

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Г. В. КАРПЕНКО

ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА УСТАЛОСТЬ СТАЛИ

(Представлено академиком А. И. Опарином 14 VI 1950)

Обычно принималось, что механические свойства металлов при данной температуре и давлении определяются только их внутренней природой. Однако работами П. А. Ребиндера и его сотрудников (^{1, 2}) было доказано, что деформация и разрушение твердого тела значительно облегчаются влиянием поверхностно-активных веществ, находящихся в окружающей тело среде. Это объясняется тем, что адсорбированные молекулы ослабляют силы сцепления между поверхностными элементами твердого тела, понижая его поверхностную энергию и облегчая развитие изначальных дефектов и микрощелей, всегда имеющихся в твердых телах.

В связи с тем, что большинство деталей машин работает при циклической нагрузке в среде поверхностно-активных веществ (в смазочных маслах), представляет несомненный интерес выяснить влияние поверхностно-активных веществ на усталостную прочность сталей. Являясь поликристаллическими телами с произвольной ориентировкой зерен, металлы обнаруживают различную стойкость в различных микроучастках поверхности по отношению к механическим и физико-химическим воздействиям. Это заставляет решать вопрос о влиянии поверхностно-активных веществ на усталостную прочность сталей, исходя из статистических данных большого числа опытов. К проведению таких опытов мы приступили в динамической лаборатории Института строительной механики АН УССР еще в 1948 г.

Проведенными нами опытами выявлено *, что при циклической работе стали в поверхностно-активных средах ее усталостная прочность значительно снижается, одна-

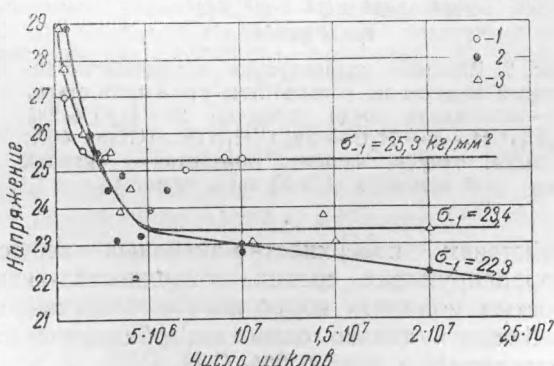


Рис. 1. Влияние на усталостную прочность стали поверхностно-активных веществ, добавленных к коррозионно-активной среде. 1 — в воздухе, 2 — в воде, 3 — в $\text{H}_2\text{O} + 2\% \text{C}_5\text{H}_{11}\text{OH}$. (Сталь 20Х; перлит + феррит. Обработка — шлифовка; $n = 10\,000$ нагрузок в мин.)

* Все исследования проводились на машинах, работающих на чистый изгиб при симметричном цикле. Цилиндрические образцы из различных сталей испытывались в ванне с соответствующей средой при 10 000, 3000, 1500, 300 нагрузок в минуту.

ко, кривая, характеризующая усталость металла, имеет такой же вид, как и при циклической работе в инактивной среде, т. е. кривая переходит в горизонтальный участок, ордината которого дает предел усталости стали (σ_{-1}) (3).

При циклической работе стали в коррозионно-активных средах предела усталости получить нельзя, так как усталостная кривая не имеет горизонтального участка, и чем большее число циклов нагружений получает стальной образец, тем ниже его усталостная прочность. Такое явление наблюдается, например, при циклической работе стали в воде (см. рис. 1).

Наши опыты показали, что введение добавок поверхностно-активных веществ к коррозионно-активным средам (к воде или растворам NaCl) либо полностью прекращает коррозионное воздействие среды на металл, либо значительно его ослабляет. Так, добавка изоамилового спирта к

воде влечет за собой адсорбционное снижение предела усталости, однако кривая получает характерный вид усталостной кривой, с горизонтальным участком, причем увеличение числа циклов нагружений не влечет за собой снижения усталостной прочности металла.

