

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Полоцкий государственный университет»



М. А. Поддубная

ИСПЫТАНИЕ НА УДАРНУЮ ВЯЗКОСТЬ

Методические указания
к лабораторной работе по сопротивлению материалов
для студентов технических специальностей

Новополоцк
ПГУ
2015

УДК 539.3/.4(075.8)

Одобрено и рекомендовано к изданию методической комиссией
инженерно-строительного факультета
в качестве методических указаний
(протокол № 3 от 25.04.2015)

Кафедра прикладной механики и графики

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

канд. техн. наук, доц., зав. каф. строительных конструкций УО «ПГУ»
А. И. КОЛТУНОВ;

канд. техн. наук, доц., доц. каф. прикладной механики и графики
УО «ПГУ» Л. С. ТУРИЦЕВ

Предназначены для студентов специальностей 1-36 01 01 «Технология машиностроения»; 1-70 05 01 «Проектирование, сооружение и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ»; 1-36 07 01 «Машины и аппараты химических производств и предприятий строительных материалов»; 1-48 01 03 «Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов»; 1-70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство»; 1-70 02 02 «Экспертиза и управление недвижимостью»; 1-70 03 01 «Автомобильные дороги»; 1-36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства»; 1-36 01 06 «Оборудование и технология сварочного производства»; 1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей»; 1-37 01 07 «Автосервис».

© Поддубная М. А., 2015

© УО «ПГУ», 2015

Лабораторная работа

ИСПЫТАНИЕ НА УДАРНУЮ ВЯЗКОСТЬ

При эксплуатации различные детали и конструкции часто подвергаются ударным нагрузкам. В качестве примера можно привести переезд автомобиля через выбоину на дороге, взлет и посадку самолетов, высокоскоростную обработку металла давлением (при ковке и штамповке) и др. Для оценки способности металлических материалов переносить ударные нагрузки применяют динамические испытания, которые широко используются также для выявления склонности металлов к хрупкому разрушению. Стандартизованы и наиболее распространены ударные испытания на изгиб образцов с надрезом. Помимо них применяют методы динамического растяжения, сжатия и кручения. Скорости деформирования и деформации при динамических испытаниях на несколько порядков больше, чем при статических.

Среди многочисленных методов ударных испытаний наиболее широко вошел в практику нашел метод испытания на ударный изгиб с измерением величины ударной вязкости. Эта характеристика механических свойств играет огромную роль при оценке служебных свойств конструкционных и инструментальных сталей.

Краткие теоретические сведения

Статические испытания металлов не всегда воспроизводят реальные условия нагружения деталей. В ряде случаев работа деталей в машинах и механизмах связана с приложением ударных нагрузок, вызывающих динамические напряжения.

Для определения механических характеристик металлов при динамическом нагружении проводят динамические (ударные) испытания. Ударные испытания классифицируются по виду деформаций, числу ударов и температурным условиям.

По виду деформации различают три основных вида ударных испытаний: на разрыв, ударное сжатие, ударный изгиб.

По числу ударов различают испытания однократным ударом и многократным ударами.

По температурным условиям испытания подразделяются на три вида: при нормальной, повышенной, пониженной температуре.

В зависимости от внешних условий (температуры, скорости деформации и типа напряженного состояния) металл может разрушаться различным образом. В одних условиях разрушению препятствует значительная

пластическая деформация, поверхность разрушения при этом матовая, фарфоровидная. В этих случаях говорят о вязком разрушении. При других условиях разрушение наступает внезапно: образованию трещины разрушения не предшествует заметная пластическая деформация, разрушение возникает в основном по типу отрыва одних частиц от других при соответствующем нормальном растягивающем напряжении, вызываемом сопротивлением отрыву. Поверхность разрушения при этом блестящая, зернистая. В этом случае говорят о хрупком разрушении. Иногда бывает трудно с определенностью отнести разрушение к тому или другому типу.

