

ЗАВИСИМОСТЬ ХАРАКТЕРА РАЗРУШЕНИЯ ПЛАСТИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ОТ СКОРОСТИ ДЕФОРМИРОВАНИЯ

Колоско Д.Н., Михалков В.В. (БГАТУ)

Колоско Н.С. (Краковская горно-металлургическая академия им. С.Сташицы)

В статье рассмотрены виды разрушения деформируемых тел и группы факторов, влияющих на изменение характера разрушения. Приведены фото экспериментальной установки, полученных диаграмм растяжения и области разрушения образцов, таблица экспериментальных данных. Проанализированы зависимости изменения характера разрушения и характеристик прочности и пластичности от скорости нагружения.

Прочность пластичных материалов характеризуется двумя предельными состояниями перехода:

- 1) от упругой деформации к пластичной;
- 2) от пластичной деформации к разрушению.

Разрушение материала – макроскопическое нарушение сплошности материала в результате тех или иных воздействий на него. Разрушение может быть хрупким, квазихрупким, вязким, в зависимости от того, какие из свойств материала играют определяющую роль в процессе разрушения [1].

Материалы, не способные к развитию пластических деформаций и не обладающие отчетливо выраженными свойствами вязкости (чугун, бетон и т. д.), разрушаются хрупко. Процесс хрупкого разрушения с макроскопической точки зрения носит характер внезапно развившейся катастрофы. Предельное состояние деталей конструкций при хрупком состоянии материала рассматривается как стадия статической или быстро протекающей деформации, при которой возникают условия быстрого развития трещин. Процесс разрушения представляет собой совокупность явлений, который начинается гораздо раньше, чем появляются визуально заметные трещины. Хрупкое разрушение определяется разрушением при малых деформациях без ярко выраженного развития пластичности, т.е. не наблюдается существенного уменьшения площади поперечного сечения в области разрушения и остаточной продольной деформации.

Вязкое разрушение определяется развитием предшествующих макроскопических наблюдаемых пластических деформаций по части или всему сечению, несущая способность элементов металлических конструкций – развитием больших перемещений (прогибов).

Под вязкостью материала и трещиностойкостью (в твердом состоянии) понимается способность материала поглощать при пластическом деформировании механическую энергию в заметных количествах, не разрушаясь.

Промежуточным между хрупким и вязким разрушениями является квазихрупкое разрушение (кажущееся хрупким). Оно часто встречается в реальных условиях эксплуатации конструкций.

При определенных условиях пластичные материалы могут разрушаться по механизму хрупкого разрушения в результате действия ряда охрупчивающих факторов, которые разделяются на три основные группы [2]:

1) механические (большая жесткость конструкции, локальное стеснение деформаций в дефектах и концентраторах напряжений, механическая неоднородность, скорость нагружения, увеличение числа циклов нагружения, близость напряженного состояния к равномерному всестороннему сжатию; увеличение габаритов конструкции);

2) внешняя среда (коррозия, радиация, низкая температура, адсорбционная активность, наличие водорода);

3) структурные изменения (деформационное старение, распад метастабильных фаз и др.).

С целью изучения влияния скорости нагружения на явление вязкого и квазихрупкого разрушения пластичных материалов были проведены испытания при одноосном растяжении стандартных образцов на разрывной машине Р-5, позволяющей записывать диаграмму растяжения (рисунок 1). Скорость нагружения варьировалась в диапазоне от 5 до 100 мм/мин с помощью регулятора изменения скоростей, имеющего два режима работы (рисунок 2).



Рисунок 1 - Общий вид разрывной машины Р-5

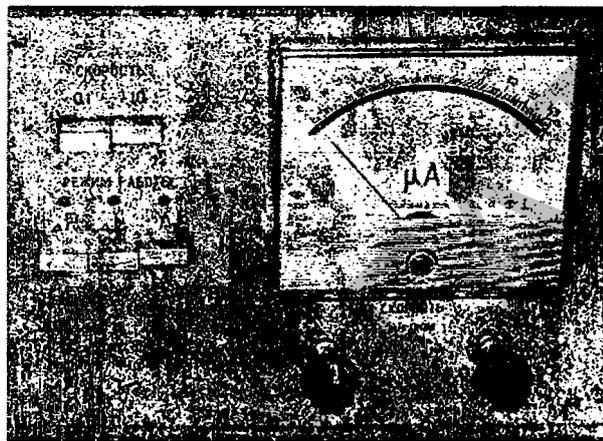


Рисунок 2 - Регулятор изменения скорости нагружения образца

Полученные диаграммы растяжения представлены на рисунке 3.



