

ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

Член-корреспондент АН СССР И. А. ОДИНГ и Е. Н. ВОЛОСАТОВА

**РЕЛАКСАЦИЯ АУСТЕНИТНОЙ СТАЛИ ПРИ КОМНАТНОЙ
ТЕМПЕРАТУРЕ**

На возможность протекания процессов ползучести и релаксации в стали при комнатной температуре было впервые указано в 1934 г. (1) Н. Н. Давиденковым и П. Сахаровым, изучавшими упругое последствие в стальных струнах. Много позже, в 1942 г., Криш (2) исследует ползучесть пяти сортов стали и подтверждает возможность протекания ползучести стали при комнатной температуре. Им показано, что при этой температуре в углеродистой стали с 0,13% углерода ползучесть протекала в течение 5 час., в углеродистой стали с 0,23% углерода в течение 100 час. После указанных сроков ползучесть в этих сортах стали приостанавливалась. В трех же легированных сортах стали, содержащих: 1) 0,4% углерода, 1% хрома и 0,2% молибдена; 2) 0,14% углерода и 15% хрома; 3) 18% хрома, 8% никеля, 0,2% молибдена, 0,2% титана и 1% вольфрама, ползучесть при комнатной температуре не прекращалась еще и после 400 час. испытания. Напряжения в этих исследованиях колебались в пределах от 40 до 97% от предела прочности, причем ползучесть при комнатной температуре наблюдалась, главным образом, лишь в тех случаях, когда напряжение превышало предел текучести.

Исследований при комнатной температуре релаксации легированных сортов стали не производилось. А между тем широкое применение в современном машиностроении легированных сортов стали вызывало необходимость проверки их релаксационных свойств. Результаты вышеуказанной работы Криша, показавшие более интенсивную ползучесть при комнатной температуре у легированных сортов стали, также подсказывали необходимость произвести исследование релаксации при комнатной температуре у этих сортов стали.

Особый интерес представляла аустенитная сталь. Во-первых, эти сорта стали получают сейчас широкое применение как жаропрочные, для которых процессы релаксации играют весьма существенную роль. Во-вторых, они как немагнитные стали используются в электромашиностроении, где они часто служат в условиях почти чистой релаксации при комнатной температуре или температуре, близкой к комнатной, — не превышающей 100—150°.

Для исследования релаксации при комнатной температуре была избрана аустенитная сталь ЭЯ1Т (18-8) и для сравнения с ней — малоуглеродистое железо-а. Химический состав этих марок стали был нормальный.

Сталь ЭЯ1Т и малоуглеродистое железо-а были термически обработаны по следующему режиму: сталь ЭЯ1Т — закалка 1150° в воду; малоуглеродистое железо-а — нормализация с 950°.

Испытание на релаксацию проводилось на кольцевом образце равноугольного сопротивления изгибу (3). Для малоуглеродистого железа-а были

выбраны начальные напряжения 3, 7, 10 кг/мм². Для стали ЭЯ1Т релаксация при комнатной температуре исследовалась при начальных напряжениях 5, 10, 15, 20, 35 и 42 кг/мм². Кривые релаксации при комнатной

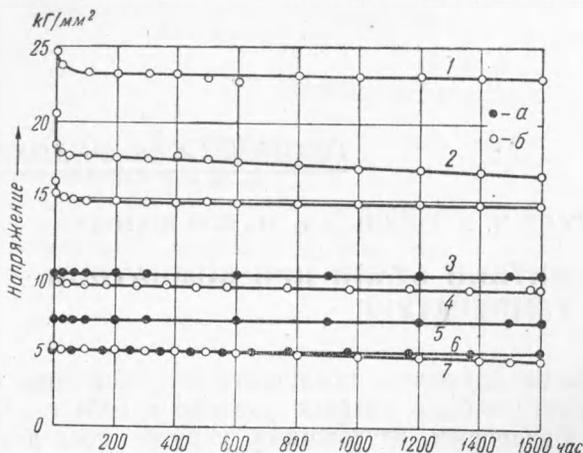


Рис. 1. Кривые релаксации при комнатной температуре: *a* — малоуглеродистого железа- α , *b* — аустенитной стали ЭЯ1Т. 1 — $\sigma_0 = 31$, 2 — $\sigma_0 = 20,6$, 3, 4 — $\sigma_0 = 10$, 5 — $\sigma_0 = 7$, 6 — $\sigma_0 = 5,2$, 7 — $\sigma_0 = 5$

температуры для малоуглеродистого железа- α и для стали ЭЯ1Т приведены на рис. 1. Продолжительность испытания во всех случаях составляла 1600 час.

