

Н. Ф. СЮТКИН

СКАЧКООБРАЗНАЯ ДЕФОРМАЦИЯ НА ПРЯМОЛИНЕЙНОМ «УПРУГОМ» УЧАСТКЕ ДИАГРАММ РАСТЯЖЕНИЯ

(Представлено академиком П. А. Ребиндером 27 IV 1953)

Известно, что скачкообразная деформация металлов и сплавов появляется в некотором температурном интервале при деформировании за пределом текучести. О возможности наблюдения скачкообразной деформации в упругой области упоминается в работе по изучению скачкообразного скольжения в монокристаллах цинка (1). Однако подробное описание этого явления в литературе отсутствует. При испытании металлов в поликристаллическом состоянии скачкообразная деформация в упругой области не наблюдалась ни при каких условиях.

Проведенное нами исследование изменения механических свойств старящегося сплава цинк — алюминий (20% Al) под нагрузкой позволило наблюдать скачкообразную деформацию на прямолинейном «упругом» участке диаграмм растяжения в условиях различных скоростей деформирования и в широком интервале температур.

Испытанию подвергались образцы в виде проволок диаметром 2 и 2,3 мм и расчетной длиной 30 и 35 мм как закаленные, так и подвергнутые старению. Закалка производилась от 375° в воду комнатной температуры (15°). Старение сплава проводилось при постепенно понижающейся температуре и увеличивающейся длительности выдержки. Суммарное время старения было 250 час. Испытания проводились на машине Урал. ФТИ (2) при скоростях деформирования $2 \cdot 10^{-4}$ и $2 \cdot 10^{-2}$ см/сек и при температурах 0, 20, 100, 150, 200, 250, 300 и 375°.

Температура поддерживалась терморегулятором системы П. Г. Стрелкова с точностью $\pm 1^\circ$. При каждой температуре и скорости деформирования, как правило, растягивалось не менее 3 образцов.

Процессу записи диаграмм растяжения уделялось особое внимание, так как раньше было показано, что форма и детали диаграмм растяжения весьма чувствительны к структуре и изменению состояния материала под нагрузкой (3).

Специально поставленные нами опыты показали, что при большой интенсивности светового зайчика упругий участок кривой растяжения на фотопластинке изображается плотной черной линией без каких-либо деталей даже при очень тонкой записи. При очень слабой интенсивности зайчика упругий участок диаграммы не записывается вследствие большой скорости передвижения зайчика на этом участке. В этом случае фиксируется только участок кривой, соответствующий области пластической деформации. И только при вполне определенной интенсивности светового зайчика для каждой скорости растяжения на упругом участке кривой удается зарегистрировать особенности поведения металла под нагрузкой.

Оказалось, что если интенсивность светового зайчика подобрать так, что он будет едва заметным образом фиксировать на фотопластинке процесс собственно упругой деформации, то тогда всякие изменения в материале, влияющие на скорость движения зайчика, вызывают резкие изменения интенсивности почернения кривой. На диаграмме получается ряд отдельных «точек», связанных между собой основной линией со слабой

интенсивностью. При еще более слабой интенсивности зайчика основная кривая исчезает, и диаграмма состоит из отдельных «точек». Внимательное рассмотрение этих точек показывает, что некоторые из них имеют вид зубца, т. е. в этом месте диаграммы фиксируется пластическая деформация со срывом усилия.

На рис. 1 приведена фотография упруго-го участка одной из диаграмм, полученных при растяжении закаленных образцов, на которой видны отдельные точки и срывы усилий. При анализе диаграмм под измерительным микроскопом при 30-кратном увеличении установлено, что большинство точек, наблюдаемых на диаграмме невооруженным глазом, представляет собой также срывы, характеризующие скачкообразную деформацию. Незначительные по величине скачки даже под микроскопом видны в виде точек,

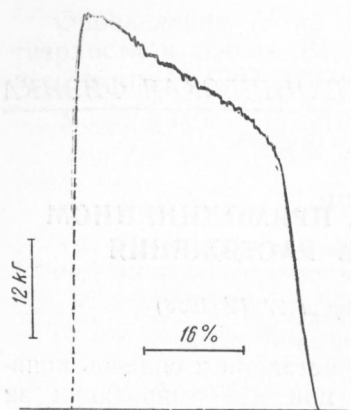


Рис. 1. Кривая растяжения закаленного образца при температуре 0° и скорости деформирования $2 \cdot 10^{-4}$ см/сек

что указывает на недостаточность развертывания кривой по оси деформации.

