

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ИЗЛОМОВ УСТАЛОСТНЫХ
НИТРОЦЕМЕНТИРОВАННЫХ ОБРАЗЦОВ

Б.В.Бабушкин, Л.С.Ляхович, С.Э.Розенберг

Изучению подвергались поверхности изломов образцов для испытания на усталость после разрушения. Испытания проводились на машине МУИ-6000 на круглых образцах по ГОСТ 2860-65 при неподвижной изгибающей нагрузке.

Образцы изготовлялись из стали трех марок: 20ХНР, 25ХГТ, 25ХГМ. Химико-термическая обработка проводилась в безмуфельном агрегате по режиму, принятому на МТЗ /нитроцементация при температуре $860^{\circ} \pm 10^{\circ}\text{C}$, выдержка - 12,5 ч, охлаждение в масле марки МС-20 с температурой 170°C , отпуск 200°C , выдержка - 6 ч. Это соответствует получению нитроцементированного слоя глубиной 0,7 - 0,8 мм.

Анализ производился на свежих неокисленных изломах. Поверхность изломов просматривалась визуально и с помощью лупы с восьмикратным увеличением. Очаг разрушения и его строение изучались на металлографическом микроскопе МИМ-7. На поверхности усталостных изломов различают следующие зоны: 1) фокус излома; 2) очаг разрушения; 3) участок избирательного развития; 4) участок ускоренного развития; 5) зону долома. В отдельных случаях наблюдают образование зоны хрупкого проскальзывания [1,2]. В наших экспериментах участок ускоренного развития отсутствовал. В некоторых партиях у всех исследованных образцов, а в других партиях на отдельных образцах, обнаружен участок хрупкого проскальзывания [1,3]. Анализ возникновения очага разрушения исследуемых сталей, обработанных по приведенному режиму, показал, что при глубине нитроцементированного слоя 0,7-0,8 мм, очаг разрушения независимо от марки стали преимущественно зарождается под слоем, (см. таблицу [1]).

Т а б л и ц а I

Влияние глубины нитроцементации на расположение
очага разрушения

№ пп.	Марка стали	Количество испытанных образцов в партии, шт.	Количество образцов с очагом разрушения на поверхности, шт/%	Количество образцов с очагом разрушения в нитроцементированном слое, шт/%	Количество образцов с очагом разрушения на границе нитроцементированного слоя и сердцевины, шт/%	Количество образцов с очагом разрушения под слоем, шт/%
1	20ХНР	36	1/2,8	3/8,3	10/27,7	22/61,2
2	25ХГТ	35	4/11,4	3/8,6	5/14,3	23/65,7
3	25ХГМ	40	3/7,5	5/12,5	7/17,5	23/62,5

Количество образовавшихся зон и участков, а также их соотношение изменялось в зависимости от структуры сердцевины и величины напряжений при испытании.

Установлено заметное влияние феррита на образование участка избирательного развития. При отсутствии феррита в сердцевине участок избирательного развития распространяется на сердцевину образца. С появлением в сердцевине образца феррита до 10%, участок усталостного развития в сердцевине образца отсутствует и увеличивается размер зоны долома.

При испытании образцов при значениях напряжений, превышающих предел усталости, размер зоны долома также увеличивается, участок избирательного развития при этом уменьшается. При понижении концентрации углерода и азота в поверхности образцов (углерода с 1,18% до 0,6%, азота с 0,45% до 0,18%), вызванном остановкой агрегата, на участке избирательного развития нитроцементированный слой визуально не выделялся. Ниже приводится описание различных зон поверхности изломов (рис. I).

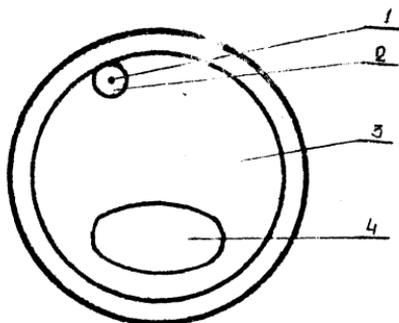


Рис. 1. Зоны поверхности разрушения образца.
 1 - фокус излома
 2 - очаг разрушения
 3 - участок избирательного развития
 4 - зона долома

Очаг разрушения 2 при глубине нитроцементации 0,7-0,8 мм возникает: 1) на поверхности упрочненного слоя (при пониженном содержании углерода и азота на поверхности или при наличии на поверхности дефектов механической обработки); 2) в упрочненном слое; 3) на границе упрочненного слоя и основного металла; 4) под упрочненным слоем.

