

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Донской государственный технический университет

ТЕХНОЛОГИЯ КОНТРОЛЯ И ИСПЫТАНИЙ МАШИН

Учебное пособие для студентов специальности 151001
«Технология машиностроения»

Ростов-на-Дону, 2009

УДК 072

Технология контроля и испытаний машин / М.А.Тамаркин, Г.А. Прокопец, А.А.Прокопец.: Учеб. пособие. Ростов-на-Дону: Издательский центр ДГТУ. 2009.

Излагаются основные методы и средства контроля в машиностроении и его отраслях, даются основы проектирования технологических операций контроля.

Учебное пособие предназначено для студентов, магистров и аспирантов технических вузов, а также для инженеров-технологов специальности 151001 «Технология машиностроения».

Печатается по решению издательского совета Донского государственного технического университета.

Рецензенты: проф., д.т.н. Чукарин А.Н.

© Издательский центр Донского
государственного технического университета, 2009

СОДЕРЖАНИЕ

Введение

- 1 Понятие качества продукции
 - 2 Дефекты деталей машин
 - 3 Правила, методы и средства измерения
 - 3.1 Основные понятия
 - 3.2 Параметры и характеристики средств измерения
 - 3.3 Классификация видов контроля
 - 3.4 Методы измерений
 - 3.5 Нормальные условия выполнения линейных и угловых измерений
 - 3.6 Погрешности измерений
 - 4 Основные методы и средства контроля, типовые схемы контроля
 - 4.1 Контроль геометрических параметров деталей
 - 4.1.1 Контроль линейных размеров деталей
 - 4.1.2 Контроль точности формы и взаимного расположения поверхностей детали
 - 4.2 Контроль шероховатости
 - 4.3 Выявление дефектов поверхностного слоя материала детали. Капиллярный контроль
 - 4.4 Выявление дефектов внутренних объемов материала детали
 - 4.4.1 Магнитный неразрушающий контроль
 - 4.4.2 Вихретоковый неразрушающий контроль
 - 4.4.3 Акустический неразрушающий контроль
 - 4.4.4 Радиационный неразрушающий контроль
 - 4.4.5 Оптический неразрушающий контроль
 - 4.5 Контроль микроструктуры
 - 4.6 Контроль микротвердости
 - 4.7 Контроль остаточных напряжений
 - 4.8 Выявление дефектов сборочного производства
 - 5 Испытания
 - 5.1 Гидравлические и пневматические испытания
 - 5.2 Испытания для определения физико-механических характеристик материала
 - 5.3 Технологические испытания
 - 6 Автоматизация контроля в машиностроении
 - 7 Статистические методы контроля
 - 8 Основы организации технического контроля
- Использованная литература
- Приложения

ВВЕДЕНИЕ

Нас окружает огромное количество машин, которые призваны обеспечить комфортные условия жизни человеку. И их количество с каждым годом увеличивается. Совершенствуются ранее спроектированные и создаются принципиально новые машины, что заставляет изменяться и производственные процессы, возникает новое оборудование, технологии, в том числе и то, которые используются при контроле изделий.

Контроль является неотъемлемой частью любого технологического процесса, он буквально пронизывает все этапы производства изделия, без него не обойтись и при дефектации и ремонте, при отработке технологических процессов и управлении ими. Неправильно выбранные средства и технология контроля могут быть причиной больших материальных потерь, снизить конкурентоспособность предприятия. В то же время необоснованно завышенные точность и объем контроля приводят к увеличению себестоимости изделия.

В связи с этим инженеру-технологу специалисту в области машиностроительного производства в своей практической деятельности приходится принимать решения о выборе методов и средств контроля. Для этого он должен обладать соответствующими знаниями и умениями. С этой целью в программу подготовки специальности 151001 «Технология машиностроения» и был включен учебный курс «Технология контроля и испытаний машин».

1 Понятие качества продукции

Процесс создания машины включает три этапа: проектирование, изготовление и контроль. Все три этапа являются трудоемкими, взаимопроникающими и в комплексе определяют качество будущей машины (продукции машиностроительного производства).

Потребители продукции относят к продукции высокого качества такую, которая более всего отвечает их представлениям о качестве. О качестве той или иной продукции можно говорить только в связи с тем, для каких целей она предназначена. Другими словами, о соответствии свойств предмета его назначению.

Например, крупные специалисты в области исследований и контроля качества Эттингер и Ситтинг (Нидерланды) считают, что качество — это степень соответствия данного продукта требованиям, предъявляемым к этому продукту его назначением.

Любое изделие имеет множество различных свойств. Например, для маленького стального шарика - это масса, объем, форма, цвет, твердость, упругость, электропроводность, коррозионная стойкость, износостойкость и др. Но все ли эти свойства значимы для выполнения им своего служебного назначения? И если внимательно изучить перечень приведенных свойств шарика, то можно заметить, что не все они важны в первую очередь, а некоторые — вообще неважны, например цвет. Если предположить, что шарик предназначен для шарикоподшипника, то его цвет или электропроводность можно не учитывать среди свойств, определяющих качество данного изделия. В список важнейших

свойств, определяющих качество шариков для шарикоподшипников, следует включить точность, твердость, коррозионную стойкость, износостойкость.

В соответствии со стандартом свойство продукции — это ее объективная особенность, которая может проявляться при создании, эксплуатации или потреблении данной продукции. Свойства продукции нужно знать и учитывать на всех стадиях ее жизненного цикла. Например, свойство металлов изменять свои линейные размеры (сжиматься, расширяться) в зависимости от изменений температуры окружающей среды и при изготовлении, и при эксплуатации.

В соответствии с государственным стандартом: «Качество продукции — совокупность свойств продукции, обуславливающих ее пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением». В то же время работники отделов технического контроля предприятий (ОТК) считают качественной продукцией всю годную продукцию своего завода или фабрики. Годной продукцией считается такая продукция, свойства которой соответствуют требованиям чертежей, стандартов, технических условий, технологических документов.

Но если качество продукции — это совокупность определенных свойств, то отличить лучшую продукцию от хорошей, хорошую от плохой можно только по содержанию каждого свойства в этой совокупности, то есть каждое свойство нужно измерить и представить его уровень то ли числом, то ли другой характеристикой. Для определения уровня качества продукции, применяют систему показателей. Показатель качества продукции — это количественная характеристика одного или нескольких свойств продукции, составляющих ее качество.

Существует несколько разновидностей показателей качества продукции. Самый простой — единичный. Единичный показатель качества дает количественную характеристику лишь одного свойства продукции: например, масса машины 1000 кг; ее габаритные размеры 1500x1000x1050 мм. Однако далеко не все свойства, определяющие качество изделий, можно выразить единичными показателями качества, например, удельная трудоемкость, удельная себестоимость — это удельные показатели.

Наиболее общим показателем качества изделия является интегральный показатель качества продукции I - отношение суммарного полезного эффекта от использования продукции (\mathcal{E}) к суммарным затратам на ее создание ($З_c$) и эксплуатацию ($З_э$). Он отражает представление о качестве продукции как экономической категории. Интегральный показатель качества продукции I вычисляют по формуле

$$I = \frac{\mathcal{E}}{З_c + З_э}$$

Уровень качества и технический уровень продукции определяют как относительную характеристику качества продукции, основанную на сравнении и сопоставлении значений показателей качества оцениваемой продукции с соответствующими базовыми значениями. Их определение во многих случаях является сложным, подчас противоречивым процессом. До начала проектирования новой машины создается базовый образец — это чаще всего не натуральная машина из металла и других материалов, а образ машины данного

вида, обладающий необходимой совокупностью базовых показателей современного уровня, которая будет, согласно научным прогнозам, удовлетворять потребителей ближайшие пять лет. Количественные выражения свойств базового образца являются значениями базовых показателей, качества проектируемой машины. Уже на этом этапе закладываются методы и средства контроля будущей машины.

Технический уровень продукции является важнейшей составляющей комплексного понятия «качество продукции». Но не менее важной составляющей является и качество изготовления этой продукции. На стадии изготовления важную роль в обеспечении высокого качества выпускаемой продукции, предупреждении брака играет система технического контроля производства. Контроль и испытания машин являются такими же неотъемлемыми частями процесса создания высококачественных современных машин, как их проектирование и изготовление. Причем объем технического контроля зависит от сложности и точности изделия и может составлять до 50% от трудоемкости изготовления деталей и сборки машины. Контроль может осуществляться на всех этапах изготовления изделия, начиная от входного контроля материалов и заготовок и заканчивая приемочным контролем, регулировкой и испытаниями. В зависимости от применяемых методов и средств операции контроля могут делить технологический процесс изготовления изделия на части, тем самым определяя трудоемкость, а соответственно и себестоимость изделия. Поэтому очень важно определить место контроля в технологическом процессе изготовления изделия.

Свойства продукции выражаются количественно, показателями качества этой продукции. Показатели качества делятся на группы в порядке их значимости для описания качества изделий.

Первую группу составляют показатели назначения — одна из важнейших групп показателей качества, характеризующая те свойства, ради которых изделия и создаются. Для продукции машиностроения это показатели производительности, грузоподъемности, скорости, мощности; показатели, содержащие информацию о конструктивных особенностях машины, таких, как масса, занимаемая площадь, габаритные размеры, наибольший размер обрабатываемой заготовки и т. п. В основном эти показатели контролируются в процессе испытаний машины.

Показатели надежности — одна из важнейших групп показателей качества продукции машиностроения после группы показателей назначения. Надежность отражает свойство машин сохранять совокупность свойств, определяющих их качество, в пределах, установленных показателями качества, в течение всего периода эксплуатации машин с учетом планового обслуживания и ремонта.

Контроль надежности машин — важнейшая составляющая системы контроля их качества. Каждая остановка машины из-за преждевременного износа, выхода из строя отдельных элементов или снижения технических характеристик ниже допустимого уровня, как правило, влечет за собой большие материальные убытки, а в отдельных случаях может иметь катастрофические последствия. Особенно большие затраты времени и средств вызывает выход из строя уникальных машин и агрегатов, к которым предъявляются высокие требования по безотказности: оборудование атомных электростанций, мощные турбины, и др.

При изучении надежности технических устройств рассматривают два основных состояния: работоспособное и неработоспособное. Состояние машины считается работоспособным только в случае, если она может выполнять заданные функции, сохраняя значения своих параметров в пределах, установленных стандартами. Нарушение работоспособного состояния машин и оборудования называют отказом. Например, поломка вала автомобиля, разрушение подшипников механизмов, деформация направляющих станков, превышающая допустимую и пр. Естественно, что различные отказы имеют и различные последствия: от мелких перебоев в работе до аварийных ситуаций.

Надежность машин — это их свойство сохранять работоспособное состояние во времени. Надежность — свойство сложное. Оно включает в себя понятия безотказности и долговечности. Разделение надежности на эти две основные категории зависит от того, какой промежуток времени рассматривается и учитываются ли мероприятия, связанные с восстановлением работоспособности.

Под безотказностью понимают свойство изделия сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени или некоторой наработки. Она отражает «чистое» время работы машины или объем (в километрах пройденного пути, циклах, количестве выработанной продукции), выполненный ею.

Долговечность также является свойством изделия сохранять работоспособное состояние, но не в течение ограниченного времени или наработки, а до наступления предельного состояния, т. е. в течение всего периода эксплуатации при установленной системе технического обслуживания и ремонта.

Показатели надежности, нормирующие эти основные составляющие понятия надежности — безотказность и долговечность, являются статистическими величинами. Например, основным показателем безотказности изделия является вероятность безотказной работы в заданном интервале времени или в пределах заданной наработки. Если говорят, что вероятность безотказной работы машины в течение 100 ч равняется 0,95, то это означает, что из множества машин этого конструктивно-технологического исполнения в среднем не более 5% машин могут потерять работоспособное состояние раньше чем через 100 ч работы.

Допустимые значения выбирают и узаконивают в стандартах в зависимости от степени опасности отказа, ответственности изделия. Например, для машин, применяемых в авиационной и медицинской промышленности, энергетическом комплексе допустимые значения показателей вероятности безотказной работы принимаются 0,9999 и выше. Если последствия отказа связаны с незначительными экономическими потерями, допустимые значения этого показателя могут быть существенно ниже. Здесь действуют законы оптимизации качества — выбор такого уровня надежности, при котором устанавливается равновесие между затратами на обеспечение надежности и эффективностью при эксплуатации.

Основным показателем долговечности изделия является срок службы (или ресурс) до предельного состояния, при котором дальнейшая его эксплуатация должна быть прекращена.

Предельное состояние машины определяется моральным и физическим износом, а также установленным в стандартах ресурсом (назначенный ресурс). По истечении назначенного срока службы или наработки изделие снимают с эксплуатации, даже если оно еще вполне работоспособно. Такое жесткое правило распространяется на машины и механизмы, от надежности которых зависит жизнь людей (самолеты, авиационные двигатели, пассажирские суда), обороноспособность страны и т. д. Применяются и другие показатели долговечности — коэффициенты технического использования, готовности, долговечности, характеризующие с различных сторон экономическую и техническую целесообразность эксплуатации изделия во времени.

Надежность изделия также характеризуется ремонтпригодностью и сохраняемостью. Первое из них заключается в степени приспособленности изделия к предупреждению, обнаружению и устранению отказов и неисправностей путем проведения технического обслуживания и ремонтов. Показателем ремонтпригодности изделий является среднее время восстановления работоспособного состояния. Сохраняемость — уровень приспособленности изделия переносить без потери работоспособности хранение, транспортирование в течение всего промежуточного периода между изготовлением и началом эксплуатации. Показателем сохраняемости изделий является средний срок сохраняемости.

Третью группу показателей качества изделий машиностроения составляют показатели экономного использования трудовых ресурсов и энергии, сырья, материалов, топлива и т. п., например, удельные материалоемкость и энергоемкость.

Совокупность свойств, характеризующих качество продукции машиностроения, не ограничивается свойствами, относящимися только к машинам. Машинами управляют люди — операторы, станочники, водители, диспетчеры и другие специалисты. Свойства продукции машиностроения, характеризующие сложную систему человек — машина — производственная среда, относятся к четвертой группе показателей качества. В эту группу входят показатели, характеризующие ограничения вредных воздействий продукции (эргономические, экологические и показатели безопасности).

При оценке технического уровня и качества изделий машиностроения рассматривают также показатели стандартизации и унификации, патентно-правовые и экономические. Эти показатели характеризуют степень использования и применения в конкретном изделии стандартизованных деталей, узлов и других элементов, патентоспособность и патентную чистоту, цену. Патентоспособными изделия являются в том случае, если они содержат в своей конструкции или технологии технические решения, которые признают как изобретения одна или несколько стран. Об изделии говорят, что оно обладает патентной чистотой в определенной стране в том случае, если оно не содержит технических решений, защищенных патентами данной страны.

Сравнивая показатели качества своего изделия с базовыми либо с показателями аналога, машиностроители определяют технический уровень своего изделия. Такое определение производят для всех изделий и оформляют в соответствии со специальным конструкторским документом «Картой

технического уровня и качества продукции» (ГОСТ 2.116—84). Машиностроительное предприятие обязано обеспечить полное соответствие показателей качества выпускаемой продукции их значениям, записанным в карте технического уровня и качества (КУ) продукции.

2 Дефекты деталей машин

Системы обеспечения качества продукции направлены на своевременное выявление и предупреждение дефектов. Этот принцип действует на всех этапах жизненного цикла продукции — проектирование, изготовление, использование или эксплуатация.

Под дефектом понимают каждое отдельное несоответствие продукции установленным требованиям. Если изделие имеет дефект, то это означает, что, по меньшей мере, один из показателей его качества или один из параметров вышел за предельное значение, установленное стандартами, либо не выполнено какое-либо требование стандартов или технических условий.

Дефекты подразделяют на явные и скрытые в зависимости от предусмотренных для контроля данного изделия правил, методов и средств. К правилам контроля относят его распорядок (количество проверяемой продукции, время проверки, ее график); к методам — технологию (способы, приемы, последовательность операций), объем (число контролируемых показателей или параметров), точность. К средствам контроля относят используемое оборудование (стенды, испытательные машины, оснастку), измерительную и регистрирующую аппаратуру, а также инструменты и приборы.

Многие явные дефекты выявляют при внешнем осмотре, визуально. Однако если какой-либо дефект обнаруживают с помощью приборов или инструментов (при условии, что это предусмотрено технической документацией), то такой дефект все равно относят к категории явных, несмотря на полную невозможность его обнаружения без специальных технических средств и методов. Так, например, отклонения точности станка от стандартизованных норм точности на несколько микрометров невозможно обнаружить визуально. Их определяют с использованием специальных высокоточных инструментов и приспособлений. Нарушение точности станка — дефект, безусловно, явный, так как и нормы точности, и методы, и средства контроля регламентированы стандартами.

Скрытые дефекты более опасны, а их поиск не предусмотрен нормативно-технической документацией. Скрытые дефекты выявляются, как правило, после поступления продукции к потребителю либо при дополнительных, не предусмотренных ранее проверках, которые проводят в связи с обнаружением явных дефектов.

Дефект, при наличии которого использование продукции по назначению практически невозможно или недопустимо, принято называть критическим дефектом. Конструкторы машин, которые по опыту знают, какие критические дефекты возможны при производстве и эксплуатации изделий, обязательно вносят в стандарты и технические условия требования об обязательном контроле и выявлении таких дефектов в каждой единице продукции на стадии изготовления и периодических проверках наличия критических дефектов на

стадии эксплуатации.

К значительным дефектам относят дефекты, существенно влияющие на использование продукции по назначению, на ее долговечность, но не являющиеся критическими. Например, недостаточная твердость направляющих станков, из-за которой снижается их долговечность, является типичным значительным дефектом. Контроль значительных дефектов в машиностроении обычно осуществляют выборочно, т. е. не на каждом изделии, а на некоторой партии, характеризующей качество изделий всей партии.

Малозначительные дефекты, не влияющие на использование продукции по назначению и на ее надежность - это дефекты внешнего вида — результат небрежности хранения и транспортировки. Отсутствие малозначительных дефектов контролируют выборочно.

Для многих видов продукции наличие нескольких малозначительных дефектов может быть равносильно одному значительному, а то и критическому, так как продукция не может быть использована по назначению.

В машиностроении существует классификация, согласно которой продукцию, содержащую дефекты, подразделяют на критически дефектную, т. е. имеющую один критический дефект либо совокупность значительных и малозначительных дефектов, эквивалентную критическому; значительно дефектную, т. е. имеющую хотя бы один значительный дефект либо совокупность малозначительных дефектов, эквивалентную значительному; малозначительно дефектную, т. е. имеющую малозначительные дефекты, при отсутствии дефектов значительных и критических.

Естественно, что обнаруженные дефекты необходимо устранить, чтобы продукция соответствовала предъявляемым к ней требованиям. Однако это не всегда возможно и даже не всегда целесообразно. Дефекты разделяют с этой точки зрения на устранимые и неустраняемые. Устранимый дефект — это дефект, устранение которого технически возможно и экономически целесообразно, неустраняемый — устранение которого либо технически невозможно либо экономически нецелесообразно. Устранимость и неустраняемость дефекта определяют применительно к условиям производства и ремонта с учетом затрат и других факторов. Например, если в массовом производстве кофемолок обнаружена партия изделий с малозначительными дефектами корпуса, то проще всего не ремонтировать дефектные корпуса, а заменить их кондиционными. Но если дефекты обнаружены на ранних стадиях технологического процесса, то здесь имеется целый арсенал методов и средств устранения дефектов: заварка раковин и трещин, их заделка эпоксидными смолами, наплавление недостающих элементов и др.

Брак - продукция, передача которой потребителю не допускается из-за наличия дефектов. Брак, как и дефекты, подразделяют на две категории: исправимый брак (изделия с устранимыми дефектами) и неисправимый брак (изделия с неустраняемыми дефектами).

В зависимости от этапа возникновения дефекты можно разбить на следующие группы: конструктивные, производственные, эксплуатационные. Конструктивные дефекты, как следует из названия, рождаются на этапе конструирования машин. Конструктивный дефект — следствие ошибок и

просчетов, допущенных при конструировании.

Конструктивные дефекты обусловлены многими причинами: неверным выбором материала детали или недопустимой заменой его в производстве, неправильным назначением твердости термообрабатываемых поверхностей ответственных деталей; неправильным назначением допускаемых отклонений сопрягаемых деталей; неправильным выбором и нанесением на рабочий чертеж размеров деталей машин; нерационально выбранной формой детали, узла, плохой компоновкой сборочных единиц машины; низкой жесткостью конструкции; недостаточной или чрезмерной прочностью некоторых конструктивных элементов; неверно назначенным параметром шероховатости поверхностей сопряжения, трения; созданием концентраторов напряжения в опасных сечениях (например, расположением смазочного отверстия в месте с высоким уровнем напряжений) и др.

Производственные дефекты обычно возникают из-за нарушений требований технологических регламентов, режимов обработки и контроля качества. Кроме того, производственные дефекты могут возникать в результате неправильно разработанных технологических процессов. Производственные дефекты по существу во многом сходны с дефектами конструктивными. Недостаточная чистота поверхности детали - шлифовали или хонинговали в один переход вместо двух положенных для снижения трудоемкости.

Производственные дефекты, возникающие из-за нарушения или несовершенства технологических процессов, контролируют и выявляют, как правило, на том этапе производства, когда их возникновение всего вероятнее. Чем дальше от места возникновения обнаруживается производственный дефект, тем дороже он обходится машиностроителям, так как в стоимость включается и сборка, и консервация, и упаковка, и транспортировка к потребителю, установка и отладка изделия по месту эксплуатации и т.д..

Типичными дефектами на основных переделах машиностроительного производства являются следующие.

Дефекты литья:

- отклонение химического состава металла от заданного вследствие нарушения состава шихты или режима плавки; следствие — отклонение от заданных стандартом физико-механических свойств отливки, что может привести к преждевременному разрушению, износу изготовленной из нее детали;

- ликвация — несоответствие химического состава заданному в некоторых зонах отливки; в месте ликвации механические характеристики металла отливки могут быть пониженными;

- газовые поры — появляются в результате плохой газопроницаемости литейных формовочных смесей, плохой вентиляции формы, неудовлетворительного качества металла и высокой температуры его заливки, т. е. в результате нарушений технологии; газовые поры на точных рабочих поверхностях деталей машин недопустимы;

- усадочные раковины — пустоты, образующиеся в отливке из-за нарушения правильности усадки металла при ее охлаждении, вследствие нарушения равномерности охлаждения или нехватки металла в процессе затвердевания; обычно усадочные раковины располагаются в верхней части

отливок; если место отливки, где расположены усадочные раковины, можно удалить без вреда для заготовки детали, то это делают в литейном цехе, в остальных случаях отливку бракуют;

- спаи или неслитины — места отслоений металла отливок; появляются в результате нарушения технологического процесса заливки металла в форму; незамеченный спай может резко ухудшить механические свойства детали, прежде всего — ее прочность;

- горячие трещины — несплошности внутри отливки либо с выходом на поверхность; внутренние поверхности горячих трещин обычно окислены; они образуются в момент кристаллизации металла в местах перехода от толстых сечений отливок к тонким; причины появления горячих трещин — неправильная конструкция отливок (конструктивный дефект), высокая температура заливаемого металла, неравномерное охлаждение отливки и другие нарушения технологии литья;

- холодные трещины — несплошности, возникающие при более низких температурах затвердевания отливки; их поверхность не имеет окисления и напоминает свежий излом; появляются в результате резкого изменения температуры отливок и от ударов, возникающих при бросании горячих отливок, при их обрубке.

