

## Лабораторная работа №4

**Тема: «Определение механических свойств материалов при кручении»**

**Цель работы:** определить модуль сдвига для стали при кручении.

**Приборы и материалы:** машина КМ-50-1, индикатор часового типа с ценой деления 0,01 мм, штангенциркуль, испытуемый образец.

### ***Теоретическая часть:***

При кручении образца круглого поперечного сечения форма его почти не изменяется, что позволяет достаточно точно определить деформации и соответствующие им напряжения до момента разрушения образца включительно, тогда как при испытании на растяжение это становится невозможным после образования шейки.

Машина КМ-50-1 может осуществлять нагружение в трех диапазонах: 0...100 Н·м (10 кГсм); 0...200 Н·м (20 кГсм); 0...500 Н·м (50 кГсм) - со скоростью 0,3 об/мин или 1 об/мин. Кроме того, для медленного нагружения предусмотрен ручной привод. Испытуемый образец длиной от 130 до 300 мм помещается в захватах машины. Во время испытаний верхний захват остается неподвижным, а нижний поворачивается. Угол поворота нижнего захвата фиксируется малым и большим лимбами. Малый лимб фиксирует полные обороты, а большой - угол в градусах в пределах оборота. Величина скручивающего момента фиксируется силоизмерительным устройством. Одновременно записывается диаграмма кручения в осях  $m - \varphi$ .

По площадкам, перпендикулярным и параллельным оси стержня, возникают только касательные напряжения, а по площадкам, наклонным к оси стержня на угол  $45^\circ$  - только нормальные напряжения (рисунок 1).

					<i>Лабораторная работа №4</i>			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Миренков В.В.			Определение механических свойств материалов при кручении		Лит.	Лист
Провер.		Чаус В.П.						1
Реценз.								4
Н. Контр.							ГГТУ им. П.О. Сухого, гр. С-21	
Утверд.								

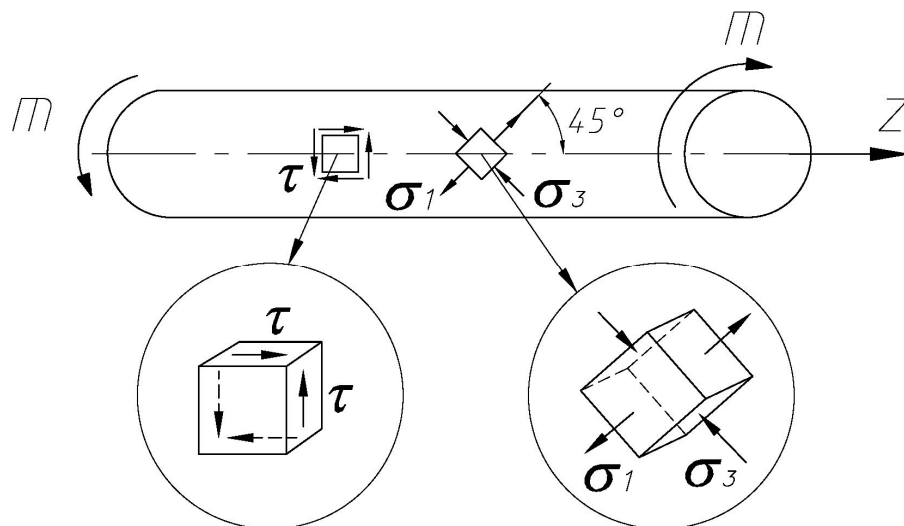


Рисунок 1. Картина действия напряжений.

Характер разрушения образца зависит от материала (рисунок 2).

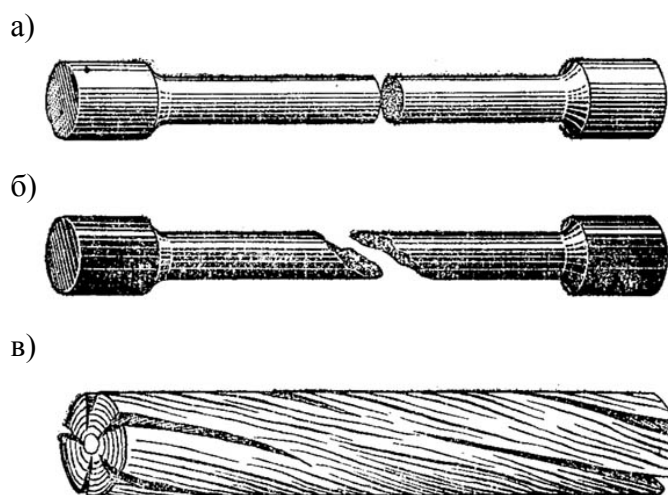


Рисунок 2. Виды разрушений различных материалов:

а) металл; б) бетон, чугун и другие хрупкие материалы; в) древесина при направлении волокон вдоль оси  $z$ .

При кручении стержней угол закручивания одного поперечного сечения относительно другого, в пределах упругих деформаций, связан с крутящим моментом линейной зависимостью

$$\varphi = \frac{M_K l}{GI_P},$$

где  $M_K$  - крутящий момент в сечении на участке длиной  $l$ ;

$G$  - модуль сдвига;

$I_p$  - полярный момент инерции круглого поперечного сечения, диаметром  $d$ ;

$GI_p$  - жесткость при кручении.

Формула справедлива, когда в пределах длины участка крутящий момент  $M_k$  постоянен.

