



Министерство образования и науки Российской Федерации

Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана»  
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

Факультет «Робототехника и комплексная автоматизация»

Кафедра РК5 «Прикладная механика»

## РАБОТА № 2 ИСПЫТАНИЕ НА СЖАТИЕ ОБРАЗЦОВ МАТЕРИАЛОВ

Испытание на сжатие образцов материалов проводится с целью экспериментального определения механических характеристик: предела текучести  $\sigma_T$  низкоуглеродистой стали и предела прочности  $\sigma_B$  серого чугуна при сжатии.

### Характеристика образцов и испытательного оборудования

При испытании на сжатие образец стандартной формы и размеров из исследуемого материала помещается в приспособлении, установленном на испытательной машине, и подвергается непрерывному, плавному деформированию до заданного значения деформации или до разрушения. При этом регистрируется зависимость между сжимающей силой  $F$  и укорочением высоты  $h$  образца в виде диаграммы сжатия образца. Диаграмма сжатия образца позволяет оценить поведение материала образца в упругой и упругопластической стадиях деформирования и определить характеристики механических свойств материала.

Испытание на сжатие образцов материалов проводится по ГОСТ 25.503. Применяются цилиндрические образцы четырех типов: три типа образцов с гладкими торцами и один - с выточками на торцах. Тип образцов выбирают в зависимости от определяемых характеристик. Для испытаний на сжатие используются, как правило, короткие образцы с отношением высоты к диаметру в пределах 1 - 3 (рис. 2.1). Применение высоких образцов недопустимо, т.к. такие образцы будут не только сжиматься, но и изгибаться.

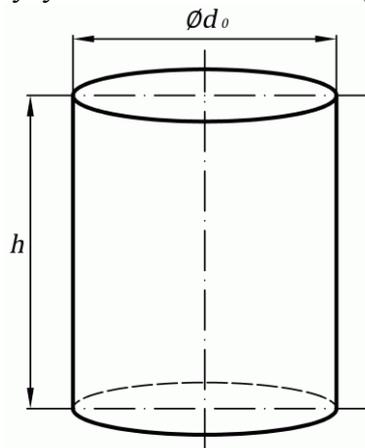


Рис. 2.1 Эскиз образца

Образцы должны быть тщательно изготовлены, в особенности соблюдены жесткие допуски на перпендикулярность оси образца к его торцам. Торцы образца должны быть тщательно шлифованы.

Для испытаний на сжатие применяют универсальные испытательные машины, удовлетворяющие требованиям ГОСТ 28840 (рис. 2.2).