Дефекты обработки давлением:

- поверхностные и внутренние трещины и разрывы — несплошности материала заготовок, полученных штамповкой, ковкой, прокатыванием;

- утонение и разрывы — дефекты деталей, получаемых из листового материала методом штамповки; если разрывы материала можно определить визуально, особенно у средних и крупных деталей (детали кузова легковых автомобилей и т. п.), то недопустимую степень утонения материала можно определить только специальными методами неразрушающего контроля; как правило, эксплуатационная надежность деталей, получаемых методом глубокой вытяжки, определяется не столько отсутствием разрывов, сколько предельно допустимой степенью утонения материала, которой он может достичь в наиболее деформированных зонах; при эксплуатации деталей, полученных глубокой вытяжкой, в результате знакопеременных нагрузок может наступить разрушение детали в зоне утонения, поэтому по мере увеличения объема листовой штамповки все более актуальной становится проблема автоматизации контроля степени утонения металла при вытяжке;

- риски, волосовины, закаты, плены, расслоения, торцовые трещины и другие дефекты, связанные с нарушением технологического цикла при обработке металлов давлением.

Дефекты обработки металлов резанием:

- несоответствие шероховатости или размера детали, указанному на чертеже;

- шаржирование — внедрение более твердых частиц в обрабатываемую поверхность деталей из цветных сплавов;

- несоответствие точности формы (конусность, бочкообразность, некруглость и т.д.) и точности взаимного расположения (несоосность, непараллельность, перпендикулярность, радиальное или осевое биение и др.)

поверхностей детали;

- прижоги, шлифовальные трещины — дефекты, возникающие в поверхностном слое при его резком нагреве и последующем охлаждении в процессе шлифования абразивным и алмазным инструментом; дефекты представляют собой либо небольшой площади закаленные участки, либо участки с сеткой трещин на поверхности детали и др. дефекты.

Дефекты термической обработки:

- термические трещины, возникающие в металле при резком нагреве и охлаждении при нарушении режимов термообработки для данного материала;

- обезуглероживание — выгорание углерода в поверхностных слоях стальных заготовок при нагреве в атмосфере, содержащей пары воды, углекислый газ, водород; интенсивное выгорание углерода приводит к понижению прочности стали; в деталях и изделиях из инструментальной стали, которые прокаливают на большую глубину, обезуглероживание приводит к появлению поверхностных трещин глубиной до 2 мм;

- науглероживание — насыщение поверхностных слоев углеродистых сталей избыточным углеродом при нагреве металла в атмосфере, содержащей слишком большое количество окиси углерода; науглероживание приводит к появлению дефектов, связанных с повышенной хрупкостью заготовок и склонностью к образованию мелких сетевидных трещин;

- водородные трещины — возникают в металле из-за насыщения поверхностного слоя водородом под действием щелочей и кислот, содержащихся в специальных растворах для травления и электрохимической обработки, что приводит к резкому падению пластичности и к хрупким разрушениям;

- пережог - вызывает не только образование крупного зерна, но и оплавление границ зерен стали, что в дальнейшем приводит к разрушению металла.

Дефекты неразъемных соединений металла:

- металлургические дефекты — все дефекты, присущие литому металлу, которые возникают при сварке (электро-, газоплазменной и т. п.): раковины, шлаковые включения, поры, а также изменения размеров зерна в зоне термического влияния, перегрев, закалка и отпуск, горячие и холодные трещины;

- трещины — зачастую возникают от внутренних напряжений усадки при охлаждении шва при сварке; трещины в наплавленном металле, перпендикулярные оси шва, могут распространяться и на основной металл свариваемых деталей; иногда трещины могут возникать и вдоль боковой стороны нагреваемой зоны;

- непровар — пустоты, образующиеся в результате плохой подготовки кромок свариваемых листов, малого расстояния между кромками по отношению к диаметру электрода; непровар значительно снижает прочность шва по сравнению с расчетной и, как следствие, снижает надежность всей сварной конструкции;

- вогнутость на вершине шва, избыточное усиление толщины шва в отдельных местах, нахлест, проплав, неровности в местах смены электрода и др.;

- непропай, непрочлей — дефекты, возникающие соответственно в паяных и клееных соединениях из-за недостаточной чистоты соединяемых поверхностей или нарушения температурного режима пайки и склеивания.

Эксплуатационные дефекты — это дефекты деталей, узлов, агрегатов, машин в целом, возникающие на стадии эксплуатации машин в результате изнашивания, коррозии, усталости и т. д., а также неправильного технического обслуживания или использования. Техническое состояние машин в процессе эксплуатации не остается неизменным; оно ухудшается с увеличением наработки. Из-за износа и повреждений снижается работоспособность, а, следовательно, и надежность машин.

Большинство деталей в процессе эксплуатации подвержено одновременно изнашиванию нескольких видов, почти всегда можно выделить ведущий вид, который и ограничивает работоспособность детали. Сопутствующие виды изнашивания в значительно меньшей мере снижают ее.

Сопряженные детали, вернее, поверхности деталей машин, имеющие относительное перемещение в процессе работы, изнашиваются под действием сил трения, сил трения с ударными нагрузками; более сложным является изнашивание при механических, тепловых, химических воздействиях. Интенсивность изнашивания зависит от механических и химических свойств материала поверхностей трения, вида трения (наличие или отсутствие смазочного материала, характера и величины нагрузки, вида сопряжения и шероховатости поверхностей, относительной скорости перемещения поверхностей трения, их взаимодействия с внешней средой и т.д.). В результате изнашивания постепенно изменяются размеры и форма деталей. В сопряжении увеличиваются зазоры. Если зазор превышает допустимое значение, в сопряжении возникают ударные нагрузки. Интенсивность изнашивания при этом возрастает.

Различают следующие виды изнашивания при трении деталей машин: механическое, абразивное, гидроабразивное, газоабразивное, эрозионное, усталостное, кавитационное, изнашивание при заедании, коррозионно-механическое.

Абразивное — механическое изнашивание, которое усиливается режущим или царапающим действием твердых частиц; возникает при наличии в зоне трения абразивных частиц, попадающих в зону трения как снаружи, так и в процессе трения.

Гидроабразивное — изнашивание в результате воздействия твердых частиц, увлекаемых потоком жидкости, а газоабразивное — в результате воздействия твердых частиц, увлекаемых потоком газа (трубопроводы жидкостей и газов могут подвергаться такому изнашиванию при попадании внутрь абразивных частиц; это нередко случается в гидросистемах станков).

Эрозионное — изнашивание, возникающее в процессе воздействия потока жидкости или газа. Вызывает собственно эрозионное разрушение при обтекании деталей потоком жидкости или газа; вследствие ударов о поверхность металла мельчайшие частицы потока разрушают его поверхностный слой. Эрозионное изнашивание возрастает с повышением шероховатости поверхности и с увеличением кинетической энергии частиц потока, особенно если деталь или поток имеют высокую температуру. Эрозионное изнашивание может выражаться в виде равномерного сцарапывания мельчайших частичек поверхностного слоя детали либо в виде явно выраженного локального разрушения поверхности.

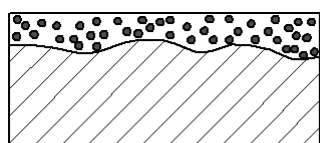
Усталостное — изнашивание поверхности трения или ее отдельных

участков при деформировании, приводящем к возникновению трещин и отделению частиц материала детали. Возникает при трении без смазочного материала, а при наличии смазочного материала — при давлениях, превышающих предел текучести материала поверхностных слоев. Причины, вызывающие усталостное изнашивание материала: микропластические деформации сжатия, упрочнения и разупрочнения поверхностных слоев, возникновение остаточных напряжений и особые явления усталости материала.

Изнашивание при заедании — происходит в результате схватывания, глубинного вырывания металла, переноса его с одной поверхности трения на другую. Из существующих видов изнашивания этот вид является самым опасным, так как сопрягаемые детали разрушаются интенсивно, в ряде случаев — моментально, частицы металла отделяются с одной поверхности трения и налипают на сопряженную, причем в дальнейшем они действуют как абразив.

Тепловое изнашивание — возникает при трении скольжения с большими скоростями относительного перемещения поверхностей трения, большими давлениями, вызывающими интенсивное увеличение температуры в поверхностных слоях сопряженных деталей, работающих без смазочного материала или при недостаточном его количестве. Температура поверхностей фактического контакта достигает 900°C , максимальная же может достичь и температуры плавления металла. В машиностроении тепловому изнашиванию подвержены детали передач зацеплением, подшипники скольжения, детали кривошипно-шатунных механизмов и т. д. при прекращении подачи смазочного материала к узлам трения.

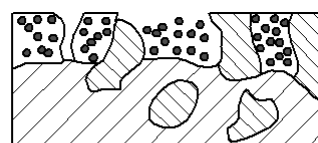
Коррозия деталей машин происходит в результате их химического или электрического взаимодействия с внешней средой. Различают коррозию атмосферную, газовую, контактную, под напряжением в неэлектролитах и в электролитах (рисунок 1).



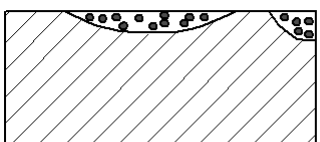
1-равномерная
коррозия



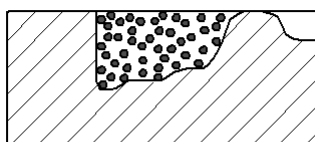
2-неравномерная
коррозия



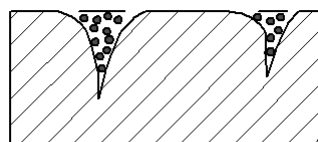
3-структурно-
избирательная коррозия



4-коррозия пятнами



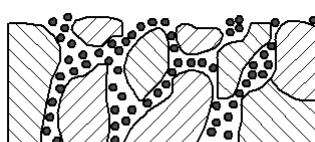
5-коррозия язвами



6-коррозия точками



7-подповерхностная
коррозия



8-мехкристаллитная
коррозия



9-транскристаллитная
коррозия

Рис. 1 - Виды коррозионных разрушений (поражений): 1 - 3 - сплошные коррозионные поражения; 4 – 9 - разновидности местной коррозии

Детали, соприкасающиеся с атмосферой, подвергаются атмосферной коррозии под действием влаги (дождь, снег), а также различных окислов и солей, содержащихся в воздухе, особенно около больших городов и в приморских районах. Резкие перепады температуры также способствуют коррозии, так как сопровождаются конденсацией влаги.

Коррозия под влиянием газовой среды при высоких температурах обусловлена взаимодействием металла с продуктами сгорания топлива. Этому виду коррозии в процессе эксплуатации подвержены детали энергетических машин. Под влиянием испарения и брызг электролитов значительно корродируется оборудование гальванических линий.

Дефекты, вызванные усталостью. Усталость — процесс постепенного накопления повреждений материала под действием повторно-переменных нагрузок, приводящий к снижению долговечности, разрушению материала деталей машин, сборочных единиц. Процессы развития усталости ведут к тому, что в наиболее слабом месте детали или конструкции возникают микротрещины, развивающиеся в дальнейшем в усталостные, которые вызывают внезапное разрушение детали без видимых предварительных пластических деформаций. Эксплуатация пассажирских самолетов сверх назначенного ресурса может привести к разрушению прямо в воздухе. Таков эффект усталостного разрушения.

Сильное влияние на снижение выносливости деталей оказывают резкие смены температуры (термическая усталость), так как при этом в поверхностных слоях детали периодически возникают напряжения сжатия и растяжения. Термическая усталость проявляется, например, в деталях горячего тракта энергетических машин.

Заметно снижает предел выносливости деталей машин коррозия. При одновременном воздействии коррозии и переменных нагружений возникает так называемая коррозионная усталость, которая вызывает разрушение детали при значительно меньшем напряжении, чем позволяет истинный предел выносливости материала детали.

3 Правила, методы и средства измерения

3.1 Основные понятия

Измерение — это нахождение значения физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств. Средство, с помощью которого выполняют измерение, называют — средством измерения, оно имеет нормированные метрологические свойства. Значение величины, которое выявили измерением, называют результатом измерения. Затем результат измерения сопоставляют с размерами, заданными чертежом. Такой процесс называется контролем годности, выполненным измерением. Существует еще контроль

годности, выполненный без выявления результата измерения, путем физического сопоставления детали с образцом.

Средства измерения разделяют на три основных вида: меры, измерительные инструменты и измерительные приборы. Меры — это средства измерения, вещественно воспроизводящие физическую величину заданного размера. Меры разделяются на однозначные и многозначные. Однозначная мера воспроизводит величину одного размера (например, плоскопараллельная мера длины). Многозначная мера воспроизводит ряд одноименных величин различного размера (например, линейка образцовая воспроизводит своими делениями много линейных размеров на своей шкале).

Измерительные инструменты и измерительные приборы — это средства измерения, способные выработать показания — числовую измерительную информацию в форме, доступной для непосредственного восприятия наблюдателем. Эти показания вырабатываются в принятых единицах измерения (метр, миллиметр, микрометр, градус, минута, секунда).

Средства измерения также делятся на меры, образцовые средства измерений, рабочие средства измерений.

Меры — средства измерений, предназначенные для воспроизведения физической величины заданного размера. К мерам относят плоскопараллельные концевые меры длины, гири и т. п.

Образцовые средства измерений — это меры, измерительные приборы или преобразователи, служащие для контроля нижестоящих по поверочной схеме измерительных средств. Образцовые средства периодически поверяются по эталонам. Их точность имеет большое значение для обеспечения единства измерений.

Рабочие средства измерений — это меры, устройства или приборы, применяемые для измерений, не связанных с передачей единицы физической величины (например, концевая мера длины, используемая для контроля размеров изделий или для наладки станков).

3.2 Параметры и характеристики средств измерения

Деление шкалы прибора — промежуток между двумя соседними отметками шкалы. Шкала — это ряд отметок и проставленных у них чисел, положение и значение которых соответствует ряду последовательных размеров. Длина (интервал) деления шкалы — расстояние между осями двух соседних отметок шкалы. Цена деления шкалы — это величина перемещения воспринимающего устройства средства измерения, вызывающая перемещение указателя на одно деление шкалы. Наиболее приняты цены делений 0,1; 0,2; 0,5 мкм; 1; 2; 5 мкм; 0,01; 1 мм. Например, при перемещении наконечника индикатора часового типа на 0,01 мм стрелка сдвигается на одно деление круговой шкалы, следовательно, цена деления составляет 0,01 мм.

Чувствительность измерительного прибора — отношение изменения сигнала на выходе измерительного средства к вызвавшему его изменению измеряемой величины. Например, при перемещении измерительного наконечника на величину цены деления 0,5 мкм указатель перемещается на одно деление

шкалы, равное 1 мм (1000 мкм). Чувствительность этого прибора равна $1000:0,5=2000$.

Показание средства измерения — это значение величины, определенное по отсчетному устройству после измерения заданного объекта. Показание всегда состоит из произведения числа делений шкалы при отсчете и цены деления данной шкалы.

Диапазон показаний (измерений по шкале) — область значений шкалы, ограниченная ее начальным и конечным значениями.

Диапазон измерений — область значений измеряемой величины, для которой нормированы допускаемые погрешности средства измерений.

Пределы измерений данным средством измерения — наибольший и наименьший значения диапазона, которые могут быть измерены с нормированной точностью.

Измерительное усилие P — это сила, с которой воспринимающее устройство воздействует на поверхность объекта измерения.

Погрешность измерения — это отклонение результата измерения от действительного размера измеряемой величины. Наиболее существенно влияют на величину погрешности измерения пять составляющих: погрешность средства измерения, погрешность установочных мер, погрешность от измерительного усилия, погрешность из-за температурных деформаций, субъективные погрешности исполнителя измерения.

Погрешность средства измерения — это разность между показанием данного средства измерения и действительным размером измеренной величины. Эта погрешность вносит чаще всего самую большую часть в погрешность измерения. Поэтому за всеми средствами измерения, как после их изготовления или ремонта, так и за находящимися в эксплуатации, осуществляется надзор, во время которого периодически определяется, в каком состоянии находится каждое средство измерения, то есть поверка. При проведении поверки определяется работоспособность данного средства измерения, в том числе и величина его погрешности, а именно, находится ли она в пределах установленной нормы. Выполняют поверку специальные органы метрологической службы. Если в результате поверки данное средство измерения оказывается годным, то на него выписывается аттестат, если же нет, то оно изымается из применения. Аттестат годного средства измерения хранится в его футляре и свидетельствует о годности его до даты следующей поверки по графику.

Погрешности, привносимые установочными мерами (образцами). Все эти меры имеют свои собственные погрешности, которые со своими знаками входят в погрешность каждого измерения.

Измерительное усилие обеспечивает замыкание элементов измерительной цепи, включающей как элементы измерительного средства, так и объект измерения, и вызывает их упругие деформации. Погрешность измерения от измерительного усилия равна деформациям в средстве измерения и измеряемой детали. В нормативных документах обычно регламентируются максимальные значения и перепад измерительного усилия.

Погрешности от температурных деформаций возникают при проведении замеров при температуре, отличной от нормальной.

Субъективные погрешности исполнителя измерения - это погрешности возникающие при выполнении исполнителем приемов измерения и погрешности отсчитывания показаний.

Компараторная погрешность возникает при несовпадении линии измерения и линии отсчета, когда вследствие неточности перемещений по направляющим прибора возникают повороты его подвижных, частей и, как следствие, несовпадение величин перемещений визирного и отсчетного органов.

Выбор измерительных баз при измерении также оказывает существенное влияние на точность измерений. В практике необходимо руководствоваться принципом единства баз, согласно которому должны совпадать конструкторская, технологическая и измерительная базы. Базирование детали в процессе измерения сводится к тому, чтобы линия измерения совпадала с направлением измеряемого размера.

3.3 Классификация видов контроля

В зависимости от места операции технического контроля в технологическом процессе и характера выполнения этой операции различают несколько видов технического контроля, к основным видам относятся:

- предварительный контроль материалов, полуфабрикатов, заготовок перед дальнейшей их обработкой;
- пооперационный контроль всех деталей на каждой операции, указанной в технологическом процессе;
- групповой контроль после изготовления определенного количества деталей;
- выборочный контроль части изделий (процент контролируемых изделий указывают в технологической карте контроля);
- сплошной контроль – контроль всех 100% изготовленных изделий;
- стационарный контроль, производимый на контрольном пункте;
- скользящий контроль на рабочем месте, где изготавливают или собирают изделие;
- предупредительный контроль с целью предотвращения брака, например контроль первой детали или выборочный контроль в процессе изготовления партии деталей;
- активный контроль, выполняемый в процессе обработки и обеспечивающий управление процессом;
- пассивный контроль, выполняемый после операции и служащий для отбраковки негодных изделий;
- разрушающий контроль, в результате которого изделие разрушается и для дальнейшего использования не пригодно;
- неразрушающий контроль, обеспечивающий контроль параметра без нарушения целостности изделия и ухудшения его эксплуатационных характеристик.
- статистический контроль, который делится на статистический приемочный контроль качества продукции (применяют в тех случаях, когда проведение 100%-ного контроля всех изделий, предъявляемых в контролируемой

партии продукции, трудно осуществить из-за большой массовости партии или невозможно осуществить из-за того, что проведение контроля связано с разрушением единиц продукции и в то же время известно, что доля дефектных единиц продукции в партии достаточно мало), статистический анализ точности технологического процесса (для выявления факторов, снижающих его точность), статистическое регулирование технологического процесса (направлено на предотвращение появления брака при изготовлении партии продукции).

3.4 Методы измерений

Методом измерения принято называть совокупность приемов и принципов использования средств измерения. Наиболее распространены следующие методы:

Метод непосредственной оценки — при этом методе величина измеряемой детали определяется непосредственно по размерному устройству, имеющемуся в конструкции применяемого средства измерения, например измерение диаметра вала с помощью штангенциркуля.

Метод сравнения с мерой — это метод, при котором величина измеряемой детали сопоставляется с величиной воспроизводимой мерой или величиной образцовой детали, которые не входят в конструкцию применяемого средства измерения. Например, измерение вала диаметром 30 мм с помощью скобы.

Методы измерения делятся на абсолютный, относительный, прямой, косвенный и комплексный. При абсолютном методе измерения значение измеряемой величины можно прочесть непосредственно на шкале измерительного прибора или инструмента. При относительном методе измерений измеряемый размер сравнивается с эталоном или концевой мерой. Результат измерения получают в виде отклонения измеряемого размера от размера эталона или концевой меры (измерения на оптиметрах и т. п.)

Комплексный метод измерений применяют, когда необходимо проверить одновременно несколько параметров детали, взаимное расположение ее конструктивных элементов. Например, при контроле шлицевой втулки комплексным калибром контролируют и размеры собственно шлицов, и их расположение относительно оси втулки.

При прямом измерении результат получают сразу. Например, измерение толщины пластинки штангенциркулем (рисунок 3). Косвенное измерение — это измерение, при котором искомое значение величины определяют пересчетом результатов прямых измерений величин, связанных с искомой величиной известной нам зависимостью. Например, требуется измерить расстояние L_0 между осями двух отверстий с помощью штангенциркуля. Прямым измерением с помощью штангенциркуля определить величину L_0 . Прямым измерением получить искомый результат практически невозможно, поэтому сначала выполняем прямые измерения величин $L_в$, D_1 , D_2 губками для внутренних измерений, а затем подсчитываем искомую величину по зависимости

$$L_0 = L_в - \frac{D_0 + D_1}{2}.$$

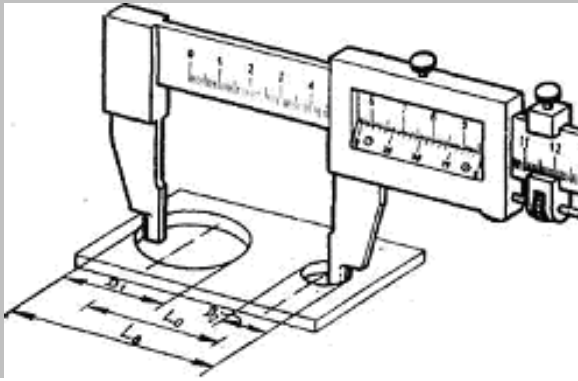


Рисунок 2 - Косвенное измерение межосевого расстояния отверстий в пластине

Измерения делятся на контактные и бесконтактные. Контактное измерение — это измерение, при котором принимающее устройство средства измерения имеет механический контакт с поверхностью измеряемой детали; например измерения с помощью штангенциркулей, индикатора часового типа и т. д. Бесконтактное измерение — это измерение, при котором воспринимающее устройство не имеет механического контакта с поверхностью измеряемой детали, например измерение элементов резьбы на микроскопе.

