

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное бюджетное государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Курганский государственный университет»

**Кафедра «Технология машиностроения,
металлорежущие станки и инструменты»**

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИСПЫТАНИЙ

Методические указания
к выполнению лабораторных работ
для студентов направлений:
151900.62, 150700.62

Часть 2

Курган 2015

Кафедра: «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты».

Дисциплина: «Методы и средства испытаний» (направления 151900.62, 150700.62).

Составила: канд. техн. наук, доцент Л.Н. Тютрина.

Утверждены на заседании кафедры «19» ноября 2015 г.

Рекомендованы методическим советом университета «19» декабря 2014 г.

1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЫ

Технологические пробы – это вид испытаний, выявляющий способность металла воспринимать определенные деформации в условиях, сходных с условиями эксплуатации или металлообработки. Задача технологической пробы – оценить пластичность заготовок и изделий (а не просто металла!) с учетом их конкретных форм и размеров.

Широко распространены следующие технологической пробы: на осадку; на изгиб; на загиб сварного образца; на перегиб листа и ленты; на навивание, скручивание и перегиб проволоки; на сплющивание, загиб, бортование и раздачу труб; испытание на двойной кровельный замок; испытание выдавливанием.

Условия испытаний и условия, в которые попадает металл при обработке или эксплуатации изделия, в значительной мере схожи, хотя абсолютного соответствия нет: процесс моделируется на образцах. Все перечисленные выше технологические пробы определяются соответствующими ГОСТами.

Технологические пробы выполняются, как правило, на универсальном испытательном или технологическом оборудовании (обычно на прессе) с использованием специальных приспособлений. Оценка результатов испытаний производится как внешним осмотром (при котором определяется наличие разрывов, расслоений и трещин), так и по величине разрушающей деформации.

Рассмотрим отдельные виды технологических проб.

1.1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЫ НА ИЗГИБ

Технологические пробы на изгиб регламентирует ГОСТ 14019-68, который распространяется на ленты; полосовой, листовой, сортовой, фасонный и периодический прокат, поковки и отливки.

Схема испытания на изгиб *до заданного угла на двух параллельных опорах* представлена на рисунке 1. Такая схема испытаний широко распространена.

Этот же вид испытаний (*изгиб до заданного угла*) может быть проведен *при помощи оправки, жестко закрепленной в тисках* (рисунок 2).

Испытание на изгиб *до появления первой трещины с фиксацией угла изгиба* проводят аналогично. Угол изгиба измеряют после снятия нагрузки (рисунок 3).

Испытания на изгиб *до параллельности сторон и до соприкосновения сторон* проводят сначала по схеме (рисунок 1) и изгибают на угол α не менее 150° . Догибают образец между двумя параллельными плоскостями (рисунок 4).

Испытания проводят в холодном состоянии (т.е. при нормальной температуре), при необходимости нагревают.

Скорость нагружения определяется скоростью оправки и должна быть не более 15 мм/мин.

