

ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

В. В. ПАНАСЮК, С. Е. КОВЧИК, Л. В. НАГИРНЫЙ

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НЕКОТОРЫХ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ СРЕД НА ИЗМЕНЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ СТАЛИ У8 В ВЫСОКОПРОЧНОМ СОСТОЯНИИ

(Представлено академиком П. А. Ребиндером 2 VIII 1971)

Дефектность структуры материала и рабочие среды, окружающие деформируемое тело ⁽¹⁾, оказывают существенное влияние на процессы деформации и разрушения конструкционных материалов, особенно в высокопрочном состоянии. При этом для оценки прочностных свойств конструкционных материалов в высокопрочном состоянии важно установить величины сопротивления материала хрупкому разрушению, т. е. разрушению путем распространения трещины. Мерой сопротивления материала распространению в нем трещины является ⁽²⁾ эффективная поверхностная энергия γ . Эта характеристика определяется работой, которую

Таблица 1

Среда	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Среднее	$\frac{\gamma_B - \gamma_C}{\gamma_B} \cdot 100$
Воздух	0,76	0,77	0,89	0,75	0,77	0,83	0,78	0,76	0,77	0,79	—
Вазелиновое масло	0,75	0,74	0,88	0,73	0,77	0,82	0,77	0,77	0,76	0,78	—
Этиловый спирт	0,57	0,55	0,47	0,56	0,53	0,51	0,49	0,45	0,57	0,52	34,2
Дистиллиро- ванная вода	0,45	0,36	0,33	0,37	0,39	0,44	0,35	0,41	0,37	0,39	50,7

необходимо затратить на образование единицы новой поверхности данного тела при его разрушении в заданных условиях (температура, среда, скорость деформирования и др.). Поскольку адсорбционный эффект понижения прочности твердых тел ^(1, 3) связан, главным образом, с изменением прочностных свойств материала в окрестности вершин развивающихся трещин, то, определяя эффективную поверхностную энергию в различных средах, можно получить количественную оценку влияния среды на прочность детали.

Ниже описывается простая методика и приводятся результаты определения γ для закаленной стали У8 при воздействии некоторых поверхностноактивных сред.

Основываясь на результатах аналитических исследований по теории распространения макротрещин в деформируемых пластинах ⁽⁴⁾, можно показать, что для упругой полуплоскости с прямолинейной трещиной, выходящей на границу этой полуплоскости и направленной перпендикулярно к ней, когда такая полуплоскость подвергнута растяжению монотонно возрастающими силами P , направленными параллельно границе полуплоскости (рис. 1), связь между длиной трещины l и величиной силы $P = P_*$, при которой трещина начинает распространяться, выражается формулой

$$P_* = hK\sqrt{l_*}f(\alpha, \beta), \quad (1)$$

где P_* — критическое значение силы P для трещины длиной l , h — толщина пластины, $K = \sqrt{\pi E \gamma}$ для плоского напряженного состояния (тонкая пластина), E — модуль Юнга; $\alpha = a/l$, $\beta = b/l$ — относительные координаты точки приложения силы P .

Указанная схема нагружения, как это видно из рис. 1, при некоторых значениях параметра α обеспечивает устойчивое распространение трещины и, следовательно, позволяет определять γ для одного и того же образца в различных средах.

Из формулы (1) легко находим

$$\gamma = \frac{1}{\pi E} \frac{P^2}{l_* h^2 f^2(\alpha, \beta)} \quad (2)$$

Таким образом, в каждом конкретном случае, исходя из геометрических параметров образца h , l , a , b , можно по номограмме (рис. 1) найти

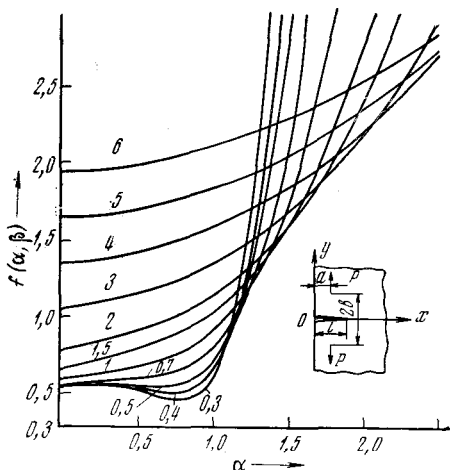


Рис. 1. Значения $f(\alpha, \beta)$ из формулы (1). Цифры у кривых соответствуют принятым β

значение $f(\alpha, \beta)$ и, зафиксировав для заданной длины l_* критическую нагрузку P_* , определить γ в исследуемой среде.

Предложенный метод использован нами для оценки изменения γ под влиянием некоторых поверхностно-активных сред для закаленной и низкоуглеродистой стали У8. Опыты проводили на образцах размером $180 \times \times 100$ мм², вырезанных по длине вдоль проката из листа толщиной 3 мм. Для обеспечения квазихрупкого разрушения стали У8 изготовленные образцы (с отверстиями под захваты испытательной машины и остроконечными концентраторами) подвергали закалке с температуры 820° С в масле, а затем отпуску при температуре 180° С. Образцы имели твердость (57—60) НРС. Термообработанные пластины подвергались

шлифовке с обеих сторон с минимальной подачей. Окончательная толщина пластин от 1,60 до 2,75 мм. Исходную толщину у дна концентратора создавали локальным охрупчиванием материала путем наводороживания 20% водным раствором серной кислоты, а затем платину нагружали на разрывной машине до появления трещины. После этого образцы промывали в содовом растворе и сушили в термокамере при температуре 80° С в течение 6 час. Испытания проводили на разрывной машине, оборудованной тензорезисторным силоизмерителем и оптической приставкой (50×). Для измерения длины распространяющейся трещины на поверхность образца в окрестности трещины наклеивали пленочную (25 мм) шкалу с ценой деления 0,05 мм. Описанная методика позволяла надежно фиксировать момент старта трещины l_* при нагрузке P_* и измерять общую длину трещины.

