

ИОНИЗИРУЮЩИЕ РАДИАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ И СРЕДСТВА

Радиационные методы НК основаны на использовании свойства ослабления ядерных излучений при прохождении через контролируемый объект. Интенсивность принятых сигналов зависит от плотности, толщины, наличия трещин, пустот, неоднородностей и т.д.

По виду используемых излучений радиационные методы делятся на рентгеновские, изотопные, α -, β - и γ -методы, нейтронные, электронные, позитронные.

Уже были рассмотрены источники и детекторы излучения, особенности взаимодействия излучения с материалом и принципы построения радиационных приборов. Здесь рассмотрим некоторые приборы и особенности их применения для определения дефектов в контролируемых объектах.

Приборы радиоскопического контроля. В приборах этого типа рентгеновское, γ -излучение или излучение другого вида, прошедшее через контролируемый объект, воспринимается детектором, а затем сигнал преобразуется в видимое световое излучение, воспроизводимое на телевизионных или иных экранах и воспринимаемое глазом оператора.

Рассмотрим *радиоскопический прибор* (рисунок 73) с электроннооптическим усилителем видимого света (ЭОУС).

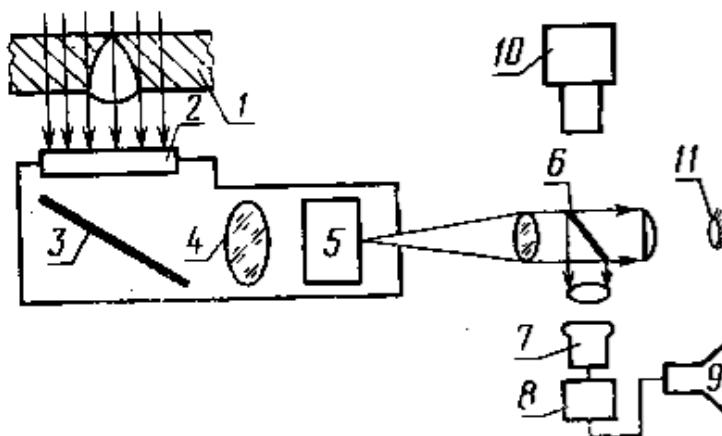


Рисунок 73 - Схема радиоскопического прибора

Применение ЭОУС позволяет усилить яркость изображений, получаемых на сцинтиллятивных или флуороскопических экранах. Световое изображение контролируемого объекта 1, получаемое на сцинтиллятивном экране 2, проектируется на зеркало 3. После этого лучи поступают на линзу 4 и на трехкаскадный ЭОУС 5. Усиленный световой сигнал с экрана ЭОУС поступает на оптическую систему (перекидное зеркало 6, суперортикон 7, экран 8).

блок телевизионного канала 8 и телеконтрольное устройство 9). Оператор может наблюдать изображение дефекта (11 — глаз оператора). С помощью киноаппаратуры 10 можно снять изображение дефекта на пленку.

Радиоскопические приборы применяются для контроля качества литья, сварных соединений, пайки, сборки, а также для контроля состояния машин и механизмов без их разборки. В качестве источников излучения применяют радиоактивные изотопы и бетатроны, а в качестве детекторов — электронно-оптические преобразователи, сцинтилляционные кристаллы и флуороскопические экраны.

Приборы радиометрического контроля. В радиометрических приборах производится измерение ослабленного пучка излучения, прошедшего через контролируемый объект. Интенсивность пучка за объектом измеряют сцинтилляционным, полупроводниковым, газоразрядным счетчиком или ионизационной камерой.

Радиометрические приборы применяются для контроля массовых деталей в процессе производства. Используя измерительные сигналы, выдаваемые этими приборами, для управления процессом контроля, можно осуществить автоматизацию процесса (разбраковку, воздействие на ход технологического процесса и т.д.).

На рисунке 74 приведена схема радиометрического прибора с телевизионной системой, применяемого для автоматического контроля.

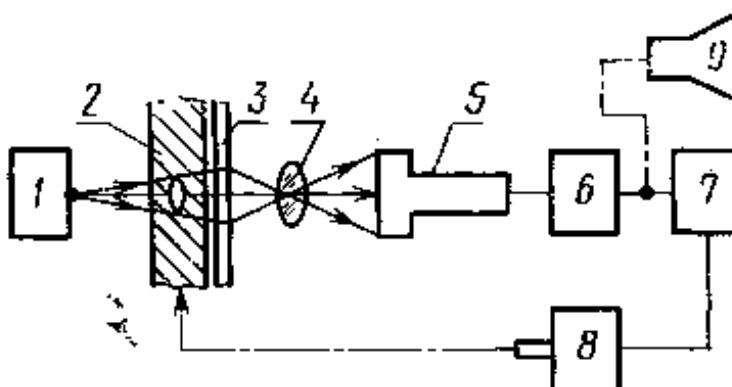


Рисунок 74 - Схема радиометрического прибора

Сигнал источника излучения 1, пройдя контролируемый объект 2, поступает на преобразователь излучения 3. Световой сигнал направляется оптическим устройством 4 на передающую телевизионную трубку 5 и по телевизионному каналу 6 поступает в телеконтрольное устройство Р и в блок обработки видеосигналов 7. В этом блоке вырабатываются команды управления, которые через исполнительное устройство 8 передаются на объект контроля 2. В качестве блока обработки можно использовать быстродействующую мини-ЭВМ, позволяющую вырабатывать сигналы о наличии дефектов, их количестве, характере, размерах и т.д.

11 АКУСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И СРЕДСТВА

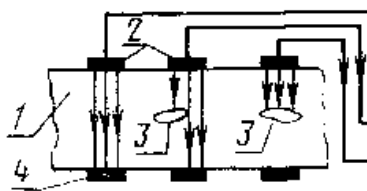
Различают акустические методы НК, основанные на: излучении, прохождении через контролируемый объект и приеме акустических волн; на приеме акустических волн, возникающих в контролируемом объекте.

К первой группе относятся теневые, резонансный, импедансный методы, эхо-метод и метод свободных колебаний.

Ко второй группе относятся методы акустической эмиссии и шумо-вибрационный, основанный на наблюдении спектра частот колебаний работающих механизмов и машин.