Это мы объясняем пассивирующим воздействием поверхностно-активных веществ в коррозионно-активной среде (4). Процесс снижения усталости в этом случае протекает следующим образом: сначала возникает адсорбционное облегчение деформации (снижение усталостной прочности), а затем в сильно коррозионно-активной среде может начинаться коррозионное облегчение деформации, межкристаллитная коррозия, однако, значительно ослабленная адсорбционно-пассивирующим

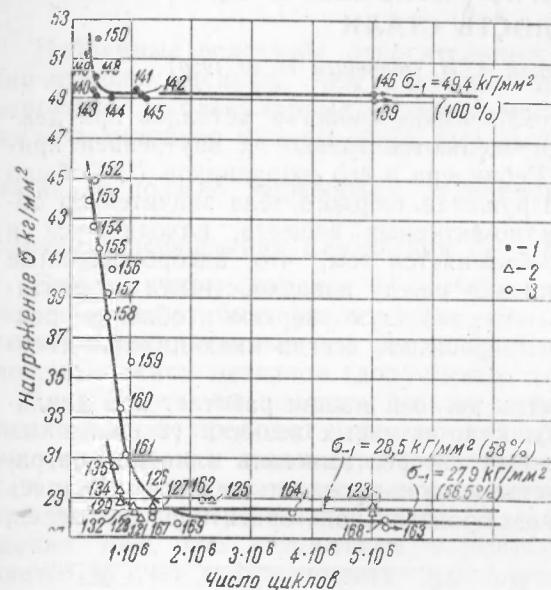


Рис. 2. Влияние концентрации поверхностно-активных веществ на усталостную прочность стали.
1 — инактивная среда (воздух), 2 — $H_2O + 2\% C_5H_{11}OH$, 3 — $H_2O + 2\% C_5H_{11}OH$. (Сталь 40Х; закалка, отпуск; сорбит; обработка — токарная 4 класса; $n = 2840$ нагр. в мин.)

действием поверхностно-активных веществ. В слабо агрессивных корродирующих средах поверхностно-активные вещества могут полностью подавить коррозионное облегчение деформации, и мы будем наблюдать только одно адсорбционное снижение предела усталости (например, в воде с 2% $C_5H_{11}OH$).

Мы исследовали влияние различных концентраций поверхностно-активных веществ на снижение усталостной прочности стали. Рис. 2 показывает влияние 0,2%- и 2%-растворов изоамилового спирта в дистиллированной воде на закаленной стали 40Х. Предел усталости в 0,2%-растворе снизился на 42% и увеличение концентрации изоамилового спирта в растворе в 10 раз не вызвало значительного изменения предела усталости. Этот результат имеет большое практическое значение, так как большинство деталей, для которых имеет значение усталость материала, работают в присутствии смазки, в которой находятся иногда в очень незначительном количестве поверхностно-активные вещества.

Исследованные нашей лабораторией различные типы смазочных масел показали снижение предела усталости под их влиянием. Здесь мы приводим диаграмму (рис. 3), показывающую влияние различных масел на предел усталости стальных шлифованных и полированных образцов из отожженной стали 40Х.

Как видно чистое, так же как и отработанное масло «МС» снизило предел усталости стали 40Х на 7,5%. То же масло, активированное 2% олеиновой кислоты, снизило предел усталости той же стали на 19%.

Наши опыты по выяснению влияния касторового масла на предел усталости закаленной стали 40Х сорбитной структуры, показали снижение предела усталости стали 40Х на 16%. Эти данные с очевидностью говорят о значительном влиянии смазочных масел на предел усталости стали и заставляют сделать вывод о необходимости, при использовании стали для работы в поверхностно-активной среде, руководствоваться результатами не обычных лабораторных испытаний образцов в воздухе, а испытаниями образцов, проведенными в той среде, в которой будет работать стальная деталь.

Известно, что частота нагрузений в инактивной среде почти не влияет на предел усталости стали. Как показали наши опыты в среде поверхностно-активных веществ это влияние значительно.