Указанная схема нагружения позволяла проводить 15—20 измерений на участке прироста длины трещины $\Delta l \approx 15$ мм. Таким образом, имелась возможность на одном образце определить значения γ как в воздухе, так и в исследуемой рабочей среде. В качестве рабочих сред нами выбраны воздух лабораторного помещения, дистиллированная вода, этиловый спирт и вазелиновое масло. Питание кончика трещины средой осуществлялось с помощью ванночки, прикрепленной к образцу у вершины трещины.

Установленные на основе изложенного метода экспериментальные

значения γ (в кг см/см²) в исследуемых средах для термически обработанной стали У8 (табл. 1) хорошо согласуются со значениями γ для стали У8 в воздухе и в жидких средах, полученными на основе другой методики (⁵). Некоторые данные этих исследований для иллюстрации представлены в виде графической зависимости (рис. 2) критической нагрузки P_* от длины трещины l_* при последовательном изменении среды в процессе деформации пластины с трещиной. Результаты свидетельствуют об адсорб-

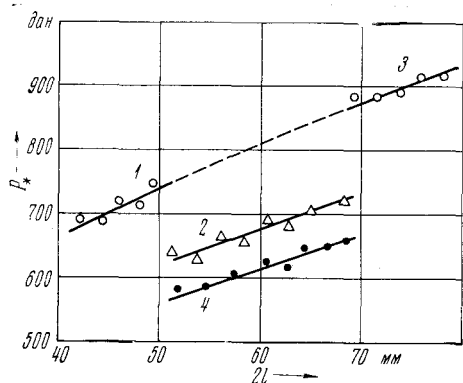


Рис. 2

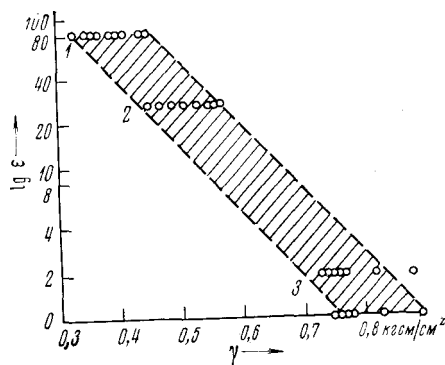


Рис. 3

Рис. 2. Зависимость критической нагрузки P_* от длины трещины $2l_*$ при последовательном изменении окружающей среды. 1 — испытание на воздухе при комнатной температуре $\gamma = 0,68$ кгс/см², 2 — в этиловом спирте, $\gamma = 0,47$ кгс/см², 3 — испытание на воздухе после удаления среды, 4 — в дистиллированной воде, $\gamma = 0,39$ кгс/см²

Рис. 3. Средние значения γ в различных средах: 1 — дистиллированная вода, 2 — этиловый спирт, 3 — вазелиновое масло

ционном влиянии указанных сред на прочностные характеристики металла.

Средние значения γ по экспериментальным данным, полученным по предложенному нами методу, представлены на рис. 3. Из табл. 1 и рис. 3 видно, что значительное понижение γ для стали У8 по сравнению со значениями в воздухе имеет место при распространении трещины в присутствии дистиллированной воды; заметное, хотя и более слабое понижение γ вызывает этиловый спирт; неполярная жидкость — вазелиновое масло — практически не оказывает влияния на величину γ . Это соответствует полярности жидкостей по возрастанию их диэлектрической постоянной: при разрыве связей в вершине трещины преодолевается энергетический барьер (^{1, 3, 6}), который должен значительно снижаться под действием полярных молекул поверхностноактивной среды.

Таким образом, предложенная методика может быть использована для количественной оценки адсорбционного воздействия среды на конструкционные материалы в их высокопрочном состоянии.

Физико-механический институт
Академии наук УССР
Львов

Поступило
9 VII 1971

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ П. А. Ребиндер, Юбилейн. сборн., посвящен. 30-летию Великой Октябрьской Социалистической Революции, 1, Изд. АН СССР, 1947, стр. 533. ² В. В. Панасюк, Предельное равновесие хрупких тел с трещинами, Киев, 1968. ³ В. И. Лихтман, П. А. Ребиндер, Г. В. Карпенко, Влияние поверхностноактивной среды на процессы деформации металлов, Изв. АН СССР, М., 1954; В. И. Лихтман, Е. Д. Шуккин, П. А. Ребиндер, Физико-химическая механика металлов, Изд. АН СССР, 1962. ⁴ А. П. Дацышин, Физ.-хим. мех. матер. 5, № 6 (1969). ⁵ В. В. Панасюк, С. Е. Ковчик, ДАН, 146, № 1 (1962). ⁶ Е. М. Бартенев, Ю. С. Зуев, Прочность и разрушение высокоэластических материалов, М., 1964.