3.5 Нормальные условия выполнения линейных и угловых измерений

Нормальные условия выполнения линейных и угловых измерений установлены государственными стандартами. ГОСТ 8050—73 распространяется на линейные размеры от 1 до 500 мм и на угловые размеры с длиной меньшей стороны до 500 мм. Нормальные условия измерений должны соблюдаться для практического исключения дополнительных погрешностей. Стандартом приняты следующие нормальные значения основных влияющих величин:

- температура окружающей среды 20°C ;
- атмосферное давление 101324,72 Па (760 мм рт. ст.);
- относительная влажность окружающего воздуха 58% (нормальное парциальное давление водяных паров 1333,22 Па);
- ускорение свободного падения $9,8\text{ м/с}^2$;
- направление линии измерения линейных размеров до 160 мм у наружных поверхностей — вертикальное, в остальных случаях — горизонтальное;
- положение плоскости измерения углов — горизонтальное;
- относительная скорость движения внешней среды равна нулю;
- значения внешних сил должны быть равны нулю.

В зависимости от допусков и диапазона измеряемых размеров пределы нормальной области влияющих величин должны соответствовать ГОСТ 8050—73. Поддержание нормальных условий в рабочем пространстве должно обеспечиваться в течение всего процесса измерения. Государственный стандарт нормирует пределы допускаемых отклонений от нормального направления линии измерения и нормированных параметров ориентации средств и объектов измерений. Стандартом нормируются пределы допускаемого отклонения температуры объекта измерения и рабочего пространства в процессе измерения от нормального значения в зависимости от величины и качества точности измеряемого размера (интервал размеров). Также нормируются пределы

допускаемой нестационарной составляющей разности температур в любых двух точках и изменения температуры в любой точке рабочего пространства и находящихся в нем поверхностей объекта и средств измерений для мер и объектов измерения. В рабочем пространстве допускаются только плавные изменения температуры со скоростью не более $0,1^{\circ}\text{C}/\text{мин}$. Отдельные колебания с периодом менее 0,5 мин не учитываются.

При угловых измерениях пределы допускаемого отклонения температуры объекта измерения и рабочего пространства от нормального значения $\pm 3,5^{\circ}\text{C}$. Пределы допускаемой в процессе измерения нестационарной составляющей разности температур в любых двух точках и изменения температуры в любой точке рабочего пространства и находящихся в нем поверхностей объекта и средств измерений нормируются отдельно.

3.6 Погрешности измерений

Абсолютная погрешность измерения — погрешность, выраженная в единицах измеряемой величины (миллиметры, градусы и т. д.). Относительная (приведенная) погрешность измерения — погрешность, выраженная в долях числового значения измеряемой величины или в процентах.

Погрешности режима измерения:

Систематическая погрешность — постоянная или изменяющаяся по определенному закону.

Случайная погрешность — непостоянная, значение которой нельзя установить заранее. Влияние случайных (не единичных) погрешностей на результат измерения может быть учтено путем применения к обработке рядов измерений теории вероятностей и методов математической статистики.

Грубая погрешность или промах — случайная (единичная) погрешность, явно и грубо искажающая результат измерения.

Систематические погрешности, связанные с режимом измерения, могут исключаться одним из следующих методов:

а) предварительное изучение погрешностей и введение соответствующих поправок или поправочных множителей (например: аттестация мер, учет погрешности нуля шкалы и температуры);

б) метод замещения — измеряемая величина заменяется равновеликой ей известной величиной;

в) компенсация погрешности по знаку — постановка наблюдений таким образом, чтобы погрешность вошла в результаты измерения один раз с одним знаком, другой раз с обратным знаком;

г) метод симметричных наблюдений при прогрессивных погрешностях (повторение наблюдений в обратном порядке);

д) метод наблюдений четное число раз через полупериоды (для периодических погрешностей).

Измерительные средства должны подвергаться поверке в оформлении соответствующего документа. Существуют схемы поверки и соответствующие средства. Например, для поверки концевых мер применяется компаратор концевых мер фирмы TESA.

4 Основные методы и средства контроля, типовые схемы контроля

4.1 Контроль геометрических параметров деталей

4.1.1 Контроль линейных размеров

Контроль линейных размеров можно разделить на контроль фактического размера детали, контроль отклонения геометрической формы от заданных параметров, контроль точности взаимного расположения поверхностей детали. Для контроля линейных размеров разработано и используется большое количество различных инструментов, приборов, устройств. Отклонения от заданной геометрической формы могут определяться одновременно с измерением размера. Например, овальность может быть определена при измерении детали в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. Конусность можно определить по разности диаметров у противоположных концов вала.

Фактические размеры детали в зависимости от формы поверхности, номинала и точности размера, а также от типа производства контролируют с помощью рулеток, линеек, штангенинструментов, калибров-скоб, калибров-пробок, микрометров или специальных приспособлений, измерительных микроскопов и т.д.

Измерение линейками производится прикладыванием или переносом размера с изделия на линейку другим инструментом, например, кронциркулем; измерение рулетками — прикладыванием или опоясыванием (при измерении диаметров больших валов).

Для контроля зазоров, пазов малых размеров и пр. применяются щупы, которые представляют собой пластины с параллельными измерительными плоскостями, в основном предназначенные для проверки величин зазоров между поверхностями (рис.2). Для контроля малых радиусов применяют набор радиусных шаблонов (Рис. 3).

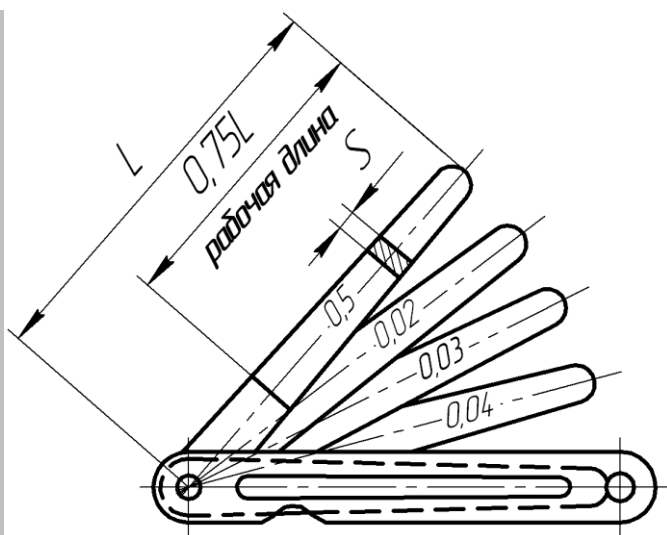


Рисунок 2 – Набор щупов

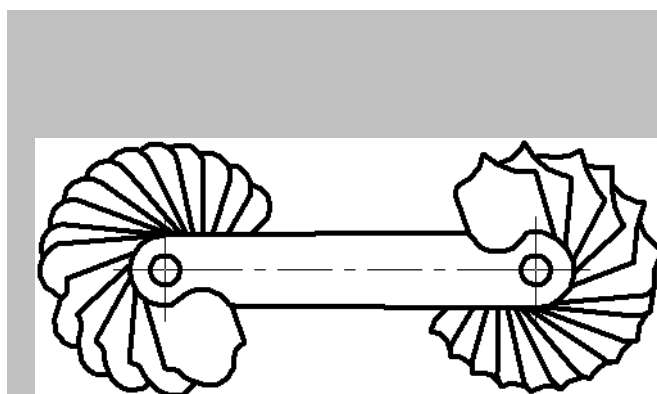


Рисунок 3 – Набор щупов

К штангенинструментам относятся

- штангенциркуль, используемый для измерения наружных и внутренних размеров, глубин и высот изделий и для разметки (рис. 4);
- штангенглубиномер, используемый для измерения глубины отверстий изделий, высот, расстояний до буртиков или выступов (рис. 5);
- штангенрейсмус, используемый для разметки и измерения высоты изделий (рис. 6).
- штангензубомер.

В настоящее время получили широкое распространение электронные штангенинструменты, которые обеспечивают более высокую точность и стабильность результатов измерения.

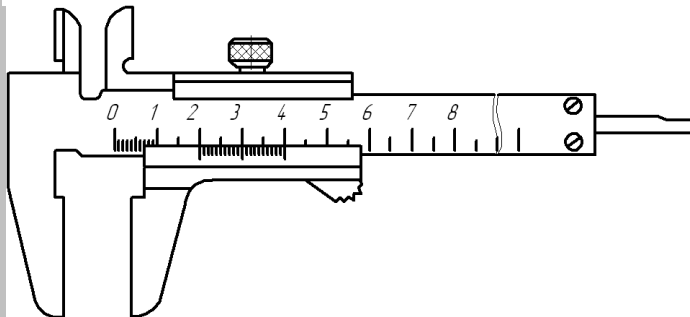


Рисунок 4 - Штангенциркуль

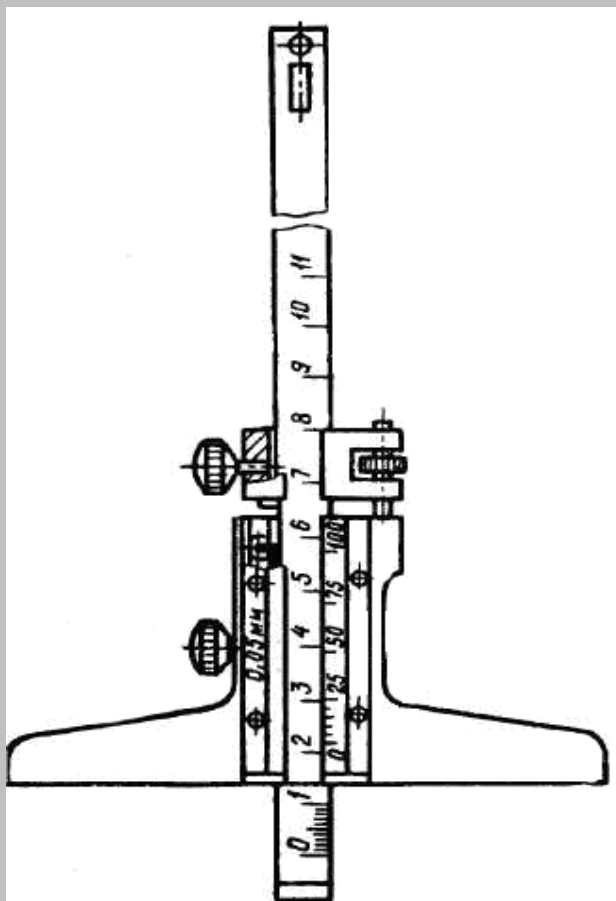


Рисунок 5 - Штангенглубиномер

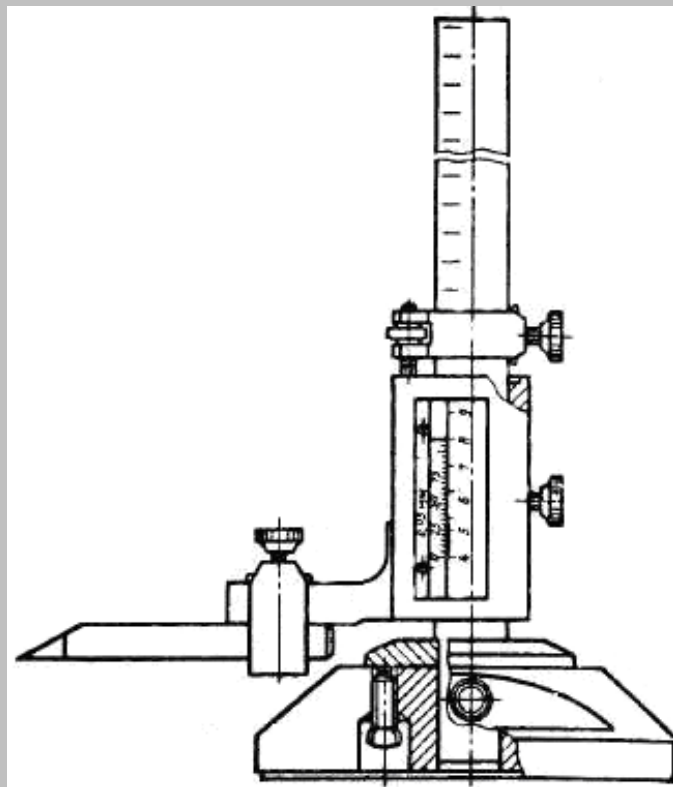


Рисунок 6 - Штангенрейсмус

Гладкий микрометр (рис. 7) предназначен для измерения наружных размеров изделий. Микрометры с размерами свыше 300 мм имеют сменную или перемещающуюся пятку. Для повышения точности измерения большие

микрометры иногда снабжаются, вместо жесткой пятки, индикаторной или рычажной головкой. Измерительное усилие изменяется в пределах от 500 до 900г. Микрометры с верхними пределами измерения 50 мм и более снабжаются установочными мерами, погрешности которых не превышают 50% погрешностей микрометров.

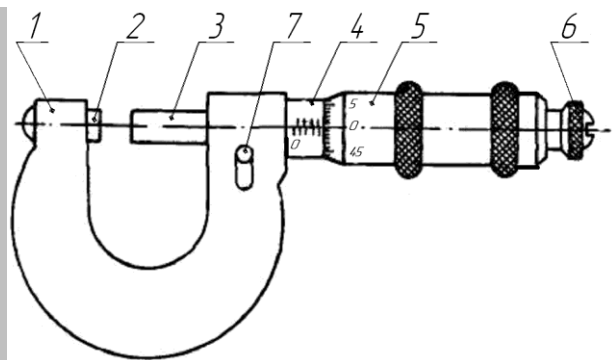


Рисунок 7 - Микрометр.

Основные части микрометра: скоба 1, пятка 2, микрометрический винт 3, стержень 4, барабан 5, трещотка 6, стопор 7. Цена деления шкалы барабана 0,01 мм. Пределы измерения: 0—25, 25—50, 50—75 мм и т. д. до 300 мм (с пределом показаний через 25 мм), 300—400, 400—500 мм и т. д. до 1000 мм (через 100 мм), 1000—1200, 1200—1400 и 1400—1600 мм.

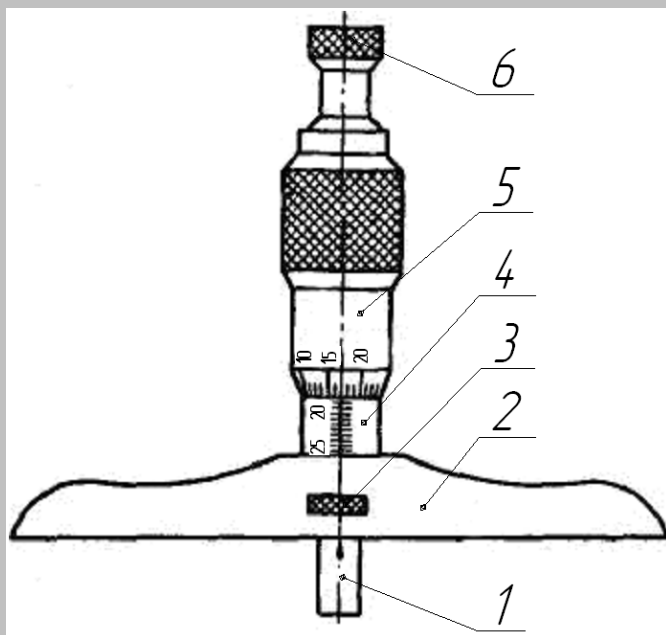


Рисунок 8 — Микрометрический глубиномер.

Основные детали: 1 — микрометрический винт, 2 — траверса, 3 — стопор, 4 — стержень, 5 — барабан, 6 — трещотка. Цена деления шкалы 0,01 мм. Пределы измерения: 0—25; 0—50; 0—75; 0—100 мм.

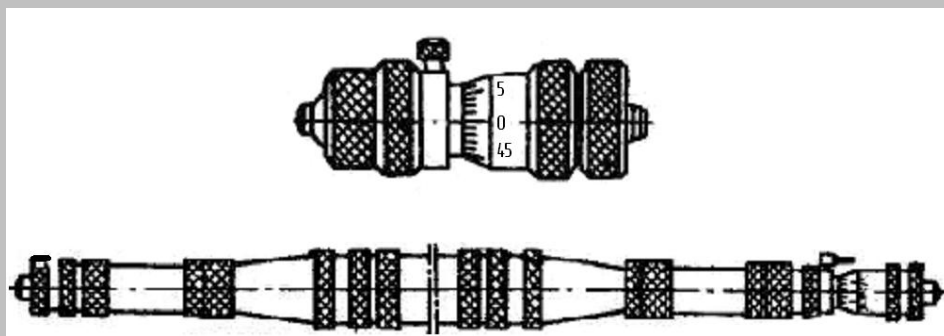


Рисунок 9 - микрометрический нутромер. Нутромер с удлинителями. Цена деления шкалы барабана 0,01 мм. Пределы показаний (микрометрической головки) — 50—63 и 75—88 мм; пределы измерений нутромеров: 50—150, 50—400, 50—900, 50—1500, 75—175, 75—575, 150—1200, 150—4000 мм, 500—10000 мм.

Микрометр с циферблатом применяется для измерения толщины листов и

лент. Микрометры изготавливаются с неподвижным циферблатом и вращающейся при перемещении барабана стрелкой или с вращающимся циферблатом. Микрометр для измерения толщины стенок труб отличается тем, что измерительная поверхность микрометрического винта плоская, а пятки сферическая с радиусом сферы $5 \pm 0,35$ мм. Микрометр с плоскими вставками предназначен для измерения наружных размеров изделий из мягких материалов. Вставки с плоскими измерительными поверхностями диаметром 12 мм помещаются в отверстия в пятке и микрометрическом винте микрометра. Пределы измерения: 0—25, 25—50, 50—75 мм и т. д. до 350 мм (через 25 мм). Часовые микрометры служат для измерения мелких деталей часового производства. Выпускаются двух типов — горизонтальные и вертикальные. Пределы измерения от 0 до 15 мм; цена деления 0,01 мм. Допустимые погрешности $\pm 0,004$ мм. К микрометрам прилагается набор сменных наконечников.

Зубомерный микрометр предназначен для измерения длины общей нормали прямозубых и косозубых цилиндрических зубчатых колес с модулем от 1 мм. Он отличается от обычного гладкого микрометра только формой измерительных плоскостей, выполненных в виде дисков. Пределы измерения: 0—25, 25—50, 50—75 и 75—100 мм.

Микрометрический глубиномер (рис. 8) применяется для измерения глубины отверстий, пазов, расстояний между плоскими поверхностями изделий. У микрометрических глубиномеров с верхним пределом измерения 50, 75 и 100 мм микрометрический винт имеет отверстие, в которое вставляются сменные измерительные стержни. Установка глубиномера на нуль производится по установочным мерам (втулкам). Допустимые погрешности глубиномера в интервале 0—25 мм составляют $\pm 0,005$ мм.

Микрометрический нутромер предназначен для измерения внутренних размеров изделий. Он состоит из микрометрической головки с двумя сферическими измерительными наконечниками и набора удлинителей (рис. 9) с внутренними подвижными стержнями.

У микрометров с пределами измерения от 25 мм и выше нулевой отсчет определяют, измеряя установочную меру или плоскопараллельную концевую меру длины, размер которой равен нижнему пределу измерения микрометра. Размер для настройки набирается из нескольких плоскопараллельных концевых мер длины. Путем притирки можно составить блоки концевых мер с размерами через 0,001 мм. Блок следует составлять из возможно меньшего количества мер: не более четырех при использовании наборов из 83 или 87 мер и не более пяти — при использовании наборов из 38 или 42 мер. При подсчете необходимых размеров мер, включаемых в блок, первая мера должна содержать последний или два последних знака размера блока, вторая — последние знаки остатка и т. д.

При измерении внутренних диаметров, наружных размеров, при разметке и других работах концевые меры используются совместно со специальными принадлежностями: боковиками, державками, основанием (рис. 10), лекальной линейкой.

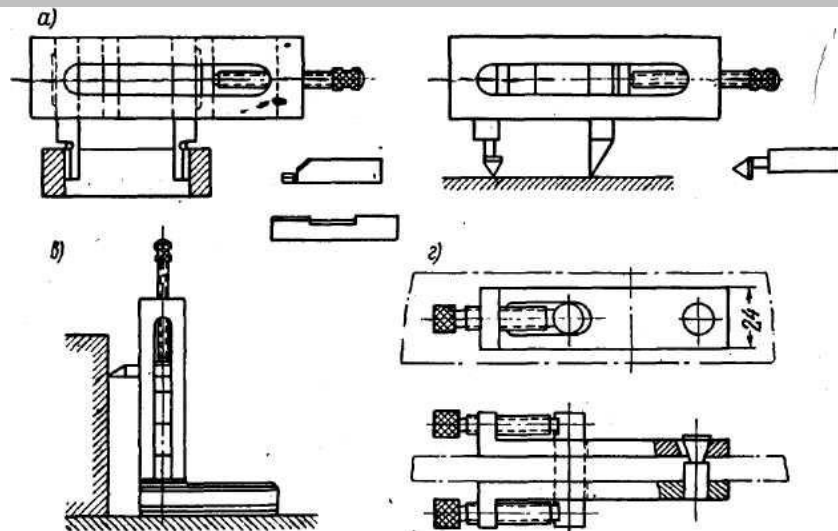


Рисунок 10 – Примеры применения концевых мер

Рычажно-механические приборы предназначены для измерения размеров, отклонений формы и взаимного расположения поверхностей (овальности, конусности, биения, прямолинейности и др.). Приборы с ценой деления 0,01 мм применяются для измерения изделий, а ценой деления 0,005, 0,002 и 0,001 мм — для измерения изделий калибров. Эти приборы используются также в качестве отсчетных устройств в различных контрольно-измерительных приспособлениях и специальных приборах. В настоящее время все более широко применяются электронные модификации этих приборов, в которых считывание результата производится с цифрового индикатора.