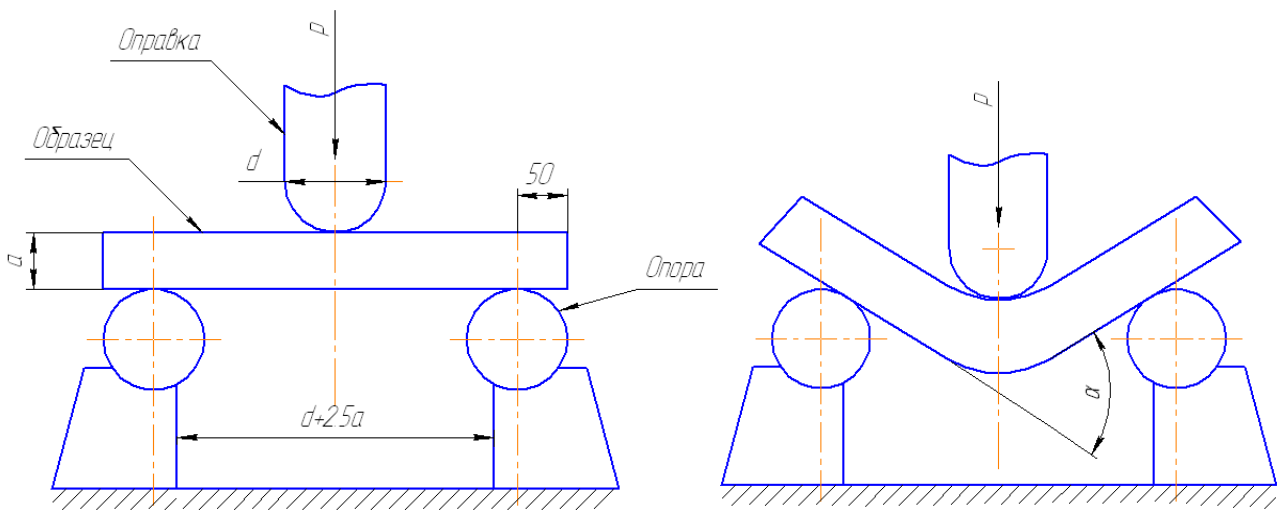


Рисунок 1– Испытание на изгиб

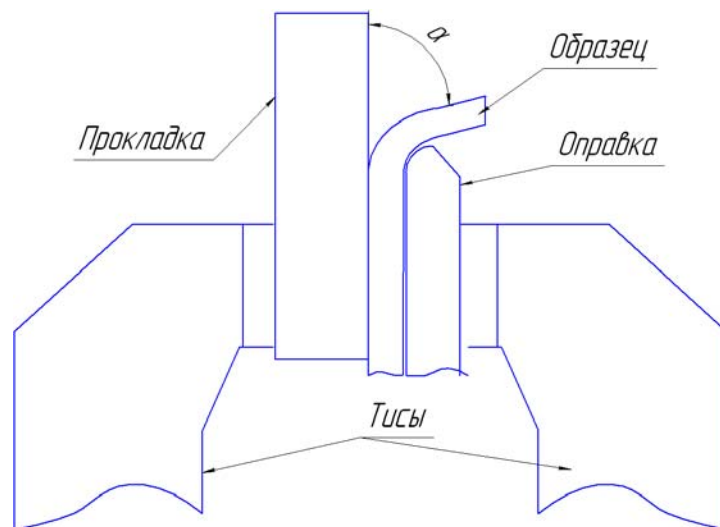


Рисунок 2 – Испытание на изгиб до заданного угла

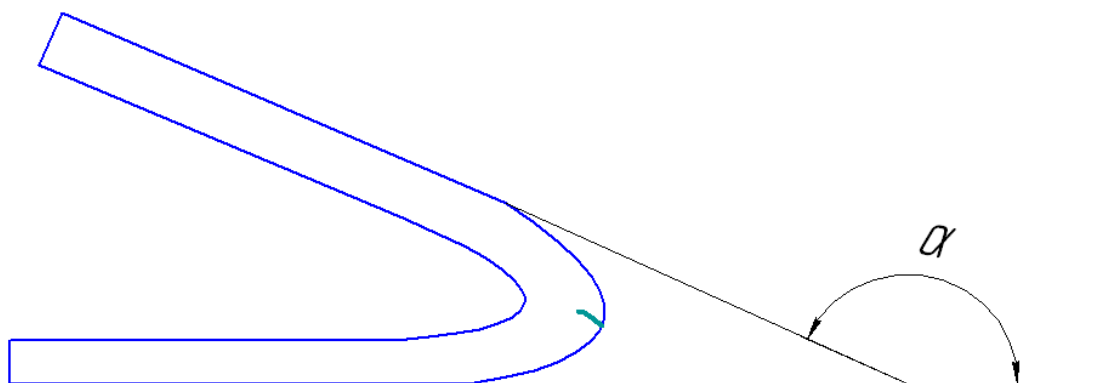


Рисунок 3 – Измерение угла изгиба

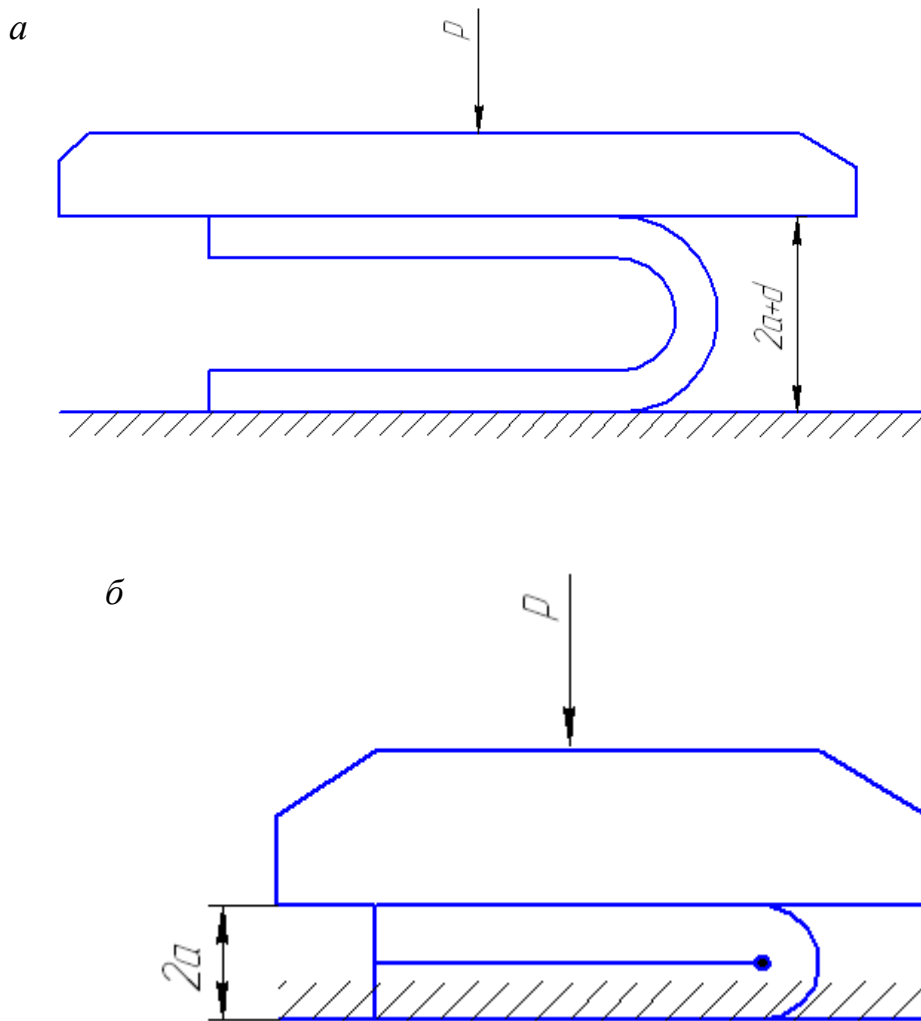


Рисунок 4 – Испытание на изгиб до параллельности сторон (а) и до соприкосновения сторон с образованием так называемой естественной петли (б)

Таким образом, технологические пробы на изгиб проводятся для определения способности металла принимать заданный по форме и размерам загиб. После испытания осматривают образец: нет ли разрывов, расслоения, трещин.

1.2 ПРОБА НА ЗАГИБ ТРУБЫ (проводится в холодном или горячем состоянии)

Проба состоит в плавном загибе образца на машине или вручную с наполнителем (песок, канифоль) или без него. Труба принимает овальность, меняется её проходное сечение. Все это контролируется в ответственных случаях (рисунок 5).

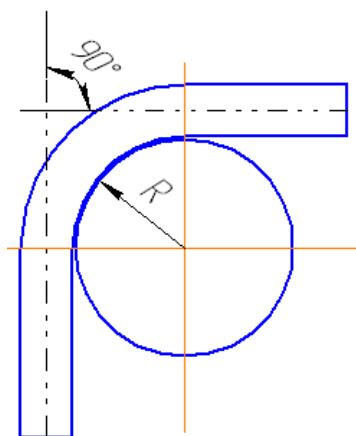


Рисунок 5 – Загиб трубы

Оценка качества: $D'_{\text{нар}} \geq 0,85 D_{\text{нар}}$ исходного.

1.3 ИСПЫТАНИЕ НА ПЕРЕГИБ

Определяют число перегибов до разрушения (рисунок 6). Испытание проводят со скоростью ≈ 60 перегибов в минуту.