Характеристики акустических методов. *Теневой* метод реализуется возбуждением в объекте контроля продольных, сдвиговых, поверхностных или нормальных волн, излучаемых непрерывно или в виде импульсов. При прозвучивании объекта продольными или сдвиговыми волнами излучатели и приемники располагаются по разные стороны объекта соосно (схемы 1 и 2, рисунок 75). Если на пути сигнала встречается дефект, то сигнал искажается или полностью затеняется. При контроле поверхностными или нормальными волнами (схема 3, рисунок 75) излучатели и приемники располагаются на одной стороне изделия.

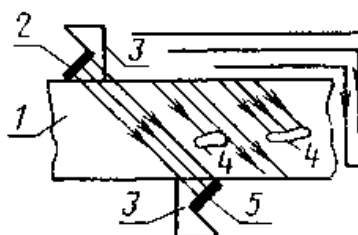
1



Теневой метод с продольными волнами:

1 — объект контроля; 2 - излучатель; 3 — дефект; 4 — приемник; 5 — экран ЭЛТ; 6 - начальный импульс; 7 — импульс, свидетельствующий с наличии или отсутствии дефекта

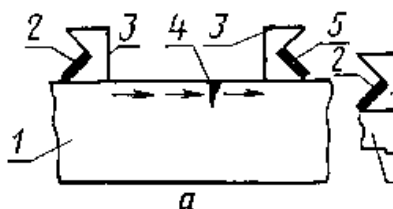
2



Теневой метод со сдвиговыми волнами:

1 - объект контроля; 2 — излучатель; 3 -призма; 4 — дефект; 5 — приемник; 6 — экран ЭЛТ; 7 — начальный импульс; 8—импульс, свидетельствующий о наличии или отсутствия дефекта

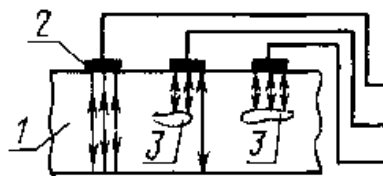
3



Теневой метод:

а — с поверхностными волнами; б - с нормальными волнами; 1 — объект контроля; 2 — излучатель; 3 — призма; 4 — дефект; 5 — приемник

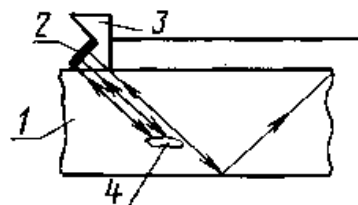
4



Эхо-метод с продольными волнами:

1 — объект контроля; 2 — излучатель-приемник; 3— дефект; 4—начальный импульс; 5 - импульс от дефекта; 6 - импульс от поверхности

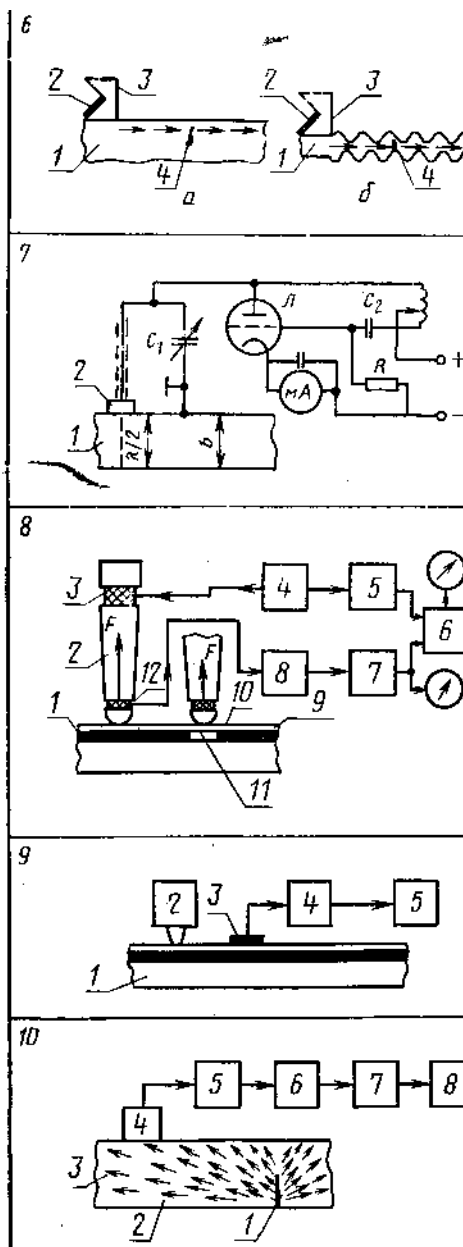
5



Эхо - метод со сдвиговыми волнами:

1 — объект контроля; 2 — излучатель-приемник; 3 — призма; 4 — дефект; 5 — экран ЭЛТ; 6 — начальный импульс; 7 —импульс от дефекта

Рисвнок 75



Эхо-метод:

а — с поверхностными волнами; б — с нормальными волнами;

1 — объект контроля; 2 — излучатель-приемник; 3 — призма; 4 — дефект

Резонансный метод:

1 — объект контроля; 2 — излучатель-приемник; Л — лампа, на которой собран автогенератор; С, и λ ; — колебательный контур; мА — миллиамперметр

Импедансный метод:

1 — объект контроля; 2 — стержень; 3 и 12 — излучающий и силоизмерительный пьезоэлементы; 4 — генератор; 5 — усилитель с фазовращателем; 6 — измеритель фазы; 7 — детектор амплитудного канала; 8 — усилитель; 9 — клееное соединение; 10 — обшивка; 11 — дефект; ϕ — фаза; А — амплитуда

Метод свободных колебаний:

1 — объект контроля; 2 — электромагнит; 3 — пьезоэлемент-приемник; 4 — усилитель; 5 — индикатор

Метод акустической эмиссии:

1 — трещина; 2 — волны эмиссии; 3 — объект контроля; 4 — приемник; 5 — предусилитель; 6 — фильтр; 7 — усилитель; 8 — записывающий прибор

Продолжение рисунка 75

В качестве измерительного сигнала используют амплитуду акустической волны, прошедшей через контролируемый объект. Иногда вместо амплитуды регистрируют фазу или время прохождения. Воспроизведение сигналов осуществляется на экране ЭЛТ, бумажной или магнитной ленте. Ослабление принимаемого сигнала является признаком наличия дефекта. Для количественной оценки дефекта вводится коэффициент. Коэффициент меняется от 0 до 1, и по нему можно судить об эквивалентных размерах дефекта.

