

УДК 620.172:669.017

Н.Н. Арцыбашева, канд. техн. наук, доц.,
О.М. Белецкая, магистр,
Одес. нац. политехн. ун-т

ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРНОГО ФАКТОРА НА УСТАЛОСТНОЕ РАЗРУШЕНИЕ СВАРНЫХ ШВОВ

Н.Н. Арцыбашева, О.М. Белецька. Вплив структурного фактору на руйнування від втомленості зварних швів. Розглянуто вплив характеристик гетерогенності зварного шву на розповсюдження швидкостей розвитку малих та магістральних тріщин від втомленості. За допомогою пакету MATLAB отримано залежності швидкості розповсюдження тріщин від характеристик гетерогенності для різних рівней напружень.

Н.Н. Арцыбашева, О.М. Белецкая. Влияние структурного фактора на усталостное разрушение сварных швов. Рассмотрено влияние характеристик гетерогенности сварного шва на распространение скоростей развития усталостных малых и магистральных трещин. С помощью пакета MATLAB получены зависимости скорости распространения трещин от характеристик гетерогенности для разных уровней напряжений.

N.N. Artsibasheva, O.M. Beletskaya. The influence of composition factor on fatigue destroys of welds. The influence of heterogeneity characteristics of weld on the rate of spreading of small and large fatigue cracks is considered. With the help of a packet of programs MATLAB, the dependences of the spreading fatigue cracks rate upon heterogeneity characteristics were obtained for various levels of stresses.

Повышению сопротивления усталости сварных конструкций в литературе уделяется много внимания. Но влияние микроструктуры зон сварного шва на механические свойства всей сварной конструкции изучены недостаточно.

Известно, что значительное влияние на сопротивление усталости оказывают механические и структурные неоднородности сварных соединений. Механические свойства сварных соединений освещены во многих работах [1], чего не скажешь о структурной неоднородности. Недостаточно сведений о связи структуры сварных соединений с пределом выносливости. Но, в то же время известно, что структурная гетерогенность является определяющей в кинетике усталостного повреждения [2]. Поэтому важно изучение способности структуры в различных зонах сварного шва влиять на зарождение, распространение и торможение усталостных трещин. Для решения этой задачи, в первую очередь, рассматривались частицы второй фазы, которые могут являться концентраторами, активаторами или стопорами разрушения.

Объектом исследования явились сварные швы рамы прицепа, которая изготовлена из швеллера стали 20. Основной причиной потери ресурса стержневой системы типа рама являются усталостные повреждения, причем в зонах термического влияния сварных швов.

Для исследования структурного фактора использовали стандартную методику количественной металлографии, которая позволяет определить параметры гетерогенности на модельных образцах. Рассматриваемыми параметрами гетерогенности явились: d_{cp} — средний диаметр частиц, мкм; U — суммарный объем частиц, %; $N_{d_{cp}}$ — плотность частиц. Образцы для исследований имели три типа структуры, отличающиеся степенью гетерогенности. Образцы трех типов структуры подвергали циклическим нагрузкам при изгибном нагружении (табл.1).

При испытании с помощью металлографии фиксировался прирост длины трещины в зависимости от числа циклов нагрузок. Наблюдали кинетику распространения усталостных трещин длиной до 10 мкм, т.е. так называемых “малых трещин”, и свыше 10 мкм — магистральных трещин.

В результате исследований были получены данные о влиянии параметров гетерогенности на распределение скоростей развития усталостных малых (табл. 2) и магистральных трещин

(табл. 3). По этим данным с помощью пакета MATLAB построены зависимости скорости распространения трещин от характеристик гетерогенности для различных уровней напряжений, приложенных в процессе циклических нагрузок.

Установлено, что для малых трещин зависимость $v = f(d_{cp})$, т.е. скорость развития трещины от диаметра частиц, имеет степенной характер. При этом заметна тенденция уменьшения скорости развития трещины с увеличением диаметра частиц второй фазы. Причем эта тенденция сохраняется при всех прикладываемых напряжениях $\sigma=180...215$ МПа, но чем выше прикладываемое напряжение, тем выше скорость развития трещины.

Таблица 1

Распределение суммарного объема частиц U , среднего размера частиц d_{cp} и плотности частиц N_d в зависимости от типа сварного шва

Опыт	1 тип			2 тип			3 тип		
	d_{cp} , мкм	U , %	N_{dcp}	d_{cp} , мкм	U , %	N_{dcp}	d_{cp} , мкм	U , %	N_{dcp}
1	0,1	20	400	0,2	40	300	0,03	45	нет данных
2	0,1	22	400	0,17	30	300	0,03	40	250
3	0,1	30	370	0,03	25	330	0,05	20	300
4	0,07	32	320	0,03	37	400	0,09	38	390
5	0,03	33	200	0,04	20	300	0,07	нет данных	нет данных

Таблица 2

Изменение скорости малых трещин в зависимости от типа сварного шва и прикладываемого напряжения

Опыт	Малые трещины V_1 , $\frac{\text{мкм}}{\text{цикл}} \cdot 10^{-2}$								
	$\sigma=180$ МПа			$\sigma=200$ МПа			$\sigma=214$ МПа		
	1 тип	2 тип	3 тип	1 тип	2 тип	3 тип	1 тип	2 тип	3 тип
1	0,8	1,3	3,5	3,0	0,7	8,0	10,0	нет данных	нет данных
2	0,8	1,3	3,5	2,6	0,7	3,0	10,0		
3	0,6	3,0	5,8	2,8	1,8	3,9	6,5		
4	0,7	4,0	7,7	3,4	2,0	4,8	5,5		
5	0,8	5,0	8,2	3,0	2,5	5,0	6,0	4,0	10,0
6	нет данных	5,5	8,7	нет данных	2,5	4,5	нет данных	2,0**	5,0
7		нет данных	10,4		нет данных	нет данных		4,5	нет данных