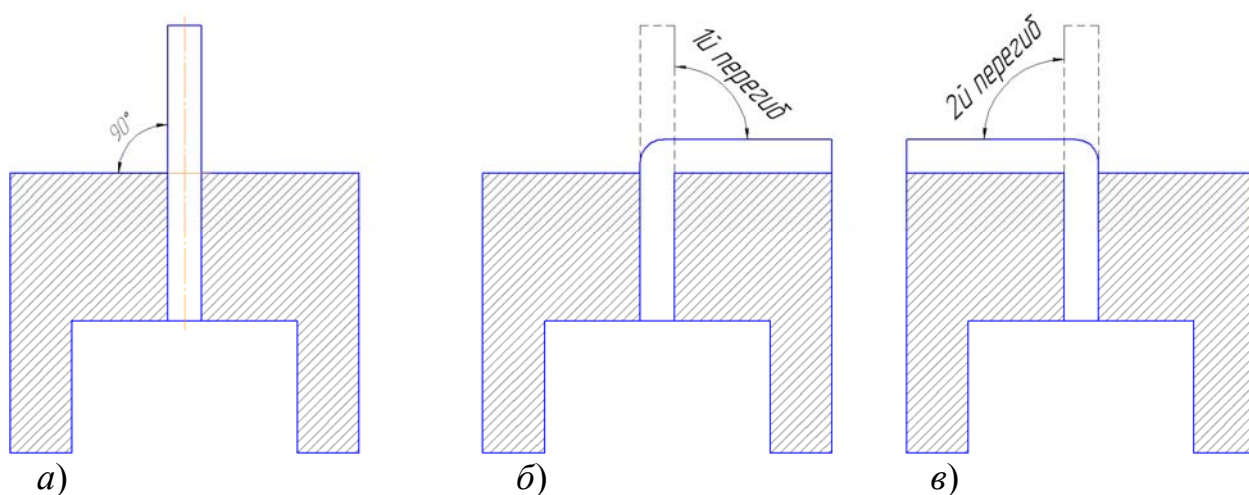


Рисунок 6 – Испытание на перегиб

1.4 ИСПЫТАНИЕ НА ВЫДАВЛИВАНИЕ (ПО ЭРИКСОНУ)

Испытание на выдавливание (по Эриксону) применяется для листовых материалов, идущих на операции штамповки, (т.е. перед запуском в производство материал испытывают на пригодность к штамповке) (рисунок 7).

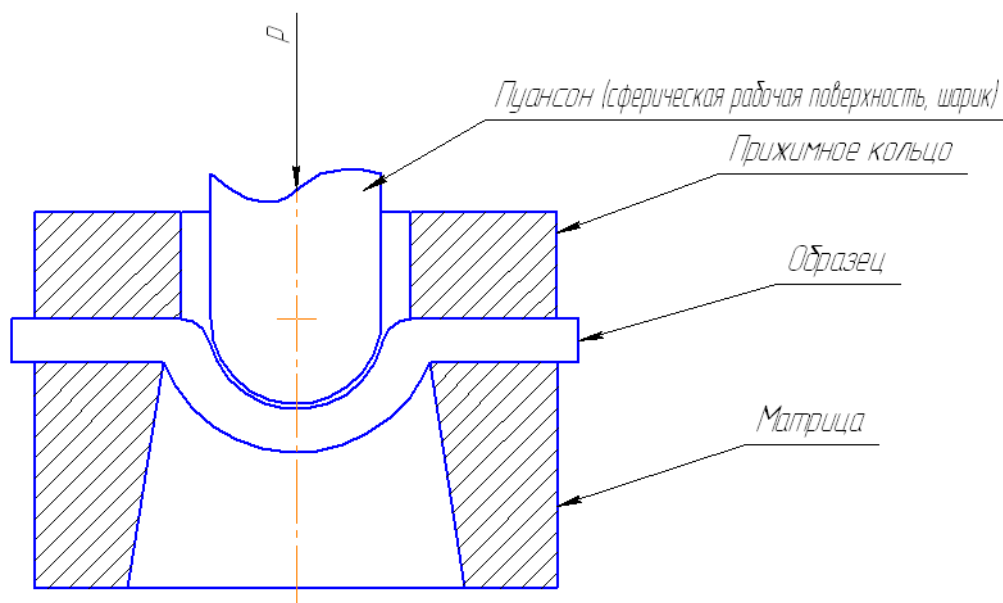


Рисунок 7 – Испытание на выдавливание (по Эриксону)

При помощи пуансона со сферической рабочей поверхностью производится выдавливание образца из листового материала через матрицу. Оценкой штампуемости материала является глубина получаемой лунки до появления трещины или до момента резкого снижения усилия в результате образования трещины.

Регламентируется ГОСТ 10510-80. По результатам судят о пригодности к штамповке.

Рекомендуется, чтобы в металле:

- для вырубki плоских деталей глубина лунки была не менее 6-7 мм;
- для гибки до 90° 7-8мм;
- для неглубокой вытяжки и формовки, гибки до 180° 8-9 мм;
- для глубокой вытяжки 9-10 мм;
- для весьма глубокой вытяжки 10-12 мм.