При применении теневых методов возникают помехи, обусловленные: нарушением акустического контакта между излучателем или приемником и поверхностью контролируемого изделия; изменением отражающих свойств данной поверхности; изменением затухания звука из-за структурных неоднородностей материала изделия; непараллельностью и поперечным

смещением контактных поверхностей излучателя и приемника. Теневые методы применяются для контроля тонких прокатных листов, резиновых изделий, для исследования упругих свойств бетона, стекловолокна и др.

В *эхо-методах* упругие колебания в виде продольных, сдвиговых, нормальных или поверхностных волн вводят в объект с одной стороны (схемы 4, 5, 6, рисунок 75) посредством совмещенного излучателя-приемника. В объект посылаются зондирующие импульсы один за другим через определенные промежутки времени. Импульсы, пройдя через объект, отражаются от противоположной стороны или от дефекта, и возвращаясь, частично воспринимаются излучателем-приемником. При наличии дефекта (схема 4) импульс отражается от него раньше, чем от данной поверхности объекта. В результате между излученным 4 и отраженным от поверхности 6 импульсами появится импульс 5, отраженный от дефекта 3.

При прозвучивании объектов поверхностными и нормальными волнами (схема 6, рисунок 75) осциллограммы исходных и отраженных сигналов будут такими же, как на схеме 4. Если объект прозвучивается сдвиговыми волнами, то при отсутствии дефекта сигнал к излучателю-приемнику может не возвратиться (схема 5, рисунок 75). При наличии дефекта 4 отраженный сигнал дает выброс 7, характеризующий размеры и местоположение дефекта.

Эхо-методы находят широкое применение при контроле сварных соединений, отливок, поковок, штампованных и прокатных изделий, для которых имеется только односторонний доступ.

При контроле *резонансным методом* в объектах постоянной толщины b (листах, трубах, резервуарах) устанавливаются стоячие волны, причем длина основной волны λ связана с толщиной. Резонансные явления, соответствующие появлению стоячих волн, характеризуются возрастанием тока автогенератора (схема 7), питающего излучатель, что может быть отмечено по миллиамперметру мА. Принцип работы прибора, построенного на резонансном методе, состоит в следующем. Излучающий элемент 1, прижатый к изделию 2, через тонкий слой минерального масла, применяемого для лучшего контакта, посылает сигнал в изделие. Пьезоэлемент излучателя возбуждается автогенератором, собранным на лампе Л. Частота колебаний автогенератора определяется емкостью конденсатора С1 и индуктивным сопротивлением отрезка длинной линии, образованной размером b . Частота автогенератора посредством конденсатора переменной емкости изменяется до тех пор, пока не наступает резонанс. Условие резонанса, т.е. условие установления стоячей волны, определяется параллельностью отражающей поверхности и наличием дефектов. Если нарушается параллельность или появляется дефект, то условия возникновения резонанса нарушаются, что отличается по уменьшению силы тока.

При непосредственном контакте излучателя с контролируемым объектом возникают трудности в организации непрерывного контроля в технологическом процессе, например, при прокатке. Поэтому передачу акустического сигнала на объект осуществляют через жидкость,

окружающую объект. Толщина жидкого слоя при этом бывает во много раз больше толщины изделия. Способ контроля, при котором передача акустического сигнала на изделие производится через жидкость.

Резонансный метод находит применение при контроле толщины листов, стенок труб, сплошности изделий и др.

В *импендансном методе* контролем признаком дефекта служит изменение механического импенданса (сопротивления) контролируемого объекта в зоне его касания с преобразователем излучателя, возбуждающим в объекте колебания звуковых частот.

Преобразователь излучателя импендансного прибора (схема 8, рисунок 75) представляет собой стержень 2, на торцах которого размещены излучающий 3 и силоизмерительный 12 пьезоэлементы. Между контролируемым изделием 1 и пьезоэлементом 12 находится контактный наконечник со сферической поверхностью. Напряжение на пьезоэлемент 3 подается от генератора синусоидальных колебаний 4, а сигнал с измерительного пьезоэлемента 12 поступает на усилитель 8. В детекторе 7 формируется сигнал амплитуды импенданса, а в усилителе 5 с фазовращателем формируется сигнал фазы начального импульса. После сравнения фазы этого сигнала в измерителе 6 с фазой измеренного сигнала получают фазовый угол ϕ импенданса. Таким образом, определив $|Z_M|$ и ϕ , можно составить представления о свойствах контролируемого объекта.

Импендансный метод применяется при контроле следующих конструкций: клееных, паянных, с периодической структурой (сотовые конструкции), многослойных и др.

Метод свободных колебаний (схема 9, рисунок 75) является усовершенствованным вариантом известного метода простукивания. При этом вместо прослушивания звука, издаваемого изделием, записывают и анализируют этот сигнал. Для возбуждения собственных колебаний объекта 1 наносят кратковременные удары с помощью электромагнита 2. Спектр собственных колебаний объекта записывается контактным пьезоэлементом (акселерометром) 3 или микрофоном, который не приводится в контакт с объектом. Сигналы свободных колебаний усиливаются в усилителе 4 и записываются в индикаторе 5. Прибор обычно настраивается (посредством регулировки усилителя 4) на такую частоту, чтобы в зонах отсутствия дефекта уровень выходного сигнала был небольшим, а на дефектных участках — резко увеличивался.

Контроль изделий по методу свободных колебаний осуществляется при одностороннем доступе без смачивания. Предельная глубина контроля достигает 30 мм.

Метод *акустической эмиссии* (схема 10, рисунок 75) позволяет судить о внутренних напряжениях и деформациях на основе измерения интенсивности упругих волн, генерируемых в изделиях. Причиной возникновения волн эмиссии являются процессы скольжения и разрушения в кристаллах, трения поверхностей разрывов, движения дислокаций и изломов и др.

Картина образования волн эмиссии 2 от трещины 1 показана на схеме 10. Сигналы волн эмиссии воспринимаются пьезоэлементом 4 и усиливаются в предусилителе 5. Для устранения помех применяется фильтр 6. После усиления сигнала в усилителе 7 производится запись сигналов в приборе 8. Для определения местоположения дефектов применяются многоканальные приборы.

Рассмотрим несколько типов дефектоскопов.