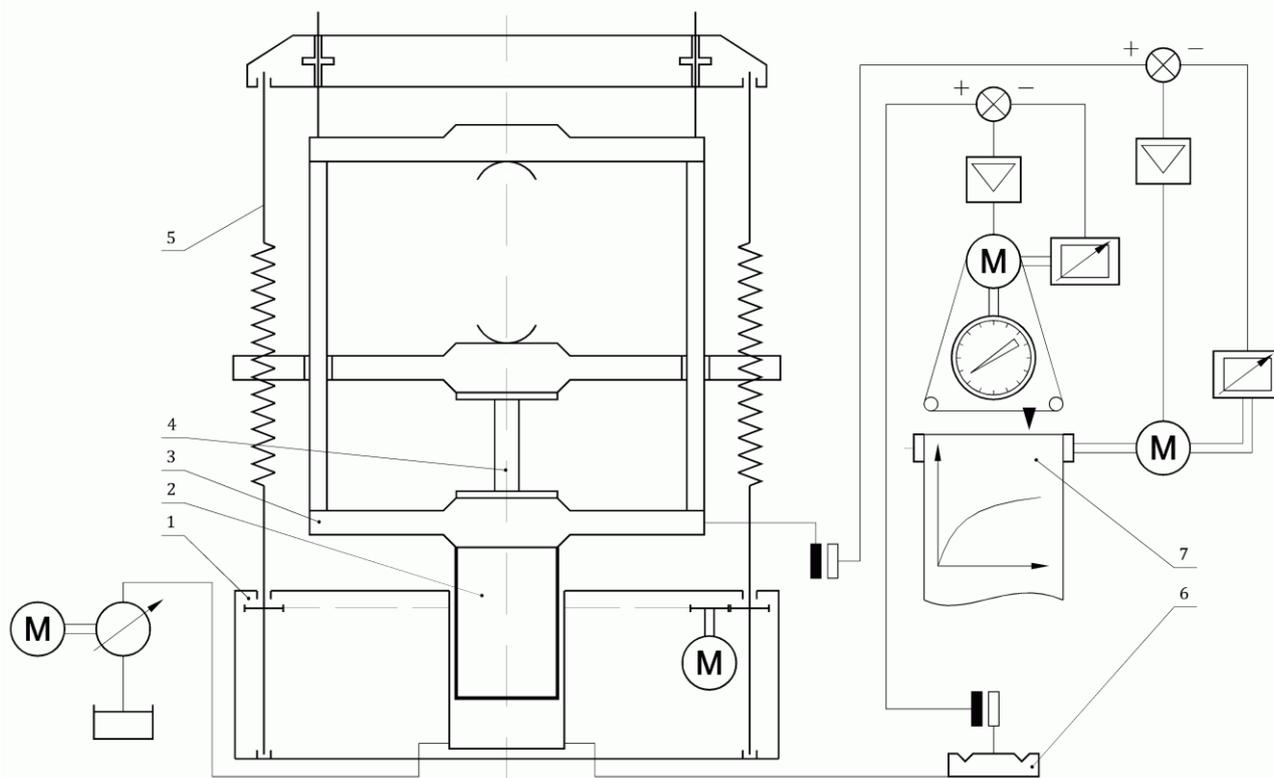


Рис. 2.2 Схема универсальной испытательной машины EU-20:

1- основание станины, 2- гидроцилиндр, 3- силовая рама, 4- образец, 5- колонна, 6- силоизмеритель, 7- диаграммный аппарат.

Универсальная испытательная машина EU-20 предназначена для испытаний образцов и элементов конструкций на растяжение, сжатие и изгиб. Максимальная сила, развиваемая машиной, равна 200 кН. Машина состоит из 2-х частей: станины и пульта управления. Станина машины EU-20 вертикального типа, 2-х колонная. В нижней части станины располагается насос высокого давления с электроприводом, гидроцилиндр, силоизмерительное устройство и элементы гидро и электро управления.

В станине имеется две рабочие зоны: верхняя предназначена для испытаний на растяжение, нижняя – для испытаний на сжатие и изгиб.

При включении насоса высокого давления рабочая жидкость (масло) закачивается в гидроцилиндр, воздействуя на плунжер, который поднимает силовую раму. Образец, находящийся в нижней рабочей зоне испытательной машины сжимается. Рабочая жидкость поступает в силоизмерительное устройство и деформирует упругий элемент (пружину), деформация которой точно соответствует приложенной к образцу силе. Используя шкалу силоизмерительного устройства, можно найти силу, действующую на образец в данный момент времени. При использовании диаграммного аппарата можно записать диаграмму сжатия образца.

Условия, которые должны соблюдаться при испытании на сжатие, те же, что и при испытании на растяжение, но предъявляются более высокие требования к центрированию образца и отсутствию взаимного перекаса нажимных плит, передающих силу на образец. Испытание образцов на сжатие проводится, как правило, с применением специального приспособления, в котором предотвращается этот перекас (Рис. 2.3).