Как видно из рис. 1, малоуглеродистое железо- α при комнатной температуре не релаксирует. Кривые же релаксации для стали ЭЯ1Т при комнатной температуре, наоборот, показывают значительное падение напряжения.

Это явление имеет место лишь на первом участке кривой. Затем падение напряжения прекращалось. Величина па-

дения напряжения зависит от начального напряжения. Она тем больше, чем выше начальное напряжение.

Следовательно, из двух испытанных марок стали, имеющих полиэдрическую структуру, при комнатной температуре за испытанный промежуток времени релаксирует сталь аустенитного класса ЭЯ1Т, а малоуглеродистое железо- α не релаксирует.

Дальнейшие испытания показали, что не только сталь ЭЯ1Т, но и другие сорта аустенитной стали релаксируют при комнатной температуре. На рис. 2 показаны кривые релаксации некоторых распространенных сортов аустенитной стали нормального химического состава. Эти стали испытывались после закалки в воду с 1150°. Начальное напряжение для всех указанных образцов было установлено равным 25 кг/мм².

В этих опытах опять обнаружен лишь первый этап релаксации, протекающий из-за диффузионной пластичности, которая развивается, главным образом, по границам зерен и приостанавливается тогда, когда зерна взаимно заклиниваются. Во всех представленных здесь кривых релаксации видно, что второй этап релаксации на релаксационных кривых отсутствует.

Следовательно, мы можем прийти к выводу, что если полиэдрическая структура состоит из зерен чистого железа- α , то релаксация при комнатной температуре практически не имеет места. Иначе себя ведут полиэдры твердого раствора железа- γ .

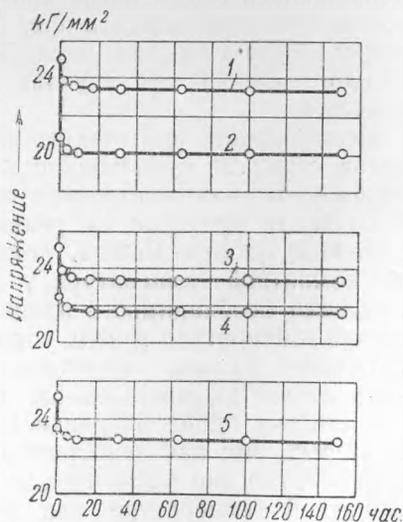


Рис. 2. Кривые релаксации некоторых сортов аустенитной стали при комнатной температуре и начальном напряжении $\sigma_0 = 25$ кг/мм². 1 — ЭИ-395, 2 — ЭИ-402, 3 — ЭИ-69, 4 — ЭИ-452, 5 — ЭИ-432

В этом случае диффузионная пластичность при комнатной температуре протекает весьма заметным образом, что и вызывает интенсивную релаксацию.

Интересно отметить, что при повторных нагружениях релаксация протекает все в меньшей степени, как это видно из рис. 3. Следовательно, заклинивание зерен повторным нагружением происходит все в более совершенной степени и достигает весьма полного эффекта: шестое повторное нагружение уже не вызывает релаксации у стали ЭЯ1Т при начальном напряжении $\sigma_0 = 42 \text{ кг/мм}^2$. Начальные напряжения меньшей величины приводят к полной приостановке релаксации при меньшем числе повторных нагружений.

Наличие релаксации при комнатной температуре должно найти определенное отображение и при определении модуля нормальной упругости. Если в стали происходит релаксация, то при этих же условиях должна протекать и ползучесть. А последняя будет увеличивать деформацию, устанавливаемую на каждой ступени нагрузки при определении модуля упругости, и, следовательно, уменьшать последний.

