

УДК 669.788

ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

Академик АН УССР Г. В. КАРПЕНКО, В. С. ФЕДЧЕНКО, Ю. В. ЗИМА,
И. И. ВАСИЛЕНКО

РАЗРУШЕНИЕ ВЫСОКОПРОЧНОЙ СТАЛИ В ГАЗОВОЙ СРЕДЕ

При воздействии газообразного водорода на развивающуюся в высокопрочной стали трещину происходит снижение эффективной поверхностной энергии (энергия разрушения) γ на 20–30% от первоначальной величины, что облегчает развитие трещины и приводит к ускоренному разрушению металла (^{1–5}). Показано также, что диффузионные процессы не играют существенной роли в процессе распространения трещины в водородной атмосфере.

В настоящей работе проводилось исследование процесса разрушения стали У8А (закаленной и отпущенной при 200°С) как в вакууме, так и при адсорбционном воздействии газообразного водорода, сухого сероводорода и хлористого водорода.

Таблица 1

Изменение эффективной поверхностей энергии γ и процентного соотношения различных элементов микроструктуры излома стали У8А

Среда	$\gamma \cdot 10^{-2}$, дж/см ²	Количество элементов микроструктуры изломов, %		
		квазискл	межзеренное разрушение	ямочное строение
Вакуум	8	70	20	10
H ₂	6	25	60	15
HCl	6	10	70	20
H ₂ S	4	15	70	5

Испытания осуществляли при комнатной температуре и атмосферном давлении. Поверхности полученных изломов подвергались электронофотографическому анализу при помощи двуступенчатого метода пластико-угольных отпечатков. Методика, описанная в работах (^{1, 6, 7}), позволила определить величину эффективной поверхности энергии в перечисленных выше средах.

Сероводород получали в аппарате Кипша и последовательно пропускали через дистиллированную воду, хлористый кальций, силикагель, пятиокись фосфора, после чего газ вымораживали в холодильнике ($t = -100^\circ$). Газовые примеси с более низкой температурой кипения непрерывно откачивались. После заполнения сероводородом холодильник отключался от фильтра и откачивался 20 мин. для очистки от остатков газовых примесей. При повышении температуры до -50° H₂S, испаряясь, заполнял рабочую камеру с образцом. Холодильник с последними фракциями газа и вымороженными парами воды отключался. Хлористый водород получали при реакции концентрированных соляной и серной кислот, после чего сушили, пропуская через концентрированную H₂SO₄. Перед впуском в рабочую камеру газ вымораживался в холодильнике аналогично H₂S.

Результаты исследования приведены в табл. 1. Сравнительно с первоначальной величиной ($8 \cdot 10^{-2}$ жд/см²) сероводород снижает γ на 50%, а водород и хлористый водород — на 25%. Снижение эффективной поверхностной энергии происходит немедленно после впуска газа в рабочую камеру, а скорость развития трещины резко возрастает (для H₂ и HCl до 20 мм/мин, для H₂S до 50 мм/мин) при нагрузке, равной P_k , где P_k — нагрузка, необходимая для начала развития трещины.

Электронофотографический анализ поверхности изломов образцов, разрушенных в вакууме, показал, что разрушение в этом случае харак-