Приведенная на рисунке 76 схема импульсного дефектоскопа, включает мультивибратор 4 для запуска генератора импульсов 1 и генератора основной развертки 5. Кратковременные высокочастотные импульсы генератора 1 возбуждают пьезоэлемент 11, прозвучивающий изделие 9. Отраженный от дефекта 10 или данной поверхности изделия сигнал поступает на усилитель 2, после чего он подается на горизонтальные пластины ЭЛТ и на селектор сигнализатора дефектов 3. На горизонтальные отклоняющие пластины ЭЛТ 8 синхронно с зондирующими импульсами подается развертывающее напряжение, вырабатываемое генератором 5. Глубиномер 6 служит для определения времени прохождения эхо-сигнала и, следовательно, расстояния до дефекта. Электронная лупа 7 служит для просмотра в увеличенном масштабе контролируемого участка изделия.

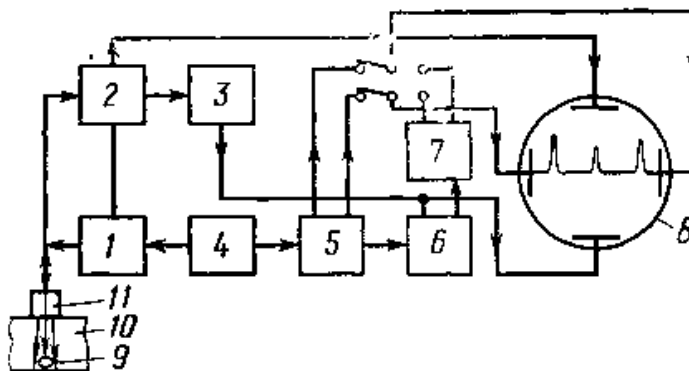


Рисунок 76 – Схема импульсного дефектоскопа

Для контроля клееных и паяных соединений применяется импедансный дефектоскоп (рисунок 77).

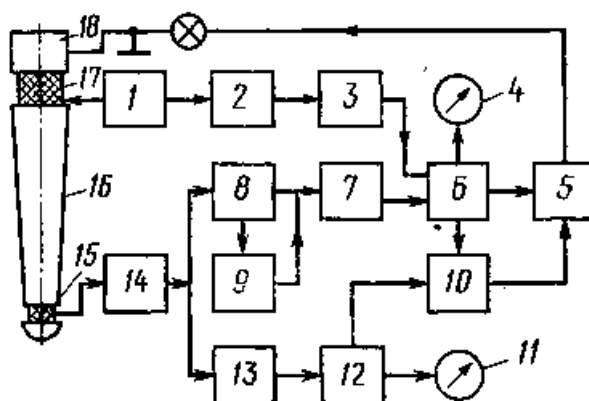


Рисунок 77 – Схема импедансного дефектоскопа

Генератор 1 синусоидальных колебаний возбуждает пьезоэлемент 17 и одновременно подает сигнал на фазовращатель 2 и усилитель-ограничитель 3, с которого снимается сигнал постоянной амплитуды. Реакция контролируемого изделия на искатель 16 оценивается сигналом, снимаемым с силоизмерительного элемента 15. Этот сигнал подается на избирательный усилитель 14, настроенный на частоту генератора 1, а затем поступает в два канала — амплитудный (усилитель 13, детектор 12 и указатель 11) и фазовый (усилитель 8 с автоматической регулировкой усиления 9, усилитель-ограничитель 7, фазовращатель 6, указатель фазы 4). В устройстве 10 — формируется управляющий сигнал, подаваемый в выходное устройство 5, которое управляет запуском прибора и самописцем 18. Рассматриваемые импедансные дефектоскопы применяются для контроля качества соединений в конструкциях на глубине до 2,5 мм для алюминия и до 1,6 мм для стали. Импедансные приборы применяются также в качестве толщиномеров.

Для измерения толщины изделий (листов, стенок, труб и др.) применяются контактные резонансные приборы (рисунок 78)

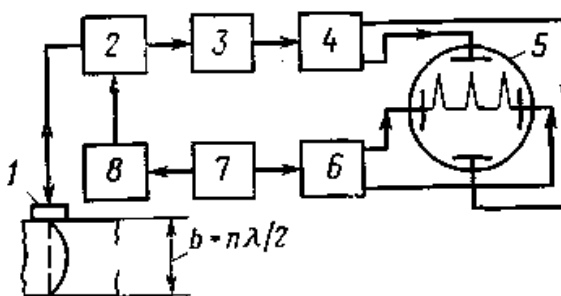


Рисунок 78 – Схема контактного резонансного толщиномера

Искатель 1 возбуждается генератором 2 переменной частоты, изменяемой модулятором 8. Последний работает от задающего генератора 7. Искатель контактирует с изделием через тонкий слой масла. Пьезоэлемент искателя включен в колебательный контур генератора 2; момент возникновения резонанса фиксируется по резкому изменению постоянной составляющей анодного тока генератора. Резкие изменения анодного тока, характеризующие наличие резонанса, отфильтровываются от медленных изменений в фильтре 3 и усиливаются в усилителе 4. После этого сигналы поступают на пластины ЭЛТ 5. Сигналы на блок развертки 6 поступают с задающего генератора 7. Горизонтальная линия развертки на ЭЛТ является линией частот, а выбросы на ней — резонансные пики.

Ультразвуковые приборы применяются не только для выявления дефектов и определения линейных размеров. Они также используются для

исследования структуры материалов и определения физико-механических характеристик (модули упругости, твердость и др.).

12 МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ

Пластичность металлов

Пластичность – это свойство твердых тел под воздействием внешних сил изменять, не разрушаясь, свою форму и размеры и сохранять пластические деформации после устранения этих сил.

Отсутствие или малое значение пластичности называется хрупкостью.

Пластичность характеризуют относительное удлинение δ и относительное сужение φ (поперечное сужение).

Удлинение оценивается по увеличению длины образца при растяжении.

Обычно определяется относительное удлинение после разрыва $(l_k - l_0)100\%$.

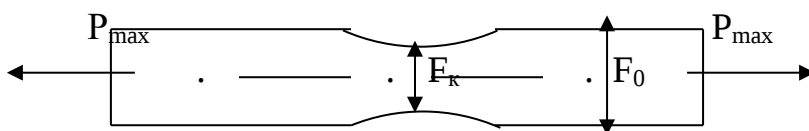
$\overline{l_0}$

Относительное сужение после разрыва

$$\varphi = F_0 - F_k / F_0,$$

где F_k – min площадь поперечного сечения образца после разрыва.