Контрольные вопросы

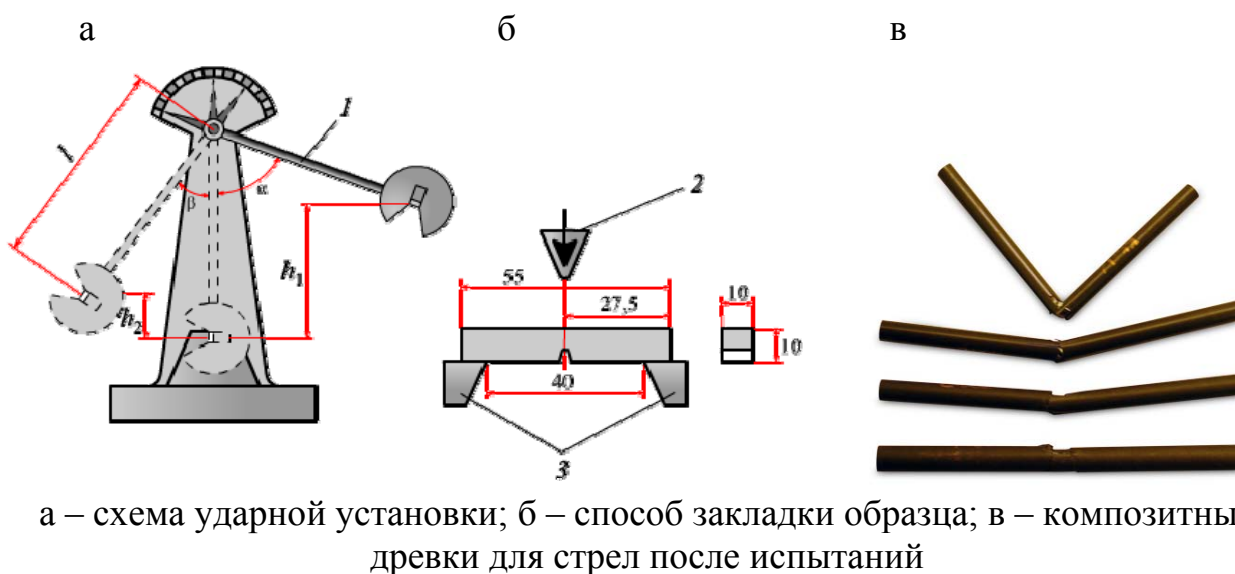
- 1 Что понимается под технологическими пробами?
- 2 Для чего проводят пробы на изгиб?
- 3 Каковы области применения концентраторов различных видов?
- 4 Как устроено приспособление для испытаний на выдавливание?
- 5 Для чего проводят испытания на перегиб?
- 6 Задача технологической пробы?

2 ИСПЫТАНИЕ НА ВОЗДЕЙСТВИЕ КЛАССИЧЕСКОГО УДАРА

Испытания на воздействие классического удара проводят для элементов, аппаратуры и других электротехнических изделий с целью определения их устойчивости к воздействию одиночных (ГОСТ 28213-89) и многократных (ГОСТ 28215-89) ударных нагрузок. Любое электротехническое оборудование в процессе эксплуатации и транспортирования подвергается воздействию внешних факторов, в том числе ударам, одиночным или многократным, различной природы и уровня воздействия. Испытание на воздействие удара по ГОСТ 28213 обеспечивает удобный метод определения способности образцов выдерживать воздействие одиночного удара. Для повторяющихся ударов испытание следует проводить согласно ГОСТ 28215-89.

Целью испытаний по ГОСТ 28213-89 и ГОСТ 28215-89 является определение механических дефектов и (или) ухудшения заданных характеристик, а также использование этой информации вместе с требованиями нормативно-технической документации для определения конструктивной прочности образцов или как средство контроля их качества.

В зависимости от сложности испытаний, воздействие на образец ударной нагрузки может осуществляться с помощью ударной установки (рисунок 8), на электродинамическом вибростенде, методом свободного падения и др. На ударных установках параметры удара контролируются по показаниям датчика силы. При проведении испытаний на электродинамических вибростендах по показаниям акселерометра контролируется воспроизводимое ускорение и строится график зависимости ускорения от времени для получения реальной формы импульса. Критерием попадания формы импульса в заданный допуск может служить соответствие значения виброскорости, полученного путем интегрирования кривой ускорение-время. При испытании образца методом свободного падения изменение скорости определяется высотой падения и отскока, при этом образец испытывает постоянное ускорение.



а – схема ударной установки; б – способ закладки образца; в – композитные дровки для стрел после испытаний

Рисунок 8 – Испытание на воздействие классического удара

Степень жесткости и форма ударного импульса, воздействующего на образец, по возможности должны определяться внешними условиями, которым образец подвергается в процессе эксплуатации и транспортирования. Но, поскольку образцы зачастую подвергаются ударам различной амплитуды, имеющих сложный и случайный характер, целью испытания не является точное воспроизведение этих воздействий. Параметры испытаний стандартизованы, а допуски выбраны таким образом, чтобы можно было получить аналогичные результаты при проведении испытаний в различных лабораториях различным обслуживающим персоналом. Стандартизация значений параметров позволяет группировать изделия по категориям в соответствии с их способностью выдерживать определенные степени жесткости.

Определения:

- степень жесткости удара – комбинация пикового ускорения и длительности импульса;
- степень жесткости многократных ударов – сочетание пикового ускорения, длительности импульса и количества ударов;
- форма импульса – временная зависимость номинального ускорения, воспроизводимого установкой и воздействующего на образец;
- изменение скорости (импульса ударного ускорения) – абсолютное значение мгновенного приращения скорости во времени от приложенного ускорения.

