушению защитного покрытия изделия. При обнаружении современными методами диагностики и контроля в соединении расслоения возникает вопрос о дальнейшей пригодности всего изделия. Для ответа на этот вопрос можно воспользоваться положениями механики разрушения.

Будем считать расслоение между составными частями конструкции трещиной, лежащей на границе двух сред. Напряжения и перемещения в окрестности вершины трещины определяются с помощью следующих соотношений [1]:

$$\begin{aligned}\sigma_{rj} + \sigma_{\theta j} &= 4\operatorname{Re} \left(\sum_{n=0}^{\infty} A_{nj} z^{\lambda_n} \right), \\ \sigma_{\theta j} - \sigma_{rj} + 2i\sigma_{r\theta} &= 2e^{2i\theta} \left(\bar{z} \sum_{n=0}^{\infty} A_{nj} \lambda_n z^{\lambda_n-1} + \sum_{n=0}^{\infty} B_{nj} z^{\lambda_n} \right), \\ 2\mu_j(u_{rj} + iu_{\theta j}) &= k_j \sum_{n=0}^{\infty} \frac{A_{nj} z^{\lambda_n+1}}{\lambda_n + 1} - z \sum_{n=0}^{\infty} \frac{A_{nj} z^{\lambda_n}}{\lambda_n} - \sum_{n=0}^{\infty} \frac{B_{nj} z^{\lambda_n+1}}{\lambda_n + 1}, \\ z &= re^{i\theta}, \quad j = 1, 2,\end{aligned}\tag{1}$$

где σ_r , σ_θ , $\sigma_{r\theta}$ и u_r , u_θ , соответственно, напряжения и перемещения в локальной полярной системе координат; $k = 3 - 4\nu$ для плоской деформации; ν — коэффициент Пуассона; μ_j — модуль сдвига j -го материала; A_{nj} , B_{nj} — зависящие от граничных условий комплексные константы, определяемые из решения задачи в целом; λ_n — собственные числа, которые находятся из следующего характеристического уравнения:

$$\mu_1(1 - e^{-2\lambda\pi i})(k_2 + e^{2\lambda\pi i}) = \mu_2(1 - e^{2\lambda\pi i})(k_1 + e^{-2\lambda\pi i}).$$

Решение этого уравнения, удовлетворяющее условию ограниченности перемещений в вершине трещины, имеет вид $\lambda_n = \lambda_{0n} + i(1 - (-1)^n)\beta/2$, где

$$\lambda_{0n} = \begin{cases} k, & \text{при } n = 2k, k = 0, 1, 2, \dots, \\ k - 1/2, & \text{при } n = 2k + 1, k = 0, 1, 2, \dots, \end{cases} \quad 2\pi\beta = \ln \frac{\mu_1 + k_1\mu_2}{\mu_2 + k_2\mu_1}.$$

Согласно [1], решение с комплексным λ имеет физический смысл на расстояниях r , удовлетворяющих условию $r/L \gg e^{-1/|\beta|}$, где L — характерный размер тела.

При малых значениях β перемещения берегов трещины можно представить в виде [2]:

$$\begin{aligned}u_x + iu_y \Big|_{\theta=\pi} &= u_0 + \frac{(K_{II} + iK_I)(1 + k_1) + O(\beta)}{2\mu_1} \sqrt{\frac{r}{2\pi}} + A_0 r + \dots, \\ u_x + iu_y \Big|_{\theta=-\pi} &= u_0 - \frac{(K_{II} + iK_I)(1 + k_2) + O(\beta)}{2\mu_2} \sqrt{\frac{r}{2\pi}} + A_0 r + \dots.\end{aligned}\tag{2}$$

Определив с помощью метода конечных элементов перемещения узлов, принадлежащих берегам трещины, можно по формулам (2) найти значения коэффициентов K_I и K_{II} . Для этого необходимо проэкстраполировать, например, с помощью метода наименьших квадратов, вычисленные в узлах значения $(u - u_0)/r^{1/2}$ в $r = 0$.

Согласно критерию разрушения, предложенному Г. П. Черепановым, трещина становится опасной при достижении величины Γ своего критического значения. Величина Γ выражается через коэффициенты K_I и K_{II} следующим образом:

$$\Gamma = -\frac{\partial \Pi}{\partial S} = \frac{(\mu_1 + k_1\mu_2)(\mu_2 + k_2\mu_1)}{4\mu_1\mu_2((\mu_1(1+k_2) + \mu_2(1+k_1)))}(K_I^2 + K_{II}^2).$$

Таким образом, рассчитав напряженно-деформированное состояние дефектного изделия и определив критериальную величину Γ при помощи предложенного метода, можно сделать вывод о дальнейшей пригодности дефектного изделия или же дать рекомендации о допустимых условиях его эксплуатации, чтобы имеющийся дефект не привел к разрушению всей составной конструкции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Черепанов Г. П. Механика хрупкого разрушения. М.: Наука, 1974, 640 с.
2. Трегуб А. В. Напряженное состояние осесимметричной конструкции с внутренним расслоением. — В сб.: Прикладные задачи механики сплошной среды и геокосмической физики. М.: 1988, с. 55–60.