

УДК 620.178.3:624.042

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

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЦИКЛИЧЕСКОЙ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ

В современной промышленности, на транспорте и в строительстве используется огромное количество грузоподъемных машин. По мере возрастания интенсивности их использования возрастают и требования к надежности этих машин в течение всего срока службы. Для экономии средств предприятия стремятся по возможности продлить срок эксплуатации кранов сверх нормативного. Однако для этого необходимо убедиться в безопасности дальнейшей эксплуатации, что выполняется с помощью специальных обследований кранов и оценки их остаточного ресурса. Методика его расчетного определения находится в стадии формирования. В ряде случаев при отсутствии достоверной информации об истории нагружения конструкции, целесообразно прогнозировать остаточный ресурс как наработку крана, в течение которой трещина наибольшего размера, которая могла бы быть не обнаружена при обследовании, разовьется до опасной величины при фактически установленном режиме эксплуатации крана. Для реализации такой оценки необходимо иметь методику прогнозирования процесса развития усталостных трещин при эксплуатационном нагружении и способ определения опасного размера трещины в зависимости от свойств материала, условий эксплуатации, размеров и конфигурации конструкции.

Для прогнозирования процесса развития усталостной трещины необходимо аналитически описать кинетическую диаграмму усталостного разрушения (КДУР). Для инженерных расчетов достаточно описать её средний участок [1]. В настоящий момент предложено большое количество зависимостей для аналитического описания КДУР. Из них самая простая и надежная это модифицированная зависимость Пэриса - Эрдогана [1], описывающая средний участок.

$$V = \frac{da}{dn} = V^* \left(\frac{\Delta K}{\Delta K^*} \right)^q, \quad (1)$$

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

Параметры q и ΔK^* имеют большое практическое значение, т. к. они входят в инженерную методику расчета остаточного ресурса металлических конструкций. Для их исследования были проведены экспериментальные исследования на образцах из стали 09Г2С ($\sigma_b = 495$ МПа, $\sigma_T = 337$ МПа, $\delta_5 = 32\%$). Целью данного исследования являлось:

- определение параметров циклической трещиностойкости q и ΔK^* и сравнение их с рекомендуемыми в литературе;
- исследование влияния толщины образца на скорость развития усталостной трещины.

Испытания проводились в среде лабораторного воздуха. Образцы по ГОСТ 25.506 - 85 (толщиной 12.6 мм – маркировка А, толщиной 30 мм – маркировка В) подвергались циклическому нагружению по схеме трёхточечного изгиба. Коэффициент асимметрии

цикла в процессе испытаний составлял примерно $R = 0.125$ для образцов А и $R = 0.07 - 0.167$ для образцов В.

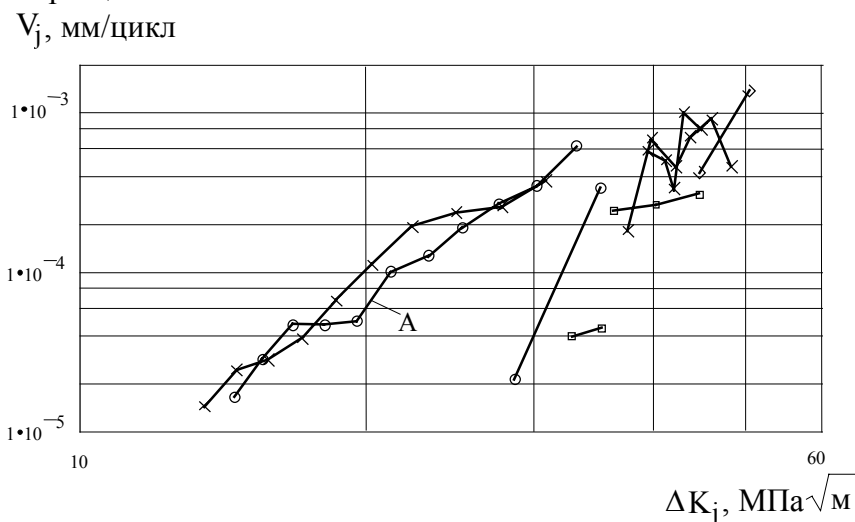


Рис.1. Кинетические диаграммы усталостного разрушения

Трещины в образцах В выращивались на пульсаторе CDM - 10 с частотой нагружения 15 Гц в условиях мягкого нагружения. Трещины в образцах А 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 ее 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 рис.1, прямые, полученные на образцах А, лежат левее, чем прямые для образцов В. Это свидетельствует о том, что в образцах А усталостная трещина растет быстрее, чем в образцах В.

Параметры q и ΔK^* для образцов А определялись в среде Mathcad. В результате были получены следующие значения $q = 4.03$, $\Delta K^* = 21.14 \text{ МПа}\sqrt{м}$, коэффициент корреляции $r = 0.991$. Сравнив полученные нами значения с рекомендуемыми в литературе [2] $q = 3.9$ и $\Delta K^* = 20 \text{ МПа}\sqrt{м}$, можно убедиться, что они имеют не слишком большое расхождение.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Механика разрушения и прочность материалов: Справ. пособие: В 4 т. / Под общ. ред. Панасюка В.В. - Киев: Наук. думка, 1988 - 1990. Т. 4: Усталость и циклическая трещиностойкость конструкционных материалов / Романив О.Н., Ярема С.Я., Никифорчин Г.Н. и др. - 1990. - 680 с.
2. Пустовой В.Н. Металлоконструкции грузоподъемных машин. Разрушение и прогнозирование остаточного ресурса. - М.: Транспорт, 1992. - 256 с.