При проведении испытаний на воздействие одиночных ударов необходимо выбрать форму (полусинусоидальный, трапецеидальный или пилообразный), амплитуду и длительность импульса. Изменение скорости должно находиться в пределах 15% номинального импульса.

Испытания на воздействие многократных ударов проводятся воздействием полусинусоидальных импульсов определенной амплитуды, длительности и частоты следования. Изменение скорости должно находиться в пределах 20% номинального импульса, а ускорение образца в направлении, перпендикулярном воздействию, не должно превышать 30% ускорения в заданном направлении. При проведении испытаний на удар образец всегда крепят к крепежному приспособлению или вибрационному столу испытательной установки. При проведении испытаний на воздействие одиночного удара в каждом направлении по трем взаимно перпендикулярным осям образца должно быть приложено три последовательных удара, т.е. общее число ударов – 18. При проведении испытаний образцов типа «элемент» на воздействие многократных ударов заданное число ударов должно быть приложено в каждом направлении по трем взаимно перпендикулярным осям образца.

При проведении испытаний аппаратуры на воздействие многократных ударов заданное число ударов должно быть приложено в каждом направлении по трем взаимно перпендикулярным осям образца. Если положение образца при монтаже или транспортировании известно и если при монтаже наиболее сильные удары воздействуют в одном направлении, то допускается прикладывать заданное количество ударов только в этом положении образца или направлении. Современные стенды ударного типа дают возможность произвести:

- анализ показателей стойкости оборудования и сооружений перед одиночными ударами разной силы;
- определение уровня устойчивости перед многократным воздействием ударного типа на объекты разного типа и габаритов;
- объективную оценку общей ударопрочности элемента в условиях, максимально приближенных к реальной эксплуатации.

Процедура измерения показателей ударной устойчивости происходит в несколько этапов:

- производится анализ технической документации на изделие, разрабатывается методика испытаний с учетом требований ГОСТов;
- объект устанавливают на специальный ударный стенд и тщательно закрепляют;
- с помощью механического типа действия стенд производит одиночный или многократные удары по конструкции или оборудованию;
- после проведения серии разных по длительности, силе и периодичности ударов объект изучается на работоспособность и визуальные изменения;
- все данные тщательно изучаются и фиксируются в отдельных протоколах и отчетах.

Контрольные вопросы

- 1 Что понимается под испытаниями на воздействие классического удара?
- 2 Какова цель испытаний на воздействие многократного воздействия ударного типа?
- 3 Что стандартизовано при проведении испытаний на воздействие удара?
- 4 Как устроена ударная установка?
- 5 Как выбирают образцы для испытаний?
- 6 Что такое ударопрочность, удароустойчивость?

3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДАРНОЙ ВЯЗКОСТИ

Цель работы: ознакомиться с методом определения ударной вязкости стали и чугуна при испытании стандартных образцов на маятниковом копре.

Механические характеристики материала в значительной мере зависят от скорости приложения нагрузки. Характеристики, полученные при статических испытаниях, не могут служить для оценки способности материала сопротивляться ударной нагрузке. Чтобы оценить способность различных материалов переносить ударную нагрузку и выявить их склонность к хрупкому разрушению, применяют испытание материалов при ударной нагрузке, т. е. проводят испытание на ударную вязкость и определяют характеристику вязкости материала.

Под ударной вязкостью следует понимать работу, затраченную на разрушение образца и отнесенную к начальной площади поперечного сечения этого образца в месте концентратора. Метод испытания основан на разрушении об-

разца с концентратором посередине одним ударом маятнкового копра (рисунок 9). Концы образца располагают на опорах (рисунок 10).

Величина ударной вязкости зависит от материала образца, от его размеров и формы, а также от формы ударяемого тела. Поэтому испытание необходимо проводить в строгом соответствии с требованием стандартов в отношении формы, размеров образца и при соблюдении условий приложения ударной нагрузки для получения сравнимых результатов для данного материала.

В зависимости от вида концентратора на образце (рисунок 11) ударную вязкость различают и обозначают:

КСУ – ударная вязкость, определенная на образце с концентратором вида U (рисунок 11 а) при комнатной температуре, максимальная энергия удара маятника 300 Дж (30 кгс·м), глубина концентратора 2 мм, ширина образца 10 мм. Образцы с концентратором U применяются в общем машиностроении, когда не оговорены другие виды концентраторов.

