

Санкт-Петербургский Государственный Университет
Saint-Petersburg State University

Кафедра теории упругости

ОТЧЕТ
По лабораторной работе 1
«Испытание на растяжение»

По дисциплине
«Лабораторный практикум, лабораторная работа»

Выполнили:

Баталов С. А.
Хайретдинова Д. Д.

Санкт-Петербург
2021

1 Цель работы

В данной лабораторной работе производится испытание образцов на растяжение с деформациями за пределами упругости. Строятся условная и истинная диаграммы растяжения и находятся механические характеристики материалов.

2 Характеристики напряженно-деформированного состояния образца

Рассмотрим стержень длины l_0 с площадью поперечного сечения F_0 . Пусть стержень растягивается силой P и при этом удлиняется на Δl . При удлинении стержня происходит его поперечное сужение, поэтому площадь его поперечного сечения становится равной $F < F_0$. Условным напряжением σ называют отношение нагрузки к первоначальной площади поперечного сечения:

$$\sigma = \frac{P}{F_0} \quad (1)$$

Истинным напряжением называют величину S – отношение нагрузки к текущей площади поперечного сечения:

$$S = \frac{P}{F} \quad (2)$$

Поле деформаций в образце характеризуется относительным удлинением образца и относительным сужением образца соответственно:

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \cdot 100\%, \quad \psi = \frac{F_0 - F}{F_0} \cdot 100\% \quad (3)$$

В формулах (3) изменение длины и площади поперечного сечения относятся к первоначальным значениям длины и площади сечения. Для характеристики больших деформаций по аналогии с истинным напряжением целесообразно ввести истинные удлинения и истинные сужения:

$$\begin{aligned} de &= \frac{dl}{l}, & e &= \int_{l_0}^l \frac{dl}{l} = \ln\left(\frac{l}{l_0}\right) = \ln(1 + \epsilon), \\ d\bar{\psi} &= -\frac{dF}{F}, & \bar{\psi} &= \int_F^{F_0} \frac{dF}{F} = \ln\left(\frac{F_0}{F}\right) \end{aligned} \quad (4)$$

3 Описание аппаратуры

3.1 Машина ИМ-4Р

Машина ИМ-4Р предназначена для испытания цилиндрических и плоских образцов на растяжение прямым нагружением. Кроме того, при помощи специальных приспособлений можно проводить испытания на сжатие, изгиб и срез. Машина позволяет прикладывать к образцу нагрузку до 4 т. В процессе испытания автоматически строится диаграмма в координатах «нагрузка–деформация».

Устройство машины показано на рис. 1. Машина состоит из нагружающего и измерительного механизмов, смонтированных на станине. Станина состоит из нижней (1) и

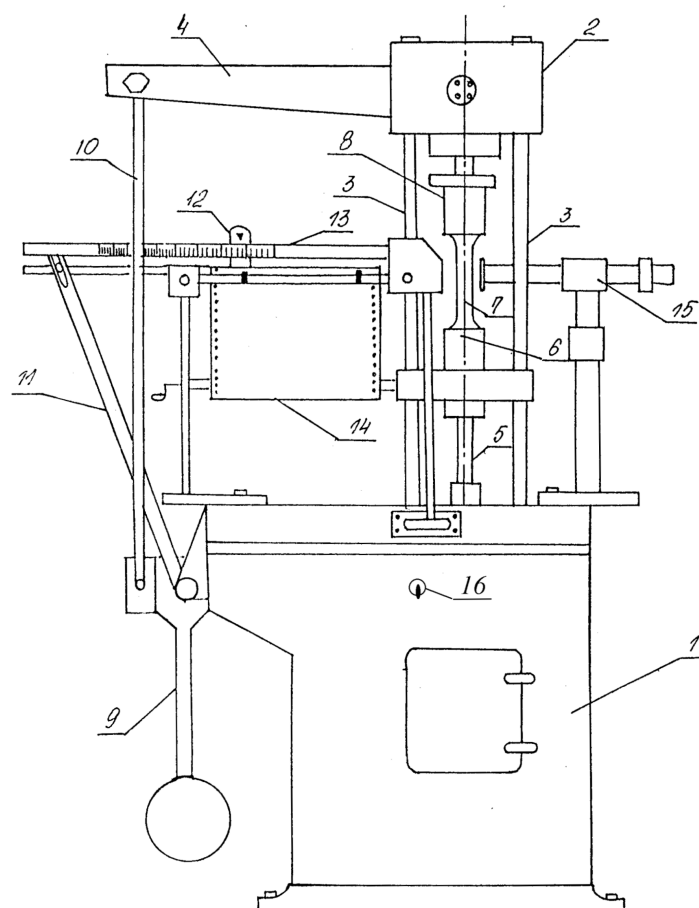


Рис. 1: Машина ИМ-4Р.

верхней (2) частей, соединенных четырьмя вертикальными стойками (3). В нижней части станины установлен электродвигатель.

При работе электродвигателя движение через коробку передач передается шпинделю (5). Движение шпинделя вниз соответствует рабочему ходу (нагрузке), а движение вверх – холостому ходу (разгрузке). На шпинделе установлен нижний захват (6) для крепления образца (7). верхний конец образца крепится в захвате (8), связанном с механизмом силоизмерителя.

Силовизмерительный механизм состоит из рычага (4), связанного тягой (10) с маятником (9). Отклонение маятника через поводок (11) передается на каретку (12) самописца.