При заданном типе напряженного состояния на характер разрушения существенное влияние оказывает скорость деформации и температура. Увеличение скорости деформирования повышает предел текучести и предел прочности для большинства материалов. Так, если считать нормальной при статическом испытании скорость нарастания растяжения 10 МПа/с, то для стальных образцов при скорости растяжения 85 МПа/с мы будем иметь уже увеличение предела текучести на 20%.

При ударных нагрузках, когда скорость деформирования еще больше, предел текучести может увеличиваться на 50 – 100%. Предел прочности при ударе также увеличивается, но несколько меньше предела текучести. Вся диаграмма делается короче, т.к. разрушение образца происходит при меньшей деформации, чем при статическом нагружении.

На рис. 1 представлена диаграмма растяжения мягкой стали, полученная при ударе (кривая 1) и статическом испытании (кривая 2).

Увеличение предела прочности при растяжении на 20 – 40% наблюдается у меди и алюминия, примерно в этих же пределах увеличивают свою прочность дерево и бетон. Значительное увеличение прочности наблюдается до определенной, сравнительно небольшой скорости деформирования (для сталей до 8 – 10 м/с), дальнейшее нарастание прочности при увеличении скорости невелико (его можно не принимать во внимание).

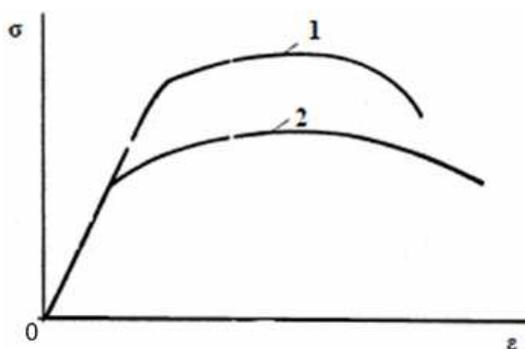


Рис. 1. Диаграмма растяжения мягкой стали при ударе и статическом испытании:
1 – удар; 2 – статическое испытание

Влияние температуры сказывается в том, что с ее повышением характеристики для большинства материалов понижаются (хотя есть и исключения), а характеристики пластичности увеличиваются.

Бывают случаи, когда материал, отличающийся при статическом испытании прекрасными статическими качествами, при ударном действии нагрузки оказывается хрупким. Поэтому при выборе материала для деталей, подвергающихся динамическим воздействиям, проводят испытание на ударную вязкость.

В качестве условной характеристики склонности материала к хрупкому разрушению может быть принята энергия, необходимая для разрушения ударом стандартного образца.

Если количество энергии, затраченной на излом стандартного образца, равно U_k , площадь поперечного сечения образца в месте излома равно A_0 , то, деля U_k на A_0 , получим так называемую величину ударной вязкости:

$$a_n = \frac{U_k}{A_0}, \text{ Дж/м}^2. \quad (1)$$

Для некоторых материалов подсчитывается показатель хрупкости. Это отношение работы, затраченной на разрушение образца, к площади его поперечного сечения и рабочей длине образца, т.е. расстоянию между опорами:

$$\delta = \frac{U_k}{F \cdot l_0}. \quad (2)$$

В этом случае показатель хрупкости измеряется либо Дж/м³, либо МДж/м³.

Испытания на ударную вязкость производятся разрушающим ударом при растяжении или изгибе. Благодаря простоте выполнения и точности результатов наиболее распространенными являются испытания динамической нагрузкой на изгиб. При этих испытаниях образец устанавливают на две опоры и посередине наносят удар, приводящий к разрушению образца. Испытания выполняют на маятниковых копрах, принципиальная схема которых изображена на рис. 2.

Работа, затраченная на разрушение образца, равна разности потенциальных энергий маятника до удара и после.

На маятниковых копрах старых типов МК-30, МК-30А шкала проградуирована в зависимости от угла поворота маятника в единицах энергии.

В маятниковых копрах новейшего образца величина затраченной энергии на разрушение образца выдается сразу на цифровом табло.

Для определения влияния температуры на ударную вязкость проводят испытания охлажденных или нагретых образцов таких же форм и размеров, что и для испытания при нормальных температурах.

