

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Г. В. КАРПЕНКО и А. В. КАРЛАШОВ

**ВЛИЯНИЕ АБСОЛЮТНЫХ РАЗМЕРОВ ОБРАЗЦОВ НА
АДСОРБЦИОННУЮ И КОРРОЗИОННУЮ УСТАЛОСТЬ СТАЛИ**

(Представлено академиком П. А. Ребиндером 25 VII 1953)

Так как подавляющее большинство циклически нагруженных деталей машин работает в жидких средах, например смазочных маслах (вызывающих адсорбционную усталость), либо в воде (вызывающей коррозионную усталость), то вопрос о влиянии абсолютных размеров деталей машин на выносливость при адсорбционной и коррозионной усталости имеет большое практическое значение.

Исследования влияния абсолютных размеров на усталостную прочность стали обычно проводились в воздухе. Эти исследования показали, что с увеличением абсолютных размеров образцов предел их выносливости, как правило, понижается. Н. Н. Давиденков (1) приводит пример снижения предела выносливости при увеличении диаметра образца от 7,5 до 170 мм от 23 до 12 кг/мм², т. е. почти вдвое.

Данных о влиянии размеров деталей на их выносливость при одновременном воздействии циклической нагрузки и коррозионной среды мало и они противоречивы. Существует мнение (2), что абсолютные размеры сечений не отражаются на коррозионно-усталостном процессе, однако в «Листках для конструкторов», публикуемых в «Вестнике машиностроения» (3), высказывается предположение, что с увеличением абсолютных размеров коррозионно-усталостное снижение выносливости увеличивается. Вопрос о масштабном эффекте при адсорбционной усталости в литературе не освещен.

Для выяснения влияния масштабного фактора при работе деталей машин, находящихся под циклическим напряжением в жидких средах, мы провели опыты с целью определения предела выносливости стали в нейтральной (воздушной) и адсорбционно-активной средах и условного предела выносливости в коррозионной среде*. В качестве критерия среды на выносливость стали мы взяли коэффициент влияния среды: $\beta = (\sigma_{-1\text{среда}} / \sigma_{-1\text{воздух}}) \cdot 100\%$, где σ_{-1} — предел выносливости, определенный в воздухе или среде для данного диаметра образца; критерием масштабного эффекта был принят коэффициент масштабного фактора: $\varepsilon = (\sigma_{-1}^i / \sigma_{-1}^{16}) \cdot 100\%$, где σ_{-1}^i — предел выносливости образца диаметром i мм, определенный в среде; σ_{-1}^{16} — предел выносливости эталонного образца диаметром 16 мм, определенный в той же среде.

В качестве исследуемого материала была принята конструкционная сталь марки 20Х перлит-ферритной структуры. Механические свойства стали: $\sigma_B = 51,5$ кг/мм², $\sigma_S = 25,5$ кг/мм², $\delta_S = 31,7\%$, $\psi = 70,5\%$.

Химический состав стали (в %): С 0,15; Si 0,3; Mn 0,55; Cr 0,88; P 0,023; S 0,027.

* Экспериментальная часть работы проведена в динамической лаборатории Института строительной механики Академии наук УССР.

Из штанг диаметром 75 мм были изготовлены 4 серии образцов диаметром 16, 32 и 40 мм. При изготовлении образцов был соблюден принцип геометрического подобия, для чего приняты постоянные отношения между рабочим диаметром и радиусом галтели у опасного сечения. Все образцы подвергались токарной обработке и шлифованию; последние стружки снимались при минимальной подаче и глубине резания.

Таблица 1

Влияние среды и эффект масштаба при испытании стали 20Х на выносливость

Среда	Характеристика	Диаметр образцов d в мм		
		16	32	40
Воздух	σ_{-1} , кг/мм ²	27,0	25,3	24,5
	β , %	100	100	100
	ϵ , %	100	93,7	95,7
Масло	σ_{-1} , кг/мм ²	24,8	24,0	23,5
	β , %	92,0	95,0	96,0
	ϵ , %	100	96,4	94,5
Речная вода	σ_{-1} , кг/мм ²	12,5	14,3	15,7
	β , %	46,2	56,5	64,0
	ϵ , %	100	114	126

бензином и протиралась активированным угольным порошком для обезжиривания.

Данные испытаний, представленные в табл. 1, показывают, что предел выносливости для образцов, находящихся под циклическим напряжением в жидких поверхностно-активных и коррозионных средах, понижается по сравнению с пределом выносливости в воздухе.

Из табл. 1 видно, что коэффициент β , характеризующий влияние среды на выносливость стали, увеличивается с возрастанием диаметра образца как для поверхностно-активной, так и для коррозионной среды, причем особенно сильно для коррозионной среды. Таким образом установлено, что чем больше диаметр образца, тем меньше влияние среды. Или чем больше отношение поверхности, подвергающейся воздействию среды, к сечению образца, тем больше влияние среды на выносливость стали.

