

Академик С. Т. КИШКИН, А. А. КЛЫШИН

## К ВОПРОСУ О РАЗВИТИИ ФИЗИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ ПЛАСТИЧНОСТИ И ПРОЧНОСТИ МЕТАЛЛОВ

В работе (<sup>1</sup>) уже было отмечено, что до последнего времени механические свойства материалов изучались, если отвлечься от действия агрессивных сред, только в силовом и температурном полях. В ней показано, что на поведение металлов под нагрузкой активно влияют электрическое и магнитное поля, а также электрический ток, если эти факторы действуют в процессе пластической деформации (ползучести), не оказывая влияния в упругой области; это позволило в более конкретной форме ставить вопрос о роли электронов и дислокаций, обладающих зарядом, ответственных за явление пластичности.

В новых опытах, описываемых в данной работе, становится очевидной и контролируемой роль свободных электронов, ускоряющих или замедляющих ползучесть металлов (и тем самым влияющих на их прочность) в зависимости от условий опыта. Это позволяет перейти от качественной теории пластичности ион-электронной решетки, обусловленной поведением коллективизированных электронов, к ее количественной разработке. При этом должны быть тщательно изучены многие факторы: электронная эмиссия в процессе пластической деформации, химический потенциал материалов, роль поверхностных зарядов и окисной пленки и другие факторы, которые могут прямым или косвенным образом влиять на механизм пластической деформации и скорость этого процесса.

В работе изучалась ползучесть при изгибе образцов из свинца и алюминия при наличии контакта с другими металлами. Испытания проводились на воздухе при комнатной температуре, чтобы исключить влияние таких побочных факторов, как возникновение термоэлектродвижущей силы и влияние регулировки температуры на ход ползучести. Измерение деформации производилось с помощью катетометра. При проведении испытаний образец помещался на токоизолирующие подставки, а передача усилий на образец осуществлялась через текстолитовые опоры. Образцы имели форму плоских пластин длиной 200 мм и шириной 30 мм, толщина свинцового образца была 3 мм, а алюминиевого 1 мм. Металл, влияние которого изучалось, подвешивался на шелковых нитях на расстоянии нескольких метров от образца и соединялся с испытываемым образцом с помощью проводника, сделанным из того же материала, что и образец. После окончания первой стадии ползучести испытываемый образец соединяли с массой металла, действие которого изучалось, по прошествии некоторого времени образец отсоединяли от металла, а наблюдение за ползучестью образца продолжалось.

Общим для всех результатов испытаний было наличие скачка деформации на кривых ползучести после начала контакта и по окончании контакта разнородных металлов. Начало ускоренной деформации как правило не совпадает со временем начала и конца контакта, т. е. может иметь место запаздывание воздействия. Время запаздывания в проводившихся экспериментах в среднем составляло 40 мин. для начала контакта и 80 мин. для окончания контакта. Запаздывание в проявлении эффекта имеет принципиальное значение, так как свидетельствует об участии дислокаций в изучаемых процессах.

Следует обратить внимание на то, что действие различных металлов на ползучесть отличается как в момент контакта, так и после окончания контакта. Такие металлы, как цинк, медь, алюминий, висмут и железо оказывали ускоряющее действие на ползучесть свинца, а магний оказывал в первый момент тормозящее действие на ползучесть. В качестве примера воздействия контакта разнородных пар металлов на рис. 1а показана ползучесть свинца и алюминия при контакте с медью, на котором можно заметить скачки деформации и запаздывание эффекта при начале контакта и при окончании контакта.

