

ПОСТРОЕНИЕ ИСТИННОЙ ДИАГРАММЫ ДИНАМИЧЕСКОГО РАСТЯЖЕНИЯ МЕТАЛЛОВ

В.Н.Ковалевский, В.И.Беляз

Методика построения диаграммы динамического растяжения предусматривает одновременную запись процесса деформации на скоростной кинокамере СКС-1м и регистрацию диаграммы "усилие-время" на шлейфовом осциллографе Н-102.

На рис. 1 представлена блок-схема аппаратуры для осциллографирования и скоростной кино съемки процесса растяжения цилиндрических образцов.

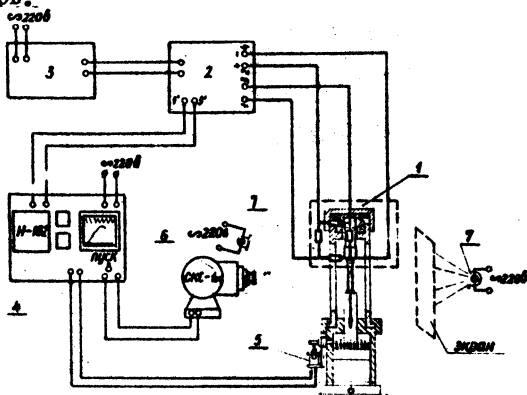


Рис. 1.

Блок-схема аппаратуры для осциллографирования и скоростной кино съемки процесса динамического растяжения:

- 1 - упругий динамометр; 2 - усилитель;
- 3 - стабилизирующий блок питания;
- 4 - осциллограф Н-102; 5 - электромагнит;
- 6 - скоростная кинокамера СКС-1м;
- 7 - осветительный прожектор.

Динамические испытания металла осуществлялись на установке с использованием энергии пороха.

Динамометр 1 с наклеенными тензометрическими датчиками сопротивления ПБ-10-100 передает сигналы, полученные датчиками в процессе нагружения, на тензометрическую станцию типа 4ТУ-В6-1Д 2 и далее на шлейф осциллографа Н-102 3. Питание тензостанции осуществляется через блок 4.

Процесс динамического растяжения фиксируется скоростной кино-
съемкой камерой СКС-1м 5, обеспечивающей скорость съемки 5000 кад-
ров в секунду. Скорость работы камеры зависит от напряжения тока,
питающего рабочие моторы. Во время съемки напряжение составляло
130 в. Отметчиком времени служила неоновая лам-
па МН-7.



Рис. 2.

Рабочие кинокадры
динамически дефор-
мированных образ-
цов из стали 40X
($V = 6,6$ м/сек).

Запуск кинокамеры осуществлялся через ос-
циллограф с опережением процесса деформации,
равным 1,5 секунды. Для получения качественных
снимков было подобрано специальное освещение
снимаемого объекта.

Образец подвешивался через матовый экран
6 осветительным прожектором 7, имеющим в ка-
честве отражателя сферическое зеркало диаметром
300 мм. Источником света служила кинолампа мощ-
ностью 2 квт.

Со стороны кинокамеры устанавливался вто-
рой осветительный прожектор 7 для освещения
рисок, нанесенных на образец специально скон-
струированным и изготовленным устройством при
разметке на инструментальном микроскопе. Точ-
ность нанесения рисок $\pm 0,01$ мм.

Весь процесс киносъемки укладывался в за-
висимости от скорости деформирования в шесть-
двенадцать кадров. Скорость движения кинолен-
ты при съемке различных по скорости нагружения
процессов динамического растяжения находилась
в пределах 4400-4700 кадров/сек.

После обработки пленка просматривалась
кадр за кадром в проекционном аппарате, что
позволяло проследить за процессом скоростного
пластического деформирования образцов и прове-
сти измерения скорости деформации и характерис-
тик пластичности с высокой точностью.

Рабочие кадры, в которых зафиксирована
пластическая деформация стали 40X, приведены
на рис. 2.

Изменение расстояния между рисками в про-

цессе растяжения показывает относительную неравномерность деформации в период так называемой "равномерной" деформации.