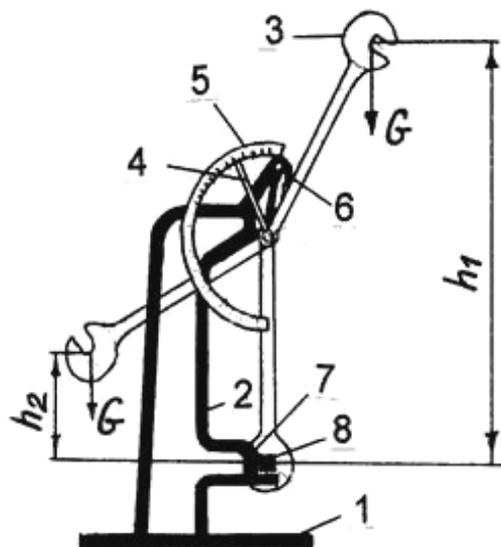


Рис. 2. Схема маятникового копра:

1 – массивное основание; 2 – вертикальные стойки; 3 – маятник; 4 – стрелка; 5 – шкала для отсчета затрат энергии на разрушение образца; 6 – защелка для фиксации маятника в исходном верхнем положении; 7 – опоры; 8 – образец

Для определения ударной вязкости в соответствии с ГОСТ 9454-60 используются образцы пяти типов, формы и размеры которых показаны на рис. 3.

Основным является тип I – для тех случаев, когда в стандарте или иной технической документации не указан другой тип образца. Если размеры заготовки не позволяют изготовить образец I типа (малая толщина листа проката), то применяют образец V типа.

Образцы всех типов отличаются между собой формой и глубиной надреза. Смысл устройства надреза заключается в том, что стараются поставить материал в наиболее тяжелые условия работы в отношении ударных нагрузок. Надрез создает значительное ослабление сечений посередине пролета и, значит, резкое повышение напряжений изгиба на протяжении небольшой длины образца. Кроме того, наличие надреза вызывает вблизи его дна еще местные повышенные напряжения.

Местные напряжения обычно представляют собой такую систему напряжений, при которых материал находится в объемном напряженном состоянии. В этом случае затрудняются пластические деформации и материал вблизи дна надреза оказывается в хрупком состоянии.

Таким образом, наличие надреза в образце помогает резче разграничить материалы – более чувствительные к неблагоприятному действию удара от менее чувствительных.

