

О ВОЗМОЖНОСТИ ОЦЕНКИ ВЯЗКОСТИ РАЗРУШЕНИЯ НА МАЛОГАБАРИТНЫХ ОБРАЗЦАХ ИЗ УЛУЧШАЕМОЙ СТАЛИ

Нго Нгок Ха, Котишевский Г.В., Соколовская Э.А., Кудря А.В.
НИТУ «МИСис», Москва, РФ, avkudrya@misis.ru

При стандартных испытаниях образцов с предварительно нанесенной усталостной трещиной в условиях плоского деформированного состояния, вязкость разрушения обычно оценивается по критическому коэффициенту интенсивности напряжения K_{IC} . Условие его корректного определения – пренебрежимо малая пластическая деформация в вершине трещины, что приводит к разрушению по механизму макроотрыва. Для оценки вязкости материалов, разрушающихся при достаточно развитой пластической деформации, используют критерий нелинейной механики разрушения, в частности критическое раскрытие трещины (КРТ) – расстояние между берегами трещины в её вершине. КРТ определяется исходя из предположения [1], что раскрытие берегов трещины происходит путем вращения ее берегов относительно некоторой оси вращения, в соответствии с выражением:

$$\delta_c = \frac{V_c}{1+n} \frac{l+z}{B-l}$$

где V_c – смещение в критический момент, n – коэффициент вращения, B – высота образца, z – расстояние между образцом и датчиком, l – длина трещины.

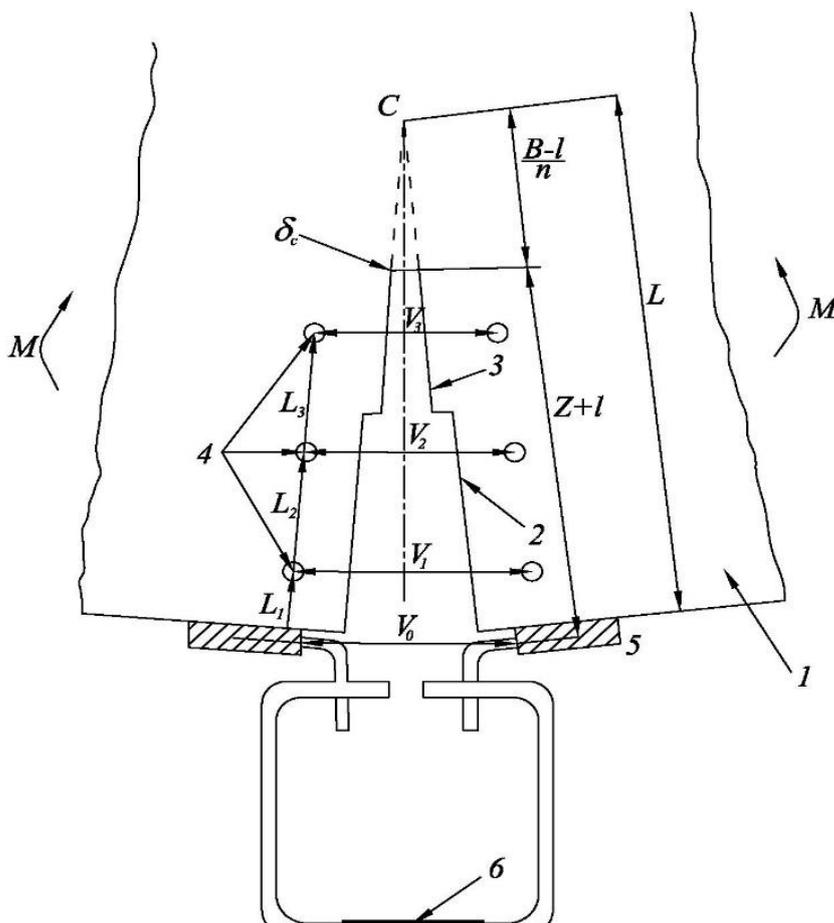


Рисунок 1 - Определение критического раскрытия трещины
1- образец; 2-надрез; 3-усталостная трещина; 4-отпечатки твердости; 5-накладки; 6- датчик смещения

Преимущество данного критерия связано с независимостью КРТ от размера образца, что дает возможность определять трещиностойкость на малогабаритных образцах. Однако для объективного определения критического раскрытия трещины δ_c необходимо знать значение коэффициента вращения n и учитывать геометрию

переднего фронта растущей трещины и особенности кинетики процесса ее распространения (для выбора V_c). Оценки этих факторов и явились целью работы.

Испытания на трехточечный изгиб образцов плоской прямоугольной формы с краевой трещиной из улучшаемой стали 38ХН3МФА-Ш (10x20x120 мм) проводились на испытательной машине Instron 150LX с одновременной записью диаграммы нагрузки и смещения берегов трещины с помощью датчиков смещения.

Исходя из геометрии раскрытия трещины [1], расстояние между центром вращения берегов трещины и вершиной трещины соответствует выражению $(B-l)/n$. В таком случае коэффициент вращения n можно определить экспериментально, зная положение центра вращения по высоте образца. Определение центра вращения берегов трещины было основано на регистрации цифровой видеокамерой смещения её берегов на трех уровнях по высоте трещины (усталостной трещины и надреза) – по измерениям расстояний между двумя отпечатками твердости (HRC) по Роквеллу, расположенных симметрично по обе стороны от надреза и усталостной трещины. Точка пересечения прямой, проведенной через фиксированные значения смещений, с осью симметрии берегов трещины даст положение центра вращения.

Оценку кинетики развития трещины проводили с использованием метода акустической эмиссии (АЭ). Сигналы АЭ регистрировались и обрабатывались с помощью преобразователя акустической эмиссии, оборудования компании National Instruments. Записи сигналов АЭ и диаграммы нагрузка- смещение синхронизовались по времени. Анализ закономерностей появления сигналов АЭ, их характеристик в сочетании с фрактографическими исследованиями позволили установить, что наиболее мощные сигналы АЭ обусловлены скачками магистральной трещины, а момент резкого роста амплитуд и суммарного счета сигналов АЭ соответствует старту трещины усталостной трещины и может быть использовано для выбора момента для определения V_c на диаграмме «нагрузка - раскрытие берегов трещины».

Положение переднего фронта растущей трещины определяли на основе построения трехмерных моделей изломов разрушенных образцов. Для этого на каждом из них было выделено по 20 профилей вдоль траектории распространения трещины. Последовательное соединение максимумов и минимумов смежных профилей (в единой системе координат) дало положение передних фронтов статической трещины (скачки трещины). Обнаружено соответствие в значениях чисел импульсов АЭ с максимальной амплитудой и положений передних фронтов трещины в изломах (каждого образца).

Таким образом, исследование кинетики развития трещины (по измерениям АЭ и 3D-рельефа изломов) и геометрии раскрытия её берегов позволило корректно определять величину КРТ в каждый момент скачка трещины с учетом экспериментально найденных значений коэффициента вращения n и величины подраста трещины. Полученные результаты оказались весьма полезными для получения уточненных значений критического раскрытия трещины δ_c , в т.ч. с привязкой к неоднородности структуры металла. Это существенно при сопоставлении трещиностойкости вязких материалов на образцах недостаточных размеров.

В целом, разработка методов измерения вязкости разрушения с использованием предложенных методов цифровизации эксперимента показала возможность получения достоверных результатов оценки сопротивляемости разрушению материалов на малогабаритных образцах.

Литература

1 Новые методы оценки сопротивления металлов хрупкому разрушению. – М.: Мир, 1972. -439 с.