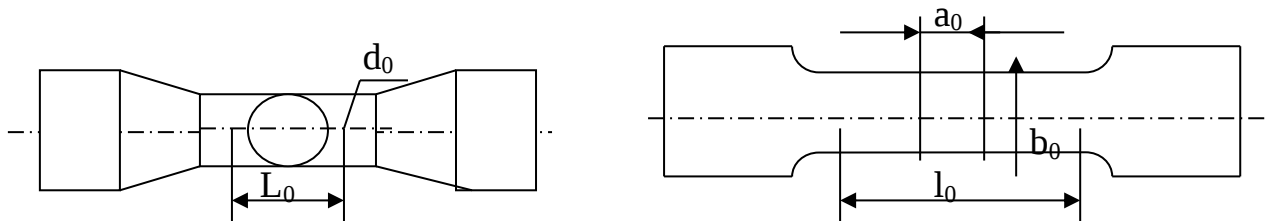
На практике используют полное относительное сужение, (от начала нагружения до полного разрушения).



Статистические испытания

Испытания на растяжение.

Образцы имеют вид:



Образцы с площадью поперечного сечения $3,14 \text{ мм}^2$ ($d_0=20\text{мм}$) называются нормальными.

Для них $l_0=200\text{мм}$ – для длинных $l_0/d_0=10$;

$l_0=100\text{мм}$ – для коротких $l_0/d_0=5$.

Начальную расчетную длину (l_0) ограничивают кернами, рисками или другими метками с точностью до 1%.

Измерения размеров F_0 до испытания не менее $3x$. F_0 – по наименьшим из полученных размеров.

В качестве испытательных машин применяют разрывные и универсальные испытательные машины различных систем при условии их соответствия ГОСТ 7855-80.

Машины состоят из механизмов нагружения образца, передачи растягивающей силы, центровки образца, измерения растягивающего усилия, имеют прибор, записывающий диаграмму растяжения, т.е. график зависимости между силой P и относительным удлинением образца E .

Машины бывают с механическим приводом (рисунок 79) и гидравлическим.

Обычно с вертикальным расположением образца применяются захваты для передачи усилия на образец и самоцентрирующиеся шаровые опоры для обеспечения соосности образца и силы P .

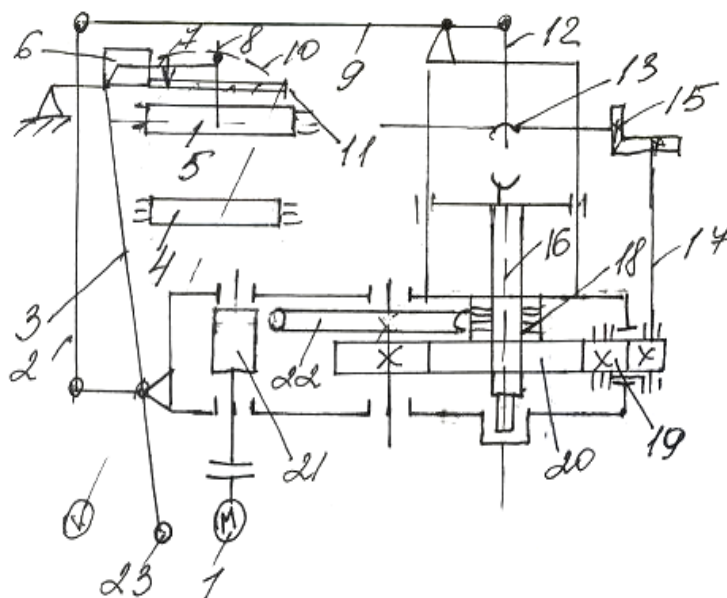


Рисунок 79 - Принципиальная схема разрывной машины с механическим приводом и рычажным силоизмерителем ИМ-4Р

Нагружение образца в захватах 13 и 14, производится перемещением тягового винта 16 через систему передач 21,22,20,18 от эл. мотора 1.

Усилие растяжения определяется по шкале 11 по положению поводка 3 маятника 23, соединенного системой тяг и рычагов 2,9,12 с захватом 13.

Поводок 3 перемещается по дуге 10 вдоль шкалы 11 каретку 6 со стрелкой 7 и с пером 8 регистрирующим усилие на миллиметровке, натянутой на барабанах 4 и 5. Барабан 5 получает через систему передач 19,17 и 15 угловое перемещение, пропорциональное удлинению образца. Вычерчивается кривая растяжения в масштабе:

по деформациям $1\text{мм}=0,01\text{мм}$ удлинения образца.

по усилиям $1\text{мм}=10\text{кгс}$ (98Н) или 5кгс (49Н).

В этой схеме усилия измеряют уравниванием приложенной силы маятниковым рычагом (23), меняющим угол наклона при изменении

величины силы. В других схемах – с помощью подвижных грузов, по манометру (в гидравлических), торсионным силоизмерителем с помощью пружины работающей на кручение, и тензорезисторными датчиками, преобразующими измеряемое усилие в электрический сигнал.

Разрывные испытательные машины Р-10, Р-20, Р-50, Р-100 работают от гидропривода (рисунок 80). Можно (использовать) испытывать на сжатие, изгиб, загиб, двойной срез.

Нагружение – перемещением траверсы 2, связанной с помощью тросов 3 и поперечным 4 с гидроцилиндром 5. Усилие определяется по давлению масла в 5 при помощи специального торсионного силоизмерителя 1.

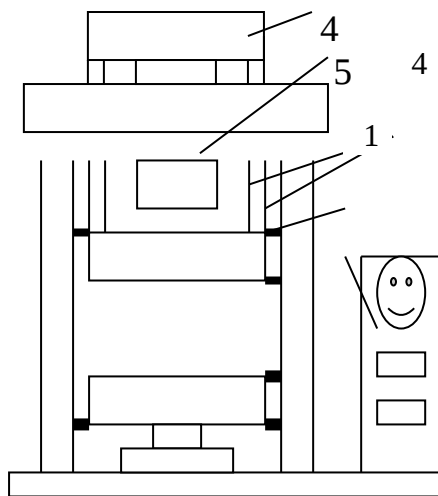
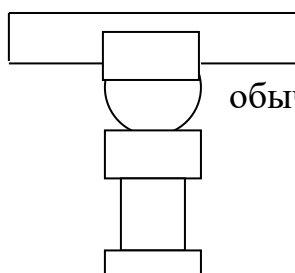


Рисунок 80 – Схема разрывной испытательной машины

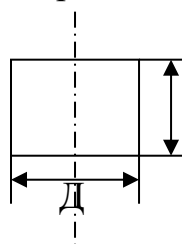
Испытания на сжатие

Для хрупких материалов с малым сопротивлением разрыва.