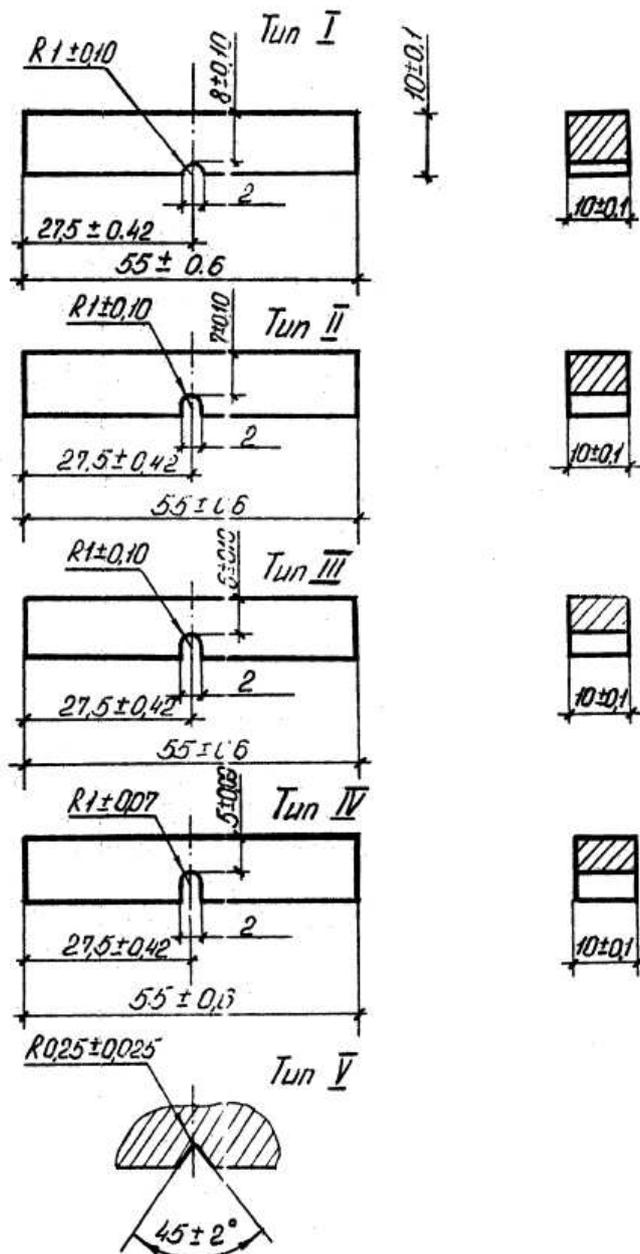


Рис. 3. Типы образцов для определения ударной вязкости в соответствии с ГОСТ 9454-60

Ударная вязкость является величиной, зависящей от формы и размеров образцов. Поэтому при использовании образца V типа, а также нестандартных типов устанавливают переводные коэффициенты, необходимые для сравнения с ударной вязкостью, получаемой на стандартных образцах.

Для определения ударной вязкости в отдельных случаях допускается применять ненадрезанные образцы с размерами 10x10x55 мм.

Образец из прокатного профиля вырезают перпендикулярно или параллельно направлению прокатки (рис. 4), причем углы прямоугольника в поперечном сечении должны быть $90 \pm 0,5^\circ$, а ось надреза перпендикулярна продольной оси образца с точностью $\pm 2^\circ$. Риски на поверхности надреза шлифуют или доводят.

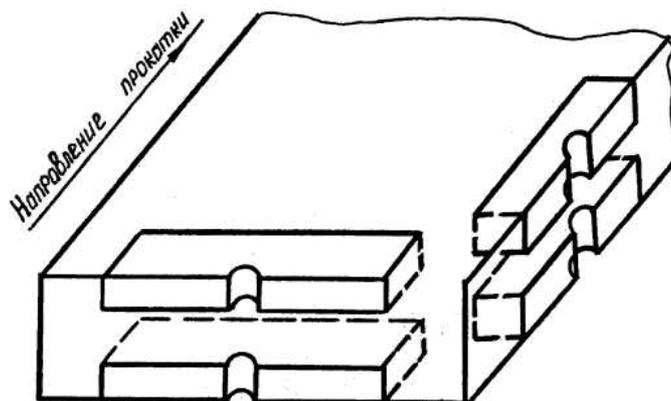


Рис. 4. Образец из прокатного профиля

К испытанию не допускаются образцы с заусенцами на ребрах, искривлениями, трещинами и т.д. Поверхности образцов обрабатывают на плоскошлифовальных станках.

Образцы устанавливают на опорах так, чтобы плоскость удара совпадала с плоскостью симметрии надреза. Несовпадение плоскости симметрии надреза с плоскостью удара может быть до 0,5 мм. Это достигается с помощью специального кондуктора. Скорость ножа маятника должна быть от 4 до 7 м/с. Образец должен плотно лежать на опорах.

Описание лабораторной работы

Цель работы

1. Изучить методику проведения испытаний на ударную вязкость.
2. Научиться делать выводы по величине ударной вязкости и характеру излома образца.

Задание

Провести испытание на маятниковом копре и определить энергию, затраченную на разрушение образца.

Оборудование, приборы, инструмент, образцы

1. Маятниковый копер ИО 5003-0,3 (рис. 5).



Рис. 5. Маятниковый копер ИО 5003-0,3

2. Образец (рис. 6).



Рис. 6. Образец из прокатного профиля

3. Штангенциркуль ШЦ-I (рис. 7).

