

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ДИСКАХ

Рассматриваются остаточные напряжения в диске при отсутствии осевой симметрии. Определению подлежат следующие напряжения:

$$\sigma_r(r, \theta); \quad \sigma_\theta(r, \theta); \quad \tau_{r\theta}(r, \theta).$$

Для разработки метода определения этих напряжений используется общее решение плоской задачи теории упругости в полярных координатах, которое применительно к рассматриваемой задаче имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} \varphi = & a_0 \ln r + b_0 r^2 + a_0' \theta + (b_1 r^3 + a_1' r^{-1}) \cos \theta + \\ & + (d_1 r^3 + c_1' r^{-1}) \sin \theta + \sum_{n=2}^{\infty} (a_n r^n + b_n r^{n+2} + a_n' r^{-n} + b_n' r^{-n+2}) \cos n\theta + \\ & + \sum_{n=2}^{\infty} (c_n r^n + d_n r^{n+2} + c_n' r^{-n} + d_n' r^{-n+2}) \sin n\theta. \end{aligned}$$

При определении напряжений в наружных слоях диска производится последовательная обточка с замером окружных $\epsilon_\theta(\theta)$ и радиальных $\epsilon_r(\theta)$ деформаций на одном из радиусов диска с помощью датчиков сопротивления. Эти данные позволяют составить две группы уравнений для определения постоянных в общем решении, еще две группы уравнений следуют из граничных условий на внутреннем контуре диска, где $\sigma_r = \tau_{r\theta} = 0$. Для сплошного диска в общем решении следует отбросить все слагаемые, которые обращают напряжения в центре диска в бесконечность, в этом случае остается две группы постоянных, определяемых через $\epsilon_\theta(\theta)$ и $\epsilon_r(\theta)$. При определении напряжений во внутренних слоях производится последовательная расточка диска с регистрацией указанных деформаций.

Предлагаемый метод исследования остаточных напряжений применялся для определения усилий в соединении двух дисков с натягом. Части составного диска, выполненные с необходимой точностью, соединялись при нагреве и без него. При определении усилий в соединении вырезался внутренний диск с замером деформаций на наружном диске.

Исследование нескольких составных дисков показало, что нормальные усилия в соединении распределены по закону, заметно отклоняющемуся от осесимметричного, кроме того, в соединении имеются касательные силы. Отклонение усилий в соединении от осевой симметрии, несмотря на строго круговую форму дисков, объясняется тем, что в процессе соединения частей диска появляются отклонения от круговой формы либо за счет неоднородного поля температуры в дисках при остывании, либо за счет входа с перекосом одного диска в другой при запрессовке. Возвращению к строго круговой форме после соединения препятствуют касательные силы, появившиеся в процессе соединения.

С. И. Иванов, П. И. Зайцев

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ПОВЕРХНОСТНОМ СЛОЕ ДЕТАЛИ МЕТОДОМ СТОЛБИКОВ

В предыдущих исследованиях метод столбиков применялся для определения остаточных напряжений, которые на глубине, равной диаметру столбика, практически не изменяются. Однако во многих случа-

ях это условие не выполняется. В настоящем исследовании рассматривается переменное по глубине равноосное поле остаточных напряжений:

$$\sigma_x = \sigma_y = \sigma, \quad \tau_{xy} = \tau_{xz} = \tau_{yz} = \sigma_z = 0.$$

Для определения данных напряжений применяется метод столбиков с учетом изменения напряжений по глубине детали. Получено интегральное уравнение, связывающее остаточные напряжения и измеряемую величину.

$$\epsilon(a) = \int_0^a \epsilon_0(a, \xi) \sigma(\xi) d\xi.$$

Через ϵ_a обозначена относительная деформация на торце столбика, измеряемая в процессе высверливания кольцевой канавки. Ядро уравнения $\epsilon_0(a, \xi)$ — деформация на торце столбика высотой a , вызванная единичным нагружением, соответствующим $\sigma(\xi)$. Для определения функции влияния создана специальная установка, на которой осуществляется соответствующее нагружение и замер деформации на торце столбика. В области небольших значений a функция влияния определена аналитическим путем на основании известного в теории упругости решения задачи о нагружении полупространства касательной силой на поверхности (задача Черутти).

Интегральное уравнение, связывающее остаточные напряжения и деформацию на торце столбика, решается численным методом. Полученные результаты с помощью аналитического решения распространяются на более общий случай поля остаточных напряжений. Возможность обобщения проверена опытным путем.

А. С. Мостовой

РАСЧЕТ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ОБРАЗЦА ПРИ ПРОГРАММНОЙ И СЛУЧАЙНОЙ НАГРУЗКЕ

В основу предлагаемого метода расчета положена работа автора «Определение долговечности образца на основе некоторых представлений о механизме усталостного разрушения» (Труды КуАИ, вып. 39, 1968).

Сущность этих представлений заключается в рассмотрении дискретной модели среды, представляющей собой совокупность дискретных элементов-волокон. Накопление повреждений в волокне подчиняется гипотезе Палмгрена-Майнера и определяется кривой усталости по трещине. Последняя представляет собой зависимость между действительным напряжением в волокне и числом циклов, соответствующих появлению первой макротрещины, т. е. соответствующих разрушению волокна. Она может быть получена экспериментально для заданной вероятности или определена расчетным путем.

Рассматривается многоступенчатая нагрузка с R блоками постоянной продолжительности $\tau_s = \text{const}$ и с r уровнями напряжений в блоке, продолжительностью $t_v \neq \text{const}$ каждый, приложенная к консольному изгибаемому образцу с концентратором в виде отверстия.

Время τ_0 до появления трещины (время до разрушения нулевого волокна), учитывая линейное накопление повреждений для волокна, определяется из выражения

$$D_0 = \sum_{v=1}^{v_{\tau_0}} \frac{n}{N_v^0} = \sum_{v=1}^{v_{\tau_0}} t_v \omega e^{b\sigma_{0v}^0 - a} = 1, \quad (1)$$

где v_{τ_0} — число уровней до момента возникновения трещины:

ω — частота приложенной нагрузки.