При сжатии силы, деформирующие образцы, направлены вдоль его оси навстречу друг другу. Для сжатия применяется закон Гука. Испытания проводятся как на специальных машинах (прессах), так и на большинстве разрывных машин с применением специальных приспособлений – реверсов (механизмов обратного действия). Для лучшей центровки образца одну из опор (обычно верхнюю) делают шаровой.



Образцы металлов имеют цилиндрическую форму с отношением высоты к диаметру 1,0/2,0, обычно диаметром от 10 до 25мм и высотой, равной диаметру



Все характеристики прочности и пластичности металла при сжатии имеют те же формулировки что и при растяжении, но: не удлинение, а укорочение, не сужение, а увеличение поперечного сечения.

Торцовые поверхности – шлифованы ($F_{трень}$). Уменьшение трения на торцах образцов изменяет характер разрушения.

Испытание на изгиб

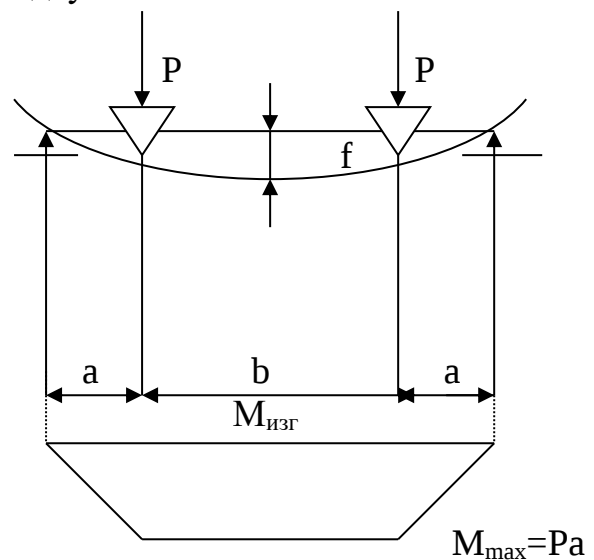
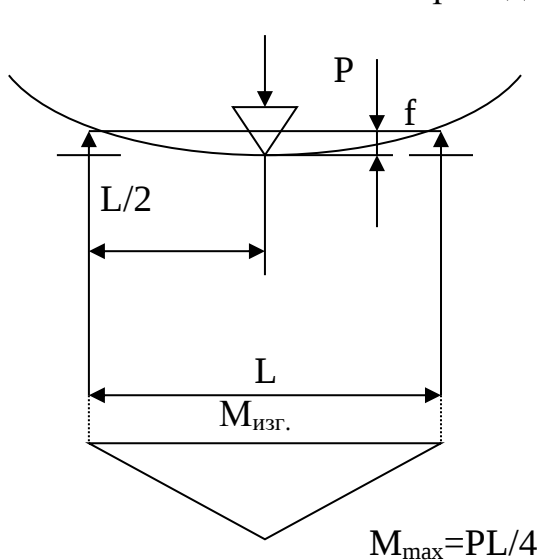


Изгиб- вид деформации, характеризующийся искривлением оси или срединной поверхности деформируемого объекта под действием внешних сил или температуры.

Чаще это испытание проводят для малопластичных материалов.

Образцы - круглого или прямоугольного (квадратного) сечения помещаются концами на две опоры.

Испытание на изгиб проводится по двум схемам:



- 1) Сосредоточенной нагрузкой в середине пролета.
- 2) Двумя равными симметрично расположенными нагрузками f-стрела прогиба.

Предел и прочность при изгибе:

$$\sigma_{изг} = M_{изг} / W,$$

где W-момент сопротивления,

т.е. геометрическая характеристика поперечного сечения бруса, показывающая сопротивляемость бруса изгибу в данном сечении для разной формы сечений момент сопротивления различен.

$$W = \pi d^3 / 32 - \text{ для круглого сечения.}$$

$W=bh^2/6$ - для образцов прямоугольного сечения,

где h - высота бруса.

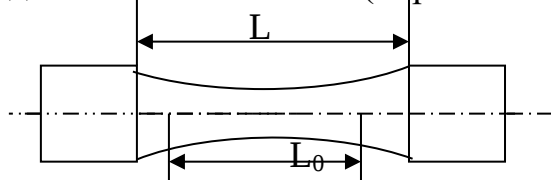
Величина $f_{\text{разр}}$ характеризует пластичность.

Испытание на изгиб проводят почти на всех машинах, пригодных для испытания на сжатие.

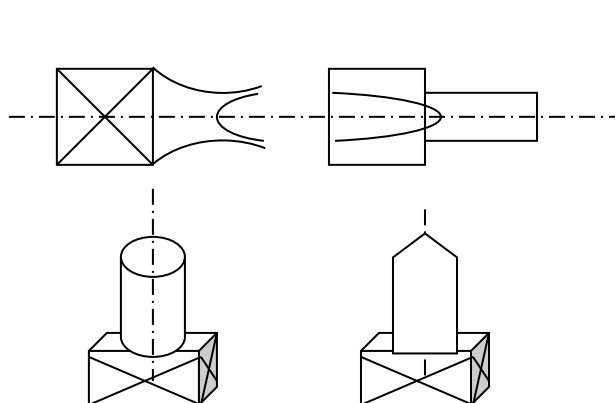
Испытание на кручение проводится под воздействием 2-х пар сил в плоскостях, перпендикулярных оси бруса.

Проводят эти испытания для определения пластичности закаленных сталей, пластичности и вязкости высокопластичных металлов и сплавов, а также при технологических испытаниях (контроль проволоки, наличие микротрещин, способность к обработке давлением и т.д.).

Образцы цилиндрической формы круглого сечения с $\varnothing 10\text{мм}$ и расчетной длиной 100 или 50мм (нормальные), можно трубчатой и другой формы.



R_a для стали с $b < 1570\text{МПа} \cdot 1,25\text{мм}$
 R_a $b > 1570\text{МПа} \cdot 0,32\text{мм}$



На горизонтальных и вертикальных машинах, записывающих кривую деформации образца на миллиметровой бумаге.

