

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

В. И. ЛИХТМАН и Е. К. ВЕНСТРЕМ

**ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРОВ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МОНОКРИСТАЛЛОВ  
НА ВИД ДИАГРАММЫ РАСТЯЖЕНИЯ И НА ВЕЛИЧИНУ  
АДСОРБЦИОННОГО ЭФФЕКТА ПОНИЖЕНИЯ ПРОЧНОСТИ**

(Представлено академиком П. А. Ребиндером 5 IV 1949)

Как известно, обычные диаграммы деформации дают лишь усредненные значения напряжений и деформаций в различных точках деформируемого тела и не дают представления об истинном распределении напряжений и деформаций внутри тела. В случае растяжения цилиндрических образцов линейно-напряженное состояние с равномерным распределением напряжений по сечению имеет место только в средней части образца, достаточно удаленной от зажимов. В зонах, непосредственно примыкающих к зажимам, возникает объемно-напряженное состояние с неравномерным распределением напряжений по сечению. В этих зонах происходит концентрация напряжений в узком поверхностном слое образца, которое может превысить среднее значение напряжения в сечении во много раз. Степень концентрации напряжений существенно зависит от геометрии переходной части образца, и чем резче осуществлен переход от зажимов к рабочей части, тем выше концентрация напряжений. По мере удаления от зажимов неравномерность в распределении напряжений по сечению уменьшается и на расстояниях 1,5—2 диаметров образца исчезает полностью.

Таким образом, при растяжении металлических стержней заданного диаметра существенную роль в картине распределения напряжений по сечению должен играть параметр  $\gamma = l/d$ , где  $l$  — длина образца между зажимами при отсутствии переходной части и  $d$  — диаметр образца. При достаточно больших  $\gamma$  порядка 10 и выше значение зон с неравномерным распределением напряжений сравнительно невелико, так как в основной части образца напряжения распределены равномерно.

Но с уменьшением  $\gamma$ , т. е. с уменьшением длины образца, роль этих зон увеличивается и, наконец, при  $\gamma$ , равном 3—4, весь образец оказывается в объемно-напряженном состоянии с неравномерным распределением растягивающих напряжений по сечению. При этом должно наблюдаться усиленное образование микрощелей в поверхностном слое за счет концентрации в нем напряжений. Тем самым создаются весьма благоприятные условия для адсорбционного воздействия окружающей среды на процесс пластической деформации<sup>(1)</sup>.

В качестве объекта исследования нами была выбрана монокристаллическая оловянная проволока различных диаметров, от 0,4 до 2 мм. Для опытов отбирались только такие образцы, наклон плоскости базиса которых к оси лежал в интервале углов  $40^\circ \leq \chi_0 \leq 60^\circ$ .

Растяжение производилось, как обычно, на машине типа Поляни с постоянной скоростью  $V = d\varepsilon/d\tau \cdot 100 = 5\%$  мин.<sup>-1</sup> для всех образ-

цов. Зажимы представляли собой стеклянные трубки с плоским основанием, в середине которого имелось отверстие для кристаллической проволоки. В этих трубках кристалл заправлялся сплавом Вуда. Диаметр стеклянного зажима — около 1 см, так что при малых  $\gamma$ , т. е. при малом отношении  $l/d$ , систему зажимы—кристалл можно рассматривать как гладкий цилиндрический образец большого диаметра, снабженный глубокой кольцевой выточкой.

Результаты, полученные для монокристаллических образцов олова диаметром 1 мм при разном отношении  $l/d = \gamma$ , представлены на рис. 1.

При малых  $\gamma$  на всех испытанных нами образцах отчетливо проявляются два характерных явления: увеличение предела текучести и увеличение пластической деформации, соответствующей пределу те-