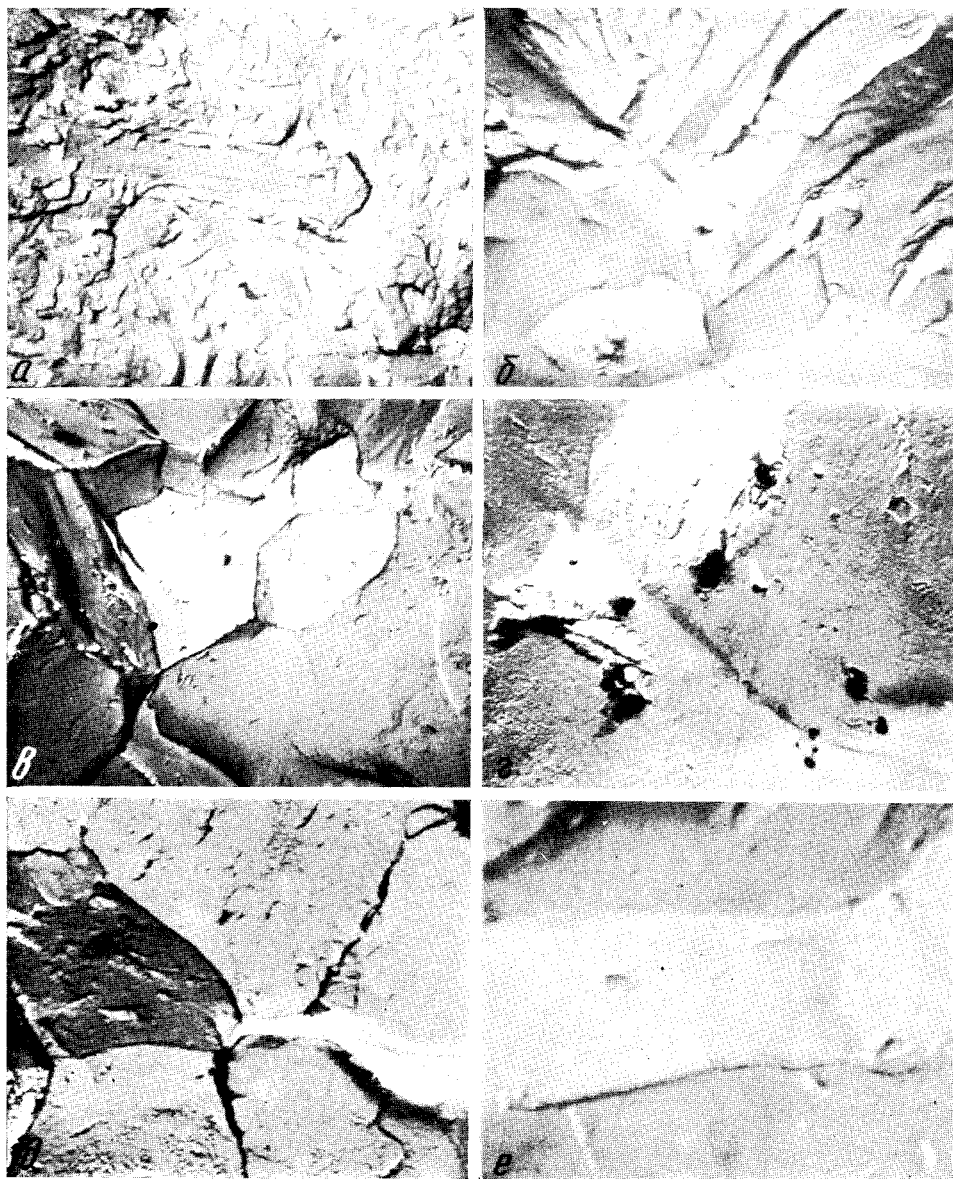


Рис. 1. Электронные фраттограммы поверхностей излома стали V8A; 3000X. а, б — разрушение в вакууме; в — разрушение в газообразном водороде; г, д — разрушение в сухом HCl; е — разрушение в сухом H₂S

теризуется перемеживанием таких элементов микроструктуры излома, как квазискос, ямочное строение и отдельные области межзеренного разрушения (рис. 1 а, б). Исходя из соотношения этих составляющих микроструктуры излома (табл. 1), можно считать, что доминирующую роль при разрушении в вакууме имеет квазискосный (полухрупкий) механизм распространения трещины (рис. 1 а).

Как под влиянием водорода (рис. 1 в), так и хлористого водорода (рис. 1 г, д) и сероводорода (рис. 1 е) четко фиксируется преобладающее распространение трещины по границам зерен. Следует отметить, что при воздействии газообразного HCl фасетки межзеренного разрушения выглядят более крупными, чем в изломах образцов, разрушенных в H_2 и H_2S (рис. 1 в — е). При воздействии газообразного водорода фасетки межзеренного разрушения мельче, чем в HCl и H_2S . Некоторое увеличение размера элементарных фасеток межзеренного разрушения при воздействии газообразных HCl и H_2S (особенно первого), возможно, объясняется следующим образом. У кончика трещины, продвигающейся по границам зерен, при адсорбции газов HCl и H_2S концентрируются напряжения такой величины, которая содействует раскалыванию отдельных зерен по их телу, при этом незначительно изменяется направление движения трещины, о чем свидетельствует незначительное изменение плотности фрактограмм (рис. 1 г — е) сравнительно с фрактограммами, полученными с излома в водороде (рис. 1 в). Хотя процент межзеренного разрушения в HCl и H_2S отличается незначительно, следует отметить, что межзеренное распространение трещины в HCl совершалось медленнее, с большим сопротивлением, чем в H_2S . Это иллюстрируется следами сдвиговых процессов, локальных вырывов (рис. 1 г, д), повсеместно наблюдаемыми на фасетках межзеренного разрушения в HCl. Поверхность аналогичных фасеток в H_2S более гладкая, без яркой субструктуры (рис. 1 е).

Таким образом, так же как и в случае газообразного водорода, воздействие сухого сероводорода и хлористого водорода в результате адсорбции приводит к уменьшению эффективной поверхностной энергии, следствием чего является отмеченное снижение сопротивления развитию трещины. В основном полухрупкое (квазискосное) развитие трещины в вакууме сменяется хрупким межзеренным разрушением при воздействии газовой среды. Анализ электронных фрактограмм подтверждает тот факт, что наибольшая скорость и наименьшее сопротивление развитию трещины наблюдается в обезвоженном сероводороде.

Физико-механический институт
Академии наук УССР
Львов

Поступило
5 VI 1972

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Г. В. Карпенко, И. И. Василенко и др., ДАН, 185, № 5 (1969). ² И. И. Василенко, М. Г. Хитаршвили и др., Физ.-хим. мех. матер., № 2 (1969).
- ³ G. G. Hancock, H. H. Johnson, Trans. Met. Soc. AIME, 236 (1936). ⁴ В. С. Федченко, И. Е. Гайдаренко, И. И. Василенко, Физ.-хим. мех. матер., № 3 (1972).
- ⁵ D. P. Williams, H. G. Nelson, Met. Trans., 1, 63 (1970). ⁶ В. В. Панасюк, Предельное равновесие хрупких тел с трещинами, Киев, 1968.
- ⁷ С. Е. Ковчик, Сборн. Вопросы механики реального твердого тела, в. 3, Киев, 1964.