Микрометр с рычажной головкой (рис. 11) - рычажная головка закрепляется в скобе микрометра вместо жесткой пятки и обеспечивает постоянство измерительного усилия. Цена деления 0,005, пределы измерений 50-75, 75-100 мм. Установка инструмента на измеряемый размер производится по плоскопараллельным концевым мерам длины. Рычажный микрометр (рис.12) состоит из микрометрической головки и рычажно-зубчатого механизма (как в рычажной скобе), передающего перемещение подвижной пятки микрометра на стрелку

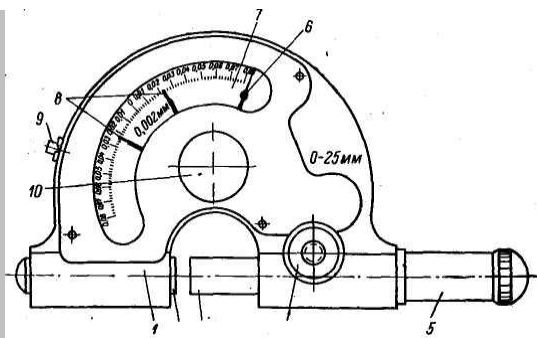


Рисунок 11 - Рычажная скоба. 1 – корпус с рычажно-зубчатым механизмом, подвижная 2 и переставная 3 пятки, 6 стрелка, шкала 7, колпачок механизма перестановки пятки 5, стопор 4, указатели пределов поля допуска 8 колпачок 10. Цена деления 0,002-0,005, пределы измерений 0-25, 25-50, 50-75, 75-100, 100-125, 125-150 мм.

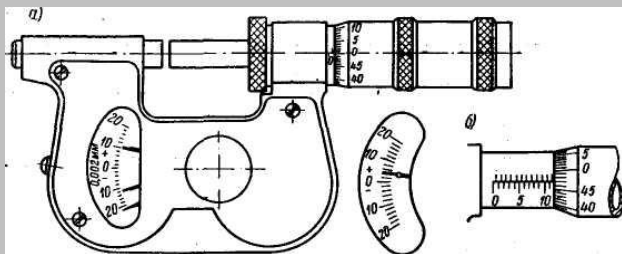


Рисунок 12 - Рычажный микрометр. Цена деления 0,002, пределы измерений 0-25, 25-50.

При контроле изделий широко применяются индикаторы часового типа (нормальный - рис. 13, малогабаритный и торцевой — рис. 14). Торцевой индикатор имеет два измерительных стержня: один из них перемещается перпендикулярно, а второй — параллельно шкале. Измерительное усилие в пределах от 80 до 200 г. Пределы измерения нормального индикатора — 0—5 и 0—10 мм, малогабаритного, торцевого и двухмикронного — 0—2 и 0—3 мм, микронного — 0—1 мм.

Для измерения размеров изделий индикатор закрепляется за ушко или гильзу диаметром 8 мм в кронштейне стойки со столом, а для измерения биения, прямолинейности и других отклонений формы и взаимного положения поверхностей изделий при различных измерениях на поверочных плитах, при проверке и сборке оборудования — в универсальном штативе (рис. 15), который позволяет устанавливать индикатор в любом положении и под любым углом к поверяемому изделию или в специальном приспособлении. К индикаторам выпускается комплект принадлежностей, включающий прямые и угловые рычаги, струбцину и державку для закрепления индикатора.

Индикаторный глубиномер предназначен для измерения глубины отверстий, пазов, уступов и т. п. Перед измерением глубиномер устанавливается на измеряемый размер по концевым мерам длины. Пределы измерения глубиномера (с разными измерительными стержнями): 0—10, 10—20, 20—30, 30—40, 40—50, 50—60, 60—70, 70—80, 80—90 и 90—100 мм.

Индикаторная скоба предназначена для контроля наружных размеров изделий (рис. 16).

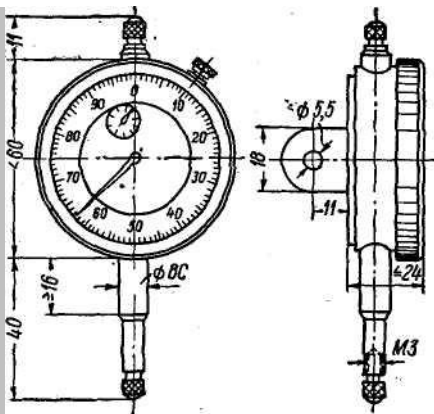


Рисунок 13 – Нормальный индикатор часового типа.

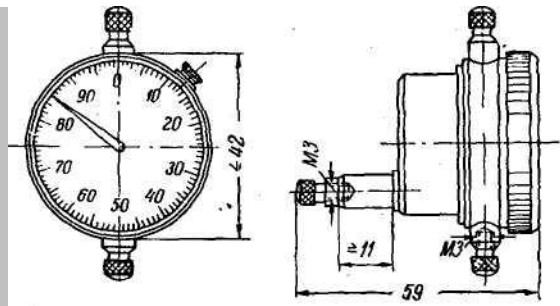


Рисунок 14 – Торцевой индикатор часового типа.

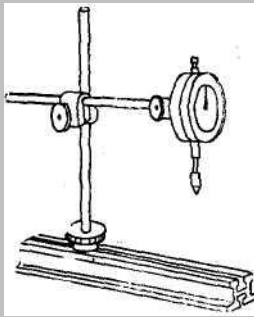


Рисунок 15 — индикатор, закрепленный в универсальном штативе

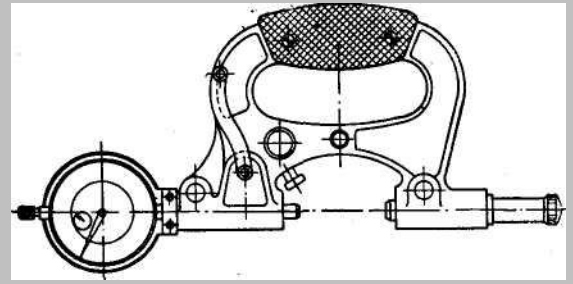


Рис. 16. Индикаторная скоба

Широко распространены индикаторные нутромеры. Они делятся на нутромеры индикаторные, нутромеры с конической иглой и цанговые нутромеры. Индикаторный нутромер (рис.17) предназначен для измерения внутренних размеров изделий. К нутромеру прилагается комплект сменных измерительных вставок различной длины. Перемещения измерительного стержня передаются на индикатор через угловой рычаг и стержень, расположенный внутри трубки. Установка нутромера на измеряемый размер производится по блоку концевых мер со специальными губками, по микрометру, предварительно установленному по концевым мерам или по установочным кольцам.

Нутромеры с конической иглой предназначены для измерения диаметров небольших отверстий (от 0,1 до 3 мм). Цанговый нутромер применяется для измерения диаметров отверстий от 4 до 10 мм. Установка на нуль производится по установочным кольцам. Погрешность показаний ± 2 мк.

Также применяются индикаторные толщиномеры, радиусомеры и др.

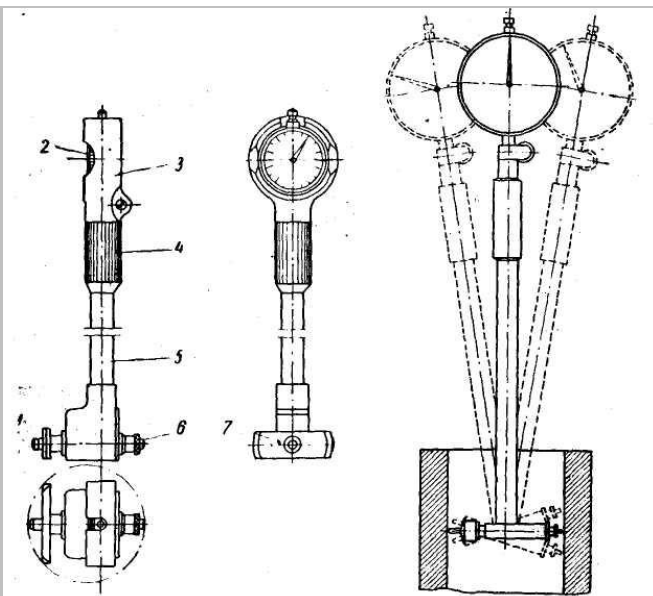


Рисунок 19 – Нутромер и схема замера.

Основные детали нутромера: измерительный стержень 1, индикатор 2 (цена деления 0,01 мм), кожух индикатора 3, ручка 4, трубка 5, измерительная сменная вставка 6, центрирующий мостик 7

Измерительные головки высокой точности. К приборам этого типа относятся миниметр, ортотест, микрокатор и др.

Миниметр представляет собой прибор с рычажной передачей. Он применяется со стойкой, позволяющей производить измерения размеров изделий высотой до 180 мм и диаметром до 150 мм, а также в различных контрольно-

измерительных приспособлениях. Установка миниметра на измеряемый размер (в нулевое положение) производится по блоку концевых мер длины.

Ортотест представляет собой прибор с рычажно-зубчатой передачей. Механизм работает на отрыв. Ортотест применяется со специальными стойками: для наружных измерений, для внутренних измерений (с дополнительной рычажной передачей), а также в различных приборах для измерения зубчатых колес.

Микрокатор. Чувствительным элементом прибора является скрученная лента, 2 из специальной бронзы шириной 0,2—0,3 мм и толщиной от 0,005 до 0,012 мм, к середине которой прикреплена стрелка 1 (тонкий стеклянный трубчатый волосок). Для точной установки прибора на нуль шкала может быть повернута на некоторый угол (в пределах ± 3 делений). Диаметр трубки позволяет закреплять прибор в стойке миниметра. Микрокатор обладает очень малым порогом чувствительности, что обеспечивает высокую точность при измерении отклонений геометрической формы деталей.

Рычажно-пружинные измерительные головки предназначены для измерения в труднодоступных местах размеров и отклонений от заданной геометрической формы (биения, овальности т. п.). Цена деления — 0,001 и 0,002 мм, пределы измерений соответственно $\pm 0,04$ и $\pm 0,08$ мм и погрешность ± 1 и ± 2 мкм.

К недостаткам перечисленных приборов относится неудобство снятия показаний из-за слишком тонкой стрелки и ее вибрации. Этих недостатков лишены оптикаторы, созданные на базе микрокаторов. У них на пружинной ленте вместо стеклянной стрелки укреплено миниатюрное зеркальце, на которое через линзу-конденсатор падает пучок света от источника. Отражаясь от зеркальца, он попадает на шкалу и является указателем, благодаря дополнительной оптической системе чувствительность оптикатора в 2 раза выше, чем микрокатора. выпускаются оптикаторы с ценой деления от 0,1 до 10 мкм, диапазоном измерений от ± 4 до ± 300 мкм и погрешностью 0,1—5 мкм. Предназначены они для проверки концевых мер длины и других особо точных измерений. Приборы с пружинной передачей обычно используются для измерения весьма точных размеров, выполненных по 2—3-му квалитетам.

Оптико-механические приборы

Эти широко применяемые в промышленности приборы обеспечивают измерение различных деталей с высокой точностью и имеют значительно большие пределы измерений, чем рычажно-механические. Высокая точность достигается при большом оптическом увеличении рассматриваемого объекта (в измерительных микроскопах и проекторах) или при сочетании в приборах механических и оптических устройств (в оптиметрах). Приборы могут быть контактными (оптиметры, длинномеры) или бесконтактными (различные модели микроскопов). Одни обеспечивают измерение деталей по одной (оптиметры), двум (инструментальные микроскопы, проекторы) или трем координатам (универсальные измерительные микроскопы).

Оптиметр — это прибор для измерения линейных размеров методом сравнения с мерой. В зависимости от компоновки различают вертикальный и

горизонтальный оптиметры. Перед началом работы прибор устанавливается на нуль по блоку концевых мер, размер которого принимается равным, номинальному размеру измеряемой детали. Цена деления оптиметров — 0,001 мм; диапазон показаний по шкале $\pm 0,100$ мм; диапазон измерений прибора — 0—180 мм (цилиндрических деталей — $\varnothing 150$ мм); измерительное усилие — 50—200 мН, предельная погрешность измерения — 0,3—1 мкм в зависимости от величины размера и условий применения. Вертикальный оптиметр отличается большой жесткостью измерительной системы, имеет улучшенную теплоизоляцию; предел измерений по шкале $\pm 0,083$ мм.

Горизонтальные оптиметры обладают большими метрологическими возможностями. Диапазон измерений прибора увеличен до 350—500 мм (в зависимости от модели); кроме того, с помощью специальных съемных приспособлений можно измерять внутренние размеры. Изредка применяют оптиметры с ценой деления) 0,0002 мм (их иногда называют ультраоптиметрами).

Длинномеры предназначены для контактных измерений линейных размеров методом непосредственной оценки. В зависимости от компоновки различают вертикальные и горизонтальные длинномеры. Во всех случаях цена деления шкалы приборов равна 0,001 мм. У вертикальных длинномеров диапазон показаний по шкале — 0—160 мм. Горизонтальные длинномеры имеют расширенный диапазон измерений — до 3000 мм (в зависимости от модели). С их помощью можно измерять внутренние размеры от 13,5 до 100 мм и диаметры отверстий от 13,5 до 150 мм. Применяются длинномеры с цифровым отсчетным устройством.

Для определения больших размеров с высокой точностью применяют одно-, двух-, трех- и пятикоординатные измерительные машины, выполняющие измерения в одном, двух, трех или пяти координатах. Это сложные устройства, современные приборы используют пневматические устройства и могут присоединяться к компьютеру.

Широко распространены двухкоординатные измерительные микроскопы — бесконтактные приборы для определения линейных и угловых размеров в прямоугольных и полярных координатах. Их действие основано на принципе оптического визирования. Различают инструментальные и универсальные микроскопы. У первых перемещение стола в двух взаимно перпендикулярных направлениях отсчитывается по шкалам микровинтов, а у вторых — по оптическим шкалам с помощью отсчетного микроскопа. Инструментальные микроскопы выпускаются в основном двух типов: ММИ (малый) и БМИ (большой). Их компоновка и оптические схемы весьма сходны, отличаются они пределами измерений и метро-логическими характеристиками.

Микроскоп БМИ имеет предел показаний — 0—25 мм. Установив между торцом микровинта и упорной площадкой корпуса стола концевую меру или блок мер, можно расширить предел измерений до 150 мм в продольном направлении и до 50 мм в поперечном. Для точного совмещения линии измерения размера с направлением продольного или поперечного перемещения стола на салазках имеется поворотный стол с предметным стеклом. Для точных угловых измерений предусмотрена угломерная головка с отсчетным микроскопом. Цилиндрические детали устанавливают в центрах съемного столика, укрепляемого на предметном

стекле. Инструментальные микроскопы применяют для измерения точных деталей сложной формы: шаблонов, вырубных штампов, фасонных резцов, специальных калибров. Особенно часто их используют для контроля резьбовых изделий: метчиков, резьбовых калибров, фрез и т. п.

Универсальные измерительные микроскопы: распространены три их типа: УИМ-200 УИМ-21 — окулярный, УИМ-200Э (УИМ-23) — экранный с пределами измерений 200 мм и УИМ-500Э (УИМ-24) — экранный с пределом измерений до 500 мм. Цена деления при отсчете перемещений в двух взаимно перпендикулярных направлениях у всех приборов равна 0,001 мм. К микроскопам прилагается большое число различных приспособлений, расширяющих возможности линейных и угловых измерений.

Пневматические приборы

Пневматические приборы для измерения линейных размеров достаточно широко применяются в машиностроении. Это объясняется рядом их существенных преимуществ: они надежны в работе, обеспечивают высокую точность измерений, весьма просты в обслуживании, не боятся вибраций, цену деления их шкал можно легко регулировать. Измерения чаще всего осуществляются бесконтактным способом, что исключает возможность деформации нежестких деталей. Принцип действия приборов основан на зависимости между площадью поперечного сечения выходного зазора (или отверстия) и давлением или расходом сжатого воздуха (рис. 20, а). В заполненный водой баллон 1 погружена трубка 2. По трубопроводу 3 через фильтр подается сжатый воздух. В трубке 2 автоматически поддерживается постоянное давление, определяемое высотой H столба воды. Через отверстие 4 (входное сопло) воздух поступает в камеру 5. Избыток его стравливается в воду и затем из баллона уходит в атмосферу. Из камеры 5 через отверстие 7 (выходное сопло) воздух уходит в атмосферу. Давление в камере зависит от зазора S между поверхностью измеряемой детали 8 и торцом выходного сопла. С изменением зазора S оно также изменяется. Величина давления определяется разностью h уровней воды в баллоне и манометрической трубке 9. Чем меньше величина S , тем больше сопротивление истечению воздуха из выходного сопла 7, выше давление в камере 5 и больше величина h , и наоборот. Уровень воды в трубке 9 является указателем шкалы 6, отградуированной непосредственно в линейных величинах, например в микрометрах.

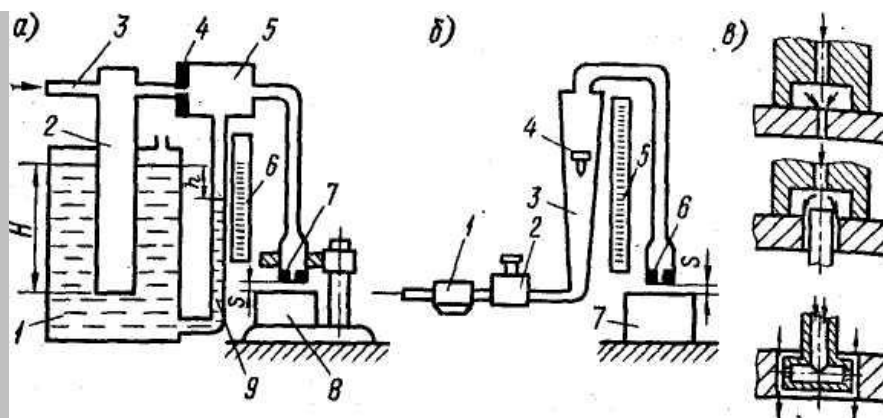


Рисунок 20 - Схемы пневматических приборов: а — манометрического

(«Солекса»); б — расходомерного (ротаметра); в — измерение отверстий разного диаметра.

Приборы такого типа называют пневматическими длиномерами низкого давления. На производстве они более известны как приборы типа Солекс. Завод «Калибр» выпускает длиномеры мод. 330 с двумя — семью манометрическими трубками, что позволяет одновременно измерять несколько размеров. Цена деления шкал — от 0,5 до 5 мкм, диапазон измерений — 20—160 мкм.

Схема пневматического длиномера высокого давления — так называемого ротаметра — показана на рис. 20,б. Воздух от компрессора или из сети под давлением 0,31—0,59 МПа (3,2—6,0 кгс/см²) через фильтр и стабилизатор давления 2 поступает в трубку 3 с коническим отверстием и поднимает поплавков 4. Далее через выходное сопло 6 он выходит в атмосферу. Скорость истечения воздуха определяется величиной зазора 5 между поверхностью измеряемой детали 7 и торцом выходного сопла. От величины расхода воздуха зависит положение поплавка 4 в трубке. Верхний торец поплавка является указателем для отсчета по шкале 5, градуированной в микрометрах. Прибор имеет ряд регулировочных устройств для установки поплавка при определении зазора в требуемом положении и для обеспечения требуемой цены деления шкалы 5. Выпускаются модели ротаметров с ценой деления шкалы 0,2; 0,5; 1; 2; 5 и 10 мкм. В большинстве случаев приборы используют для измерения внутренних размеров. На рис. 20, в приведены варианты применения ротаметра для определения различных диаметров отверстий. В малых отверстиях (диаметром 0,1—2 мм) измеряется не диаметр, а площадь поперечного сечения.

Отверстия диаметром 2—6 мм измеряют с помощью точно изготовленного аттестованного валика, который вставляют в отверстие с небольшим зазором. Величину этого зазора и определяет прибор, после чего рассчитывается диаметр отверстия. Отверстия большого диаметра контролируют калибром-пробкой с двумя соплами одинакового диаметра. Пневматические приборы обычно служат для измерения малых отклонений — до 100—250 мкм. К недостаткам их следует отнести малый диапазон измерений (до 0,2 мм) и ограниченность применения. Они эффективны в условиях серийного и массового производства, так как для измерения не только каждого номинального размера, но в большинстве случаев и каждого поля допуска требуется своя оригинальная оснастка, прежде всего пневматические калибры-пробки.

Предельные калибры

При контроле линейных и угловых размеров достаточно широко применяются специальные калибры: калибры-скобы, калибры пробки, шаблоны и др. Наиболее целесообразно их применение в условиях серийного и массового производства, но при необходимости они применяются и в мелкосерийном производстве.

К предельным калибрам относят калибры, номинальные размеры которых соответствуют наибольшему и наименьшему предельным размерам изделий. Калибры для контроля гладких валов и отверстий подразделяют на проходные (обозначают *ПР*) и непроходные (обозначают *НЕ*). Гладкие калибры для контроля

отверстий выполняют в форме цилиндров. Калибр-пробка *ПР* отличается от калибра-пробки *НЕ* значительно большей высотой цилиндра (рисунок 21).

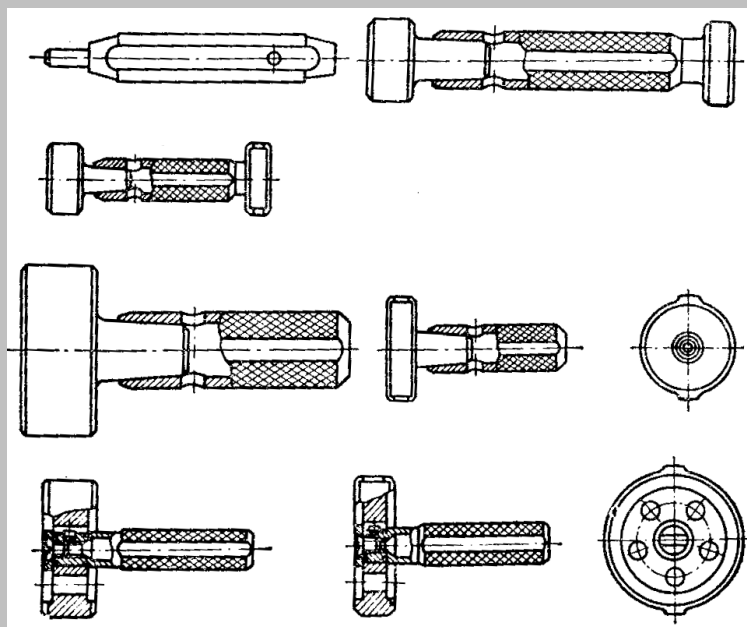


Рисунок 21 - Гладкие калибры-пробки и их конструкции

Гладкие калибры для контроля валов выполняют по форме кольца с внутренней цилиндрической измерительной поверхностью и в виде скобы. Преимущественное распространение получили калибры-скобы, позволяющие контролировать размеры валов без снятия их со станка. Некоторые конструкции калибров-скоб приведены на рисунке. 22.