Принимая во внимание заклинивающий эффект повторного нагружения при релаксации, можно ожидать, что в тех сортах стали, которые обнаруживают релаксацию при комнатной температуре, модуль упругости, определенный при первом нагружении этой стали, будет меньше,

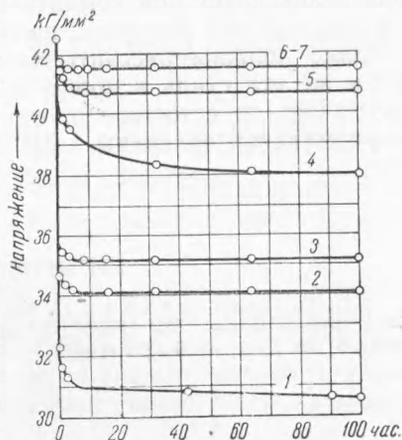


Рис. 3. Кривые релаксации аустенитной стали ЭЯ1Т при повторном нагружении. Начальное напряжение $\sigma_0 = 42 \text{ кг/мм}^2$. Температура испытания комнатная. Цифры на кривых указывают порядковый номер нагружения

нежели при последующих нагружениях. И только тогда, когда все зерна будут заклинены, можно будет установить модуль упругости максимальной величины.

Мы определяли модуль нормальной упругости для стали ЭЯ1Т и малоуглеродистого железа- α (рис. 4) с помощью тензометров Мартенс — Кеннеди.

Для стали ЭЯ1Т модуль упругости при первом нагружении (когда процесс ползучести протекает интенсивно) получился равным 16500 кг/мм^2 , при втором — 18100 кг/мм^2 , при шестом — 19300 кг/мм^2 (когда все зерна заклинены и процесс ползучести приостанавливается). Модуль же упругости, определенный радиотехническим методом, установлен равным 20300 кг/мм^2 .

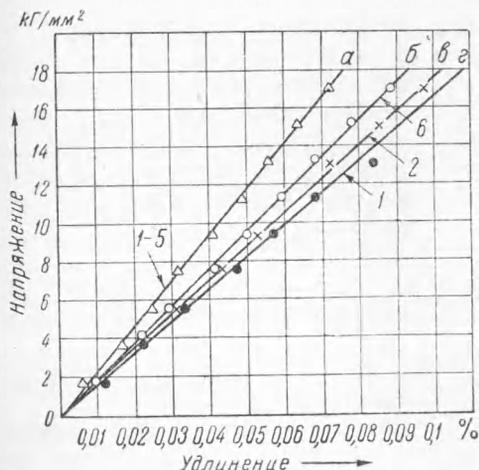


Рис. 4. К определению модуля упругости малоуглеродистого железа- α (а) и аустенитной стали ЭЯ1Т (б, в, з). Цифры указывают порядковый номер нагружения

Для малоуглеродистого железа- α , как мы отметили выше, процесс релаксации (а следовательно, и ползучести) при нормальной темпера-

туре не протекает. Следовательно, не должно быть и изменения модуля упругости при повторных нагружениях, что и подтверждается экспериментом, как это видно из рис. 4,— пять нагружений дали одинаковый наклон прямой.

Полученные результаты показывают, что величину модуля упругости нужно устанавливать в зависимости от назначения стали, если последняя релаксирует при комнатной температуре. Если эта сталь подвергается однократной нагрузке, например при создании тугих посадок, то последние должны рассчитываться по минимальному модулю упругости. Если же эта сталь в процессе службы подвергается многократному нагружению, то естественно, что и модуль упругости должен выбираться максимальной величины.

Поступило
31 I 1950

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Н. Н. Давиденков и П. Сахаров, ЖТФ, 4, в. 2, 376 (1934). ² A. Krisch, Arch. Eisenhüttenw., 539 (1942). ³ И. А. Одинг, Вестн. машиностр., № 5, 57 (1944), № 5—6, № 7—8, № 9—10 (1946).