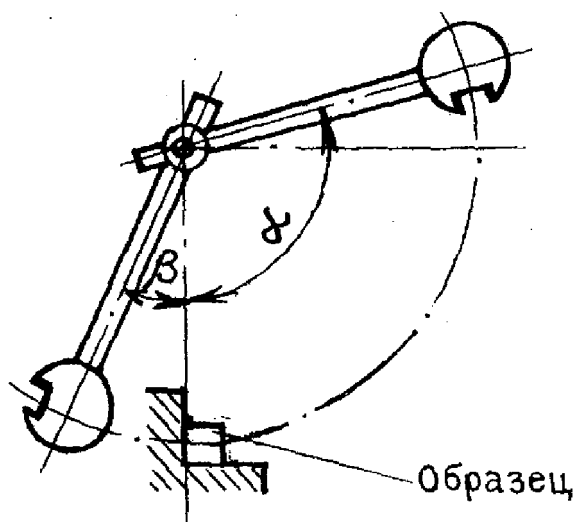


Рисунок 9 – Маятниковый копр и схема испытаний

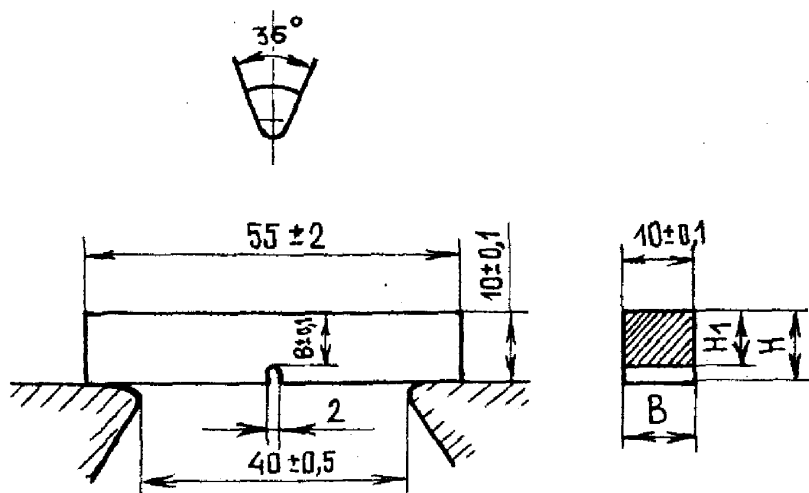


Рисунок 10 – Схема установки образца

КСV – ударная вязкость, определенная на образце с концентратором вида V (рисунок 11 б) при комнатной температуре, максимальная энергия удара маятника 300 Дж, глубина концентратора 2 мм, ширина образца 10 мм. Образцы с концентратором вида V применяются при контроле металлов и сплавов для конструкций повышенной степени надежности (летательные аппараты, транспортные средства, трубопроводы, сосуды давления и т. п.).

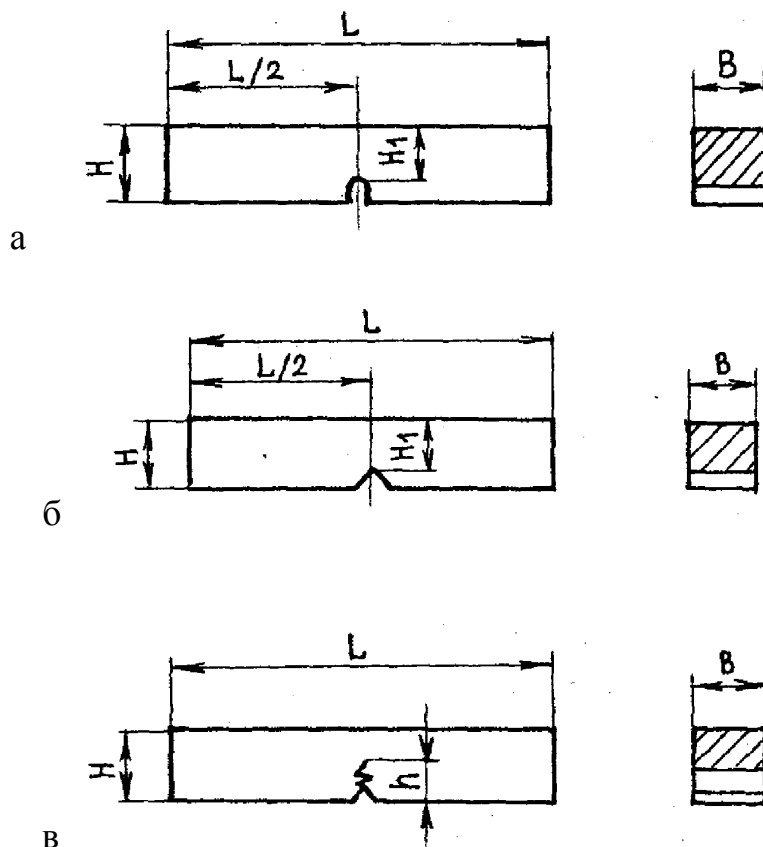


Рисунок 11 – Образцы с надрезом вида U (а), вида V (б), вида T (в)

