

УДК 620.178.3:624.042

С.А. Знатнов (асп., каф.ПТСМ), С.А. Соколов, д.т.н., проф.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЦИКЛИЧЕСКОЙ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ

В металлоконструкциях грузоподъемных машин в процессе их эксплуатации могут появляться усталостные трещины. Для прогнозирования процесса развития усталостной трещины необходимо аналитически описать кинетическую диаграмму усталостного разрушения (КДУР). Для инженерных расчётов достаточно описать её средний участок. Зависимость Пэриса - Эрдогана, наилучшим образом описывает средний участок КДУР,

$$V = \frac{da}{dn} = V^* \left(\frac{\Delta K}{\Delta K^*} \right)^q,$$

где V - скорость распространения усталостной трещины, мм/цикл; a - длина усталостной трещины, мм; n - количество циклов нагружения; V^* - коэффициент, имеющий размерность скорости распространения усталостной трещины $V^* = 10^{-4}$ мм/цикл; ΔK - размах коэффициента интенсивности напряжений, МПа $\cdot\sqrt{м}$; q и ΔK^* - параметры циклической трещиностойкости, определяемые из эксперимента, q - безразмерная величина, а ΔK^* имеет размерность МПа $\cdot\sqrt{м}$.

Параметры q и ΔK^* имеют большое практическое значение, т. к. они входят в инженерную методику расчёта остаточного ресурса металлических конструкций. Для их исследования был проведён эксперимент на образцах из сталей 09Г2С ($\sigma_b = 495$ МПа, $\sigma_T = 337$ МПа, $\delta_5 = 32\%$) и Ст3 ($\sigma_b = 466$ МПа, $\sigma_T = 313$ МПа, $\delta_5 = 41\%$). Целью данного исследования являлось:

- оценка параметров циклической трещиностойкости q и ΔK^* для сталей, используемых для крановых конструкций;
- исследование влияния толщины образца на скорость развития усталостной трещины.

Испытания проводились в среде лабораторного воздуха. Образцы типа 4 по ГОСТ 25.506 - 85 из стали 09Г2С размерами 12,6 \times 60 \times 270 мм (маркировка А) и из Ст3 размерами 3,5 \times 60 \times 270 мм (маркировка С) подвергались циклическому нагружению по схеме трёхточечного изгиба. Коэффициент асимметрии цикла в процессе испытаний составлял примерно $R = 0,125$.

Трещины в образцах А и С выращивались на изгибной машине с частотой нагружения 2,8 Гц с жестким нагружением. В процессе развития трещины и снижения жесткости образца производилась корректировка нагрузки для поддержания её на постоянном уровне. Трещина выращивалась до достижения длины 30 мм, что составляло половину высоты образца.

После обработки результатов эксперимента получились следующие кинетические диаграммы усталостного разрушения (рис. 1).

Как видно из рисунка кривые, полученные на образцах А, лежат левее, чем прямые для образцов С. Это свидетельствует о том, что развитие трещин в более толстых элементах конструкций из сталей большей прочности при прочих равных условиях происходит с большей скоростью.

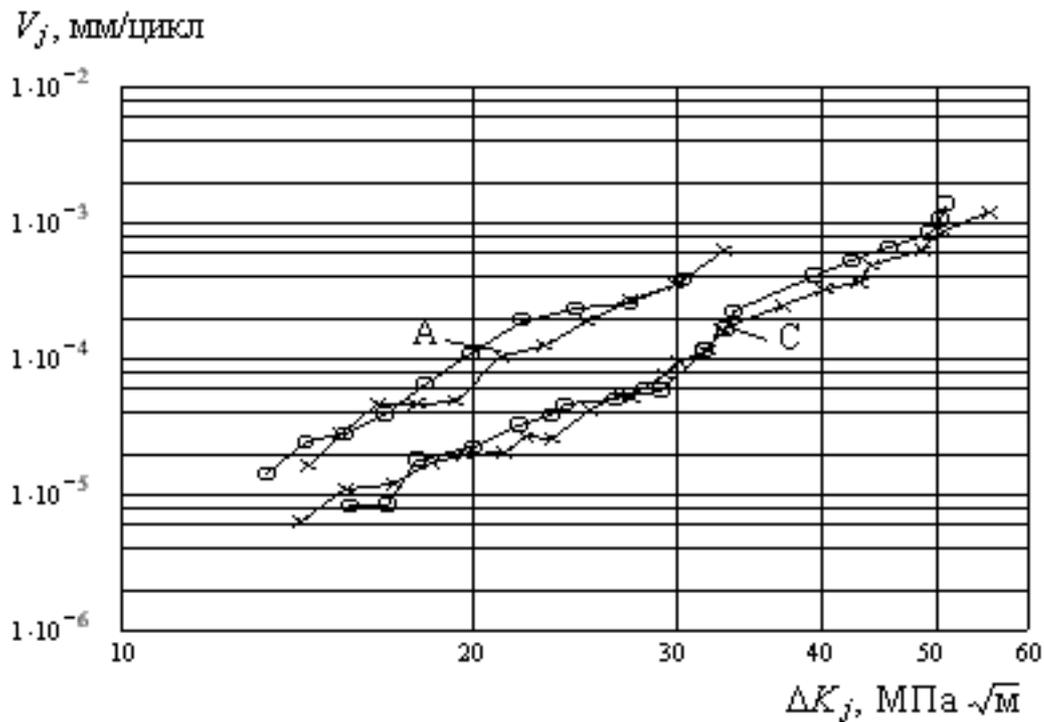


Рис.1. Кинетические диаграммы усталостного разрушения

Параметры q и ΔK^* для образцов определялись в среде Mathcad. В результате были получены следующие средние значения:

- для образцов А $q = 4,03$, $\Delta K^* = 21,14$ МПа·√м, коэффициент корреляции $r = 0,991$;
- для образцов С $q = 4,08$, $\Delta K^* = 29,90$ МПа·√м, коэффициент корреляции $r = 0,990$.

Для образцов типа А данные результаты близки значениям, полученным в работе [1] $q=3,9$ и $\Delta K^* = 20$ МПа·√м.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Пустовой В.Н. Металлоконструкции грузоподъёмных машин. Разрушение и прогнозирование остаточного ресурса. - М.: Транспорт, 1992. - 256 с.