Это наглядно иллюстрирует диаграмма рис. 1, на которой показано увеличение влияния среды (снижение коэффициента β) с ростом отношения периметра испытываемого образца к его сечению, характеризуемого величиной $\psi = 4\pi d/\pi d^2 = 4d^{-1}$. Из этой диаграммы также видно, что чем сильнее воздействует среда на выносливость стали, тем большее значение приобретает отношение периметра к сечению образца.

Из табл. 1 видно, что с увеличением размеров образца при его циклическом нагружении в воздухе предел выносливости снижается (в наших опытах при увеличении размеров от 16 до 40 мм приблизительно на 10%). Активированное масло замедляет это снижение (снижение в на-

Испытания образцов производились на машине консольного типа, конструкции Института строительной механики АН УССР, дающей возможность испытывать образцы различных диаметров, с частотой нагружения 2000 циклов в минуту. Образцы подвергались испытанию в воздухе, в активированном олеиновой кислотой масле марки МС и в водопроводной днепровской воде. Жидкие среды (масло и вода) подавались каплями на место возможной поломки консольного образца.

База испытания была принята: для воздуха $N = 5 \cdot 10^6$ циклов, для активированного масла $N = 1 \cdot 10^7$, для водопроводной воды $N = 2 \cdot 10^7$ циклов. Поверхность образцов перед испытанием подвергалась промывке

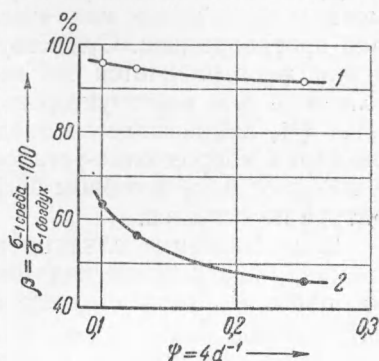


Рис. 1. Кривые $\beta = f(\psi)$. 1 — в активированном масле, 2 — в речной воде

ших опытах получилось в 2 раза меньше, чем в воздухе). Коррозионная среда вызвала повышение выносливости образцов с увеличением их размеров.

На рис. 2 представлена диаграмма, показывающая влияние среды на масштабный эффект. В воздухе коэффициент масштабного эффекта уменьшается с увеличением абсолютных размеров образца; в активированном масле, т. е. при адсорбционно-усталостном процессе, снижение ϵ с увеличением размеров происходит медленнее, чем в воздухе; в коррозионной среде, т. е. при коррозионной усталости, ϵ растет с увеличением размеров образцов.

Результаты, полученные нами для стали марки 20Х, вызывают изменение представлений о влиянии абсолютных размеров на выносливость стали. Эти представления, основанные на невыполнении закона подобия в статистическом распределении различных дефектов и неоднородностей в металле, очевидно, необходимо дополнить новыми представлениями о роли поверхности при циклическом нагружении. Разрушение обычно начинается с поверхности, поэтому состояние поверхностных слоев металла — их упрочнение, например, за счет наклепа или разупрочнение, вызванное воздействием среды, — должно иметь большее значение при влиянии абсолютных размеров на выносливость.

Обычно применяемая обработка образцов дает упрочнение поверхностных слоев металла, поэтому в нейтральной воздушной среде образцы с малым диаметром (т. е. с большим отношением периметра к сечению) имеют большую усталостную прочность, чем образцы большего диаметра. Жидкие среды в большей или меньшей степени разупрочняют поверхностные слои металла, что вызывает повышение выносливости стали в коррозионных средах с увеличением абсолютных размеров, а в адсорбционно-активных средах — снижение влияния упрочнения, полученного при обработке образцов.

Институт машиноведения и автоматики
Академии наук УССР

Поступило
3 VII 1953

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Н. Н. Давиденков, Усталость металлов, изд. АН УССР, 1949. ² С. В. Серенсен, Прочность металла и расчет деталей машин, 1937. ³ Вестник машиностроения, № 6 (1950).

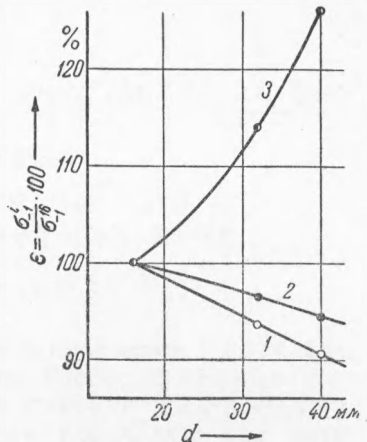


Рис. 2. Влияние среды на масштабный эффект. 1 — на воздухе, 2 — в активированном масле, 3 — в речной воде