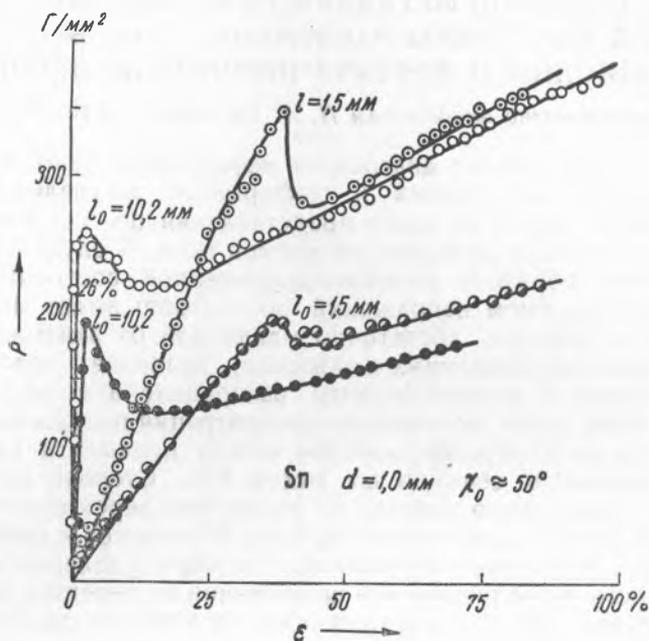


Рис. 1

кучести. Как известно, предел текучести монокристалла отнюдь не указывает на начало пластического течения, оно начинается гораздо раньше при очень малых напряжениях, но сопровождается высоким коэффициентом упрочнения. Увеличение пластической деформации, соответствующей пределу текучести (при малых  $\gamma$ ), причем гораздо более значительное, чем увеличение самого предела текучести, приводит к понижению коэффициента упрочнения в начальной области деформаций, т. е. к облегчению пластической деформации в этой области.

Из рис. 1 видно, что то же самое усилие, которое при  $\gamma = 10$  сообщало кристаллу удлинение 1—1,5%, при  $\gamma = 1,5$  сообщает тому же кристаллу 18—20% удлинения. Такое облегчение текучести монокристалла может быть объяснено, как нам кажется, усиленным сдвигообразованием, вызванным наличием множества микрощелей в поверхностном слое, по аналогии с известными опытами А. В. Степанова<sup>(2)</sup>, наблюдавшего при растяжении каменной соли преимущественное образование сдвигов у оснований искусственно нанесенных царапин на поверхности кристалла. Однако наличие объемно-напряженного состояния затрудняет выход в пластическую область, лежа-

щую за пределом текучести, что и приводит к повышению предела текучести.

Интересно отметить, что после того, как предел текучести перейден, дальнейшая деформация кристалла протекает с тем же коэффициентом упрочнения, что и при больших  $\gamma$ , но все же вся диаграмма растяжения при малых  $\gamma$  лежит, как правило, выше, чем при больших  $\gamma$ . Это обстоятельство указывает на значительное смягчение влияния неравномерного распределения напряжений за пределами текучести, но не на полное исчезновение этого влияния. То же явление имеет место и для монокристаллов других диаметров. Во всех без исключения случаях уменьшение  $\gamma$  влечет за собой возрастание адсорбционного эффекта действия поверхностно-активных веществ (в качестве поверхностно-активного вещества была использована олеиновая кислота в концентрации 0,2% в чистом вазелиновом масле), причем пластичность монокристаллов при малых  $\gamma$  значительно возрастает. Кроме того, в присутствии поверхностно-активных веществ совершенно исчезает характерное для объемно-напряженного состояния повышение предела текучести.

Концентрация напряжений в поверхностном слое при малых  $\gamma$  создает гораздо более выгодные условия для развития микротрещин и тем самым способствует более значительному воздействию адсорбирующихся веществ на динамику деформации, начиная с самых малых напряжений. Именно поэтому и имеет место столь высокая пластичность монокристаллов олова при очень малых напряжениях.

Этим же обстоятельством объясняется и отсутствие повышения предела текучести в присутствии поверхностно-активных веществ. Дело в том, что поверхностно-активные вещества, расклинивая, углубляя микротрещины за счет мономолекулярного поверхностного давления, способствуют быстрейшему выравниванию напряжений по всему поперечному сечению кристалла и по существу снимают объемно-напряженное состояние, заменяя его обычным линейно-напряженным. Внутреннее расклинивающее давление адсорбционных слоев в поверхностном слое металла можно рассматривать в этом случае как компенсацию тех сжимающих напряжений, которые неизбежно создаются при концентрации напряжений в поверхностном слое.

Отдел дисперсных систем  
Института физической химии  
Академии наук СССР

Поступило  
16 III 1949

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

<sup>1</sup> П. А. Ребиндер и В. И. Лихтман, ДАН, 56, № 7 (1947); П. А. Ребиндер и Е. К. Венстрем, Изв. АН СССР, ОМОН, сер. физ., 5 (1937). <sup>2</sup> А. В. Степанов, ЖЭТФ, 17, 7, 601 (1947).