срез

отрыв (чугун)

На приборах ТШ (Бринелля) с определением твердости по величине поверхности оставляемого отпечатка шариком. Вдавливание шарика – в течение определенного времени. Диаметр отпечатка определяется специальным отсчетным микроскопом МПБ-2 (луна Бринелля) с ценой деления 0,05мм. Измерение в 2х взаимно перпендикулярных направлениях, вычисляется $d_{\text{ср}}$. По известному $\varnothing$ отпечатка по таблице определяется твердость. Метод Бринелля применяют для испытания материалов небольшой и средней твердости (не более НВИ 50). Определение твердости на приборах типа ТК осуществляется вдавливанием алмазного конуса или стального шарика (метод Роквелла) с определением твердости на глубине получаемого отпечатка.

Вдавливание в 2 этапа: под предварительной нагрузкой P_0 и общей P , которая равна сумме P_0 и основной P_1 .

Испытания на стационарных твердомерах с механическим и электрическим приводом.

Числа твердости по Роквеллу HR определяются по трем шкалам А, С и В (А и С - конус алмазн. но разнонаправлены 150 и 60кт - шк А). По шкале В-нагрузка 100кт и шарик Ø 1,588мм. Числа твердости по разным шкалам можно переводить:

$$HRC=2HRA-104.$$

По шкале А - сверхтвердые сплавы, цементир. изделия.

По шкале С - твердые и термически обработанные стали.

По шкале В - мягкие металлы.

Определение твердости на приборах типа ТП - вдавливанием алмазной пирамиды 136⁰ (метод Виккерса). Мерой твердости служит диагональ отпечатка. Нагрузки от 1 до 120 кгс.

Числа твердости по Виккерсу и Бринеллю до НВИ 50 практически совпадают. Метод дает более точные значения для высокой твердости, пригоден для определения твердо-тонких пластин (0,3-0,5мм).

При обозначении твердости по Виккерсу указывается величина нагрузки. Числа твердости по ВИК переводятся в числа твердости по НВ и HR с помощью специальных таблиц.

Определение микротвердости

Микротвердость - позволяет оценивать свойства отдельных структурных составляющих, очень тонких поверхностных слоев, покрытия, фольги, описных пленок и т.д., а также очень хрупких тел (стекло, эмаль), которые растрескиваются при обычных методах оценки твердости.

Очень малые нагрузки: от 15 до 500 Гс(150...5000Н) и малые размеры отпечатка.

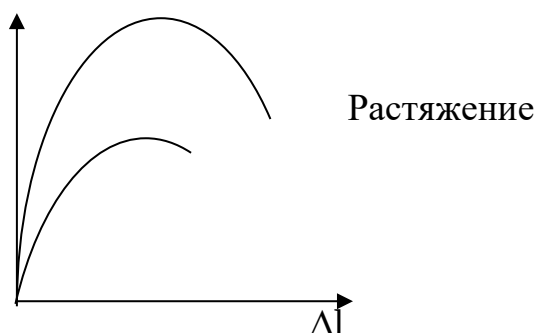
Применяется прибор ПМТ-3 с окулярным микрометром. Вдавливается алмазная пирамида с углом при вершине 136⁰.

Динамические испытания

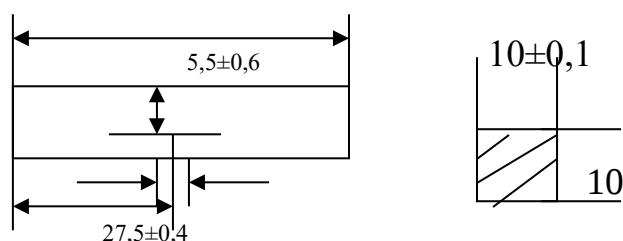
Медленное возрастание нагрузки не всегда соответствует действительным условиям работы деталей в эксплуатации, когда нагрузка возрастает очень быстро.

Если металлы машин, конструкции и т.п. в процессе эксплуатации испытывают ударные нагрузки, то металл для их изготовления, кроме статических испытаний, испытывают также под действием динамических нагрузок (т.к. некоторые металлы, имея высокие показатели статической прочности, разрушаются при малых ударных нагрузках).

Динамическое нагружение вызывает повышение пределов пропорциональности, упругости и текучести.



Из динамических испытаний наибольшее распространение получило испытание на ударный изгиб. Испытания проводятся на образцах стандартной формы, на маятниковых копрах.



Q -вес маятника. $A_1=QH$, где $H=l\cos\alpha_1$, A_1 -запас потенциальной энергии
 A_2 -оставшаяся энергия поднимает маятник на $h=l\cos\alpha_2$. $A_H=A_1-A_2=Q(H-h)$.
 A_H - абсолютная вязкость.

Ударная вязкость характеризуется относительной или удельной вязкостью

$$A_H=A_H/F \text{ кДж/м}^2 \text{ (кгсм/см}^2\text{)}.$$

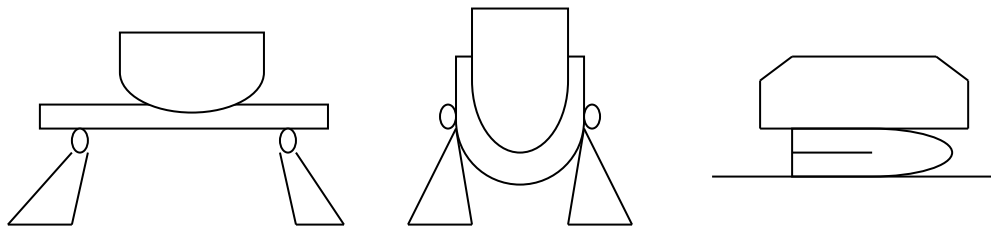
Технологические испытания (пробы)

Эти испытания выполняются простыми способами без тщательного измерения наблюдаемых свойств. Цель - выявление способности металла к деформациям, которым он подвергается при обработке или в работе. Качество определяется по внешнему виду после испытания. К основным видам технологических испытаний относятся: проба на искру, загиб, свариваемость, осадку, перегиб, навивание, выдавливание, обжатие и др.

Проба на искру. Стали разного химического состава при шлифовании их шлифовальным кругом дают различные по форме и окраске снопы искр. Цвет – от ярко белого до темно красного. Чем больше углерода - тем больше светлых звездочек. Хром – в оранжевый цвет, вольфрам – в темно-красный.