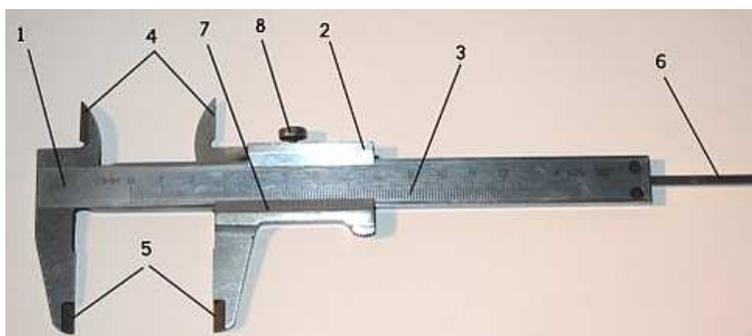


Рис. 7. Штангенциркуль ШЦ-I:

1 – штанга; 2 – подвижная рамка; 3 – шкала штанги; 4 – губки для внутренних измерений; 5 – губки для наружных измерений; 6 – линейка глубиномера; 7 – нониус; 8 – винт для зажима рамки

Порядок выполнения работы

1. Измерить размеры ослабленного сечения образца штангенциркулем с точностью до 0,1 мм (см. рис. 6).
2. Установить образец 8 на опоры 7 так, чтобы удар пришелся по его широкой стороне (рис. 2, 8).



Рис. 8. Положение образца на опорах маятникового копра перед испытанием

3. Поднять маятник в верхнее исходное положение и закрепить защелкой 6 (см. рис. 2, 5).
4. Установить стрелку 4 шкалы на ноль (см. рис. 2, 5).
5. Освободить маятник от защелки 6, который, падая вниз, разрушит образец 8 (см. рис. 2, 9).

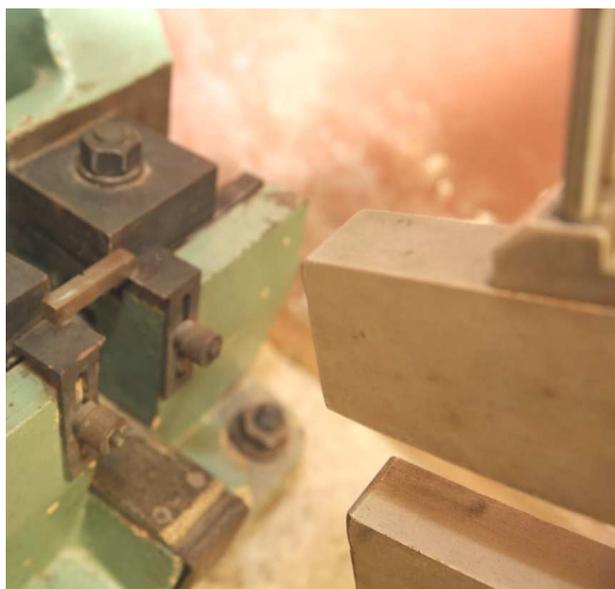


Рис. 9. Положение маятника в период испытания образца

6. Определить энергию, затраченную на разрушение образца.
7. Вычислить удельную ударную вязкость по формуле (1).
8. Рассмотреть поверхность излома и по виду поверхности установить характер разрушения (рис. 10).



Рис. 10. Образец до и после испытания

9. Занести данные в протокол испытания.

Правила техники безопасности при работе на оборудовании, с приборами и инструментами

– Лабораторные работы проводятся под наблюдением преподавателя или лаборанта. К выполнению лабораторных работ студенты допускаются только после прослушивания инструктажа по технике безопасности и противопожарным мерам. После инструктажа каждый студент расписывается в журнале.

– Все механические испытания материалов проводятся учебно-вспомогательным персоналом на испытательных машинах. Студент может работать на испытательных машинах и установках только с разрешения и под руководством преподавателя. Студентам запрещается самостоятельно включать и выключать машины, проводить какие-либо операции на них и оставлять их без наблюдения в процессе работы. Студентам не разрешается отлучаться из лаборатории до полного окончания лабораторных работ.

– Все измерения образцов, необходимые для выполнения лабораторных испытаний, проводятся до установки их в захваты испытательных машин. Измерения образцов после испытания можно проводить только после снятия последних с машины. Для визуального осмотра результатов испытаний можно подходить к машине только с разрешения преподавателя. При использовании сменных грузов не следует складывать их на краю стола во избежание падения и травмирования ими окружающих.