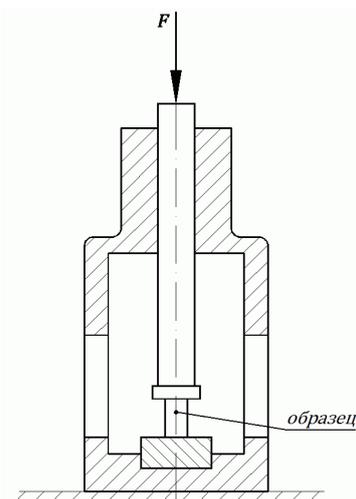


Рис. 2.3 Приспособление, применяемое при испытаниях на сжатие.

Испытание на сжатие широко используется для определения механических характеристик малопластичных материалов, например, чугунов, инструментальных сталей, керамики и т.п.

Испытание на сжатие имеет характерные особенности, существенно отличающие его от испытания на растяжение:

- образцы из пластичных материалов не разрушаются, получая значительную деформацию, превосходящую деформацию при разрыве в условиях растяжения;
- результаты испытаний образцов на сжатие существенно зависят от отношения высоты образца к его диаметру;
- на предел прочности и характеристики пластичности заметно влияют силы трения на опорных торцах образца;

В процессе нагружения образца сжимающими силами его высота уменьшается, а диаметр увеличивается, причем по высоте образца его диаметр увеличивается неравномерно. Это приводит к существенному изменению формы - образец становится бочкообразным. Бочкообразность при сжатии возникает из-за трения между контактирующими поверхностями сжимаемого образца и приспособления. Трение препятствует поперечной деформации на торцах образца (Рис. 2.4).

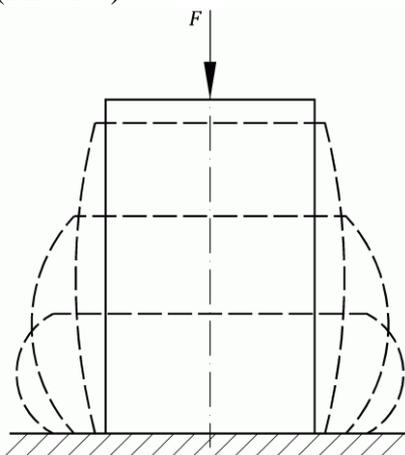


Рис. 2.4 Изменение формы образца при сжатии.

Напряженное состояние в образце, при развитой бочкообразности, не одноосное и неоднородное. Учесть эту неоднородность при обработке результатов испытаний на сжатие не представляется возможным, поэтому принимают, что по всему объему образца

напряженное состояние однородное и одноосное. Таким образом

$$\sigma = \frac{F}{A_0},$$

где  $\sigma$  - нормальное напряжение в поперечном сечении,

$F$  - сила, действующая на образец,

$A_0$  - начальная площадь поперечного сечения.

Для того чтобы действительное напряженное состояние в образце соответствовало предполагаемому, необходимо уменьшить или исключить силы трения на торцах образца. Это достигается введением смазки на торцах образца (Рис. 2.5) или созданием конических торцевых поверхностей с углом  $\alpha$ , равным углу трения между материалами образца и приспособления (Рис 2.6).

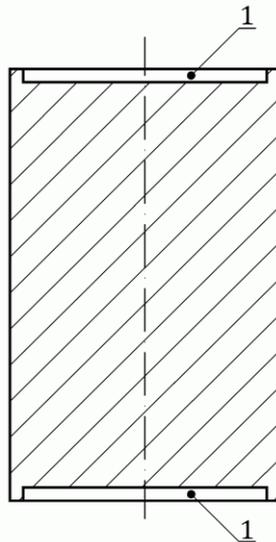


Рис. 2.5 Образец с торцевыми полостями:

1- полости для смазочного материала.

Можно сочетать приведенные приемы борьбы с силами трения. В качестве смазки применяют парафин, парафинированную бумагу, вазелин, тефлон и др.

