

двухкомпонентной системой (рис. 2). В практике системы могут быть трёх-, четырёхкомпонентными.

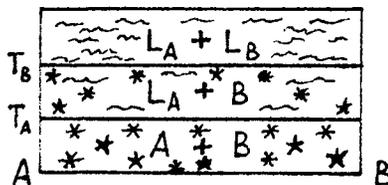


Рис. 2. Диаграмма состояния температур плавления компонентов А и В

Двойные системы – это физико-механические системы, состоящие из двух независимых частей (компонентов). Особое практическое значение имеют конденсированные двойные системы, то есть не содержащие газов или паров.

О двойниковых системах, состоящих только из жидких фаз или жидкости и газа (пара), рассказывается в разделе “жидкие смеси”; о двойниковых системах из твёрдых фаз и газа (пара) — в “термодинамической системе”.

Если взаимная растворимость компонентов А и В в жидком и твёрдом состоянии отсутствуют, то диаграмма состояния изображается двумя горизонтальными прямыми, проведенными через точки  $T_A$  и  $T_B$ , отвечающие температурам плавления компонентов А и В. Выше точки  $T_B$  система состоит из двух жидких фаз  $L_A$  и  $L_B$ ; между  $T_B$  и  $T_A$  — из жидкой  $L_A$  и кристаллов В; ниже  $T_A$  — из смеси кристаллов А и В. Если взаимная растворимость А и В ( в нашем случае А соответствует железу Fe, а В - углероду С, рис. 1) в жидком состоянии не ограничена, а в твёрдом ограничена, то в случае образования эвтектики последняя состоит из смеси двух твёрдых растворов  $\alpha$  и  $Fe_3C$ , предельные концентрации которых отвечают точкам Е и С при эвтектической температуре и точке S при комнатной [9, 10, 11].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Овчинников Н.Ф. “Структура и симметрия”. Ежегодник. - 1969. - 208 с. 2. Блауберг И.В. и др. Становление и сущность системного подхода. - М. - 1973. - 170 с. 3. Аносов В.Я. Основные начала физико-химического анализа. - М. - 1976. - 503 с. 4. Курнаков Н.С. Избранные труды. Металловедение. Т.2. - М. - 1961. - 611 с. 5. Гиббс Дж. Термодинамические работы. - М.-Л. - 1950. - 492 с. 6. Дервинг В.П. и др. Правило фаз с изложением основ термодинамики. - М. - 1964. - 455 с. 7. Туманов А.Т. “Металловедение и термическая обработка металлов”, №4. - 1972. - с.24. 8. Современные композиционные материалы. Пер. с англ. - М. - 1970. - 672 с. 9. Юм-Розери В., Рейнор Г.В. Структура металлов и сплавов. Пер. с англ. - М. - 1959. - 391 с. 10. Вол А.Е. Строение и свойства двойных металлических систем. Т.1-2. - М. - 1962. - 982с. 11. Шоршов М.Х. и др. Волокнистые композиционные материалы с металлической матрицей. - М. - 1981. - 268 с.

УДК 621.1; 621,7.

Зубко С.А.

### РОСТ ТРЕЩИНЫ В ВЕРШИНЕ ПРИ ИСПЫТАНИИ СТАЛЬНОГО ОБРАЗЦА НА РАЗРЫВ

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

Как было показано в работе [1], в процессе испытаний стального образца на разрыв, в вершине растущей трещины в стальном образце был установлен и показан методом голографиче-

ческой интерферометрии скачкообразный характер роста трещины. По мере нарастания нагрузки в вершине накапливались упруго-пластические деформации материала, которые локализовались в виде растущего «языка» пропорционального растущим напряжениям в вершине трещины. Достигнув определенной величины, происходил прострел (разрыв) всей зоны локализации деформаций с образованием прироста трещины по всей локализованной зоне. Деформации в вершине трещины исчезали и, при дальнейшем возрастании нагрузки, появлялись снова в виде растущего «языка» и исчезали с появлением нового приращения длины трещины на величину появляющегося «языка». Процесс периодически повторялся на фоне монотонно возрастающей нагрузки на нагружаемый образец.

Таким образом, в процессе приложения нагрузки в направлении увеличения раскрытия трещины, в вершине трещины происходит этап концентрации и локализации деформаций в виде растущего «языка» впереди вершины трещины, и затем происходит разрыв локализованной зоны с увеличением длины трещины на длину локализованной зоны. Напряженность системы уменьшается, напряжения в материале понижаются до уровня меньшего напряжения разрыва материала и процесс разрушения материала прекращается. При дальнейшем возрастании нагрузки растяжения картина повторяется и заканчивается следующим этапом увеличения длины трещины.

На интерферограмме (рис.1) представлено изображение вершины трещины под действием растягивающей нагрузки и формирования «языка» деформаций впереди вершины трещины.