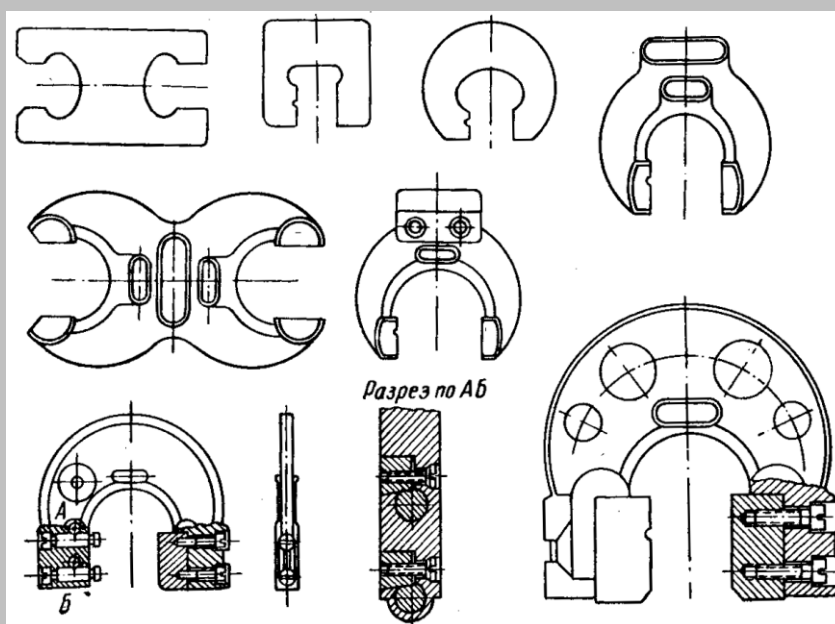


Рисунок 22 - Гладкие калибры-скобы и их конструкции

Калибры-скобы для контроля валов 6-го качества и более грубых квалитетов диаметром 3-180 мм изготовляют нерегулируемыми, т.е. постоянных

номинальных размеров, которые не могут быть восстановлены в процессе эксплуатации калибра для компенсации его износа. Калибры-скобы для контроля валов диаметром до 340 мм изготавливают регулируемые.

При контроле отверстий и валов калибрами *ПР* рабочий пользуется новыми калибрами, а контролер и представитель заказчика - частично изношенными калибрами. При контроле размера отверстия или вала калибром *НЕ* рабочий пользуется калибром-пробкой с размером, близким к наименьшему предельному размеру калибра, или калибром-скобой с размером, близким к его наибольшему предельному размеру, а контролер и представитель заказчика - калибром-пробкой *НЕ* с размером, близким к его наибольшему предельному размеру, и калибром-скобой *НЕ* с размером, близким к наименьшему предельному размеру калибра-скобы.

В соответствии с требованиями ГОСТ 2015-84 на каждом калибре нанесены контролируемый номинальный размер, поле допуска, числовые значения и знаки верхнего и нижнего отклонений, назначение калибра (*ПР*, *НЕ*, *К-НЕ*, *К-ПР*) и товарный знак предприятия-изготовителя. Допуски на калибры стандартизованы.

Примеры выполнения рабочих чертежей калибров приведены в приложениях А и Б.

4.1.2 Контроль точности формы и взаимного расположения поверхностей детали

К отклонениям формы относятся: отклонения от прямолинейности, круглости, цилиндричности, овальность, гранность и др. К отклонениям от точности взаимного расположения поверхностей детали относятся: отклонения от параллельности, перпендикулярности, соосности, симметричности, осевое, радиальное и полное биение. Контроль этих параметров зачастую производится с использованием тех же инструментов, что и контроль линейных и угловых размеров: щупов, микрометров, рычажно-механических приборов, преумприборов.

Отклонения от прямолинейности и плоскостности контролируются с помощью уровней, сличением с поверочной линейкой с помощью щупа, измерительной головкой, устройством с аэростатическим базированием, закрытыми гидростатическими уровнями, с применением автоколлиматора, оптической линейкой или оптическим плоскомером и др. (рисунки 23, 24)

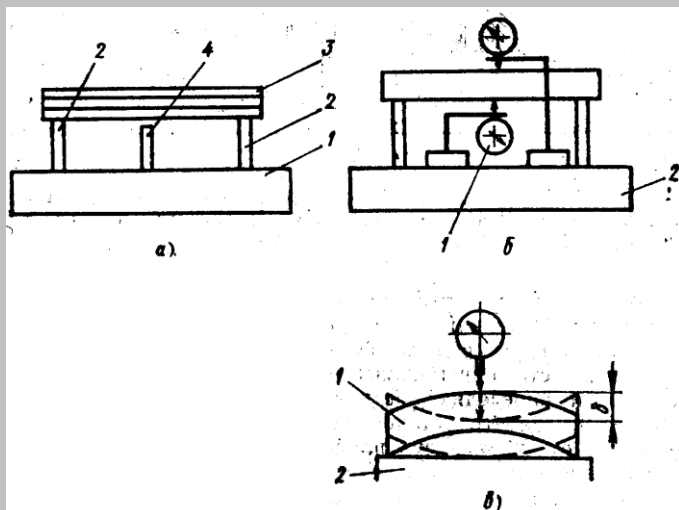
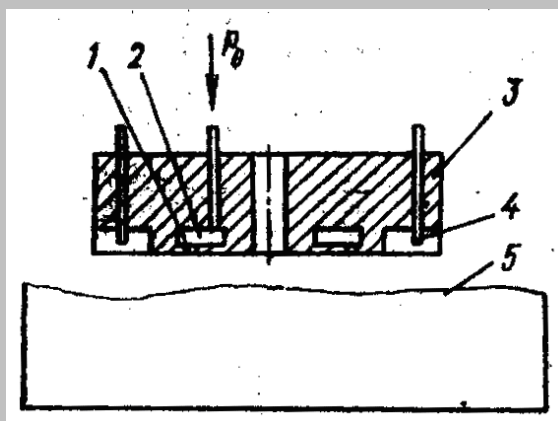
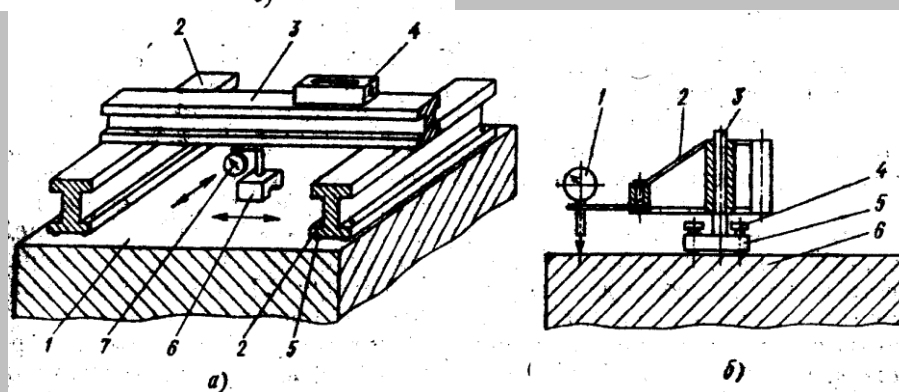


Рисунок 23 – Контроль отклонения от прямолинейности а) сличением с поверочной линейкой с помощью щупа (1-деталь, 2-концевые меры, 3-поверочная линейка, 4-концевая мера), б) измерительной головкой (1-измерительная головка, 2-поверочная плита) в) вращением детали на поверочной плите (1-деталь, 2-поверочная плита)



в

Рисунок 24 –Контроль отклонений от плоскостности а) накладное измерительное устройство (1-деталь, 2,3-поверочные линейки, 4-уровень, 5-регулируемые опоры, 6-штатив, 7-измерительная головка) б) плоскомер (1- измерительная головка, 2-карусель, 3-колонна, 4-винты регулировочные, 5-основание, 6-деталь); в) измерение с помощью устройства с аэростатическим базированием при помощи бесконтактного пневмопреобразователя (1-базирующие сопла, 2-камеры, 3-накладной измерительный диск, 4-измерительные сопла, 5-деталь) Цена деления 0,001 мм. Погрешность $\pm 0,0005$ мм.

Для измерения отклонения от круглости используются кругломеры, интерференционные нутромеры, а также двухконтактные (например, длинномеры, оптиметры) и трехконтактные устройства (рисунки 25, 26). Последние могут применяться также для контроля овальности и огранки. Примеры схем для контроля непараллельности и перпендикулярности плоских

поверхностей или образующих представлены на рисунке 27, для контроля шлицевых поверхностей – на рисунке 28, фасонных поверхностей на рисунке 29, измерения отклонений от симметричности шпоночного паза – на рисунке 30, пересечения осей, полного осевого и торцевого биения - на рисунке 31, отклонения от соосности – на рисунке 32.

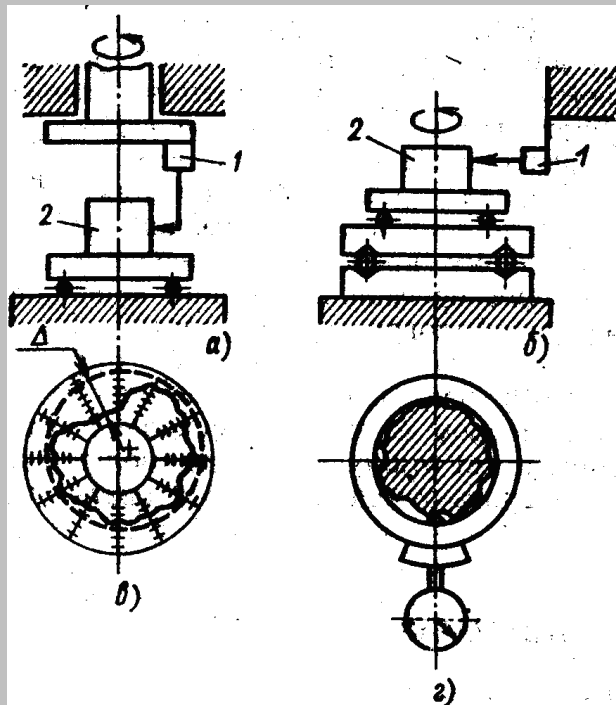


Рисунок 25 – Схемы измерения отклонений от круглости
Измерение кругломером:
а) вращающийся измерительный наконечник и неподвижная деталь;
б) вращающаяся деталь и неподвижный наконечник.
в) круглограмма.
г) При помощи кольца (цельного или разжимного или разрезного для труднодоступных мест) и индикатора. Деталь вращается.

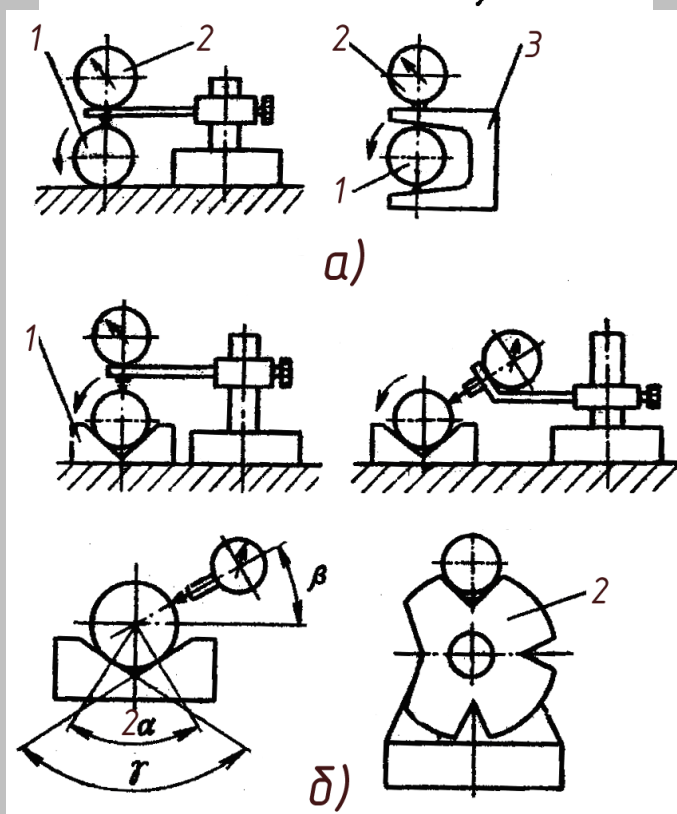


Рисунок 26 – Схемы измерения отклонений от круглости: а) двухконтактными устройствами: 1 – изделие, 2 – измерительная головка, 3 – скоба, б) трехконтактными устройствами: 1 – призма с постоянным углом раскрытия; 2 – призма с различными углами раскрытия

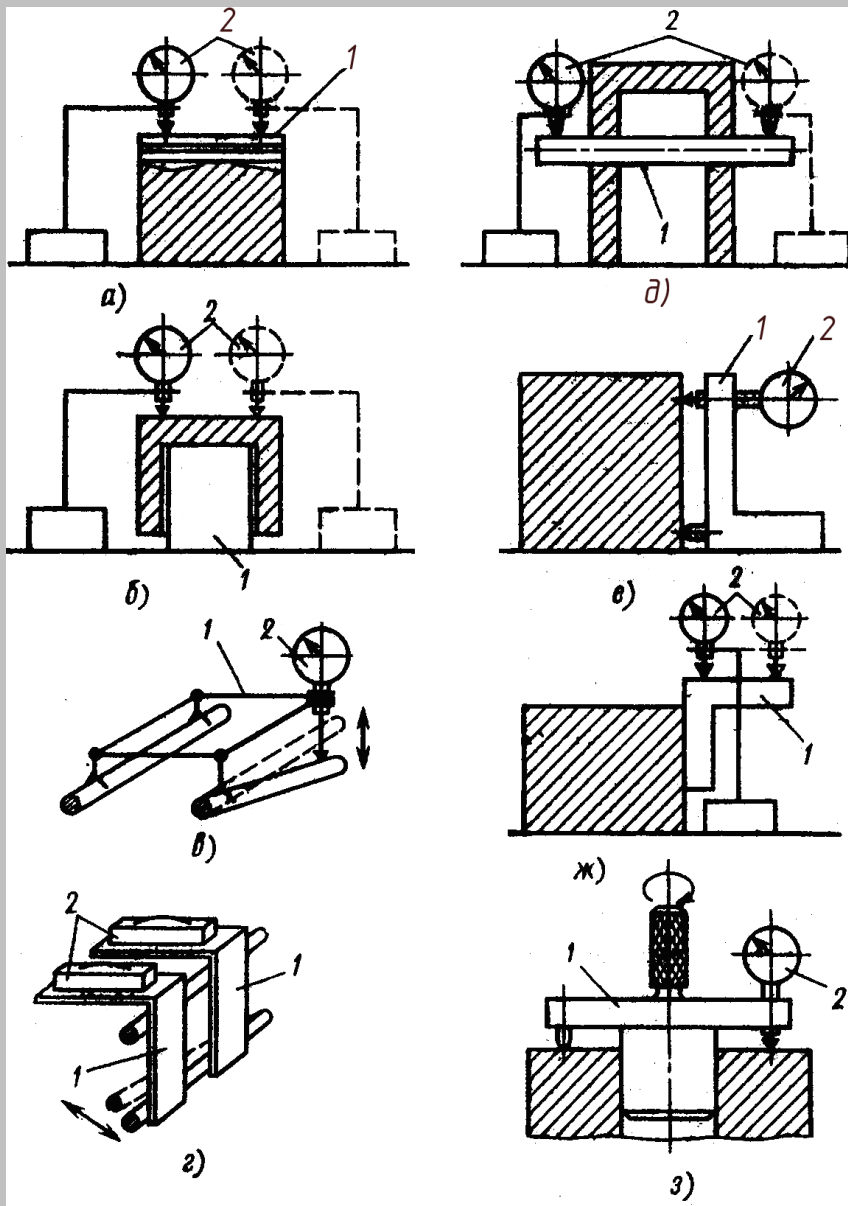


Рисунок 27 – Схемы измерения отклонения от параллельности и перпендикулярности:
а: 1 – измерительная линейка; 2 – измерительная головка; б: 1- опора с параллельными торцовыми поверхностями; 2 - измерительная головка; в: 1 – рамка; 2- измерительная головка; г: 1 – угольники; 2 - уровни; д: 1 – оправка; 2 - измерительная головка; е, ж: 1- угольник; 2 – индикатор; з: 1 – цилиндрическая оправка; 2 - измерительная головка.

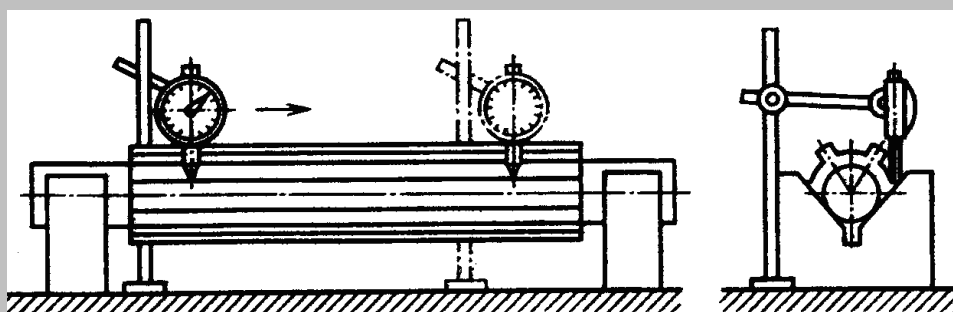


Рисунок 28 - Контроль шлицевых поверхностей

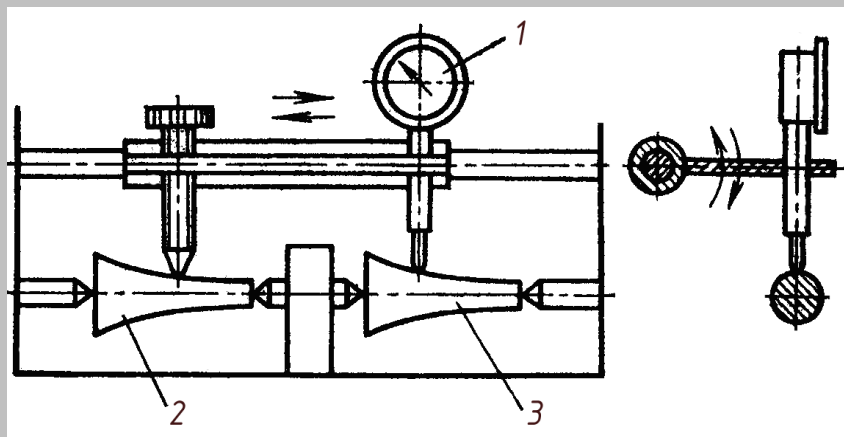


Рисунок 29 - Контроль фасонных поверхностей. Копирное устройство (эталон):
1- измерительная головка; 2 - образец; 3 - контролируемая деталь

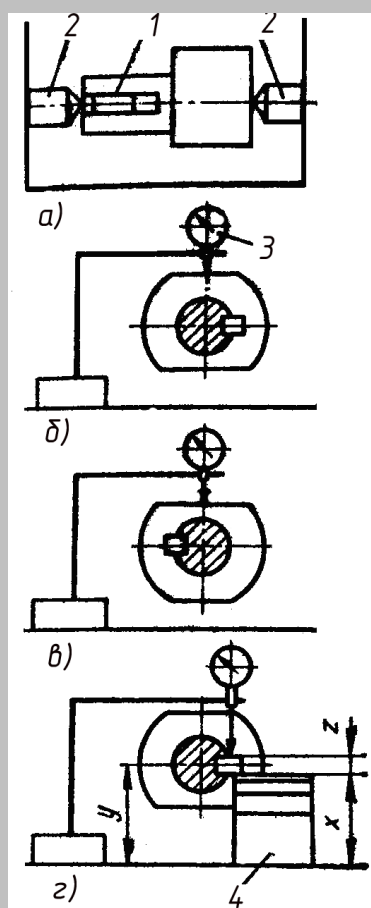


Рисунок 30 - Схемы измерения отклонений от симметричности шпоночного паза: а-в – с помощью индикатора, г – с помощью индикатора и концевых мер

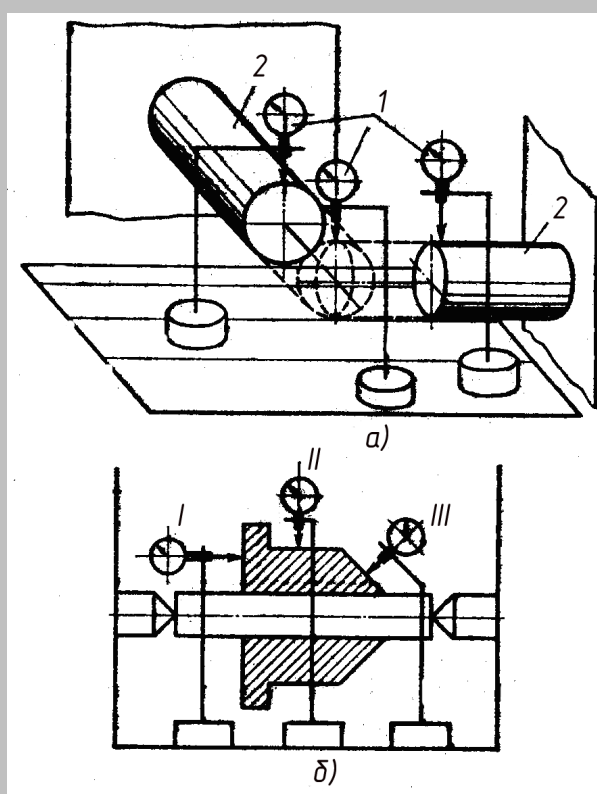


Рисунок 31 - Схемы измерения отклонений от заданного угла пересечения осей, полного осевого и торцевого биения: а) измерение пересечения осей; б) измерение торцевого, радиального биения и биения в заданном направлении

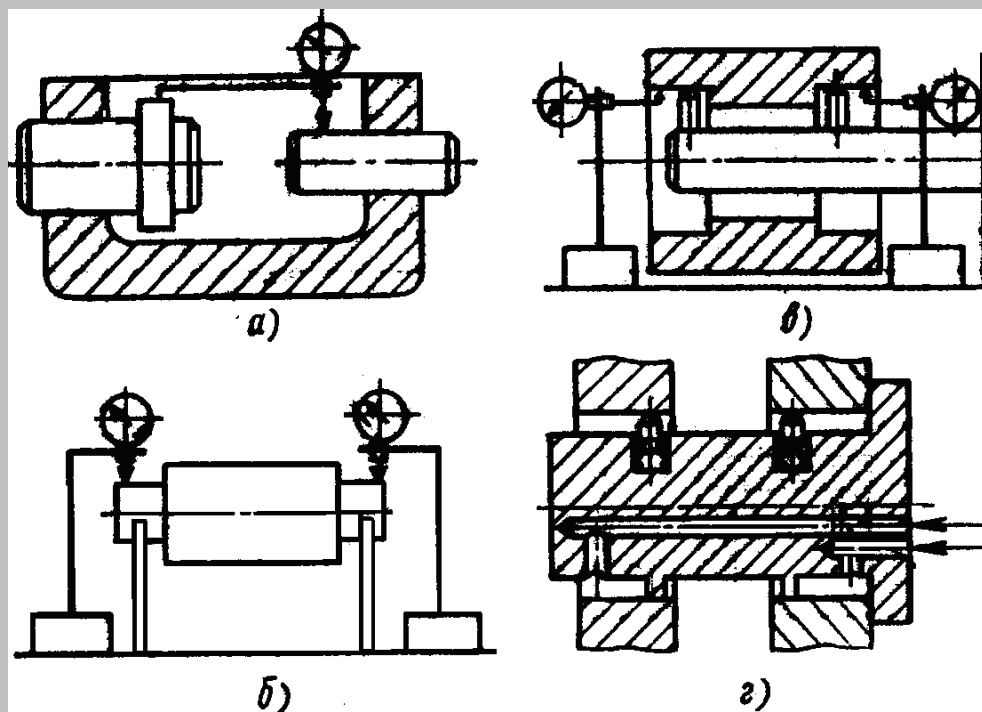


Рисунок 32 - Схемы измерения отклонения от соосности: а) соосность с базовой поверхностью; б) соосность относительно общей оси с использованием ножевых опор (замер в крайних положениях); в) соосность относительно общей оси с использованием удлиненной оправки со сферическими наконечниками; г) пневмодатчик.

