

ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

Г. В. КАРПЕНКО

**ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ
НА ДЕКРЕМЕНТ ЗАТУХАНИЯ КОЛЕБАНИЙ В СТАЛИ**

(Представлено академиком П. А. Ребиндером 2 IV 1954)

Свободное затухание колебаний упругой системы вызвано наличием внутреннего трения в системе и связано с гистерезисом и упругим последствием.

Исследования П. А. Ребиндера и сотр. показали, что в поверхностно-активных средах неупругие явления приобретают специфический, ярко выраженный характер. Опыты с изгибом и растяжением слюды ⁽¹⁾ выявили при ее деформировании в адсорбционно-активной среде длительное последствие нагрузки и разгрузки, наблюдаемое в упругой зоне, причем последствие нагрузки выражается в постепенном нарастании деформации в два и более раз по сравнению с начальным, «мгновенным» ее значением в неактивной среде. Это специфическое последствие П. А. Ребиндер называет «адсорбционным» последствием ⁽²⁾.

Адсорбционное последствие наблюдается и для металлов. После полного разгрузки монокристаллов олова, растянутых с постоянной скоростью в неактивной и поверхностно-активной средах, наблюдалось постепенное сокращение их длины, причем это сокращение в неактивной среде составляло 0,03% и длилось 1,5 часа, а в поверхностно-активной среде составляло 0,1—0,15% и продолжалось до 6—7 час. ⁽³⁾.

Адсорбционное последствие отлично от обычного; оно выражается не малыми долями от полной величины упругой деформации, а постепенным значительным нарастанием деформации при нагружении и постепенным снижением деформации после разгрузки.

Наличие специфического адсорбционного упругого последствия позволяет сделать предположение, что затухание колебаний в поверхностно-активной среде будет протекать более интенсивно, чем в неактивной. Для выяснения этого нами были проведены опыты по определению декремента затухания закаленной на мартенсит шарикоподшипниковой стали марки ШХ-15.

Исследования проводились на машине С. В. Малашенко ⁽⁴⁾, позволяющей проводить испытания на усталость, фиксировать появление первых трещин усталости и снимать характеристики затухания. Эта машина построена на резонансном принципе с электромагнитным возбуждением, которое ведется в режиме авторезонанса на частоте, свойственной испытываемой системе. Изменение собственных частот колебаний в ходе испытания является признаком, характеризующим изменение жесткости образца в ходе его нагружения, например появление трещин усталости и других нарушений жесткости. Закаленная сталь ШХ-15 выбрана для испытаний как материал с острой резонансной кривой, при которой легко определять на резонансной машине любые изменения жесткости. Необходимо отметить, что у таких сталей практически не отмечается зависимости декремента затухания от амплитуды — свойство, ярко выраженное у мягких сталей.

Исследуемые плоские шлифованные или полированные образцы перед испытанием тщательно десорбировались активированным углем и промывались авиационным бензином, после чего на некоторые из них наносился тонкий слой поверхностно-активной (мыльной) консистентной смазки — солидола, содержащего 10% олеиновой кислоты ($C_{17}H_{33}COOH$). Затем образцы вытирались ватой; это позволяло оставить на образце тонкий слой поверхностно-активного вещества, не могущего изменить массу образца и повлиять на затухание его колебаний как вязкая среда.

В чистых образцах и образцах с тончайшим слоем поверхностно-активных веществ на машине С. В. Малащенко на очень короткое время возбуждались колебания (с частотой около 300 гц); по снятии возбуждающей силы кривые затухания записывались при помощи оптического приспособления на фотоленте. По амплитудам A этих кривых вычислялся средний для n амплитуд логарифмический декремент затухания

$$= \frac{\ln A_i - \ln A_{i+n}}{n}.$$

Опыты показали, что поверхностно-активные вещества при кратковременном воздействии на циклически нагруженный металл практически не оказывают влияния на процесс затухания (см. табл. 1, опыты 1, 2 и 6, а также рис. 1, кривые 1 и 2).

Известно (^{2, 5, 6}), что проникновение поверхностно-активных веществ в ультрамикротрещины требует некоторого конечного времени. Н. Е. Маркова (⁷) также установила, что действие адсорбирующихся веществ — понизителей твердости на кристаллики кальцита значительно усиливается при длительном выживании кристалликов в нагруженном состоянии в поверхностно-активной среде, особенно если эти кристаллики находятся под напряжениями, близкими к пределу прочности.

Таблица 1

№№ пытов	Состояние поверхности	Среда	Число нагруже- ний N	$\sigma_{\max}^*$, к Г/мм ²	$K = \frac{\sigma_{\max}^{**}}{\sigma_{-1}}$	$\delta \cdot 10^{-4}$
1	Шлифованная	Воздух	0	71	0,75	7,3
2	"	Поверхн.-активн.	0	72	0,93	7,1
3	"	То же	10^6	89	1,14	<u>11,7***</u>
4	"	Воздух	$4,3 \cdot 10^6$	101	1,07	14,3
5	"	Поверхн.-активн.	$1,3 \cdot 10^6$	90	1,15	<u>26,7***</u>
						11,32
6	Полированная	То же	0	75	0,99	8,9
7	"	" "	10^6	88	1,13	<u>18,05***</u>
						9,12

* Приведены значения $\sigma_{\max}$, при которых снималась возмущающая сила и длительно нагружались образцы.