Из табл. I видно, что у большинства образцов (свыше 60%) очаг разрушения возникает под упрочненным слоем и на границе упрочненного слоя и сердцевины (14,3% - 27,7%).

Если зона очага разрушения расположена в слое, на границе упрочненного слоя или под упрочненным слоем, то очаг разрушения имеет вид светлого, блестящего круглого ядра. В центре последнего (при увеличении 70 и более) расположен фокус излома в виде поры с радиально направленными от нее лучами, по внешнему виду напоминающими трещины. Подобный очаг разрушения наблюдали ранее при испытании на усталость стали без поверхностного упрочнения, а также в наплавленном металле сварных образцов при испытании на растяжение [4,5].

При просмотре очага разрушения, начиная с увеличения 70, видно, что он имеет форму эллипса. Наиболее светлая зона расположена вокруг поры, за ней следует зона несколько темнее первой. Контур второй зоны со стороны сердцевины имеет форму полукруга. Со стороны поверхности образца контур зоны выражается нечетко. Более

светлый цвет и эллипсная форма очага разрушения, по-видимому, связаны с наличием температурного градиента, вызванного локальным разогревом отдельных микрообъемов образца при испытании и различной скоростью отвода тепла к поверхности и сердцевине.

Пора в очаге разрушения имеет круглую или вытянутую форму. Максимальный диаметр круглой поры 0,1 мм, максимальный размер вытянутой поры 0,25 x 0,17 мм. Рядом с порой наблюдаются включения оранжевого цвета, по форме и окраске аналогичные карбидам титана. Эти включения видны более отчетливо в случае отсутствия поры. При наличии поры от нее расходятся трещины.

Участок избирательного развития. В исследованных образцах участок ускоренного развития отсутствовал и зона собственного усталостного развития состояла только из одного участка избирательного развития 3. Последний охватывает нитроцементированный олоид и часть сердцевины.

Часть сердцевины, относящаяся к участку избирательного усталостного развития (по сравнению с нитроцементированной зоной), имеет более светлую поверхность.

На отдельных партиях образцов стали 20ХНР и некоторых образцах стали марки 25ХГТ и 25ХГМ возникает участок "хрупкого проскальзывания". Участок хрупкого проскальзывания у испытанных образцов расположен в сердцевине образца за нитроцементированным слоем, т.е. занимает участок избирательного развития. Этот участок имеет более шероховатую и темную поверхность в сравнении с остальной поверхностью образца. Образование участка хрупкого проскальзывания связано с ускоренным продвижением трещины за счет повышенной нагрузки при испытании либо в результате продвижения трещины рывками [3].

Зона долома. Зона долома 5 образуется на последней стадии испытания. Она располагается в сердцевине образца и при отсутствии зоны хрупкого проскальзывания самая темная по сравнению с остальными зонами. Зона долома при указанном виде испытания по форме круглая или в виде эллипса. При испытании место расположения и форма зоны долома зависят от величины напряжений. При перегрузках зона долома расположена в центре образца и имеет круглую форму. При отсутствии перегрузок зона долома смещается от очага разрушения и принимает форму эллипса. В случае отсутствия в сердцевине образца участка избирательного развития, вся сердцевина образца принадлежит зоне долома.

В ы в о д ы

1. При гл. бине нитроцементированного слоя 0,7-0,8 мм очаг разрушения усталостных образцов при испытании на изгиб с вращением преимущественно располагается под упрочненным слоем.

2. Форма и цвет очага разрушения обусловлены методом испытания локальным разогревом образца и условием теплоотдачи во время испытания.

3. Соотношение между участком избирательного развития и зоной долома зависит от микроструктуры сердцевины и от величины напряжений при испытании.

Л и т е р а т у р а

1. Я. Б. Фридман, Т. А. Гордеева, А. М. Звйцев. Строение и анализ изломов металлов, Машгиз, 1960.

2. С. В. Серенсен, В. И. Кочаев, Р. М. Шнейдорович. Несущая способность и расчеты деталей машин на прочность. Машгиз, 1963.

3. А. М. Звйцев. О методике анализа усталостных изломов. "Заводская лаборатория". Т. 22, № 4, 1965.

4. Yokobori Takeo, Nanbu Masatake. Fatigue crack propagation in the high hardened steel. Repts Res. Inst. Strength and Fract. "Mater., Tohoku Univ.", 2, N 2, 1966.
2, № 2, 1966.

5. Остин Харсен. Усталостные трещины в деталях машин. "Европейское судостроение". 1966.