Доклады Академии наук СССР
1955. Том 104, № 2

ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

Д. И. ШИЛЬКРУТ

О СВЯЗИ МЕЖДУ ЛОГАРИФМИЧЕСКИМ ДЕКРЕМЕНТОМ ЗАТУХАНИЯ И ОТНОСИТЕЛЬНЫМ ЗАТУХАНИЕМ АМПЛИТУДЫ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ (ЦИКЛИЧЕСКОЙ ВЯЗКОСТЬЮ)

(Представлено академиком П. А. Ребиндером 8 IV 1955)

Многочисленные теоретические и экспериментальные работы, посвященные изучению различных явлений (внутреннее поглощение механической энергии, затухание собственных механических колебаний, последействие и т. д.), порождаемых упругими несовершенствами реальных тел, основаны на формуле (1), выражающей связь между следующими двумя основными характеристиками отклонений механических свойств материалов от закона Гука в области обратимых деформаций: логарифмическим декрементом затухания амплитуды колебаний δ и относительным понижением амплитуды потенциальной энергии за один цикл $\Delta a / a$

$$2\delta = \frac{\Delta a}{a}, \qquad (1)$$

где Δa — площадь петли гистерезиса, характеризующая поглощение материалом и рассеяние энергии за один цикл, a — полная энергия колебаний.

Формула (1) выведена в предположении ([1]), что полная энергия колебаний a определяется выражением:

$$a = cx^2, \qquad (2)$$

где x — амплитуда колебаний, c — положительная константа.

Из соотношения (2) видно, что величина c численно равна потенциальной энергии деформации при единичной амплитуде. Таким образом, условие $c = \text{const}$ равносильно предположению, что энергия, необходимая для производства единичной деформации, есть величина постоянная, не зависящая от продолжительности деформации и от «предистории» деформирования данного тела. Отсюда следует, что при принятии указанного условия предполагается, что механические свойства материалов остаются неизменными во времени в течение всего процесса деформирования. Между тем, сам факт «поглощения» материалом механической энергии, а также другие явления, вызываемые упругими несовершенствами, указывают на то, что в материале при его деформировании происходят необратимые процессы, эффект которых, накапливаясь в процессе деформирования, приводит к изменению механических свойств тела во времени.

В связи с этим необходимо сослаться, в первую очередь, на исследования П. А. Ребиндера и его учеников ([2,3]), где показано, что явления, вызываемые упругими несовершенствами, имеют особо яркий зависящий от времени характер при деформировании тела в поверхностно-активной среде. В работе Г. В. Карпенко ([4]) описано явление постепенного увеличения логарифмического декремента затухания δ с течением

времени в поверхностно-активной среде. В работе Н. В. Михайлова [5] описано явление изменения модуля упругости при сдвиге цементной пасты в процессе нагружения. С. О. Цобкало [6] исследовал связь между декрементом затухания и явлением последействия. В исследованиях Н. Н. Давиденкова и Г. Т. Назаренко [7] рассмотрено явление изменения механических свойств стали в процессе уставания (необходимо оговориться, что в исследованиях [7] не обнаружено изменения свойств стали-20 в процессе уставания при деформировании ниже предела усталости, но нет сомнения, что для материалов с бо́льшим внутренним трением, чем сталь-20, явление изменения механических свойств в процессе уставания будет иметь место и ниже предела усталости [5]). Интересно также отметить, что еще в 1865 г. В. Томсон в своих наблюдениях над затуханием крутильных колебаний проволоки обнаружил изменение величины декремента затухания при возобновлении эксперимента после перерыва [1]. Приведенные ссылки далеко не исчерпывают всех работ, посвященных явлениям изменения механических свойств материалов в процессе их деформирования. Исходя из всего изложенного, можно сделать вывод, что предположение $c = \text{const}$ является первым приближением и что это приближение в целом ряде случаев является недостаточным. Поэтому необходимо уточнить формулу (1)

Если провести вывод формулы (1), отбросив предположение $c = \text{const}$ и считая, что c является функцией от времени, то зависимость между относительным затуханием амплитуды потенциальной энергии $\Delta a / a$ и логарифмическим декрементом затухания δ может быть выражена соотношением:

$$2\delta = \frac{\Delta a}{a} - \frac{\Delta c}{c}, \qquad (3)$$

где $\Delta c / c$ есть относительное изменение c за один период, причем c может зависеть от времени явно или неявно через скорость.

Зависимость (3) показывает, в частности, что результат измерения декремента затухания зависит от продолжительности опыта.

В заключение мы считаем необходимым отметить, что, насколько нам известно, опытов по непосредственному определению зависимости c от времени нет и поэтому возникает настоятельная необходимость постановки соответствующих опытов.

Экспериментальное определение зависимости c от времени даст возможность, в частности, оценить величину дополнительного слагаемого $\Delta c / c$ в формуле (3) в различных случаях.

В заключение считаю своим приятным долгом выразить свою признательность проф. Г. В. Карпенко за замечания, высказанные им при обсуждении настоящей работы.

Львовский лесотехнический институт

Поступило
4 IV 1955

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] Н. Н. Давиденков, ЖТФ., 8, 6 (1938). [2] П. А. Ребиндер Юбил. сборн., посвящ. 30-летию Великой Октябрьской социалистической революции, 1, 533, Изд. АН СССР, 1947. [3] В. И. Лихтман, П. А. Ребиндер, Г. В. Карпенко, Влияние поверхностно-активной среды на процессы деформирования металлов, Изд. АН СССР, 1954. [4] Г. В. Карпенко, ДАН, 97, № 1, 81 (1954). [5] Н. В. Михайлов, ДАН, 99, № 5, 749 (1954). [6] С. О. Цобкало, ЖТФ, 24, 3, 567 (1954). [7] Н. Н. Давиденков, Г. Т. Назаренко, ЖТФ, 23, 5, 741 (1953).