

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.

Из рассмотрения приращения повреждения двух соседних волокон i -го и $(i+1)$ -го, получены интегральные уравнения относительно производных $\frac{d\tau}{dx}$ и $\frac{d\tau}{dh}$, обратных скоростям распространения трещины по координатам x и h .

Время τ^p распространения трещины до разрушения определяется как меньшее из выражений

$$\tau^p = \int_{x_0}^{x_k^p} \left(\frac{d\tau}{dx} \right)_k dx_k, \quad (2)$$

$$\tau^p = \int_{h_1}^{h_1^p} \left(\frac{d\tau}{dh} \right)_1 dh_1. \quad (2')$$

Общая долговечность

$$T = \tau_0 + \tau^p. \quad (3)$$

Определение долговечности при случайной нагрузке сводится к определению долговечности при эквивалентной ей программной нагрузке.

Для рассматриваемого образца, выполненного из материала 30ХГСА и испытанного при случайной нагрузке, а также при соответствующей ей программной нагрузке, произведено определение долговечности описанным методом.

Получено вполне удовлетворительное совпадение расчета с экспериментом.

Показано, что при некоторых допущениях определение долговечности при программной и случайной нагрузке может быть упрощено и ускорено. Предложен графоаналитический метод определения долговечности на основе полученных кривых повреждаемости $\bar{F}_n(\tau)$ для гармонической нагрузки. Здесь $F_n = \frac{\bar{F}_n}{\bar{F}_0}$ — относительная поврежденная площадь.

Вводится понятие об эквивалентной гармонической нагрузке, дающей равную повреждаемость с рассматриваемой программной нагрузкой. Долговечность при действии последней определяется как долговечность при эквивалентной ей гармонической нагрузке.

А. С. Мостовой, Э. И. Миноранский

АНАЛИТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ КРИВОЙ УСТАЛОСТИ ПО МОМЕНТУ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ТРЕЩИНЫ

Образец рассматривается как совокупность дискретных элементов-волокон, и возникновение трещины трактуется как разрушение наиболее напряженного волокна, происходящее после накопления некоторой удельной энергии W_k , величина которой для данного материала постоянна и не зависит от характера нагружения (статического и циклического). Удельная энергия, накапливаемая за один цикл, численно равна площади петли Гистерезиса. В безразмерных координатах повреждение за dn циклов может быть представлен в виде

$$dD = \frac{\Phi}{W_k} (\sigma - \sigma_{-1})^2 dn, \quad (1)$$

где Φ определяется из эксперимента,