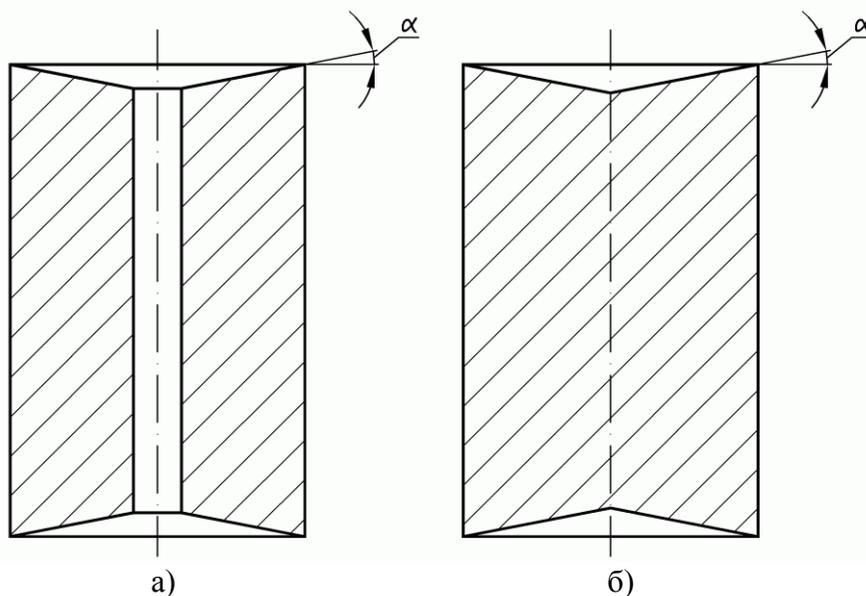


Рис. 2.6 Образцы с коническими торцами:

а- с центральным отверстием; б- без отверстия.

Полностью устранить силы трения между контактирующими поверхностями в процессе испытаний на сжатие не удастся. В этом заключается принципиальный недостаток этих испытаний.

Чем меньше отношение высоты образца к его диаметру, тем большее влияние оказывает трение на результаты испытаний. С этих позиций следовало бы проводить испытания с применением возможно более длинных образцов. Однако при сжатии длинных образцов трудно избежать их изгиба. Оптимальным для цилиндрических образцов является отношение  $\frac{h}{d_0} = 1 \dots 3$ .

Диаграмму сжатия материала получают тем же способом, что и диаграмму растяжения. Методика определения механических характеристик материала, таких как предел пропорциональности, предел упругости и предел текучести, полностью соответствует методике определения этих характеристик при испытании на растяжение.

Предел прочности  $\sigma_B$  низкоуглеродистой стали при сжатии установить не удастся, так как образец из такого материала сплющивается, оставаясь сплошным, т.е. не разрушается.

Диаграмму сжатия материала получают из диаграммы сжатия образца, при этом принимают

$$\sigma = \frac{F}{A_0}, \quad \varepsilon = \frac{\Delta h}{h}.$$

Диаграмма сжатия низкоуглеродистой стали (рис. 2.7,а) на участке упругих деформаций и общей текучести практически совпадает с диаграммой растяжения этого материала. На диаграмме сжатия отсутствует точка, соответствующая пределу прочности, поэтому предел прочности установить невозможно. Испытания на сжатие материала, находящегося в пластичном состоянии, прекращают при деформации, примерно равной 50%.