Распределение пластической деформации по длине образца для различных моментов действия динамической нагрузки представлено на

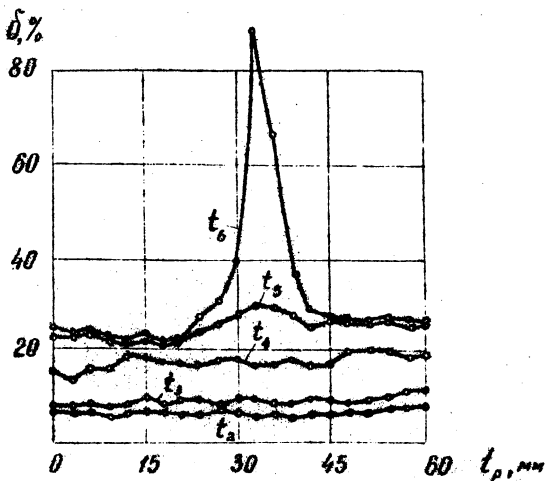


Рис. 3.

Изменение относительного удлинения ($\delta \%$) в расчетной длине образца (l_p) для различных моментов (t_1, t_2, t_3, t_6) динамического процесса растяжения.

рис. 3.

Развитие пластической деформации в процессе нагружения неодинаково по длине образца. Большая деформация на отдельных участках образца в момент времени t_a приводит к более сильному их упрочнению. В последующие моменты времени t_1, t_2 деформируются менее упрочненные участки, в результате чего неравномерность пластической деформации, наблюдаемая в процессе растяжения, в конечном итоге сглаживается.

ся.

В момент времени t_3 , предшествующий образованию шейки на образце, наблюдается более сильная деформация в зоне будущей локальной деформации, с одновременным развитием деформации и вне этой зоны.

Деформация, соответствующая времени t_6 , является локальной и ведет к образованию шейки и дальнейшему разрушению образца; участки образца вне этой зоны практически не деформируются.

Следовательно, как только уменьшается объем металла, участвующего в пластической деформации, возникает опасность разрушения. С повышением скорости растяжения деформируемый объем увеличивается благодаря росту упрочнения материала. Косвенно величину этого объема определяет пластическая деформация вне зоны шейки, т.е. так называемое "равномерное удлинение".

Общая пластическая деформация рабочей длины образца определялась из выражения

$$\varepsilon_i = \ln \frac{L_i}{L_0},$$

где L_0 - начальная рабочая длина образца. $L_0 = 30$ мм;
 L_i - рабочая длина образца, полученная в процессе деформации за промежуток времени $t_i = \frac{n}{V_{пл}}$, где n - номер кадра от начала процесса пластической деформации;

$V_{пл}$ - скорость движения пленки на данном отрезке ее длины.

По осциллограмме "усилие-время" определялась величина усилия P_i , действующего на образец в конце времени .

Истинное напряжение S_i , действующее в образце в данный момент времени t_i , определяется по формуле:

$$S_i = \frac{P_i}{F_i},$$

где F_i - площадь поперечного сечения образца, диаметр которого зафиксирован кинопленкой в момент времени t_i .

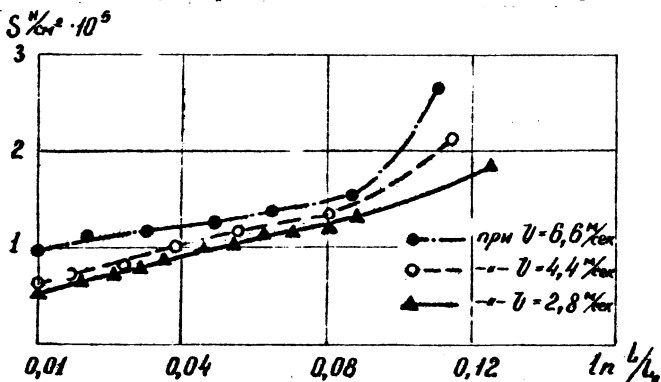


Рис. 4.

Экспериментальная зависимость между истинными напряжениями (S) и пластической деформацией ($\ln \frac{l}{l_0}$) при скоростном растяжении стали 40X.

На рис. 4 построена диаграмма динамического растяжения в координатах "истинное напряжение - деформация". Испытания проводились на пятикратных образцах диаметром 6 мм из стали 40X в состоянии отжига.

Следует отметить, что с ростом скорости нагружения пластическая деформация в образце вызывается большими истинными напряжениями, т.е. диаграмма динамического растяжения, соответствующая большей скорости деформирования в системе координат истинное напряже-

ние - деформация, располагается выше.

Описанным методом может быть построена истинная диаграмма динамического растяжения металлов, определены все характеристики прочности и пластичности, рассмотрено распределение пластической деформации по длине образца в процессе деформирования.