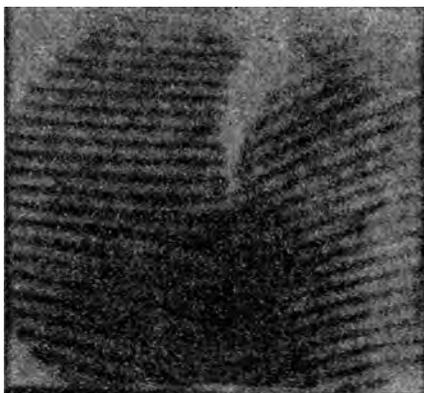


Рис.1

Эксперимент был проведен на упруго пластическом стальном образце размером 45 x 45 мм из ст.45, толщиной 10 мм.

На середине одной из его сторон был выполнен V-образный надрез с углом раскрытия 45 градусов.

В вершине V-образного надреза, методом вибрационного нагружения, была выращена зародышевая трещина.

Образец, подготовленный таким образом, закреплялся в нагружающем устройстве, позволяющим прикладывать к образцу растягивающие нагрузки.

На нагружающем устройстве был смонтирован голографический интерферометр для измерения и регистрации поверхностных деформаций в зоне вершины трещины образца под действием растягивающих напряжений.

По мере увеличения растягивающей нагрузки велся постоянный контроль (под микроскопом) деформационного поля образца в зоне вершины трещины.

С ростом растягивающих напряжений в вершине трещины наблюдалось постепенное увеличение поля деформаций в виде острого языка, выступающего и растущего перед вершиной трещины до определенной величины. Затем происходил резкий, скачкообразный рост (выброс) от вершины трещины на величину языка поля деформаций.

После такого прострела локальное поле деформаций исчезало, т.е. произошло частичное уменьшение растягивающей нагрузки, по нашему представлению, за счет упругой составляющей нагрузки в вершине трещины на величину  $\sigma_y$ .

При этом условии роста трещины при приложенном растягивающем напряжении  $\sigma_p$  будет [2,3]:

$$\sigma_p \geq \sigma + \sigma_y = (8E\alpha / 3bL),$$

где  $\sigma_y$  – упругая часть напряжений,

$\alpha$  – поверхностное натяжение,

$E$  – модуль Юнга,

$L$  – длина упруго пластической зоны деформации в вершине трещины.

При  $\sigma_p$  больше  $(\sigma + \sigma_y)$  трещина будет расти, после исчезновения упругой составляющей напряжения  $\sigma_y$  условия изменяются на  $(\sigma_p < \sigma)$  и рост трещины прекращается.

Таким образом, распространение трещины в стальном образце можно представить, как ступенчато нарастающий, пульсирующий, не стационарный процесс, с частотой повторения, определяемый упругими и другими прочностными характеристиками материала [4]. Влияние этих параметров и условий испытания определяет жесткость испытаний и истинность их результатов.

После очередного дополнительного увеличения напряжений начинало появляться и постепенно расти снова новое, в виде языка, поле деформаций в зоне вершины трещины. Ступенчатый процесс роста трещины повторяется каждый раз после достижения напряжением критической величины, достаточным для разрыва материала в зоне языка деформаций. Процесс циклически повторяется.

Величина (длина) языка поля деформаций, по видимому, определяется прочностными свойствами испытуемого материала и может быть характеристическим коэффициентом для расчетов прочностных параметров.

Кроме того можно получить также более полное представление о характере разрушения материала в области вершины развивающейся трещины и понять механизм и кинетику развития трещины и разрушения материала.

И так, очевидно можно сделать вывод, что разрушение материала происходит кусочно импульсным способом, изменяя напряженное состояние от высокого прорывного уровня накопления энергии вследствие накопления энергии растягивающей нагрузки с последующей расстройкой ее в череду циклов коротких ступенчатых прострелов, увеличивающих длину трещины, приводящих к уменьшению напряженного состояния, к более низкому уровню, ниже которого разрыв материала прекращается и условия приходят к первоначальному, исходному состоянию. Цикл после этого повторяется.

Как отмечалось в более ранних работах [5], при растяжении на кривых напряжение-деформация в некоторых случаях наблюдается зубчатый участок [5] (с.203, фиг. 40). Напряжение, необходимое для дальнейшего повышения деформации скачкообразно падает, повышается и вновь падает. Кривая напоминает пилу.

Авторы связывают эти участки с явлением механического и деформационного двойникования, дислокационными явлениями и роста плотности дислокаций.

После рассмотрения материалов статьи мы вправе сделать вывод, что процесс роста трещины и образования новых путем двойникования рост трещины

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Зубко С.А. Характер развития трещины при испытании стального образца на усталость. Респ. межв.сб.научн.трудов. Вып.23, 2007. Минск, БНТУ, стр.314-316.
2. Cottrell A., li., Dislocations and Plastic Flow in Crystals, Clarendon Press, Oxford, 1953; русский перевод: К о т т р е л л А. Х., Дислокации и пластическое течение в кристаллах, Металлургиздат, 3.Физический энциклопедический словарь. т.4: М., Советская энциклопедия,1965.,стр.236-238.
4. Материаловедение. Учебник.- В.А.Струк и др., Минск: ИВЦ Минфина, 2008,-519 с., с.115-117.
- 5.Физическое металловедение. Вып.3. Под редакцией Р.Кана. Пер. с англ.Изд-во «Мир», М. 1968.