** σ_{-1} — предел выносливости, найденный в исследуемой среде.

*** Декремент затухания изменялся: цифра над чертой соответствует началу кривой затухания, цифра под чертой — ее концу.

Для выяснения влияния поверхностно-активных веществ на процесс затухания после длительного циклического нагружения образцов стали ШХ-15 в этой среде мы нагружали их на машине Малащенко при амплитудах, соответствующих напряжениям, близким к пределу выносливости. Длительность нагружений при данной амплитуде была различной и оценивалась числом циклов нагружений N . Отдельные образцы доводились до состояния, когда собственная частота резко (скачком) падала (опыты 4 и 5), что показывало на появление нарушений в металле (очевидно, «разрыхлений» или трещин), изменявших жесткость образца. После некоторого числа циклов нагружений N возмущающая сила снималась и записывалась кривая затухания.

Как видно из табл. 1 и рис. 1, поверхностно-активные вещества оказывают влияние на процесс затухания только после длительного циклического нагружения образца в поверхностно-активной среде. В этом случае при амплитудах, близких к пределу усталости, обнаружена зависимость декремента затухания для стали ШХ-15 от амплитуды и увеличение его значения (см. кривые 3 и 5). У образца, предварительным циклическим нагружением которого было достигнуто нарушение в металле (изменение жесткости), при больших амплитудах наблюдалось резкое возрастание внутреннего трения (см. кривую 5).

Опыты подтвердили уже известное положение о том, что поверхностно-активные вещества значительно ускоряют усталостное разрушение. Как видно из табл. 1 (опыты 4 и 5), поверхностно-активные вещества содействовали ускоренному образованию первой трещины через $1,3 \cdot 10^6$ циклов нагружений, тогда как в воздухе первая трещина образовалась только через $4,3 \cdot 10^6$ циклов.

Полученные результаты мы объясняем проявлением адсорбционного последствия, которое выражается в демпфировании колебаний поверхностно-активными веществами, проникающими в раскрывающиеся в процессе деформации ультрамикротрещины и особенно в места разрыхления и микротрещины, образовавшиеся в процессе циклического нагружения. Это проникновение совершается с конечной скоростью, поэтому при высоких частотах (в нашем случае около 300 гц) и очень малом времени пребывания поверхностно-активных веществ на поверхности металла влияние этих веществ на затухание обнаружено не было.

При длительном циклическом нагружении образцов в присутствии поверхностно-активных веществ последние проникали в ультрамикротрещины и, вызывая в них адсорбционно-расклинивающий эффект Ребиндера, содействовали более быстрому их росту и превращению в трещины усталости. Такие образцы показывали повышенное внутреннее трение.

Демпфирующее действие поверхностно-активных веществ, очевидно, усиливается при более глубоком их проникновении в раскрывающиеся при деформации ультрамикротрещины. Поэтому с увеличением амплитуды в поверхностно-активных средах для стали ШХ-15 декремент затухания увеличивается.

Институт машиноведения и автоматики
Академии наук УССР
Львов

Поступило
9 III 1954

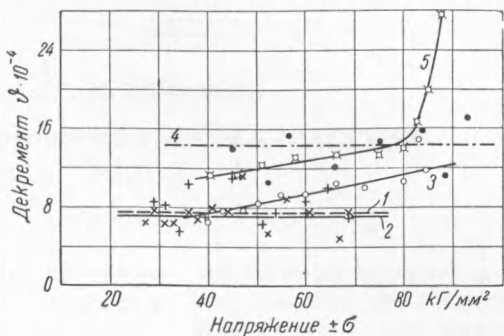


Рис. 1. Влияние поверхностно-активных веществ (п. а. в.) на затухание колебаний стали ШХ-15 (мартенсит). 1 — воздух, $N_T = 0$; $\sigma_{\max} < \sigma_{-1}$; 2 — п. а. в., $N_T = 0$; $\sigma_{\max} < \sigma_{-1}$; 3 — п. а. в., $N_T = 10^6$; $\sigma_{\max} > \sigma_{-1}$; 4 — воздух, $N_T = 4,3 \cdot 10^6$; $\sigma_{\max} > \sigma_{-1}$; 5 — п. а. в., $N_T = 1,3 \cdot 10^6$; $\sigma_{\max} > \sigma_{-1}$. Образцы шлифованные

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ П. А. Ребиндер, Г. И. Логгинов, ДАН, 30, № 6 (1941).
- ² П. А. Ребиндер, Юбил. сборн. АН СССР к 30-летию Великой Октябрьской революции, 1, 1947, стр. 533.
- ³ В. И. Лихтман, П. А. Ребиндер, ДАН, 57, № 1 (1947).
- ⁴ С. В. Малащенко, Информ. матер. Инст. строительн. мех., Изд. АН УССР, № 4 (1949).
- ⁵ В. И. Лихтман, П. А. Ребиндер, Л. П. Янова, ДАН, 56, № 8 (1947).
- ⁶ Г. В. Карпенко, ДАН, 87, № 5 (1951).
- ⁷ Н. Е. Маркова, Тр. Физ.-мат. отд. Воронежск. гос. унив., 9, 4, 17 (1937); 10, 1, 43 (1938).