При определении состава стали в этом случае пользуются специальными образцовыми эталонами для сравнения характера и окраски искр.

Испытание на загиб - для определения способности металла принимать заданный по форме и размерам загиб. Образцы не должны иметь трещин, надрывов, надломов или расслоений. Толщина не более 30 мм.



На свариваемость - способность металла образовывать сварное соединение по свойствам близкое к свойствам основного металла. Два бруска прочно сваривают и подвергают испытанию на загиб или растяжение, сравнивают с результатами испытаний основного металла. Сопротивление разрыву не менее 80 % цельного образца.

Испытание на осадку – проводится при обработке давлением. В холодном состоянии способность к деформации сжатия соответственно заданной форме и размерам. Цилиндрический образец $h=2d$.

Испытание на перегиб. Определяется способность выдерживать повторные загибы и разгибы в холодном состоянии. Проволока, прутки, полосы

$l=100-50\text{мм}$, $b=20\text{мм}$, $h=5\text{мм}$. Применяется специальный прибор НГ-2 и т.д.

Испытание на износ.

Износ - изменение размеров, формы, массы или состояния поверхности вследствие разрушения поверхностного слоя изделия при трении. Различают: абразивный, кавитационный, контактно-усталостный и др. Различают износ 1-го и 2-го рода в зависимости от вида трения. Износ 1-го рода - (истирание) сопровождается отрывом частиц металла и потерей массы.

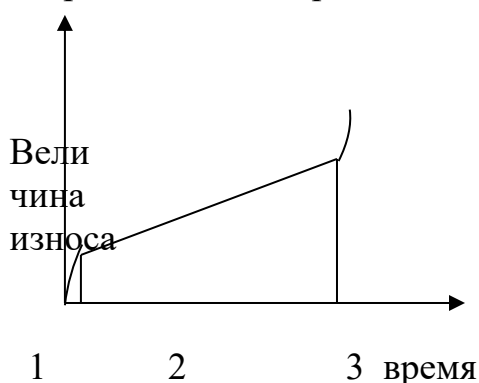
Износ 2-го рода (сжатие) изменяет форму и размеры. Проявляются одновременно.

При трении сопряженных деталей выделяются следующие виды износа: механический (абразивный, пластически деформированный; усталостные разрушения и др.).

молекулярно – механический, характеризуемый проявлением молекулярных сил (схватывание).

коррозионно-механический (окислительный износ), характеризуется химическим взаимодействием металлов со средой или смазкой.

В процессе износа различают 3 периода:

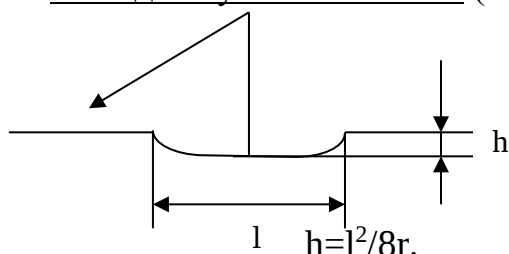


- 1-при работе.
- 2- установившегося износа.
- 3- усиленного износа (катастрофический износ).

Методы испытания. В условиях эксплуатации и лабораторных условиях.

Надежнее – на самой машине, но способ трудоемок (длительность, разборка, низкая точность). Наиболее распространен способ определения износа путем обмена деталей с помощью микрометрических инструментов до и после испытания. Для определения износа используют следующие методы:

Метод искусственных баз (вырезание лунок).



Алмазным резцом вырезается углубление. Измеряется длина лунки l , определяется h ;

По мере износа l будет уменьшаться, а изменение l будет равно линейному износу поверхности в данном месте.

Метод определения железа в масле – по количеству железа попавшего в масло в результате износа.

Химический анализ золы после сжигания пробы масла

«+» - не разбирается механизм.

«-» - нельзя определить износ конкретной детали, только общий.

Радиоактивный метод. Детали сообщается радиоактивность (при выплавке вводят радиоизотопы, облучают в реакторе и др.) продукты износа, попадающие в масло, также будут радиоактивными. По интенсивности излучения их в пробе масла можно судить о количестве радиоактивного вещества, попавшего в масло за определенное время, и о скорости изнашивания детали.

«+» - определяется износ конкретной детали, высокочувствительность метода, наблюдение за износом и запись можно вести непрерывно;

«-» - специальное изготовление или оборудование, защита персонала.

В лабораторных условиях воспроизводится совокупность условий на поверхности трения, наблюдаемых при эксплуатации детали. Производят трение испытуемого и эталонного образца о поверхность, с закрепленной на ней абразивной шкуркой при статической нагрузке и отсутствии нагрева. Полученные результаты сравнивают.

Эталонные образцы: для металлов с твердостью $<HV\ 150$ - технически чистый алюминий в отожженном состоянии для $HV\ 150$ и более – технически чистое железо в отожженном состоянии.

При измерении линейного износа пользуются микрометрами, а весового - аналитическими весами с ценой деления $0,1\text{ мг}$.

Методы и средства измерения динамических величин

Измерения усилия

При создании и эксплуатации современной техники широко используют экспериментальные методы исследования прочности и надежности. Для этих исследований применяют различные приборы для измерения силы, в частности силоизмерительные датчики. Их можно применять также и для управления производственными процессами, связанными с сило - и весоизмерением. Использование датчиков для измерения силы и массы позволяет модернизировать малопроизводительные весовые устройства рычажного типа.

Динамометрические измерения проводятся с помощью аппаратуры, которая по принципу действия подразделяется на 3 основных группы:

- 1) приборы, основанные на уравнивании измеряемой силы силой тяжести;
- 2) приборы, основанные на измерении деформации;
- 3) приборы, основанные на изменении давления.

Приборы 1-й группы - рычажная система, в которой измеряемая сила уравнивается массой гирь (весы, образцовые рычажные динамометры и силоизмерители испытательных машин).

Преимущества: максимальная точность и чувствительность, стабильность характеристик во времени при минимальном уходе, точка приложения силы не перемещается, не влияет температура, не нужны источники энергии, большой диапазон измерений.

«-» - дороговизна, неуниверсальны, невозможность дистанционной передачи показаний, большие габариты.

Динамометрические приборы 2-й группы имеют упругое звено, воспринимающее неизвестную силу, и устройства, преобразующие деформацию упругого звена в показания прибора - наиболее распространены. Использование с ними преобразователей (индуктивных и проволочных) еще более увеличивает универсальность.