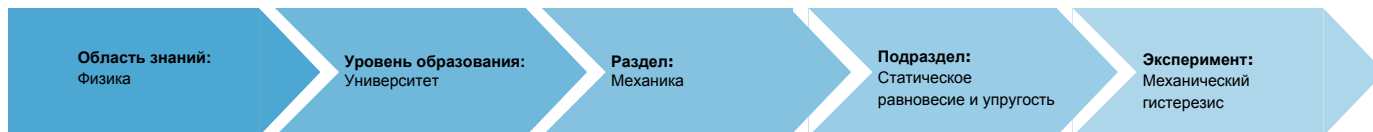


Механический гистерезис (Item No.: P2120300)

Актуальность учебной программы



Сложность



Легко

Время подготовки



1 час

Время выполнения



1 час

Рекомендуемый размер группы



2 студента

Дополнительно требуется:

Варианты эксперимента:

Ключевые слова:

Механический гистерезис, упругость, пластичность, релаксация, модуль кручения, пластическая деформация, вращающий момент, закон Гука.

Обзор

Краткое описание

При скручивании металлических стержней определяется соотношение между вращающим моментом и углом поворота. Записывается кривая гистерезиса.



Рис. 1. Экспериментальная установка для определения гистерезиса при кручении металлических стержней

Оборудование

№ п/п	Материалы	номер артикла	количество
1	Торсионное устройство	02421-00	1
2	Основа штатива, демонстр., PHYWE, -PASS	02007-55	1
3	Динамометр, 1 Н	03060-01	1
4	Динамометр, 2,5 Н	03060-02	1
5	Торсион.стержень, алюм., l=300 мм,d=2 мм	02421-04	1
6	Торсион.стержень, алюм., l=500 мм,d=4 мм	02421-06	1
7	Торсион.стержень, алюм., l=500 мм,d=3 мм	02421-05	1
8	Торсион.стержень, медь., l=500 мм,d=4 мм	02421-08	1
9	Торсион.стержень, алюм., l=500 мм,d=2 мм	02421-02	1
10	Торсион.стержень, алюм., l=400 мм,d=2 мм	02421-03	1
11	Торсион.стержень, сталь., l=500 мм,d=2 мм	02421-01	1
12	Торсион.стержень, латунь., l=500 мм,d=2 мм	02421-07	1
13	Секундомер, цифровой, 1/100 с	03071-01	1
14	Штативн. стержень, нерж. ст., l=750 мм	02033-00	1
15	Прямоугольный зажим	02040-55	2
16	Штативн. стержень, нерж. ст., l=250 мм,	02031-00	1
17	Прямоугольный зажим	02054-00	1

Задания

1. Постройте кривую механического гистерезиса для стального и медного стержней.
2. Постройте кривую релаксации напряжения с различным временем релаксации для разных материалов.

Установка и порядок выполнения работы

Соберите экспериментальную установку как показано на рисунке 1. Пружинный динамометр располагают под прямым углом к рычагу. У исследуемых материалов, за исключением стали, предел упругости достигается очень быстро, поэтому измерения должны быть выполнены непрерывно или прерываться равномерными интервалами. При построении кривых торсионные стержни должны быть прямыми, не иметь никаких перегибов или других деформаций. По сравнению с магнитным гистерезисом, в котором кристаллическая структура магнитного материала обычно неизменная, в случае механического гистерезиса соотношение между деформацией и вращающим моментом является функцией времени и температуры.

Теория и оценка результатов

Если под действием сил твердое тело деформируется при напряжении сдвига, то происходит деформация сдвига. Интервал применения закона Гука характеризуется линейной зависимостью напряжения от относительной деформации (кручения).

Для твердых тел существует диапазон напряжений, смежный с диапазоном применения закона Гука, в котором это соотношение уже нелинейное, но деформация частично обратима. Предел этого диапазона называется пределом текучести. Деформация становится пластической, если напряжение становится больше, чем предел текучести. В этом случае после прекращения внешнего воздействия на образец, даже в нескрученном состоянии, присутствует остаточная деформация. Так как явление пластичности является результатом смещения атомов, температура и время оказывают влияние на состояние образца. Согласно закону Гука зависимость напряжения τ от относительной деформации γ имеет вид:

$$\tau = \sigma \cdot \gamma,$$

где σ - модуль сдвига.

В диапазоне пластических деформаций, справедлива простая теорема о релаксации

$$\frac{d\tau}{dt} = \sigma \frac{d\gamma}{dt} - \frac{\tau}{\lambda}$$

M - время релаксации.