4.2 Контроль шероховатости

Существуют два основных метода оценки шероховатости - качественный и количественный. Качественный метод оценки основан на сравнении обработанной поверхности с образцами сравнения шероховатости поверхности: зрительном сопоставлении, сравнении ощущений, получаемых при ощупывании обработанной поверхности и образца, и сопоставлении результатов наблюдений в сравнительный микроскоп или через лупу. Этот метод наиболее распространен на производстве, особенно при контроле, который включается в качестве переходов в технологические операции механической обработки.

Количественный метод оценки основан на измерении шероховатости поверхности. Измеряют шероховатость контактным методом щуповыми приборами (профилометрами и профилографами) и бесконтактным - оптическими приборами (микроинтерферометрами, двойными микроскопами и др.).

Двойной микроскоп МИС-II представляет собой систему из двух микроскопов - осветительного (проектирующего) и наблюдения, оси которых составляют между собой угол 90° . Микроскоп основан на методе светового сечения и предназначен для измерения высоты неровностей профиля R_z в пределах от 0,8 до 62,5 мкм. Принцип работы прибора следующий. Световой пучок проходит узкую щель и направляется в объектив, который образует на поверхности контролируемой детали изображение щели, представляющее собой узкую световую полосу. Под влиянием неровностей поверхности световая полоса

искривляется в соответствии с их формой, и образуется световое сечение профиля поверхности. Изображение профиля объективом микроскопа наблюдения проектируется в фокальную плоскость окуляра. Величину шероховатости определяют визуально (с помощью окулярного микрометра) или фотоэлектрическим методом (с помощью фотонасадки МФН-1 или МФН-3).

Профилограф-профилометр и профилометр являются щуповыми приборами для измерения шероховатости и волнистости поверхности изделий из металлов и неметаллических материалов. Профилограф-профилометр в отличие от профилометра позволяет не только измерить параметр R_a , но и снять профилограмму с поверхности детали (или образца) при обработке которой можно определить все параметры шероховатости.

Действие профилографа-профилометра основано на ощупывании неровностей измеряемой поверхности алмазной иглой и преобразовании колебаний щупа датчика в колебания электрического напряжения, пропорциональные этим колебаниям. Колебания напряжения обрабатываются в отсчетном устройстве или персональном компьютере по специальной программе и результат обработки выводится в цифровом виде на индикатор отсчетного устройства или в цифровом и графическом виде на экран монитора персонального компьютера.

Профилограф-профилометр АБРИС-ПМ7 предназначен для измерения шероховатости и записи профиля плоских, цилиндрических, конических и других поверхностей изделий, сечение которых в плоскости измерения представляет прямую линию. Измерение параметров шероховатости поверхности (R_a , R_z , R_{max} , S_m , t_p) производится по системе средней линии в соответствии с номенклатурой и диапазонами значений, предусмотренными ГОСТ 2789-73. Результатом измерения является профилограмма в прямоугольной системе координат с результатами расчета параметров шероховатости на мониторе и на бумаге.

При контроле крупногабаритных деталей в производстве достаточно широко применяются накладные профилометры.

4.3 Выявление дефектов поверхностного слоя материала детали. Капиллярный контроль

Дефекты поверхностного слоя выявляются в основном методами неразрушающего контроля проникающими веществами. Дефекты такого типа резко снижают долговечность деталей, их износостойкость и прочность.

Основное назначение методов капиллярного контроля — выявление поверхностных и сквозных несплошностей деталей, изготовленных из металлов и неметаллов. Методами капиллярного контроля выявляют дефекты типа трещин (например, шлифовочных), пор, рыхлот, неспаев, волосовин на поверхностях деталей из жаропрочных неферромагнитных сплавов, алюминиевых, магниевых, медных сплавов, а также изделий из керамики, стекла, пластических и синтетических материалов. Возможен контроль деталей самой сложной конфигурации, не поддающихся контролю другими методами. Методами капиллярного неразрушающего контроля выявляют трещины с шириной раскрытия 0,001 мм и глубиной 0,01 мм. Контроль возможен как при

изготовлении деталей, так и при их эксплуатации, ремонте и восстановлении.

Основные операции капиллярного контроля следующие. Поверхность контролируемой детали очищают от масел, загрязнений. На деталь наносится проникающая жидкость. В таком положении деталь выдерживают некоторое время, чтобы проникающая жидкость попала в полости открытых дефектов (рис. 33, а и б). Затем с поверхности детали удаляют избыток проникающей жидкости (рис. 31, в). Чаще всего проникающая жидкость заполняет микротрещины и другие дефекты поверхности именно благодаря капиллярному эффекту, в момент смачивания. Однако существуют и принудительные способы заполнения полостей дефектов с применением давления, ультразвука и нагружения. Далее на контролируемую поверхность наносят тонкий слой проявителя. Происходит адсорбция (поглощение) проникающей жидкости слоем проявителя (рис. 33, г и д). Проявитель способствует выходу проникающей жидкости из полости дефекта на поверхность изделия. Образующиеся при этом индикаторные следы дефектов значительно шире самих дефектов. Проявители, как правило, обеспечивают видимый контраст дефектов на фоне контролируемой поверхности. Благодаря проявляющим веществам места выхода проникающей жидкости из полостей дефектов становятся темными на светлом фоне, окрашенными на контрастирующем фоне или люминесцирующими на темном фоне поверхности детали. После проявления дефектов деталь осматривают при дневном (искусственном) либо при ультрафиолетовом освещении. Это зависит от примененной проникающей жидкости (пенетранта). Если она содержит краситель, то при дневном свете хорошо различим яркий цвет красителя над местом расположения дефекта, если содержит люминесцентную добавку, то при облучении ультрафиолетовыми лучами она флуоресцирует.

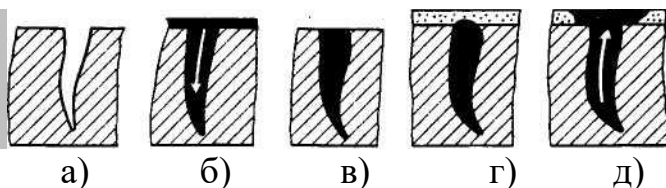


Рисунок 33 - Операции капиллярного неразрушающего контроля

Чувствительность методов капиллярного неразрушающего контроля зависит от правильного выбора красителей или люминофора для проникающей жидкости, смачивающей способности основного компонента, свойств адсорбирующего вещества — проявителя и качества подготовки поверхности к контролю. При люминесцентном методе контроля используют фотолюминесценцию. Помимо природных веществ, применяют также искусственно изготовленные вещества с яркой люминесценцией — люминофоры.

При неразрушающем контроле проникающими веществами проявление следов дефектов представляет собой процесс образования рисунка в местах наличия дефектов. Этот рисунок в дефектоскопии называют индикаторными следами. Решающее значение имеет качество расшифровки индикаторных следов. Форма индикаторного рисунка позволяет судить не только о виде дефекта, его протяженности, но и о глубине. Величину дефекта можно приблизительно

оценить как по ширине индикаторного следа, его интенсивности, так и по скорости его роста.

Различные дефекты характеризуются различными индикаторными следами, типичными для тех или иных дефектов. Наиболее часто встречаются следующие:

- Индикаторные следы в виде сплошных линий указывают на наличие трещин. Объем трещины характеризуется шириной и яркостью люминесцентной или цветной индикаторной линии (прямой или криволинейной). Узкая непрерывная линия, ровная или слегка извилистая, выявляет неслитины, волосовины.

- Индикаторные следы в виде прерывистых линий сигнализируют о наличии дефектов типа непроваров сварного шва, трещин, имеющих выходы на поверхность не по всей длине.

- Индикаторные следы в виде округленных участков свидетельствуют о наличии дефектов типа газовых включений, пор, свищей в литых деталях и сварных швах.

- Индикаторные следы в виде отдельных точек выявляют пористость, литейную сыпь и др.

- Индикаторные следы в виде группы коротких линий или сетки указывают на наличие межкристаллитной коррозии или растрескивания материала.

От объема полости дефекта, типа проникающей жидкости, соблюдения режима контроля (температуры, времени пропитки и других факторов) зависит четкость индикаторных следов. Четкие индикаторные следы обычно получаются при выявлении дефектов малого раскрытия.

Аппаратуру для проведения капиллярного контроля подразделяют на три группы: переносная, стационарная и передвижная (специализированные крупногабаритные установки, создаваемые для контроля изделий крупносерийного производства). Иногда дефектоскопическое оборудование встраивают в поточные производственные линии.

4.4 Выявление дефектов внутренних объемов материала детали

4.4.1 Магнитный неразрушающий контроль

Это вид контроля, основанный на анализе взаимодействия магнитного поля с контролируемым объектом.

При использовании методов магнитного контроля измеряют параметры магнитных полей, создаваемых в контролируемых объектах путем их намагничивания. В различных методах магнитного контроля в качестве параметров магнитного поля, несущих информацию о наличии или отсутствии дефектов, используют следующие: коэрцитивную силу объекта контроля, его магнитную проницаемость, намагниченность, напряженность магнитного поля, остаточную индукцию материала контролируемого объекта после снятия магнитного поля и др. Методы магнитного неразрушающего контроля применяют в основном для дефектоскопии ферромагнетиков (железа и сплавов на его основе, никеля, кобальта), в которых при намагничивании значительно усиливается

магнитное поле.

В процессе магнитного контроля регистрируются магнитные поля рассеяния дефектов. Полученные данные используют для выявления нарушений сплошности материала деталей, расположенных на поверхности и в подповерхностных слоях, а в отдельных случаях и внутри тела детали.

Методами магнитного контроля выявляют следующие характерные дефекты: трещины (усталостные, шлифовочные, закалочные, сварочные, ковочные, штамповочные), волосовины, закаты, заковы, расслоения, надрывы, непровары в сварных соединениях, неметаллические включения. Кроме того, можно контролировать и сортировать стальные детали (в том числе и автоматически) по твердости после термической обработки. Возможно проведение контроля цементированных, азотированных и закаленных слоев деталей машин. Возможен также контроль немагнитных покрытий на ферромагнитной основе. Методы магнитного контроля дают возможность судить о структуре материала деталей при магнитоструктурном анализе на основе получаемой при контроле информации о магнитных свойствах объекта контроля. Методы магнитного контроля характеризуются высокой чувствительностью, относительной простотой и надежностью операций контроля, возможностью контроля деталей сложной формы и практически любых размеров.

Основой методов магнитного контроля при выявлении несплошностей или инородных включений является возникновение на поверхности намагниченной детали магнитных полей рассеяния. Эти поля на поверхности детали существуют как во время нахождения детали во внешнем намагничивающем поле, так и после его снятия, так как деталь остается намагниченной за счет остаточной индукции. Напряженность магнитного поля рассеяния дефекта и его характер определяются многими факторами: напряженностью магнитного поля (поля намагничивания); магнитной проницаемостью материала детали; размером и формой детали; формой, размером, местоположением дефекта и его ориентацией.

Наиболее распространены магнитопорошковый, феррозондовый и магнитографический методы магнитного контроля.

Магнитопорошковым методом контролируют детали с большой магнитной проницаемостью. Этим методом возможно выявлять поверхностные дефекты типа несплошностей с шириной раскрытия 1 мкм (0,001 мм) и более, глубиной 0,01 мм и более. Чувствительность метода несколько повышается при использовании люминесцентного магнитного порошка. В этом случае минимальная ширина раскрытия трещины у поверхности выявляемого дефекта может быть до 0,5 мкм (0,0005 мм), а протяженность в глубь изделия до 0,005 мм.

С помощью магнитопорошкового метода можно выявлять и крупные подповерхностные дефекты, находящиеся на глубине до 2 мм. При контроле магнитопорошковым методом магнитные поля рассеяния выявляют с помощью ферромагнитного порошка. Так как магнитное поле рассеяния дефекта неоднородно, то на ферромагнитные частицы, попавшие в это поле, будет действовать сила, стремящаяся переместить ферромагнитные частицы в место наибольшей напряженности поля, т. е. в то место поверхности изделия, под которым находится несплошность материала. Таким образом, над местом несплошности будут накапливаться ферромагнитные частицы. Ширина полосы

осевшего порошка будет значительно больше, чем раскрытие дефекта, что дает возможность выявлять и очень малые дефекты.

Магнитопорошковый метод контроля состоит из следующих технологических операций: подготовка поверхности к контролю; намагничивание объекта контроля; нанесение магнитного порошка на объект контроля; осмотр контролируемой поверхности и регистрация индикаторных рисунков дефектов; оценка результатов контроля; размагничивание. Чувствительность и надежность магнитопорошкового метода в значительной мере зависят от состояния поверхности контролируемого изделия. Она должна быть сухой, очищенной от ржавчины, окалины, нагара, от смазочного материала и других загрязнений. При недостаточно тщательном обезжиривании водная магнитная суспензия плохо смачивает контролируемую поверхность. При использовании масляной суспензии остатки воды на детали после промывки существенно исказят картину магнитного контроля.

Вид и способ намагничивания выбирают в зависимости от размеров, формы объекта контроля, материала, толщины покрытия, а также от характера и ориентации дефектов, подлежащих выявлению. При этом наилучшее условие выявления дефектов — перпендикулярное направление намагничивающего поля по отношению к направлению дефектов. При необходимости выявления дефектов разной ориентации применяют намагничивание в двух или трех взаимно пересекающихся направлениях, комбинированное намагничивание, а также намагничивание во вращающемся магнитном поле.

При продольном намагничивании контролируемое изделие помещают между полюсами электромагнита (рис. 34, а), в магнитное поле соленоида (рис. 34, б) или, пропуская ток через кабель, навитый на изделие (рис. 34, в). Намагничивание гибким кабелем широко применяется для контроля крупногабаритных деталей, не помещающихся в стандартном соленоиде.

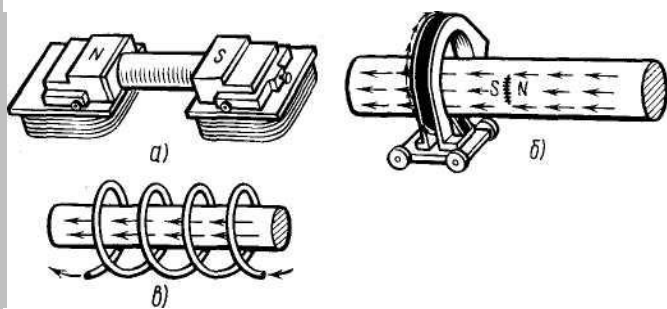


Рисунок 34 - Схемы продольного намагничивания деталей

После намагничивания (или во время намагничивания при контроле в приложенном магнитном поле) на изделие наносят ферромагнитный порошок — сухой или в виде суспензии. Большее применение получили суспензии, но подповерхностные дефекты легче выявляются при использовании сухого порошка. Его наносят с помощью распылителя или погружением изделия в порошок. Магнитная суспензия наносится на контролируемое изделие распылителем или погружением в ванну.

Осмотр контролируемой поверхности проводят невооруженным глазом или с применением различных оптических устройств (лупы, микроскопы, эндоскопы). При использовании люминесцентных магнитных порошков контроль поверхности проводят, так же как и при контроле проникающими веществами,

ультрафиолетовым облучением.

Поверхностные дефекты в виде несплошностей вызывают осаждение ферромагнитного порошка в виде резко очерченных рисунков. В этом случае значительные наслоения порошка хорошо сцеплены с поверхностью. Чем глубже от поверхности расположен дефект, тем более размытым получается рисунок. Над подповерхностными дефектами ферромагнитный порошок осаждается в виде размытых полос.

Каждую деталь, подвергаемую магнитному контролю, следует размагнитить, так как при дальнейшей эксплуатации может отрицательно сказаться влияние ее остаточной намагниченности. Неразмагниченные детали искажают показания электромагнитных и навигационных приборов. Степень размагниченности деталей проверяют приборами для контроля размагниченности.

Магнитографический метод предназначен для контроля качества сварных швов в трубопроводах, резервуарах, листовых конструкциях из ферромагнитных материалов. Индикатором магнитных полей рассеяния служит магнитная лента.

Магнитографический метод контроля заключается в намагничивании контролируемой зоны сварного шва для создания над дефектом магнитного поля рассеяния, «записи» этого поля на магнитную ленту и воспроизведения «записи» для определения расположения и размеров дефекта. Для этого на сварной шов накладывают ленту магнитным слоем ко шву и прижимают резиновым поясом. В процессе намагничивания шва намагничивается и лента. Большее остаточное магнитное поле будет на участках ленты, которые окажутся над более сильными магнитными полями рассеяния, т. е. над дефектами. Так производится «запись» состояния определенного участка сварного шва деталей толщиной от 1—2 до 20 мм. Магнитную ленту протягивают в лентопротяжном механизме дефектоскопа относительно магнитной головки блока воспроизведения и усиленный сигнал считывают с экрана осциллографа. О наличии дефекта, его местоположении и характере судят по длительности, величине и форме импульсов. Магнитную ленту используют многократно.

Феррозондовый метод магнитного неразрушающего контроля основан на обнаружении и измерении магнитных полей (в том числе и полей рассеяния, возникающих в зоне дефектов) с помощью феррозондов — приборов, позволяющих обнаруживать и измерять магнитные поля. Эти приборы называют магнитодинамическими магнитометрами. С помощью магнитометра можно определить степень намагниченности ферромагнитного тела по создаваемому им в пространстве магнитному полю. Феррозондовые дефектоскопы, применяемые в дефектоскопии, позволяют находить и измерять очень слабые магнитные поля небольшого объема.

Феррозондовым методом можно выявлять не только поверхностные нарушения сплошности ферромагнитных материалов, но и находящиеся на глубине 10—15 мм. Применение феррозондов позволяет организовать автоматизированную и автоматическую сортировку стальных деталей по твердости. Они дают качественную и количественную характеристику магнитных свойств материала изделий, по которым можно судить о структуре и механических свойствах при магнитоструктурном анализе. Этот метод позволяет

измерить толщину стенок сложных отливок и листов большой площади из неферромагнитных материалов. Феррозондовый метод применяют также для определения степени размагниченности изделий, подвергнутых магнитному контролю.

Оборудование для контроля феррозондовым методом разнообразное и часто узко специализированное.

4.4.2 Вихретоковый неразрушающий контроль

Вихретоковый неразрушающий контроль основан на анализе взаимодействия электромагнитного поля вихретокового преобразователя с электромагнитным полем вихревых токов, наводимых в контролируемом объекте. Физическая сущность методов вихретокового контроля состоит в измерении степени взаимодействия электромагнитного поля специальной катушки (или ряда катушек необходимых форм и размеров) — вихретоковых преобразователей с полем вихревых токов, наведенным в объекте контроля. Родство методов магнитного и вихретокового контроля заключается в сходности действующих полей — магнитного и вихревого электрического. Их линии напряженности представляют собой замкнутые системы. И реакция магнитного и вихретокового наведенных полей на нарушения сплошности, неметаллические включения и другие дефекты во многом сходна. Этим методом контроля выявляют практически все дефекты типа несплошностей и различных включений, которые создают дополнительное сопротивление и препятствуют протеканию вихревых токов.

При вихретоковом контроле контролируемое изделие помещают в электромагнитное поле катушки — вихретокового преобразователя. Изделие при этом можно рассматривать как короткозамкнутую катушку. В нем индуцируется ток, протекающий по замкнутым круговым линиям и называемый вихревым. Широко используются амплитудные, фазовые, частотные и спектральные характеристики тока вихретоковых преобразователей (катушек). В практике контроля получили распространение испытательные катушки (датчики) следующих типов: проходные, накладные, внутренние и экранные.

Проходной датчик охватывает контролируемое изделие. При этом контролируется часть изделия, равная эффективной ширине катушки. Проходные вихретоковые преобразователи применяют для контроля деталей и изделий типа труб и других профилей проката. В процессе контроля датчик протягивается вдоль оси изделия и таким образом проходит (сканирует) всю наружную поверхность изделия. Накладные датчики, обычно небольшого размера, размещают на контролируемой поверхности изделия. С их помощью контролируется часть поверхности, площадь которой равна площади поперечного сечения катушки (поверхность «прослушивается»). Внутренние датчики служат для контроля внутренней поверхности полых деталей. Их применяют для контроля труб, аналогично проходным датчикам, но протягивают внутри изделия. Экранные датчики применяют для контроля относительно тонких изделий. При контроле изделие помещают между возбуждающей и измерительной катушками.

Конкретные условия контроля определяют форму катушек и частоту тока.

Конструкция катушек в значительной мере влияет на качество контроля и выбирается в зависимости от назначения. Выбор типа катушек-датчиков во всех случаях определяется размерами и формой контролируемого изделия, его материалом, расстоянием от катушки до контролируемой поверхности или участка изделия, характером контроля, степенью его автоматизации. Вихретоковый контроль применяют, в частности, при автоматизированном и автоматическом контроле.

