

УДК 510.67.004.624:034.14

ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАТЕРИАЛОВ ПРИ УДАРНОМ НАГРУЖЕНИИ

А.И.Айнабеков, К.К.Сейтказенова
ЮКГУ им.М.Ауезова, г.Шымкент

С позиций линейной механики разрушения можно полагать, что сопротивление материала при скоростях удара $v \geq v_{кр}$ связано с вязкостью разрушения K_{IC} ; при $v < v_{кр}$ и сравнительно медленном росте трещины – с циклической вязкостью, а именно: с параметром K_{IS}^{min} , характеризующим условия страгивания (активации) трещины при наименьшем стеснении пластической деформации, и с параметром K_{IS}^{max} , соответствующим предельному состоянию материала при K_{IC} , или K_{IIIIC} , в зависимости от исходной структуры материала и режима нагружения.

Для прогнозных оценок эрозионной стойкости конструкционных материалов и покрытий необходимо знать зависимость критического числа микроударов, или аккумуляционного периода накопления повреждений тонким поверхностным слоем, от скорости или давления и механических свойств изнашиваемых материалов.

Анализ кинетики микроударного усталостного разрушения отождествленных металлических материалов в жестких условиях нагружения позволяет считать наиболее вероятным следующие закономерности:

1. Возникновение в течение аккумуляционного периода $\tau_{акк}$ пластически деформированного слоя глубиной $\delta_{накл}$;
2. Развитие специфического микрорельефа на поверхности в виде ряби и отдельных кратеров преимущественно сферической формы;
3. Постепенное разрушение поверхностного слоя, возникновение и рост концентрических радиальных и поперечных микротрещин, сопоставимых с размерами пластически деформированного слоя;
4. Образование продуктов эрозии, сопоставимых с размерами радиальных и поперечных трещин.

При оценке усталостной долговечности изнашиваемых металлов используется линейная теория накопления повреждений. Типичная диаграмма усталостного разрушения показана на рисунке 1. На этой диаграмме σ – амплитуда напряжений, N – число циклов. Будем считать, что среднее напряжение цикла равно нулю и амплитуда напряжений в процессе испытаний не изменяется.

В интервале амплитуд от σ_0 до σ_2 кривая усталости I может быть аппроксимирована функцией

$$(\sigma - \sigma_0)^n N = const_4, \quad (1)$$

где n и $const_4$ – опытные постоянные испытываемого материала; n , N и $const$ – случайные величины. Кривая I соответствует разрушению образцов от циклической усталости на макроскопическом уровне.

Кривая II характеризует момент появления равных повреждений на разных уровнях нагрузки. Уравнение этой кривой:

$$(\sigma - \sigma_0)^n N = \text{const}_5, \quad (2)$$

где N – число нагружений до заданной степени повреждений; const_5 – постоянная, характеризующая свойства материала при заданной степени повреждений.

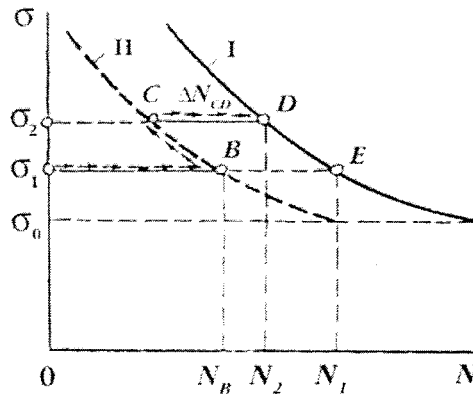


Рисунок 1 – Схема суммирования повреждений

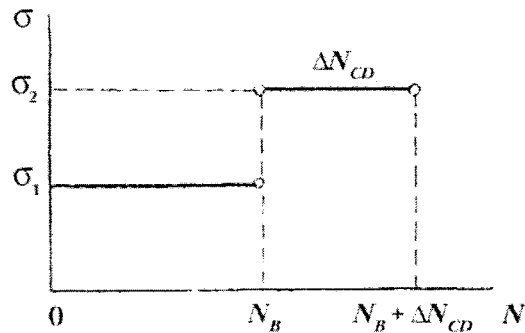


Рисунок 2 – Схема ступенчатого нагружения

Для ступенчатой схемы нагружения, показанной на рисунке 2, после перехода от напряжения σ_1 к σ_2 суммарное число циклов до разрушения материала окажется равным