Машина снабжена самописцем (14), позволяющим в процессе испытания строить диаграмму «нагрузка – абсолютное удлинение». Валик самописца связан через систему шестерен со шпинделем нагружающего механизма, поэтому по продольной оси диаграммы откладывается перемещение нижнего захвата (то есть абсолютное удлинение образца). Перо самописца укреплено в каретке (12), соединенной с силоизмерителем. Таким образом, по поперечной оси диаграммы откладывается есть действующее на образец усилие. Цена деления самописца: 1 мм диаграммы по продольной оси соответствует удлинению образца на 0.01 мм, 1 мм диаграммы по поперечной оси соответствует нагрузке 10 кг. Для измерения диаметра образца в процессе испытания служит окуляр-микрометр (15).

3.2 Окуляр–микрометр

Окуляр–микрометр (рис. 2) состоит из зрительной трубки (1), которую можно поднимать и опускать по вертикали рифленой гайкой (3) и наводить по горизонтали винтом (5). Замеры выполняются по шкале (а) и барабану (2). Для удобства наблюдения образец подсвечивается лампой, снабженной металлическими шторками.

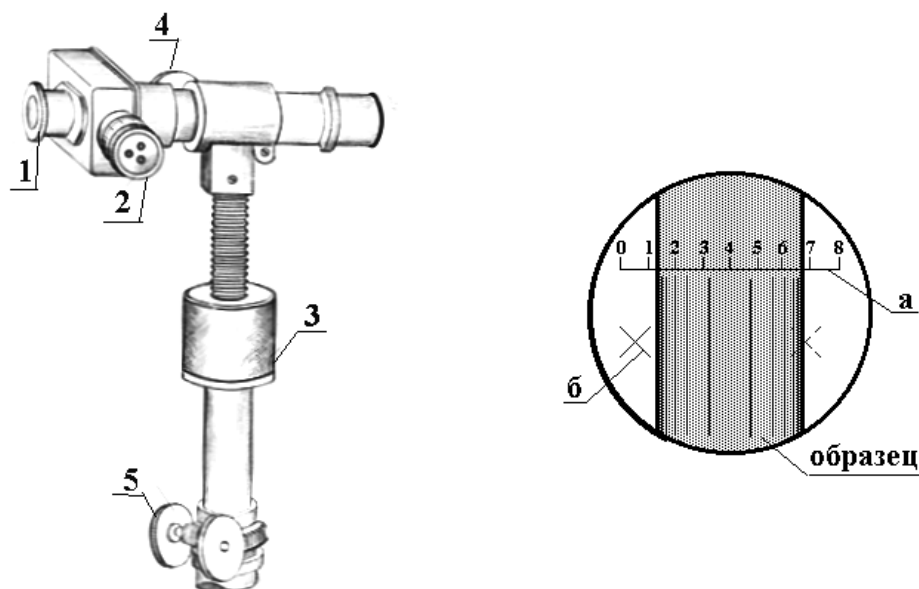


Рис. 2: Окуляр–микрометр.

Для снятия показаний с окуляр-микрометра требуется вычислить коэффициент K по следующей формуле:

$$K = \frac{d_0}{d'_0} \quad (5)$$

Здесь диаметр d'_0 – диаметр, измеренный окуляр–микрометром. Теперь диаметр образца в момент времени t будет вычисляться по формуле:

$$d_t = K \cdot d'_t \quad (6)$$

4 Эксперимент

Таблица 1: Результаты измерений и расчеты.

№	P	Δl	d'	d	F	σ	S	ϵ	ψ	e	$\overline{\psi}$
	кг	мм	мм	мм	мм ²	кг/см ²	кг/см ²	%	%	%	%
1	0	0	8.52	5.4	22.6	0	0	0	0	0	0
2	560	0.47	8.52	5.4	22.6	2475	2475	1.1	0	1.1	0
3	800	0.65	8.52	5.4	22.6	3535	3535	1.5	0	1.5	0
4	1100	0.9	8.52	5.4	22.6	4861	4861	2.1	0	2.1	0
5	1200	1.12	8.48	5.3	22.4	5303	5353	2.6	0.9	2.6	0.9
6	1250	1.34	8.48	5.3	22.4	5524	5576	3.1	0.9	3.1	0.9
7	920	1.2	8.48	5.3	22.4	4066	4104	2.8	0.9	2.8	0.9
8	640	0.96	8.48	5.3	22.4	2828	2855	2.2	0.9	2.2	0.9
9	240	0.6	8.48	5.3	22.4	1061	1071	1.4	0.9	1.4	0.9
10	640	0.96	8.48	5.3	22.4	2828	2855	2.2	0.9	2.2	0.9
11	920	1.2	8.48	5.3	22.4	4066	4104	2.8	0.9	2.8	0.9
12	1250	1.34	8.48	5.3	22.4	5524	5576	3.1	0.9	3.1	0.9
13	1250	1.69	8.2	5.2	21	5524	5964	3.9	7.4	3.9	7.7
14	1250	1.93	7.83	4.9	19.1	5524	6541	4.5	15.5	4.4	16.9
15	1240	2.18	7.7	4.9	18.5	5480	6709	5.1	18.3	4.9	20.2
16	1200	2.33	7.31	4.6	16.7	5303	7204	5.4	26.4	5.3	30.6
17	1160	2.6	6.99	4.4	15.2	5126	7616	6	32.7	5.9	39.6
18	1110	2.83	6.47	4.1	13	4905	8506	6.6	42.3	6.4	55
19	1040	2.98	6.07	3.8	11.5	4596	9055	6.9	49.2	6.7	67.8
20	920	3.18	5.71	3.6	10.2	4066	9052	7.4	55.1	7.1	80