а) $v = 5$ мм/мин; б) $v = 50$ мм/мин

Рисунок 3 - Вид диаграммы растяжения в зависимости от скорости нагружения

В процессе проведения опытов измерялись и рассчитывались следующие параметры: начальная длина образца l_0 , длина образца после разрыва l , диаметр образца до опыта d_0 , диаметр шейки в месте разрыва $d_{ш}$, начальная площадь поперечного сечения A_0 , площадь поперечного сечения шейки $A_{ш}$, максимальная нагрузка F_B , нагрузка на площадке текучести F_T , скорость нагружения v , время от начала опыта до разрыва образца t . Также рассчитывались характеристики пластичности – относительное остаточное удлинение δ и относительное остаточное сужение ψ ; прочности – предел текучести σ_T и предел прочности σ_B ; вязкости – удельная работа деформации на единицу объема a .

Полученные экспериментальные данные приведены в таблице 1.

Анализ результатов данных исследований образцов позволяет заключить, что существенное влияние на изменение характеристик пластичности и прочности оказывает интервал изменения скорости. Так, при изменении скорости деформирования в интервале от 5 до 50 мм/мин значения относительного остаточного сужения ψ увеличиваются, а предела

прочности σ_B уменьшаются; в интервале от 50 до 100 мм/мин значения ψ уменьшаются, а σ_B увеличиваются.

Таблица 1 – Экспериментальные данные

Исследуемые параметры	Сталь 10			Сталь 25		
	№ образца			№ образца		
	1	2	3	1	2	3
v , мм/мин	5	10	50	50	75	100
l_0 , мм	100	100	100	100	100	100
l , мм	123,1	124,2	123,9	120,5	113,3	117,1
d_0 , мм	8,8	8,8	8,9	8,0	8,6	8,6
$d_{ш}$, мм	6,1	5,7	5,5	5,1	5,7	6,1
A_0 , мм ²	60,79	60,79	62,18	50,24	58,06	58,06
$A_{ш}$, мм ²	29,21	25,5	23,75	20,42	25,51	29,21
F_B , Н	25000	23500	24000	15500	25500	29000
F_T , Н	17000	16500	18000	10000	13750	17000
t , сек	279	157	40,5	34	22,4	18,2
δ , %	23,1	24,2	23,9	20,5	13,3	17,1
ψ , %	51,9	58	61,8	59,36	56,06	49,69
σ_T , МПа	279	271	289	199	236,8	292,8
σ_B , МПа	411,3	386,6	385,9	308,5	439,2	499,5
a , Н·мм/мм ³	80,75	79,52	78,4	53,76	49,65	75,6

На диаграмме растяжения пластичного материала при скорости деформирования 100 мм/мин отсутствует площадка текучести, она повторяет диаграмму растяжения хрупкого материала (рисунок 3). Но конусообразная форма места разрыва (рисунок 4) соответствует характеру разрушения пластичных материалов.

Зависимость изменения характеристика вязкости от скорости деформирования неоднозначна. В интервале изменения скорости от 5 до 50 мм/мин значения удельной работы деформации на единицу объема уменьшаются, а полученная закономерность изменения от 50 до 100 мм/мин спорна. Необходимы дальнейшие исследования на большем количестве образцов.

Повышение скорости деформирования способствует возникновению хрупких состояний. Это объясняется повышением сопротивления пластичным деформациям. Если сопротивление упругим деформациям мало зависит от скорости деформирования, то сопротивление образованию пластичных деформаций существенно увеличивается по мере повышения скорости деформирования (особенно у малоуглеродистых сталей). Таким образом, с увеличением скорости деформирования уменьшается пластичная деформация, сопутствующая разрушению, оно становится более хрупким, т.е. квазихрупким.



Рисунок 4. Конусообразная форма разрыва образцов

Литература

1. Е.Г. Макаров Сопротивление материалов на базе MathCAD – Санкт-Петербург: БХВ - Петербург, 2004, – 508 с.
2. И.М. Кузменко Механика разрушения – Могилев, 2001, – 176с.
3. А.В. Ключанов Исследование механических характеристик хрупких тел при испытании на сжатие/ Ключанов А.В. // [Электронный ресурс]. – 2006. – Режим доступа <http://vestnik.ssu.samara.ru/est/2006web4/mech/200640102.pdf>