Масло «МС» снизило

предел усталости сырой стали 20Х при $n = 3000$ нагрузений в минуту на 4%, при $n = 300$ — на 6%. Вода с добавкой 2% изоамилового спирта снизила предел усталости сырой стали 20Х при $n = 10000$ на 7%, при $n = 3000$ на 30%. Инактивное вазелиновое масло с добавкой 2% олеиновой кислоты снизило предел усталости сырой стали 20Х при $n = 3000$ на 5%, при $n = 1500$ на 7%.

Таким образом нами установлено, что чем ниже частота нагрузений, тем больше добавки поверхностно-активных веществ снижают предел усталости стали. Весьма большие частоты нагрузений не дают возможности проявиться влиянию добавок поверхностно-активных веществ на усталостную прочность стали. При $n = 10000$ масло «МС», активированное (2% $C_{17}H_{33}COOH$) масло «МС», а так же активированное вазелиновое масло почти не изменили предела усталости стали, тогда как при меньших частотах нагрузений влияние этих сред было значительным.

Это можно объяснить тем, что проникновение поверхностно-активных веществ в микрощели, развивающиеся на поверхности образца и раздвижение этих микрощелей происходит с некоторой конечной скоростью. При больших скоростях деформации, очевидно, время раскрытия микрощелей настолько мало, что поверхностно-активные вещества не

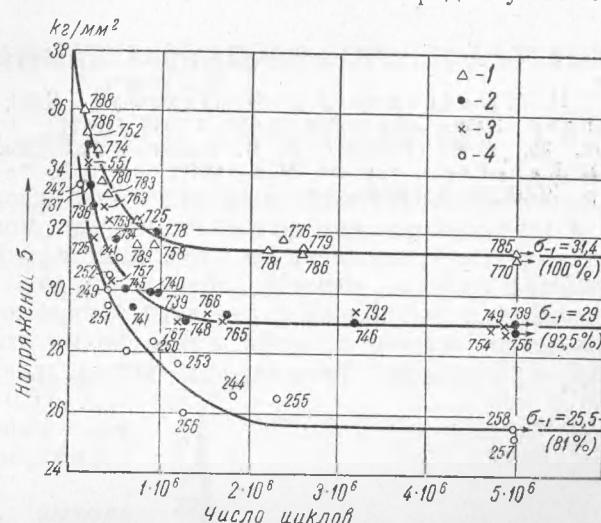


Рис. 3. Влияние масла на усталостную прочность стали. 1 — инактивная среда (воздух), 2 — масло „МС“, 3 — отработанное масло „МС“, 4 — активированное масло „МС“ (2% $C_{17}H_{33}COOH$). (Сталь 40Х; закалка, отжиг; перлит + феррит; обработка — полировка 10 класса; $n = 2840$ нагр. в мин.)

могут успеть проникнуть в устья микрощелей и оказать адсорбционный эффект раздвигающего действия.

Нашиими опытами также выяснено, что поверхностно-активные вещества в большей степени снижают предел усталости у закаленных сталей и в меньшей — у вязких (сырых) сталей. Чистота поверхности также оказывает существенное влияние на предел усталости при работе сталей в поверхностно-активных средах. Нами установлено, что у грубообработанных поверхностей с большой шероховатостью предел усталости под влиянием поверхностно-активных веществ снижается меньше, чем у тщательно обработанных (шлифованных и полированных) поверхностей.

Поступило
17 VI 1950

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ П. А. Ребиндер и В. И. Лихтман, ДАН, **56**, 723 (1947); П. А. Ребиндер, Юбил. сборн. АН СССР, **1**, 533 (1947). ² В. И. Лихтман, Усп. физ. наук, **39**, в. 3 (1949). ³ Г. В. Карпенко, Докл. АН УССР, № 3 (1949); Г. В. Карпенко, там же, № 6 (1949). ⁴ П. А. Ребиндер и К. П. Ребиндер, ЖФХ, **1**, 2 (1930).