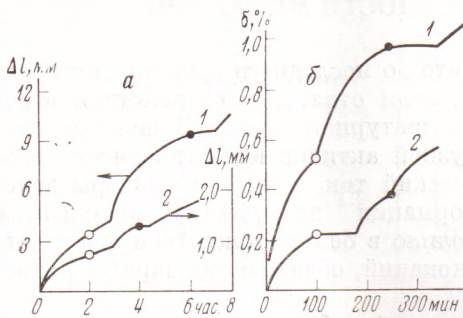


Рис. 1

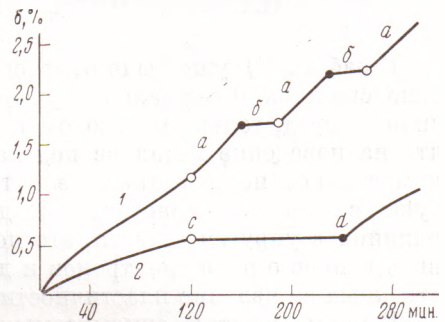


Рис. 2

Рис. 1. а — ползучесть свинца (1) и алюминия (2) после начала (светлые точки) и окончания (темные точки) контакта с массой меди при комнатной температуре и напряжении изгиба соответственно 0,92 (1) и 6,5 кг/мм<sup>2</sup> (2); б — ползучесть при растяжении меди (1) после начала контакта (светлые точки) и после окончания контакта (темные точки) с алюминием при 400° и  $\sigma=4$  кг/мм<sup>2</sup> и ползучесть при растяжении алюминия (2) при контакте с медью при 20° и  $\sigma=5,5$  кг/мм<sup>2</sup>

Рис. 2. Ползучесть меди до и после подсоединения «массы» меди: 1 — при колебании температуры «массы» от 20° (б) до 800° (а) для испытания при 550° и  $\sigma=1,5$  кг/мм<sup>2</sup>; 2 — при подсоединении «массы», предварительно подвергнутой поверхностному наклепу для испытаний при 400° и  $\sigma=4$  кг/мм<sup>2</sup> (cd — участок ползучести при наличии контакта)

Наличие эффекта и разница в воздействии различных металлов были подтверждены также испытаниями на растяжение при повышенной температуре для меди и для алюминия (рис. 1б), причем, как и в случае испытаний на изгиб было замечено, что при контакте с металлом, имеющим более низкий химический потенциал, чем испытываемый образец, в первый момент после контакта наблюдается замедление ползучести, а в случае более высокого химического потенциала у металла «массы» имеет место увеличение деформации после начала контакта и замедление деформации по окончании.

Кроме описанных экспериментов, были проделаны испытания на ползучесть при растяжении, когда изучалось воздействие того же материала, что и материал образца, но подвергаемого нагревам или охлаждениям. Предварительно было выяснено, что при равенстве температуры испытываемого образца и «массы» не наблюдается изменения скорости ползучести после контакта. На кривой 1 (рис. 2) видно, что при колебании температуры «массы» скорость ползучести меняется. По сравнению со скоростью ползучести до подсоединения массы (равной в рассматриваемом случае 0,45% в 1 час), при более высокой температуре «массы» скорость ползучести возрастает примерно вдвое (до значения 0,85% в 1 час при нагреве до 800°), а при уменьшении температуры массы до 20° скорость ползучести принимает значение 0,1% в 1 час.

Более резкое замедление скорости ползучести было обнаружено в случае, когда материал массы подвергался предварительному поверхностному наклепу (кривая 2). Подсоединение испытываемого образца к массе

металла в этом случае не только снижало скорость ползучести по сравнению с ненаклепанным материалом, но и создавало в начальный момент отрицательную деформацию.

Эксперименты показали, что для воздействия на ползучесть достаточно приложить очень небольшой электрический потенциал к образцу. Так, достаточно создать разность потенциалов между образцом и боковыми пластинами, равную 0,01 в, для того чтобы вызвать изменение скорости ползучести в несколько раз. Сильный эффект влияния на ползучесть проявляется при подсоединении образца на «землю». В этом случае наблюдается не только изменение скорости ползучести: при испытаниях на растяжение меди имеет место отрицательная ползучесть, равная примерно 0,1% (для температуры испытания 400° и напряжении 4 кг/мм<sup>2</sup>). Аналогично действует и подсоединение к «земле» боковых пластинок, расположенных на расстоянии 1 мм от рабочей части образца.

Таким образом, определилось новое направление в изучении явления пластической деформации (ползучести), а следовательно, и прочности, допускающее множество вариантов активного влияния на этот процесс ряда физических факторов (не только напряжений и температуры), действующих непосредственно в ходе самой пластической деформации и оказывающих на нее большое влияние. Такой подход даст важный материал для развития количественной физической теории пластичности и прочности металлов.

Московский авиационный институт  
им. С. Орджоникидзе

Поступило  
1 II 1974

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> С. Т. Кишкин, А. Н. Клыпин, ДАН, т. 211, № 2, 325 (1973).