Зная размеры образца ( $l$ ,  $d$ ) и крутящий момент  $M_k = m$  и определив опытным путем угол  $\varphi$ , можно определить модуль сдвига материала

$$G = \frac{M_k l}{\varphi I_p}.$$

Величину  $G$  можно определить через модуль упругости  $E$  и коэффициент

Пуассона  $\mu$  по формуле:  $G = \frac{E}{2(1 + \mu)}.$

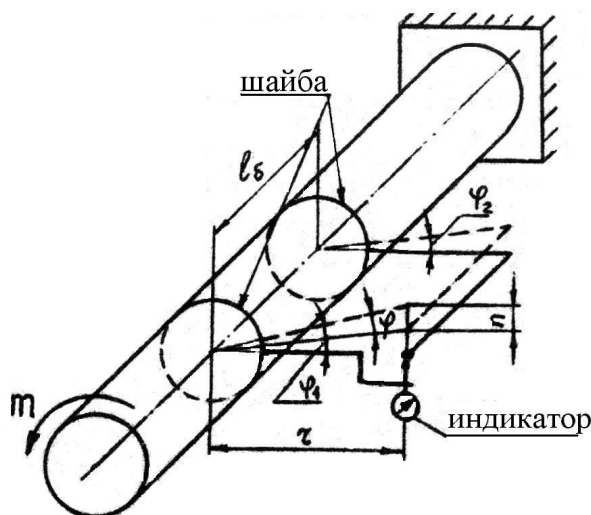


Рисунок 3. Схема замера взаимного угла поворота сечений.

При определении модуля сдвига образец испытывается в пределах упругих деформаций, которые в силу своей малости не могут быть зафиксированы с помощью лимбов. Поэтому для определения взаимного угла поворота двух сечений, отстоящих друг от друга на расстоянии  $l_0 = 20$  мм, используется специальное приспособление. Оно состоит из двух разъемных шайб, которые закрепляются на образце. На одной шайбе устанавливается индикатор часового типа с ценой деления 0,01 мм, а на другой - рычаг с пяткой, в которую упирается ножка индикатора (рисунок 3). При скручивании образца не-

которым моментом  $m$ , шайбы повернутся на углы  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$ , относительно своего первоначального положения. Разница между этими углами представляет собой взаимный угол поворота двух сечений, отстоящих на расстоянии  $l_0$ . Определяется этот угол в радианах, как отношение показания индикатора  $n$  (мм) к расстоянию  $r$  (мм) от оси образца до оси индикатора  $\varphi = \frac{n}{r}$ .

### Практическая часть

Таблица 1. Результаты опыта по определению модуля сдвига стали.

Крутящий момент $M_K = m$ , Н·м	5	10	15	20
Отчет по индикатору $n$ , мм	0,04	0,08	0,13	0,17
Угол закручивания $\varphi = \frac{n}{r}$ , рад	0,0011	0,0023	0,0037	0,0049
Приращение угла закручивания $\Delta\varphi$ , рад	0,0012	0,0014	0,0014	0,0012

$$r = 35 \text{ мм}; d = 10 \text{ мм}; l_0 = 20 \text{ мм};$$

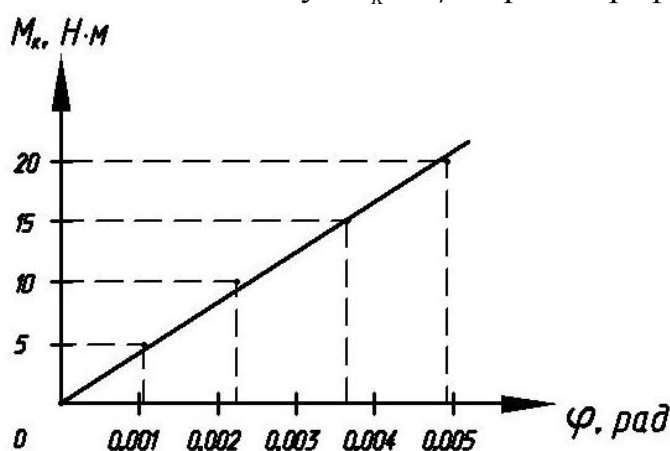
$$\varphi_1 = \frac{n_1}{r} = \frac{0,04}{35} = 0,0011 \text{ рад}; \quad \varphi_2 = \frac{n_2}{r} = \frac{0,08}{35} = 0,0023 \text{ рад};$$

$$\varphi_3 = \frac{n_3}{r} = \frac{0,13}{35} = 0,0037 \text{ рад}; \quad \varphi_4 = \frac{n_4}{r} = \frac{0,17}{35} = 0,0049 \text{ рад}.$$

$$\Delta\varphi_{CP} = 0,0013 \text{ рад}; \Delta M_K = 5000 \text{ Н·мм}.$$

$$G = \frac{M_K \cdot l}{\varphi \cdot I_p} = \frac{5000 \cdot 20}{0,0013 \cdot 981,25} = 7,8 \cdot 10^4 \text{ МПа}; \quad I_p = \frac{\pi d^4}{32} = 981,25 \text{ мм}^4.$$

Для установления зависимости между  $M_K$  и  $\varphi$  строим график.



**Вывод:** определили модуль сдвига для стали, полученное значение соответствует справочному  $G = 7,8 \cdot 10^4 \text{ МПа}$ .