КСТ – ударная вязкость, определенная на образце с концентратором вида T (усталостная трещина) (рисунок 11 в). Образцы с концентратором вида T применяются для контроля металлов и сплавов для особо ответственных конструкций, для эксплуатации которых оценка сопротивления развитию трещины имеет первостепенное значение. Ударная вязкость КСТ определяется также при авариях и разрушениях ответственных конструкций.

Для обозначения ударной вязкости при пониженной и повышенной температурах вводится цифровой индекс, указывающий температуру испытания. Например: КСV⁻⁴⁰ – ударная вязкость, определенная на образце с концентратором вида V при температуре минус 40°С; КСТ⁺¹⁰⁰ – ударная вязкость, определенная на образце с концентратором вида T при температуре плюс 100°С.

В настоящей работе определение ударной вязкости стали и чугуна производится на образцах с концентраторами вида U (КСU) для стального образца (рисунок 12 а) и вида V (КСV) для чугунного образца (рисунок 12 б). Разруше-

ние образцов производится на маятниковом копре с предельной энергией 300 Дж (30 кгс·м). На схеме испытаний (рисунок 9): α – угол взведенного маятника, β – угол взлета маятника после разрушения образца.



а – сталь; б – чугун

Рисунок 12 – Образцы до и после разрушения

При действии ударной нагрузки мгновенно выделяется большое количество энергии. Вязкие стали требуют для разрушения большее количество работы, чем хрупкие, то есть они лучше противостоят ударной нагрузке.

Изучение вязкости материалов имеет большое практическое значение: детали землеройных машин, кузнечных молотов, ткацких станков и других механизмов работают под действием ударной нагрузки. Следовательно, детали этих машин должны изготавливаться из вязких материалов. Стали, применяемые для изготовления деталей, работающих при ударной нагрузке, должны иметь ударную вязкость не менее $8-10 \text{ кгс} \cdot \text{м}/\text{см}^2$.

Ударная вязкость является удельной величиной, так как при её определении берется площадь сечения образца в месте надреза. На самом деле работа, затраченная на деформацию и разрушение образца, поглощается всем объемом материала.

У большинства деформируемых цветных металлов (алюминия, меди и многих их сплавов) не представляется возможным определить ударную вязкость вследствие высокой пластичности этих материалов. Испытания на ударный изгиб надрезанных образцов также не целесообразны в отношении многих литых сплавов (чугунов, литейных магниевых сплавов), которые хрупко разрушаются при обычных статических испытаниях на растяжение. Хотя никакой связи между ударной вязкостью и характеристиками прочности, определяемыми при статических испытаниях на растяжение и изгиб, не существует, у кон-

струкционных сталей с более высокими значениями предела прочности ударная вязкость имеет обычно сниженные значения и наоборот.

Контрольные вопросы

- 1 Что понимается под ударной вязкостью?
- 2 Какова классификация ударной вязкости по виду концентратора на образце?
- 3 Каковы области применения концентраторов различных видов?
- 4 Как устроен маятниковый копер?
- 5 Для чего делают надрез на металлических образцах?
- 6 Что характеризует ударная вязкость у материала?

Список литературы

- 1 Сайт Единой базы ГОСТов. ГОСТ ЭКСПЕРТ, глава 19 «Испытания» <http://gostexpert.ru/oks/19>.
- 2 ГОСТ 14766-69. Машины и приборы для определения механических свойств материалов. Термины и определения.
- 3 ГОСТ 16504-81. Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения.
- 4 Тюленев Л. Н., Шушерин В. В., Кузнецов А. Ю. Методы и средства измерений, испытаний и контроля. Екатеринбург : Редакционно-издательский отдел ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2005. 80 с.

Лариса Николаевна Тютрина

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИСПЫТАНИЙ

Методические указания
к выполнению лабораторных работ
для студентов направлений:
151900.62, 150700.62

Часть 2

Редактор О.Г. Арефьева

Подписано в печать	Формат 60 x 84 1/16	Бумага 65г/м ²
Печать цифровая	Усл.печ.л. 1,0	Уч-изд.л 1,0
Заказ	Тираж 25	Не для продажи

РИЦ Курганского государственного университета.
640000, г. Курган, ул. Советская, 63/4.
Курганский государственный университет.