Методами вихретокового неразрушающего контроля выявляют отклонения от заданного химического состава электропроводных материалов и изделий из них; сортируют сплавы по маркам; контролируют режимы термической и химико-термической обработки металлов; проверяют структуру металла, степень ее однородности; определяют твердость металла и отклонения ее от требуемой; определяют электропроводность и контролируют физические свойства металлов, связанные с электропроводностью, и т. п. Вихретоковый контроль используют также для измерения различных геометрических параметров деталей машин и изделий при невозможности проведения измерений другими способами без разрушения; например, толщину гальванических, лакокрасочных и других защитных покрытий, неэлектропроводных пленок, толщину одного из слоев биметаллов (в случае, если электропроводность или магнитная проницаемость слоев различна), определяют отклонения от заданной формы и размеров изделия и др. Вихретоковый контроль применяют также для выявления поверхностных и подповерхностных трещин, неметаллических включений, межкристаллитной коррозии и других дефектов, типичных при обработке металлов давлением, механическими способами, литьем.

Использование методов вихретокового контроля наиболее результативно при работе с деталями и изделиями простой геометрической формы. Такой контроль хорошо поддается автоматизации. Его производительность достаточно велика для использования стендов и установок вихретоковой дефектоскопии в серийном и массовом производстве. Во многих случаях вихретоковый контроль позволяет заменить выборочный контроль (часто с разрушением изделий) сплошным (сто процентным) контролем.

Однако высокая чувствительность к изменениям физических свойств металлов, а также их химической структуры является источником больших трудностей при распознавании того дефекта или отклонения от нормы, за которым в каждом определенном случае ведется наблюдение. Дело в том, что на результаты контроля влияет изменение тех параметров материала изделия, которые в данном случае не подлежат контролю и не определяют качество контролируемого изделия. В связи с этим часто методы вихретокового контроля используют не для количественной, а для качественной оценки контролируемого параметра.

4.4.3 Акустический неразрушающий контроль

В акустических методах контроля используют ультразвуковые колебания частотой 0,5—25 МГц. Методы ультразвукового контроля являются практически универсальными. Их применяют для контроля деталей, изготовленных из

металлов, пластмассы, стекла, резины, железобетона и др. Контроль с использованием ультразвука имеет высокую чувствительность и производительность. Он выявляет объемные, линейные и точечные дефекты — нарушения сплошности, зоны поверхностного растрескивания, межкристаллитной коррозии, неоднородность структуры и т. д. Ультразвуковыми методами можно измерять толщины стенок деталей при одностороннем доступе к ним. Они применяются для контроля качества сварных соединений. Выявляются трещины, непровары, поры, неметаллические и металлические включения.

Преимущество ультразвуковых методов — возможность выявления дефектов в разных зонах детали — на поверхности, вблизи от поверхности, в глубине, причем успешно выявляются дефекты типа раковин в толще металла или бетона, не имеющие выхода наружу. Ультразвуковому контролю можно подвергать и крупногабаритные детали, так как глубина проникновения ультразвука в металл может достигать 8—10 метров. С помощью ультразвука контролируют крупногабаритные отливки, поковки, штамповки.

Существует много видов ультразвуковых преобразователей. Их конструируют для контроля различных поверхностей деталей машин. Многие ответственные места деталей труднодоступны, и преобразователи для их контроля имеют специальную форму. Распространены ультразвуковые преобразователи для контроля наклонных поверхностей, труб (цилиндрических, эллипсных), сферических и др. Применяют преобразователи для ввода в объект контроля ультразвуковых колебаний под некоторым углом, отличным от прямого.

Успешное использование ультразвуковых методов неразрушающего контроля в большой степени зависит от надежного акустического контакта между преобразователем и поверхностью контролируемой детали. Обычно акустический контакт обеспечивается введением в пространство между преобразовательной головкой и объектом контроля минерального масла, глицерина, воды, спирта и т. п. Во многих случаях вместо нанесения на поверхность изделия (или контактную поверхность преобразователя) смазочного материала контролируемое изделие и преобразователь погружают в жидкую среду (в ванну). Такой способ ультразвукового контроля называется иммерсионным. Иммерсионный ультразвуковой контроль получил наибольшее распространение в заводских условиях и успешно применяется для контроля изделий с грубой поверхностью. Контроль ведется через слой жидкости. При этом допустим значительный зазор между преобразователем и деталью.

При ультразвуковом неразрушающем контроле используют несколько методов контроля и получения информации: прошедшего излучения, отраженного излучения (эхометод), резонансный метод и др. Тот или иной метод применяют в зависимости от особенностей контролируемых изделий (материал, размеры, форма, шероховатость поверхности), вида выявленных дефектов (размер, местоположение, ориентация) и т. д.

Метод прошедшего излучения (теневой метод) заключается в регистрации ультразвуковых волн, прошедших сквозь контролируемый объект. При этом методе контроля с одной стороны контролируемого объекта вводятся ультразвуковые колебания, а с другой, строго напротив места ввода, регистрируется интенсивность ультразвука, прошедшего через контролируемый

объект (рис. 35). Интенсивность ультразвуковых колебаний, зафиксированная приемником с противоположной стороны, будет меньше введенной в контролируемый объект. Интенсивность ультразвуковых колебаний при их прохождении через объект будет уменьшаться из-за расхождения пучка, затухания и отражения. При постоянной толщине объекта контроля интенсивность прошедших колебаний постоянна. Если на пути ультразвуковых волн окажется дефект, например, типа нарушения сплошности, то часть ультразвуковой энергии отразится от него и интенсивность прошедших сквозь объект колебаний резко уменьшится. На приемный датчик как бы упадет «тень» от дефекта. Ослабление интенсивности ультразвуковых колебаний будет зависеть от площади дефекта (перпендикулярной к ультразвуковому пучку), площади самого пучка ультразвуковых лучей и расположения дефекта между наружными поверхностями контролируемого объекта. Если площадь дефекта больше площади пучка ультразвуковых лучей (рис. 35), то интенсивность прошедших колебаний равна нулю. Чем меньше площадь дефекта, перпендикулярная к направлению распространения ультразвуковых колебаний, тем меньше они ослабляются. Акустический контакт при этом методе контроля осуществляется через тонкий слой жидкости или иммерсионным способом.

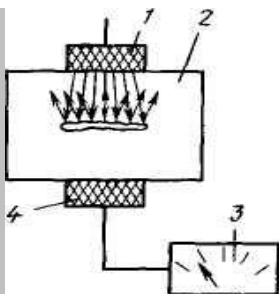


Рисунок 35 - Схема метода прошедшего излучения

При контроле методом прошедшего излучения необходим двусторонний доступ к объекту контроля. Этот метод применяют для обнаружения раковин, трещин, расслоений, зон крупнозернистости, нарушения сцепления в многослойных материалах и конструкциях. Чувствительность этого метода относительно не высока. Дефект можно выявить, если он вызывает изменение интенсивности прошедших сквозь объект ультразвуковых волн на 15—20%. При наличии дефектов малых размеров изменение интенсивности незначительно и дефекты не выявляются. Чувствительность метода зависит от расстояния между дефектом и поверхностью объекта, со стороны которой измеряется интенсивность прошедших колебаний и, конечно, от коэффициента затухания. Недостатком является то, что, как правило, трудно определить глубину залегания дефекта.

Метод отраженного излучения, часто называемый эхометодом, в отличие от метода прошедшего излучения основан на отражении ультразвуковых волн от границы изделия или поверхности дефекта. В схеме контроля двумя призматическими преобразователями один из них непрерывно излучает ультразвуковые колебания под определенным углом к поверхности контролируемого объекта, второй — подвижный регистрирует «ультразвуковое эхо», т. е. колебания, отраженные от границы проверяемой детали или дефекта. Аналогично проводится контроль совмещенным прямым преобразователем. Здесь

излучающая и регистрирующая головки преобразователей ультразвуковых колебаний объединены в один блок, который сканирует поверхность объекта контроля.

Более широко распространен эхоимпульсный метод контроля, при котором используется одна преобразовательная головка. Она работает поочередно: как излучатель ультразвуковых колебаний или как приемник-регистратор. При эхоимпульсном методе в контролируемый объект посылаются импульсы продолжительностью 0,5—8,0 мкс, регистрируются интенсивность и время прихода эхосигналов, отраженных от дефектов и противоположной поверхности объекта. Импульсы посылаются в контролируемый объект через небольшие промежутки времени (1—5 мкс) нормально к поверхности и под углом.

При эхоимпульсном методе упругие колебания, возникшие в объекте, встретив на своем пути дефект (нарушение сплошности материала, структурная неоднородность), частично отражаются. Остальная часть волн продолжает свой путь в объекте и, достигнув его противоположной стороны, отразится от границы раздела объект — воздух. Оба эхосигнала попадут на приемный преобразователь. Эхосигнал от дефекта возвратится на приемный преобразователь раньше, чем эхосигнал от противоположной стороны объекта. На экране дефектоскопа появится сначала импульс от дефекта, затем возникнет импульс от нижней границы объекта, так называемый «донный» импульс. На экране они располагаются один за другим на расстоянии, пропорциональном времени их возвращения.

При прохождении сквозь материал объекта контроля упругие колебания теряют часть своей энергии, тем большую, чем крупнее зерно в материале. Следовательно, чем крупнее зерно материала, тем больше ослабляется эхосигнал от дефекта и противоположной поверхности. Возможен случай, когда эхосигнал не достигнет приемного преобразователя и на экране дефектоскопа будет отсутствовать донный импульс или даже импульс от дефекта. Эти моменты и ограничивают применение метода.

Метод отраженного излучения имеет ряд преимуществ по сравнению с методом прошедшего излучения. Во-первых, этим методом можно контролировать изделия, детали, материалы при одностороннем доступе к ним; во-вторых, чувствительность эхометода значительно выше, чем теневого (прошедшего излучения). Преимуществом является и возможность определения координат положения дефекта.

Эхоимпульсный метод применяется для контроля различных изделий, в том числе и крупногабаритных, определения зоны крупнозернистой структуры металла в отливках и поковках, контроля сварных соединений и т. д.

Метод акустического неразрушающего контроля, основанный на регистрации параметров резонансных колебаний, возбужденных в объекте контроля, носит название резонансного метода. При резонансном акустическом методе контроля достигается резонанс вследствие совпадения частот колебаний, возбуждаемых в объекте с помощью преобразователей, и собственных частот объектов контроля. Основная область применения резонансных ультразвуковых дефектоскопов — это измерение толщины изделий, конструкций при одностороннем доступе к ним. Резонансные дефектоскопы используют также для

выявления несплошностей в биметаллах, расслоения в многослойных конструкциях и т. п. Очень удобен этот метод для контроля состояния подводной части судов без постановки их в док, проверки толщины стенок от 0,3 до 50 мм паровых котлов, газгольдеров, трубопроводов. Погрешность измерения при этом не превышает 2% измеряемой толщины.

Современный ультразвуковой контроль производится специальными приборами и установками. Это ультразвуковые дефектоскопы. Они выполняются универсальными, специализированными и специальными. Их энергообеспечение производится от сети переменного тока и от индивидуальных источников. Дефектоскопы применяются как для ручного контроля, так и для автоматизированного и автоматического контроля. Диапазон частот современных промышленных ультразвуковых дефектоскопов от 0,5 до 10 МГц.

Универсальные дефектоскопы обычно работают в широком диапазоне частот, их можно использовать для контроля самых разных материалов. Часто универсальные дефектоскопы снабжены «электронной лупой», позволяющей рассмотреть любой участок в увеличенном виде. Они снабжены набором различных преобразователей. В конструкциях дефектоскопов часто используются одновременно различные методы ультразвуковой дефектоскопии. Например, в приборе для автоматического непрерывного контроля толщины стенок, наружного и внутреннего диаметров труб с высокой точностью используются иммерсионный резонансный метод и метод отраженного излучения. Этот прибор погрешность измерения отклонений толщины стенок трубы и ее наружного диаметра составляет $\pm 0,005$ мм. Внутренний диаметр проверяется с точностью $\pm 0,010$ мм.

4.4.4 Радиационный неразрушающий контроль

Радиационный неразрушающий контроль может быть рентгеновским, гамма- и бета-излучением, а также нейтронным и позитронным. При рентгеновском и гамма-излучении бромистое серебро рентгеновской пленки разлагается, что вызывает ее почернение после обработки. Степень почернения пленки пропорциональна доле поглощенной ею энергии и зависит от интенсивности и времени воздействия на нее излучения. Когда рентгеновские или гамма-лучи проходят сквозь контролируемый объект, имеющий дефекты в виде несплошностей (внутренних раковин и т. п.) или, наоборот, в виде уплотнений, включений других материалов, они попадают на рентгеновскую пленку с изменившейся интенсивностью. Более интенсивным будет излучение, на пути которого есть пустоты. Излучение станет менее интенсивным, пройдя сквозь местные уплотнения в детали. В соответствующих местах на рентгеновской пленке появятся потемнения, определяющие контур этих дефектов. Уплотнения в материале контролируемого изделия на пленке будут более светлыми, чем общий фон, пятнами; пустоты (раковины, трещины, расслоения) — более темными пятнами, чем фон. Таким образом, по изменению интенсивности прошедшего облучения судят о наличии в контролируемом изделии дефектов.

4.4.5 Оптический неразрушающий контроль

Оптический неразрушающий контроль основан на регистрации параметров оптического излучения, взаимодействующего с объектом контроля. К нему относится более двух десятков методов, основанных на различных свойствах световых волн. Оптический неразрушающий контроль включает в себя целый спектр методов контроля веществ (во всех агрегатных состояниях) от визуального контроля формы деталей и их внешнего вида, визуально-оптического метода (то же, что и визуальный, но с помощью оптических приборов — лупы, электронного микроскопа) до голографического метода контроля объектов сложной формы и однородности оптических сред. Источником света в методах неразрушающего контроля оптического вида являются лазеры.

Оптический метод неразрушающего контроля, с различного типа лазерами в качестве источников света, позволяет проводить дефектоскопию в широкой области как на стадии научных разработок продукции, так и при ее производстве и эксплуатации. Оптический контроль позволяет контролировать форму и толщину сверхтонких материалов — тончайших нитей, проволок, кристаллов, волокон; проверять качество полировки и шероховатость поверхности ответственных деталей и материалов; контролировать напряжения в конструктивных элементах из твердых и прозрачных материалов и многое другое. Чувствительность методов оптического контроля соизмерима с длиной световых волн лазерного излучения.

4.5 Контроль микроструктуры

Все металлы и сплавы имеют кристаллическую структуру, атомы расположены в строго определенном порядке и образуют пространственную кристаллическую решетку. Свойства металлов зависят как от вида их кристаллической решетки, так и от расстояния между центрами узлов ее ячеек, называемых параметрами решетки. На свойства металлов и сплавов оказывают влияние форма, размеры и расположение зерен, а также химический состав примесей к основному металлу.

Микроструктура металлов и сплавов характеризуется величиной зерна и расположением его, формой, размером и количеством различных фаз. От этих факторов зависят физико-механические свойства материала. Микроструктуру сплавов изучают под микроскопом (при различных увеличениях) на образцах на хорошо приготовленных шлифах.

Чтобы получить правильное представление о структуре контролируемого изделия, необходимо правильно выбрать место вырезки образца. Образцы вырезают из наиболее характерных зон металлопродукции. Для исследования металлического изделия с неоднородной по сечению структурой используют только поперечный шлиф; его плоскость перпендикулярна продольной оси изделия. Если предполагается неоднородность структуры по высоте или длине изделия, то вырезают несколько образцов из различных наиболее характерных зон.

Место вырезки образцов и их количество определяется целями и задачами исследования. Для контроля отдельных видов продукции места вырезки и

количество шлифов указываются в соответствующих ГОСТах или технических условиях. Размеры и формы образцов определяются задачами исследования, габаритами и конфигурацией исследуемого изделия. Обычно используются образцы цилиндрической или прямоугольной формы высотой 15-20 мм с площадью изучаемой поверхности 2-3 см².

Для удобства приготовления шлифов на образцах малых размеров или при особых условиях (например, недопустимости скругления кромок образцов) применяют простейшие приспособления: струбцины для пакетов образцов из листового материала (рисунок 36) или оправки кольца с заливкой легкоплавким веществом (например, сплавом Вуда) или эпоксидной смолой (рисунок 37). Если образцы не будут извлекаться из оправок их можно заливать или запрессовывать в пластмассы (бакелит, стиракрил III).

Изготовление шлифа осуществляют с помощью абразивных материалов в несколько последовательных этапов:

- подготовка плоской поверхности;
- шлифования;
- полирования.

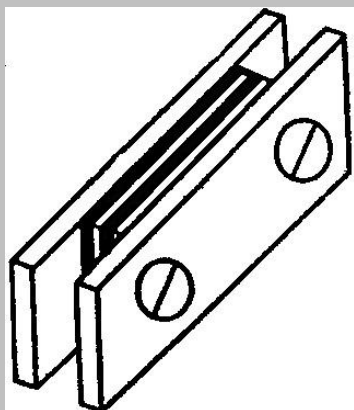


Рисунок 36 – Струбцина для приготовления шлифов

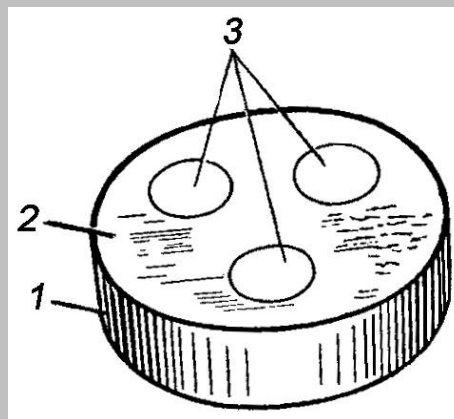


Рисунок 37 – Оправка для заливки со шлифами: 1 – оправка; 2 – легкоплавкое вещество; 3 - шлифы

Подготовку плоской поверхности в основном выполняют на торцевой поверхности образца, для этого отдельный образец или образец в оправке (струбцине) обрабатывают на вращающемся шлифовальном круге. При больших скоростях вращения круга используют охлаждение, чтобы не допустить изменение структуры образца при перегреве. При необходимости подготовка плоской поверхности может осуществляться вручную на стеклянной плите с использованием шлифовальных шкурок с крупным зерном. Полученная поверхность должна быть плоской и не иметь завалов.

Шлифование металлографических образцов может осуществляться двумя способами: ручным и механическим.

При ручном способе шлифования на жесткую плоскую подкладку (толстое стекло или лист металла), расположенную горизонтально, кладут наждачную бумагу. Затем образец ставят на бумагу заторцованной плоскостью и шлифуют с легким нажимом. Шлифование ведут до полного уничтожения рисок, оставшихся после торцовки. Когда на шлифе останутся риски только от бумаги, шлифование

прерывают. Шлифовальную бумагу удаляют с подкладки, остатки абразива удаляют с подкладки и шлифа. После этого операцию шлифования повторяют на бумаге с более мелким зерном. При повторном шлифовании направление движения образца должно быть перпендикулярно направлению рисок, оставшихся от первого шлифования. Операции шлифования повторяют, используя последовательно бумагу с меньшим номером зернистости и каждый раз изменяя направление движения шлифа на 90 градусов. Изменение направления движения шлифа позволяет полностью уничтожить риски, оставшиеся после предыдущего шлифования. Закончив шлифование на бумаге с самым мелким зерном, образец промывают проточной водой.

Шлифование механическим способом ведут на специальных шлифовальных станках (рисунок 38) с периодическим охлаждением в последовательности аналогичной ручному способу.

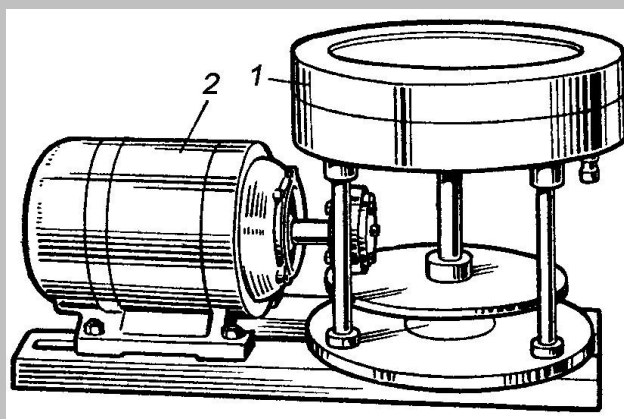


Рисунок 38 – Шлифовальный станок: 1 – металлический круг; 2 – электродвигатель.

Для полировки также применяются ручной, механический и электролитический способ.

При электролитическом способе полирование осуществляется анодным растворением выступов микрорельефа в специальной установке. Для каждой пары металл – электролит должен быть подобран оптимальный режим полирования: температура, напряжение, плотность тока, время, материал катода.

Шлиф механическим способом полируют на полировальном станке, аналогичном (или том же) станку для шлифования. Круг покрывают тканью: сукном, фетром, драпом, шелом и др. в зависимости от твердости полируемого металла. Если из шлифа могут выкрашиваться хрупкие фазы, то используют ткань без ворса. При полировке на ткань равномерно наносится полировальная паста (наиболее употребительны паста ГОИ или хромоалюминиевая) или она смачивается полировочной жидкостью (смесью абразивного материала с водой – на 1 л воды 2 г порошка с дальнейшей выдержкой в течение часа). Для полировки стальных шлифов применяют оксиды хрома и алюминия, а для цветных металлов – оксид магния. При полировке шлиф периодически поворачивают.

Полирование может производиться вручную на стеклянной плите аналогично механическому способу с применением тех же абразивных материалов.

Для выявления микроструктуры сплавов применяют следующие способы:

химическое травление, электролитическое травление, магнитный метод, тепловое травление, травление в расплавленных солях и др. При этом применяют травители различных составов. Состав травителя зависит от исследуемого материала, целей исследований и т.д. В качестве травителей чаще всего применяются растворы (в дистиллированной воде или спиртах) кислот, щелочей или солей различной концентрации или их смеси.

При химическом травлении поверхность шлифа подвергается воздействию химических реактивов в течение определенного промежутка времени при определенной температуре. Травление может быть общим (при этом выявляется вся микроструктура) или избирательным (выявляется какая-либо деталь микроструктуры). Травление осуществляют погружением в ванночку с травителем, нанесением на поверхность шлифа нескольких капель травителя пипеткой, либо притиранием поверхности шлифа ватным тампоном, обильно смоченным травителем. После окончания травления шлиф очищают от остатков травителя и продуктов травления: для этого его промывают проточной водой, а затем протирают спиртом и высушивают.

Исследования микроструктуры осуществляются при помощи металлографических микроскопов.

Методы определения величины зерна: визуальное сравнение видимых под микроскопом зерен с эталонными изображениями шкал; подсчет количества зерен, приходящихся на единицу поверхности шлифа; измерение среднего условного диаметра зерна или количества зерен в 1 мм^2 .