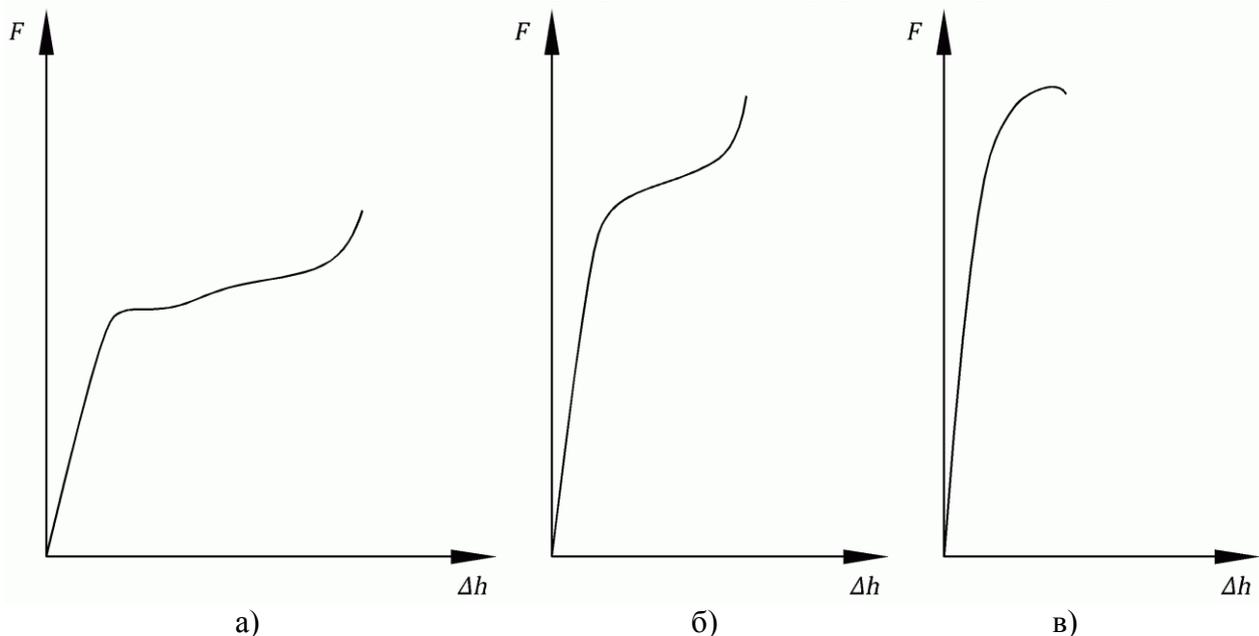


Рис. 2.7 Диаграммы сжатия образцов

- а) низкоуглеродистая сталь,
- б) конструкционная сталь,
- в) чугун.

Условные пределы пропорциональности  $\sigma_{пл}$ , упругости  $\sigma_{0.01}$ , текучести  $\sigma_{0.2}$  определяются тем же методом, что и при растяжении.

Серый чугун в нормальных условиях находится в малопластичном состоянии, диаграмма сжатия серого чугуна приведена на рис.2.7,в. Строго говоря, на диаграммах растяжения и сжатия серого чугуна нет линейного участка, где соблюдается закон Гука, однако, отклонение от закона Гука невелико.

В отличие от низкоуглеродистой стали чугун при сжатии разрушается. Разрушение происходит по площадкам, наклоненным под углом  $45^\circ$  к оси образца, где возникают наибольшие касательные напряжения.

#### **Порядок проведения работы**

1. Поместить стальной образец № 1 между нажимными плитами приспособления, тщательно его центрируя.
2. Плавно нагружать образец сжимающей силой.
3. По отсчётному устройству силоизмерителя (шкале) отметить силу, соответствующую началу текучести материала. Эта сила соответствует временной остановке указывающей стрелке при работающем насосе высокого давления.
4. Продолжить нагружение образца до заметной бочкообразности (искажение цилиндрической формы).
5. Разгрузить образец и вынуть его из приспособления.
6. Установить стальной образец № 2, поместив парафиновые прокладки между торцами образца и нажимными плитами приспособления.
7. Повторить операции 2–5. Максимальная нагрузка должна быть такой же, как и для образца № 1.
8. Установить в приспособление образец чугуна. Обязательно закрыть предохранительную шторку на приспособлении.
9. Плавно нагружать образец сжимающей силой до разрушения. Отметить разрушающую силу посредством следящей стрелке силоизмерителя.
10. Разгрузить образец и вынуть его из приспособления.
11. Найти предел текучести стали, предел прочности чугуна и оформить результаты эксперимента как указано в журнале.