Таблица 3

Изменение скорости магистральных трещин

Опыт	Магистральные трещины V_2 , $\frac{\text{мкм}}{\text{цикл}} \cdot 10^{-2}$					
	$\sigma=273$ МПа			$\sigma=300$ МПа		
	тип 1	тип 2	тип 3	тип 1	тип 2	тип 3
1	1	нет данных				
2	1	1	1	3	5	8
3	2	4	5	4	7	8
4	4	7	6	7	9	9
5	5	9	7	9	12	11
6	5	12	3	10	15	13
7	6	17	11	14	17	16
8	6	19	13	15	17	17
9	13	40*	27	23	33*	20

10	20	70	42		52	44
----	----	----	----	--	----	----

Падение скорости развития трещины наблюдается при размере частиц $d_{cp}=0,1$ мкм и более. Это связано с тем, что частицы играют двойную роль: концентраторов напряжений, т.е. источников возникновения и распространения трещин, и стопоров трещин. Таким образом, помимо размеров частиц на скорость распространения трещин влияние оказывает плотность этих частиц. Для малых трещин плотность частиц почти не сказывается при меньших напряжениях. Но с увеличением прикладываемого напряжения скорость развития трещины несколько уменьшается с увеличением плотности частиц до 30 %, а затем, с увеличением плотности частиц до 40 % скорость развития трещин увеличивается.

При анализе результатов исследований для магистральных трещин установлено, что скорость развития магистральных трещин несколько уменьшается с увеличением диаметра частиц, но она менее чувствительна к этому параметру, чем малые трещины. Установлено, что с увеличением плотности частиц до 38...40 % скорость магистральных трещин растет.

На основе анализа экспериментов, используя пакет MATLAB, построены графики зависимостей скорости распространения усталостных трещин в слоях трех типов сварных соединений в зависимости от параметров гетерогенности (см. рисунки 1 и 2).

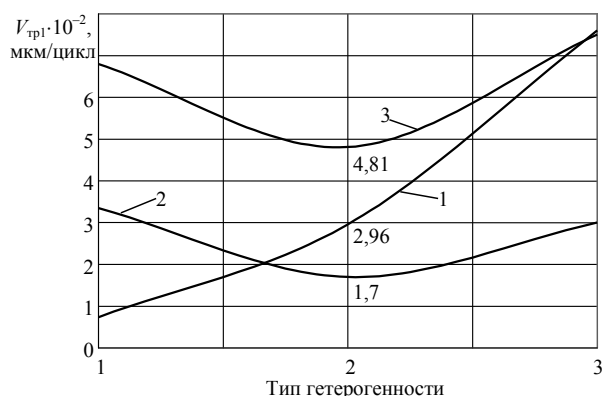


Рис. 1. Зависимость скорости распространения малых трещин $V_{тр1}$ от типа гетерогенности при напряжениях: 180 (1), 200 (2) и 215 МПа (3)

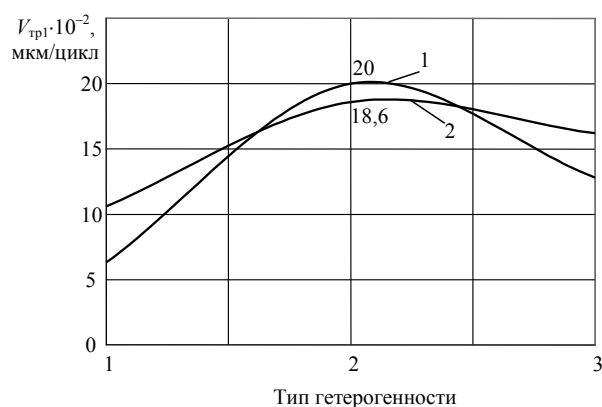


Рис. 2. Зависимость скорости распространения магистральных трещин $V_{тр2}$ от типа гетерогенности при напряжениях: 275 (1) и 300 МПа (2)

Проанализировав полученные зависимости, установили, что скорость распространения малых трещин наименьшая при условии, если сварной шов имеет такую же гетерогенность, как тип 2; скорость распространения магистральных трещин наименьшая при условии, что сварной шов имеет такую же гетерогенность, как типы 1 и 3.

Таким образом, получены численные значения параметров гетерогенности и скорости распространения усталостных трещин в сварных соединениях трех типов.

На основании полученных данных можно сделать выводы:

- скорость распространения малых трещин несколько уменьшается при увеличении диаметра частиц второй фазы;
- на скорость распространения магистральных трещин диаметр частиц не влияет в значительной степени;
- влияние концентрации (расстояния между частицами) для малых трещин не существенное;
- для магистральных трещин с увеличением плотности частиц скорость распространения трещин несколько снижается.

Литература

-
1. Винокуров, В.А. Сварные конструкции. Механика разрушения и критерии работоспособности / В.А. Винокуров. Под ред. Патона Б.Е. — М.: Машиностроение, 1996. — 546.
 2. Власов, В.М. Закономерности изнашивания гетерогенных структур высокопрочных покрытий / В.М. Власов, Л.М. Нечаев, Н.Б. Фомичева // Металловедение и термич. обработка металлов. — 1996. — № 6. — С. 21 — 24.

Рецензент д-р техн. наук, проф. Одес. нац. политехн. ун-та Лебедев В.Г.

Поступила в редакцию 6 октября 2008 г.