Если напряжение невелико и деформация остается постоянной, зависимость напряжения τ от времени t будет иметь вид

$$\tau = \tau_0 e^{-t/\lambda},$$

где τ_0 - начальное напряжение,
 λ - время релаксации.

Если при нагружении металла деформация становится пластической, то после снятия нагрузки образец не возвращается в исходное состояние (присутствует остаточная деформация). Последующая деформация этого образца начинается с нового положения равновесия.

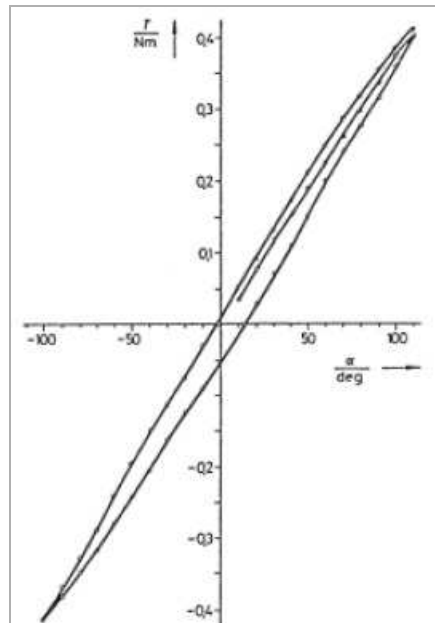


Рис. 2. Кривая механического гистерезиса при кручении стального стержня с диаметром 2 мм и длиной 0.5 м.

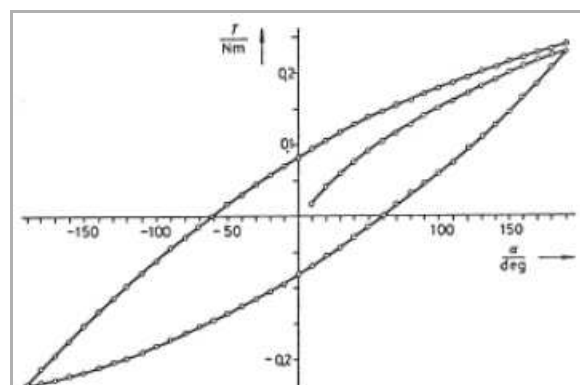


Рис. 3: Кривая механического гистерезиса при кручении медного стержня диаметра 2 мм и длиной 0,5 м.

Так как при кручении стержней, деформация внешних слоев больше, чем внутренних слоев, то при определенном угле α_{cr} самый крайний слой раньше достигнет предела текучести. При скручивании больше чем на угол α_{cr} , внешний слой будет находиться уже в пластическом диапазоне, тогда как внутренние слои еще остаются в диапазоне упругой деформации.

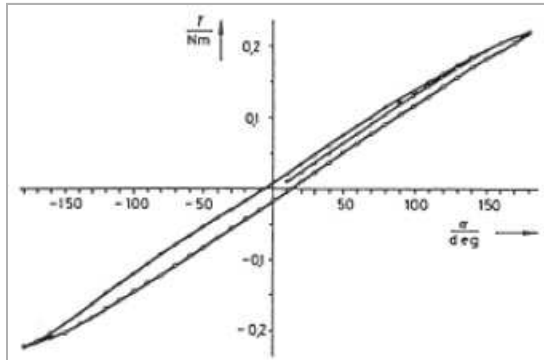


Рис. 4. Кривая механического гистерезиса при кручении алюминиевого стержня с диаметром 2 мм и длиной 0.5 м.

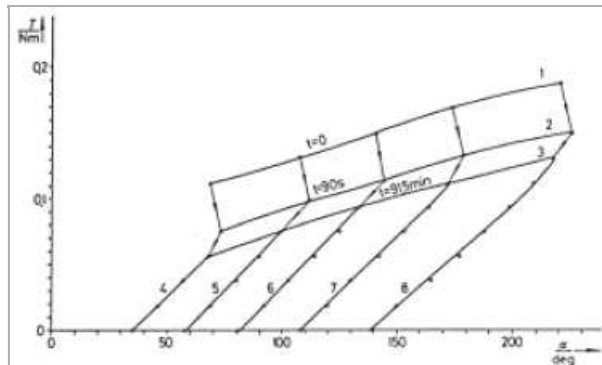


Рис. 5. Релаксация при кручении медного стержня диаметром 2 мм и длиной 0.5 м. Промежуток времени снятия показаний между кривыми 1 и 2 равен 90 секунд, между кривыми 2 и 3 около 90 минут. После этого процесса восстановления стержни были разгружены, и затем получены кривые 4 - 8.