Из диаграммы видно, что первый скачок появляется почти в самом начале прямолинейной части восходящих участков, т. е. при напряжениях, значительно меньших «предела упругости». Измерения показывают, что разность напряжений между отдельными скачками не сохраняется постоянной. Средняя разность напряжений между двумя соседними скачками несколько больше напряжения, при котором проходит первый скачок.

Напряжения, при которых наблюдаются первые скачки, и средние значения разности напряжений между двумя скачками с увеличением скорости деформирования несколько возрастают.

С повышением температуры число скачков на «упругом» участке диаграмм растяжения уменьшается. На рис. 2 приведен график зависимости напряжения, при котором появляется первый скачок, от температуры испытания каленых образцов для двух скоростей деформации. Из графика видно, что увеличение скорости деформирования при низких температурах повышает кривую зависимости напряжения первого скачка от температуры испытания, при высоких же температурах напряжение первого скачка почти не зависит от скорости деформирования. Напряжения, при которых появляются первые скачки, и средние разности напряжений между соседними скачками уменьшаются с повышением температуры, достигая минимальных значений при температуре 250° .

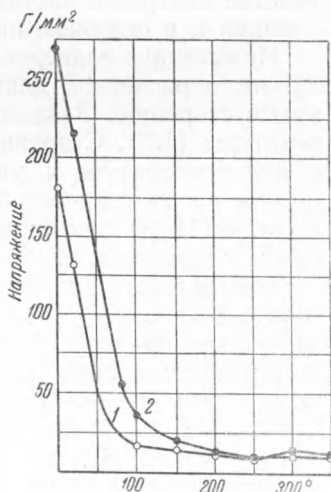


Рис. 2. Зависимость напряжения, отвечающего появлению первого скачка, от температуры и скорости деформирования. 1 — скорость деформирования $2 \cdot 10^{-4}$ см/сек; 2 — скорость деформирования $2 \cdot 10^{-2}$ см/сек

У состаренных образцов скачков на прямолинейном, восходящем участке значительно меньше, и они появляются при более высоких температурах и напряжениях.

Результаты опытов показывают, что у стареющих сплавов скачкообразная деформация имеет место даже в области упругого участка кривой. Это говорит о том, что в данном случае процесс упругой деформации и процесс фазового превращения находятся так же во взаимодействии, как и в области пластической деформации. Особенностью этого взаимодействия является участие в процессе кажущегося «упругого» деформирования пластического течения. Отсюда следует, что первый скачок на прямолинейном, восходящем участке кривой растяжения можно трактовать как предел текучести, соответствующий началу влияния выпадающей фазы из пересыщенного твердого раствора на процесс деформирования.

Выпадающие частицы новой фазы в процессе их роста или растворения создают неоднородности в материале. Возле этих неоднородностей при отсутствии нагрузки возникают нормальные и скалывающие напряжения. Неоднородность напряженного состояния при наложении внешних усилий увеличивается. С увеличением нагрузки суммарные скалывающие напряжения, по мере достижения критического значения, и обуславливают появление скачкообразной деформации на «упругом» участке кривой растяжения.

Полученные результаты позволяют предполагать, что механизм появления «физического» предела текучести в некоторых случаях аналогичен механизму появления первого скачка у стареющего сплава.

Уральский государственный университет
им. А. М. Горького

Поступило
13 XII 1952

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ E. Schmid, M. A. Valouch, *Z. f. Phys.*, **75**, 531 (1932). ² В. С. Аверкиев, Г. Н. Колесников, В. А. Павлов, М. В. Якутович, *ЖТФ*, **16**, в. 11, 1349 (1946). ³ Г. Н. Колесников, Э. С. Яковлева, М. В. Якутович, *ЖТФ*, **19**, в. 3, 347 (1949).