$$N = N_B + \Delta N_{CD}. \quad (3)$$

На основании выражений (1) и (2) для точек B, C, D и E можно записать:

$$\left. \begin{aligned} (\sigma_1 - \sigma_0)^n N_B &= \text{const}_2; & (\sigma_2 - \sigma_0)^n (N_2 - N_{CD}) &= \text{const}_2 \\ (\sigma_2 - \sigma_0)^n N_2 &= \text{const}_1; & (\sigma_1 - \sigma_0)^n N_I &= \text{const}_1 \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

После несложных преобразований соотношений (3) и (4) определим суммарную долговечность

$$N = N_2 - N_B \left[1 - \left(\frac{\sigma_1 - \sigma_0}{\sigma_2 - \sigma_0} \right)^n \right]. \quad (5)$$

Из (4) вытекают следующие соотношения:

$$\frac{N_B}{N_1} = \frac{const_2}{const_1} \text{ и } \frac{\Delta N_{CD}}{N_2} = \frac{const_1 - const_2}{const_1}, \quad (6)$$

из которых следует:

$$\frac{N_B}{N_1} + \frac{\Delta N_{CD}}{N_2} = 1. \quad (7)$$

Соотношение (7) представляет собой частный случай линейного закона суммирования повреждений для двух ступеней нагружения.

В общем случае для m ступеней нагружения закон суммирования повреждений запишется в виде

$$\sum_{i=1}^m \left(\frac{N_i}{N_{kpi}} \right) = 1, \quad (8)$$

где N_i – число циклов нагружения на уровне напряжений с амплитудой σ_a ; N_{kpi} – число циклов нагружения на том же уровне, соответствующее усталостному разрушению образца.

Правая часть выражения (8) при испытании материалов на кручение и изгиб может изменяться в пределах от 0,6 до 2,2 [1].

Возвращаясь к выражению (7), отметим, что оно содержит случайные величины N_1 , N_2 и ΔN_{CD} , что связано с малой выборкой образцов при стандартном способе построения усталостных кривых. Для получения детерминированных усталостных свойств материалов необходимо увеличить количество образцов в партии и применить статистический подход при обработке результатов испытаний.

Уточненный закон суммирования повреждений для рассмотренного случая нагружения можно представить в следующем виде [2]:

$$\frac{N_B}{N_{kpi}} \left[1 + \frac{\langle (N_1 - N_{kpi})^2 \rangle}{N_{kpi}^2} \right] + \frac{\Delta N_{CD}}{N_{kp2}} \left[1 + \frac{\langle (N_2 - N_{kp2})^2 \rangle}{N_{kp2}^2} \right] = 1,0. \quad (9)$$

В таком виде закон суммирования повреждений позволяет более точно определить суммарную долговечность при ступенчатом нагружении в сравнении с линейным законом (7) и (8).

Литература

- 1 Спринжер Дж.С. Эрозия при воздействии капель жидкости.-М.:Машиностроение, 1981.-200с.
- 2 Богачев И.Н., Вайнштейн А.А., Волков С.Д. Введение в статическое материаловедение.-М.:Металлургия, 1986.-216с.

Қорытынды

Динамикалық деформацияланған көлемдегі тозған материалдың сатылу жүктеу үшін бұзылудың анықталған соммалық заңы көрсетілген.

Summary

The redeterminating law of summing up damages in dynamical deformical volumes of deleriorative materials for gradative load are presented.