– При проведении лабораторных испытаний нельзя находиться в непосредственной близости от движущихся частей машины.

Обработка результатов

1. Цель работы.
2. Применяемое оборудование.
3. Эскиз испытуемого образца.
4. Площадь ослабленного сечения образца (рис. 11):

$$A_0 = b \cdot h_0 = \quad (\text{м}^2).$$

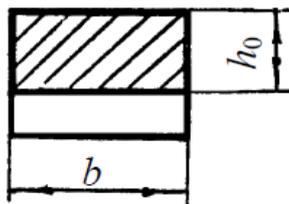


Рис. 11. Ослабленное сечение образца

5. Величина энергии, затраченной на разрушение образца:

$$U_k = \quad (\text{Дж}).$$

6. Величина ударной вязкости:

$$a_n = \frac{U_k}{A_0} = \quad (\text{Дж/м}^2).$$

7. Характер поверхности излома;
8. Выводы.

Выводы

По замеренным значениям размеров поперечного сечения образца и энергии, затраченной на его разрушение, определяется ударная вязкость для образца.

По величине ударной вязкости делается заключение о характере разрушения образца (вязкое или хрупкое разрушение). Следует отметить, что иногда хрупкое разрушение может получаться при сравнительно большой величине ударной вязкости, наоборот, вязкому разрушению может соответствовать ее малая величина. Поэтому, помимо величины ударной вязкости, необходимо рассматривать характер излома образца.

Контрольные вопросы

1. Какая цель лабораторной работы?
2. В каких случаях проводятся испытания на ударную вязкость?
3. Что такое удельная ударная вязкость?

4. В каких единицах измеряется удельная ударная вязкость?
5. Какие факторы влияют на величину ударной удельной вязкости?
6. О каких свойствах материала судят по величине ударной удельной вязкости?
7. Как изменится удельная ударная вязкость с изменением температуры?
8. В чем состоит принцип работы маятникового копра?
9. В чем сходство и различие статических и динамических испытаний?
10. Какие основные характеристики получают после проведения ударных испытаний?
11. Как изменяются характеристики прочности и пластичности при ударных нагрузках?
12. Какова форма образцов, применяемых при испытаниях на ударную вязкость?
13. Для чего выполняют надрез на образцах?

Литература

1. Александров, А.В. Сопротивление материалов / А.В. Александров, В.Д. Потапов, Б.П. Державин ; под ред. А.В. Александрова. – М. : Высш. шк., 1995. – 560 с.
2. Феодосьев, В.И. Сопротивление материалов / В.И. Феодосьев. – М. : Наука, 1986. – 560 с.
3. Подскребко, М.Д. Сопротивление материалов / М.Д. Подскребко. – Минск : Высш. шк., 2007. – 798 с.
4. Дарков, А.В. Сопротивление атериалов / А.В. Дарков, Г.Д. Шпиро. – М. : Высш. шк., 1989. – 654 с.
5. Щербо, А.Г. Сопротивление материалов : учеб.-метод. комплекс. Ч. 2 / А.Г. Щербо, В.К. Родионов. – Новополец : УО «ПГУ», 2006. – 372 с.

Учебное издание

ПОДДУБНАЯ Мария Андреевна

ИСПЫТАНИЕ НА УДАРНУЮ ВЯЗКОСТЬ

Методические указания
к лабораторной работе по сопротивлению материалов
для студентов технических специальностей

Редактор *Т. А. Дарьянова*

Подписано в печать 04.11.15. Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная.
Ризография. Усл. печ. л. 0,70. Уч.-изд. л. 0,56. Тираж 40 экз. Заказ 1408.

Издатель и полиграфическое исполнение –
учреждение образования «Полоцкий государственный университет».

Свидетельство о государственной регистрации
издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/305 от 22.04.2014.

ЛП № 02330/278 от 08.05.14.

Ул. Блохина, 29, 211440, г. Новополоцк.