Метод сравнения. Шлиф изучают под микроскопом при увеличении 100х и сравнивают величину зерна с эталонными изображениями на шкале (на матовом стекле, на фотоснимке). На эталонных шкалах (рисунок 39) приведены микроструктуры с различной величиной зерна, оцениваемой номером. Всего 18 номеров зерна: от –3 до +14. Основная шкала содержит эталоны микроструктуры с номером зерна от 1 до 10 при увеличении 100х. Если в микроструктуре имеются зерна двух и более номеров, то номера записываются в порядке преобладающей величины зерна.

Подсчет количества зерен, приходящихся на единицу поверхности шлифа, проводят на матовом стекле камеры микроскопа или на микрофотографии при увеличении 100х. Поле зрения ограничивают окружностью диаметром 79,8 мм, при этом на исследуемой поверхности должно быть не менее 50 зерен (рисунок 40). Подсчитывается количество зерен внутри окружности m_1 и количество зерен, перерезанных окружностью m_2 . Общее количество зерен на площади круга подсчитывается по формуле:

$$m = m_1 + 0,5m_2.$$

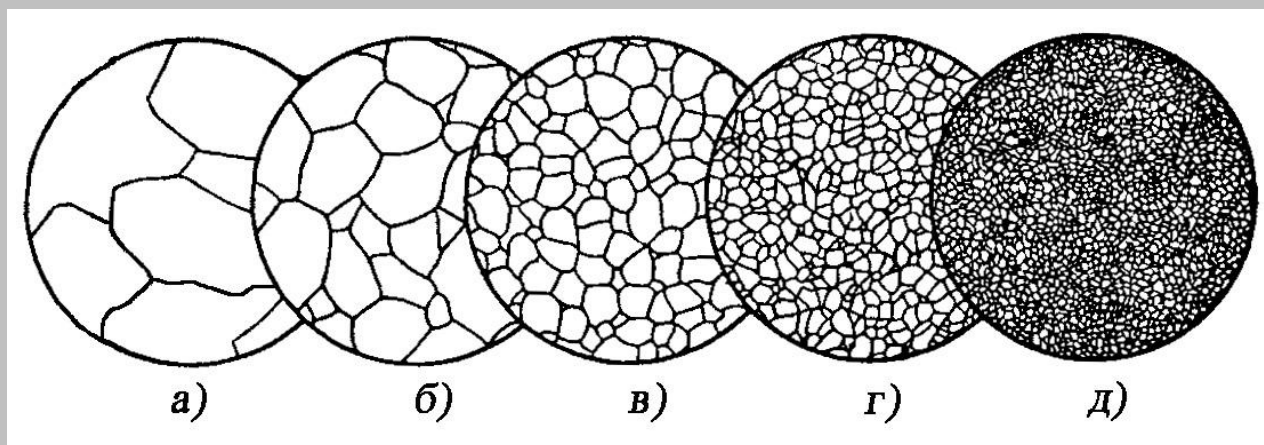


Рисунок 39 – Схематическое изображение микроструктуры с различной величиной зерна (в баллах): а - №1, б - №3, в - №5, г - №7, д - №9.

Далее по таблице определяется номер зерна и средняя площадь и расчетный и условный диаметр одного зерна.



Рисунок 40 – Подсчет количества зерен на единице площади шлифа (поле зрения №1)

Измерение среднего условного диаметра зерна или количества зерен в 1 мм^2 проводят на матовом стекле или микрофотографии, причем на исследуемой поверхности должно быть не менее 50 зерен. Если структура равноосная проводят в разных направлениях несколько прямых линий (например, длиной 100 мм при увеличении 100х, что соответствует длине 1 мм на шлифе). Каждая линия должна пересекать не менее 10 зерен (рисунок 41). Подсчитывают точки пересечения прямых линий с границами зерен. Затем определяют суммарную натуральную длину отрезков в мм ΣL и суммарное число пересеченных зерен Σn , тогда условный диаметр зерна:

$$d_{\text{усл}} = \frac{\Sigma L}{\Sigma n}.$$

Если зерна имеют неравноосную форму, то определяют среднее количество зерен в одном мм^2 . Для этого проводят три линии (рисунок 42): первую параллельно направлению зерен, вторую - перпендикулярно первой и третью в

произвольном направлении. Количество зерен n в 1 мм^2 определяют по формуле:

$$n = 0,7 \cdot n_1 \cdot n_2 \cdot n_3,$$

где n_1, n_2, n_3 - число зерен пересеченных отрезками 1, 2, 3 на 1 мм длины.

Остальные характеристики структуры можно определить по величине $d_{\text{усл}}$ или количеству зерен в 1 мм^2 .

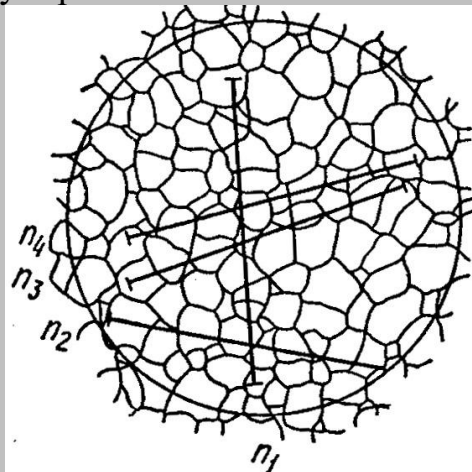


Рисунок 41 – Измерение условного диаметра зерна

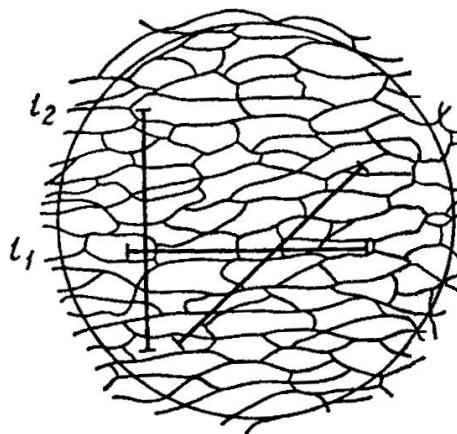


Рисунок 42 – Определение количества зерен в 1 мм^2

Оценку фазового состава сплава можно осуществить с помощью линейного метода Розиваля и точечного метода Глаголева.

Метод Розиваля является весьма эффективным. Изображение микроструктуры, содержащей различные фазы или структурные составляющие, пересекается линиями, которые должны располагаться равномерно и должны охватывать всю изучаемую площадь. Далее суммируются все длины отрезков, попадающих на каждую фазу, и полученная сумма делится на общую длину секущей линии (рисунок 43). Линии проводят в нескольких полях зрения, равномерно распределяя по площади шлифа. Подсчитываются деления, попавшие на все структурные составляющие, кроме той, которая присутствует в большем количестве. Число делений, попавших на нее, определяют по разности. Длины отрезков оценивают целым числом делений. Погрешность измерения тем меньше, чем длиннее отрезки.



Рисунок 43 – Определение фазового состава линейным методом Розиваля

Точечный метод Глаголева применяется для анализа высокодисперсных структур. На микроскоп устанавливают окуляр с перекрестьем. Шлиф равномерно перемещают и подсчитывают число точек определяемых фаз, попавших в пересечение нитей. Количественное содержание (%) данной фазы в исследуемом сплаве определяют по формуле:

$$C = \frac{A}{B} \cdot 100,$$

где С – содержание фазы А в сплаве, %; А – количество точек, попавших на фазу А; В – общее число точек.

4.6 Контроль микротвердости

Микротвердость - это твердость малых участков материала и отдельных структурных составляющих, это свойство металла сопротивляться проникновению в него другого более твердого тела определенной формы и размеров, не получающего остаточной деформации. При исследовании наклепанного слоя рассматривают величину микротвердости и глубину, на которой отмечается ее изменение.

В практике измерения микротвердости чаще всего применяется алмазная квадратная пирамида с углом в вершине 136^0 . Измерения микротвердости следует проводить в тех случаях, когда по техническим условиям нельзя измерять твердость макромеханическими методами. Они рекомендуются для определения микротвердости отдельных структурных составляющих сплавов; тонких поверхностных слоев, покрытий, тонких листовых материалов (фольги); для определения неоднородности микротвердости на отдельных участках деталей для контроля мелких деталей и микрообразцов. Исследования микротвердости дают возможность косвенно оценивать хрупкость поверхностных слоев и некоторых материалов (стекол, минералов и др.) путем сопоставления длин диагоналей отпечатков, при которых в углах отпечатков начинают появляться трещины.

Исследования микротвердости отличаются от обычных измерений твердости величиной вдавливающих нагрузок и соответственно малыми размерами отпечатка (диагональ отпечатка d измеряется микронами). Микротвердость определяется делением нагрузки P на площадь поверхности отпечатка с диагональю d

При испытании измеряют диагональ отпечатка d и по соответствующим таблицам (для заданной нагрузки P) получают микротвердость H_n н/мм² (кГ/мм²). Испытания производят на специально подготовленном шлифе (аналогично подготовке поверхности при контроле микроструктуры).

Для измерения микротвердости в основном используют настольные приборы ПМТ-3, ПМТ-5. Высота детали не должна превышать 90 мм.

В зависимости от задач испытания микротвердости шлифы (аналогично исследованиям микроструктуры) готовят либо по поверхности исследуемого объекта, либо под некоторым углом к ней (косые шлифы или шлифы с косым срезом). Косые шлифы применяют для определения неоднородности микротвердости по толщине поверхностных слоев (или прослоек). Косой срез, выполняется обычно под углом $\alpha=3^0$ к поверхности объекта. Поверхность шлифа (обычного и косого) для испытания микротвердости должна быть подготовлена с наименьшим наклепом: либо путем электролитического полирования, либо механическим полированием на стекле пастой ГОИ (от 4 до 15 мкм) с керосином.

Нагрузка на индентор должна быть такой, чтобы диагональ отпечатка была

в несколько раз меньше размера измеряемого элемента структуры. Для конструкционных материалов чаще всего применяют нагрузку 0,2 и 0,5 м (20 и 50 г). Расстояние между отпечатками должно быть не менее 2–3 диагоналей отпечатка.

4.7 Контроль остаточных напряжений

Остаточными напряжениями называются напряжения, существующие в деталях при отсутствии внешних воздействий (силовых и температурных). Остаточные напряжения можно классифицировать по признакам протяженности силового поля и по физической сущности. Общепринятой является классификация по протяженности силового поля. Напряжения 1-го рода - макронапряжения, охватывающие области, соизмеримые с размерами детали; эти напряжения имеют ориентацию, связанную с формой детали. Напряжения 2-го рода - микронапряжения, распространяющиеся на отдельные зерна металла или на группу зерен. Напряжения 3-го рода - субмикроскопические, относящиеся к искажениям атомной решетки кристалла, ориентация их связана со структурой атомной решетки. В этом случае термин "напряжения" является весьма условным и более правильно пользоваться термином "статические искажения решетки или "искажения 3-го рода".

Остаточные напряжения характеризуются величиной, знаком (напряжения растяжения и сжатия) и глубиной залегания. Основными методами определения остаточных напряжений являются механические и рентгеновские, а также электрофизические методы, при которых остаточные напряжения находятся по изменению электромагнитных свойств поверхностного слоя. Для оптически активных прозрачных материалов или покрытий можно применять поляризационно-оптические методы фотоупругости и фотопластичности.

Механические методы. Механические методы определения остаточных напряжений получили наибольшее распространение. Механические методы основаны на предположении, что разрезка или удаление части детали с остаточными напряжениями эквивалентны приложению к оставшейся детали, на вновь появившихся поверхностях, напряжений, обратных остаточным. Эти обратные напряжения вызывают деформацию детали или усилия в устройствах, препятствующих деформации. Измеряя возникшие деформации (деформационными методами) или силы реакций (силовыми методами), можно вычислить остаточные напряжения.

Различия механических методов определения остаточных напряжений заключаются: а) в форме образцов (или деталей, если образцы не вырезаются); б) в предположениях относительно закона распределения остаточных напряжений, вытекающих из теоретического анализа деформаций при изготовлении (например, условие постоянства напряжений в точках, лежащих на одинаковом расстоянии от поверхности; предположение об одноосном напряженном состоянии в узких призматических образцах и т. д.); в) в способе измерений деформаций образца или реакций опор, способных устранить эти деформации.

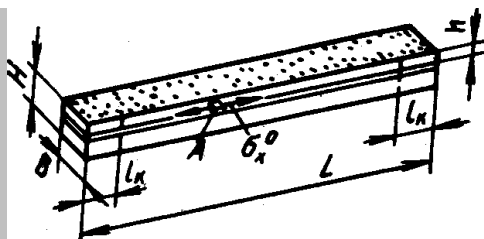
Вырезка образцов из деталей малых и средних размеров образцов для определения остаточных напряжений влияет на точность исследования. Наиболее широкое применение для вырезки образцов нашли методы электроэрозионной

прошивки. Для деталей из жаропрочных и титановых сплавов - методы электрохимической прошивки. Для вырезки образцов из больших деталей или деталей из пластмасс применяют механическую разрезку на чистовых режимах при обильном охлаждении с последующим травлением с вновь образованных поверхностей слоя толщиной 0,2 мм.

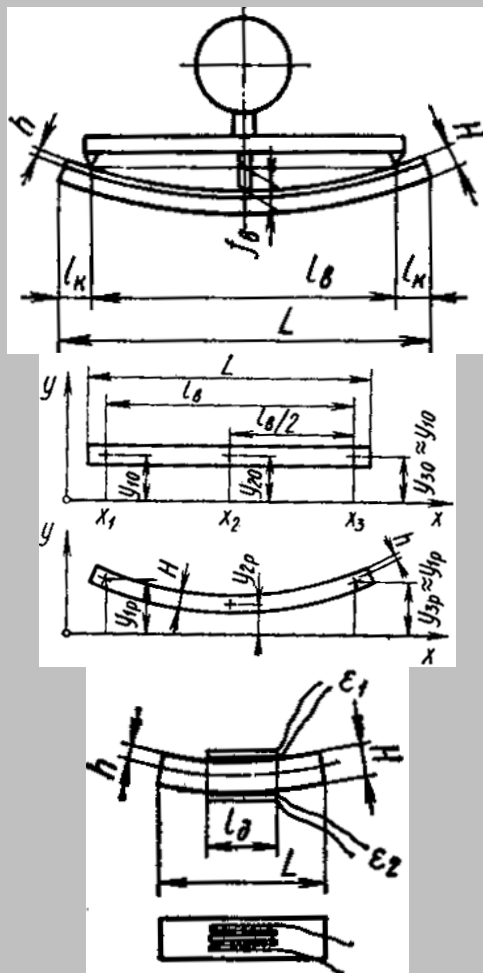
Наиболее распространенными методами удаления напряженных слоев металла при исследовании остаточных напряжений является электролитическое и химическое травления. Основные требования, предъявляемые к травителю или электролиту следующие: снятие металла должно переходить равномерно по всей исследуемой поверхности; при травлении не должны возникать дополнительные напряжения в результате диффузии водорода. Электролитическое травление при прочих равных условиях предпочтительнее, так как, изменяя плотность тока, можно сравнительно в широких пределах менять, а также добиваться стабильности скорости снятия металла, что важно для автоматизации записи кривой деформации образца. Поверхности образца, не подлежащие травлению, и детали подвески защищаются покрытиями, стойкими при данной температуре.

Осевые остаточные напряжения в призматических стержнях прямоугольного сечения определяются на образцах (рисунок 441, а). Образцы в виде стержней прямоугольного сечения широко используются для исследования влияния различных технологических факторов, в частности, методов обработки поверхности на эпюры остаточных напряжений при одноосном напряженном состоянии. Кроме этого прямоугольные призматические образцы вырезают из деталей для определения нормальных остаточных напряжений в поверхностном слое вдоль прямолинейных образующих; например, для плоских поверхностей – в любом направлении, для цилиндрических – вдоль оси, для конических и других линейчатых поверхностей – вдоль прямых образующих при условии ограничения ширины вырезаемого образца. Максимальное значение ширины образцов B ограничивается также условием постоянства напряжений по ширине образца. Не рекомендуется применять образцы шире 15 мм. Минимальное значение ширины образца B определяется из условия достаточной жесткости образца в поперечном направлении. Обычно ширина образцов превышает 2–3 мм. Кроме этого, минимальное значение B ограничивается условиями вырезки. Если мы хотим ограничить погрешность, вносимую напряжениями при вырезке величиной 2%, нужно принимать ширину образцов менее 10 мм. Высота образцов H , измеряемая по нормали к исследуемой поверхности, должна более чем в три раза превосходить максимальную глубину исследуемого поверхностного слоя h_{\max} .

Примеры методов измерения деформации f_b прямоугольных призматических образцов при вырезке или снятии из приспособления после обработки приведены на рисунке 44, б, в, г.



а) Призматический образец
прямоугольного сечения



б) Измерение прогиба f_b на длине l_b

в) Измерение смещения трех точек на боковой поверхности призмы с помощью инструментального микроскопа

г) Измерение относительной деформации ε с помощью тензодатчика

Рисунок 44 – Образец и примеры эскизов метрологических схем измерения деформации f_b прямоугольных призматических образцов при вырезке или снятии из приспособления после обработки

Тангенциальные остаточные напряжения в кольцевых образцах прямоугольного сечения. С помощью кольцевых образцов находятся тангенциальные остаточные напряжения на замкнутых наружных и внутренних цилиндрических поверхностях, а также на цилиндрических участках поверхностей. Кольцевые или неполные кольцевые образцы рекомендуются для диаметров исследуемой поверхности свыше 6 мм. Расчет остаточных напряжений производится по соответствующим зависимостям.

При исследованиях могут определяться и другие виды и характеристики остаточных напряжений (например, исследование концентрации остаточных напряжений в надрезах с закругленным дном: пазах елочных замков, основаниях резьбы, выкружках зубчатых колес, шлицах, малых отверстиях и галтелях), и иные методы (например, метод стравливания канавок).

Рентгеновские методы. Наличие остаточных напряжений в поликристаллических телах, какими являются металлы, приводит к различным интерференционным эффектам рентгеновских лучей, отраженных от поверхности образцов, в зависимости от размеров зоны, в которой эти напряжения уравниваются. Определение микронапряжений (напряжений 2-го и 3-го рода) является важным преимуществом рентгеновских методов. Существенным достоинством рентгеновских методов является возможность находить остаточные напряжения в тонком поверхностном слое без разрушения детали. При анализе

результатов, полученных рентгеновским методом, необходимо всегда учитывать зависимость их от применяемой методики.

Методы оценки остаточных напряжений по изменению электромагнитных свойств поверхностного слоя. Точность этих методов достаточно низкая, поскольку электромагнитные свойства зависят не только от остаточных напряжений, а сами эпюры остаточных напряжений могут изменяться по различным законам в пределах исследуемого слоя. Простота этих методов, их высокая производительность, возможность определения остаточных напряжений в тонком поверхностном слое без разрушения детали делают их удобными для массового применения в заводских условиях. Однако, как и в предыдущих методах, для построения полной эпюры напряжений требуется последовательное стравливание слоев металла. Метод не позволяет отдельно определять составляющие остаточных напряжений, так что при проведении исследовательских работ его необходимо сочетать с механическими или рентгеновскими методами.

Поляризационно-оптические методы. Промышленностью выпускается поляризационно-оптическая аппаратура, позволяющая исследовать напряжения в деталях или их покрытиях из прозрачных или полупрозрачных оптически активных материалов (эпоксидных смол, поликарбоната, бакелита, стекла, плексигласа, целлулоида, резины толщиной до 10 мм и т. д.). В этих материалах скорость поляризованного света зависит от ориентации и величины главных напряжений, что позволяет по интерференционной картине найти напряжения.

В деталях из непрозрачных материалов изучение процесса формирования остаточных напряжений можно заменить исследованием модели из оптически активного материала, если обеспечить геометрическое, тепловое и механическое подобие.

4.8 Выявление дефектов сборочного производства

В машиностроении изготавливаются самые разнообразные изделия, имеющие различные служебное назначение, условия работы, степень ответственности. Поэтому методы контроля собираемых изделий сильно отличаются друг от друга. В целом можно выделить группы методов контроля для определенных механизмов, например, зубчатых передач, ременных и цепных передач, резьбовых соединений, подшипников узлов, гидравлических узлов и др.

Контроль качества сборки узлов производится в процессе сборки и по окончании ее. Контроль сборки практически всех узлов осуществляется в первую очередь наружным осмотром, а затем уже с помощью измерительных средств и контрольных приспособлений.

Перед сборкой следует проверить состояние поверхностей деталей на, отсутствие рисок, забоин, коррозии, окалины и грязи. В процессе сборки наружным осмотром производится контроль правильности установки деталей. При наружном осмотре собираемого узла производится проверка наличия и правильности установки всех деталей, входящих в узел, затяжка гаек и болтов, их шплинтовка и т. п.

Для контроля величины зазоров в соединениях, проверки на параллельность

и перпендикулярность осей и т.д. применяются измерительные инструменты и контрольные приспособления. Наиболее употребительные инструменты, применяемые для контроля качества сборки: щупы, контрольные линейки, индикаторы, штрихмасы, универсальные уровни и т. д. Широкое распространение при сборке для проверки соосности, параллельности и перпендикулярности осей, а также биения рабочих поверхностей получили приспособления с индикаторами часового типа.

Рассмотрим контроль сборки наиболее часто встречающихся механизмов.

Контроль качества сборки подшипника качения

После установки подшипников качения проверяют плотность прилегания подшипниковых колец к заплечикам вала. Проверку осуществляют с помощью щупа, который вводят в зазор между заплечиком вала и подшипниковым кольцом. Контролируют также осевые и радиальные зазоры и регулируют их. Для этого используют несложные приспособления, в частности, с индикаторами часового типа.

Контроль сборки подшипников скольжения.

Основным критерием работоспособности подшипника скольжения является правильная установка подшипниковых опор, обеспечивающая их соосность. С этой целью при монтаже подшипниковых опор во время их предварительной установки применяют макетный вал, относительно которого и устанавливают опоры. Правильность установки подшипниковых опор, их соосность можно проверить несколькими способами: эталонным валом; линейкой и щупом; струной и штихмассом, или микрометрическим нутромером; оптическим методом и др. При контроле соосности эталонным валом последний рассчитывают таким образом, чтобы его диаметр имел отклонения от номинального размера, соответствующие допускаемым отклонениям от соосности. Выполненный с соблюдением этих требований вал должен проходить во все втулки и легко вращаться в подшипниках.

Контроль соосности линейкой и щупом осуществляют следующим образом. Ребро линейки прикладывают к стенке вкладыша (рис. 45, а), а щупом контролируют зазор между ними. Таким способом проверяют соосность опор, находящихся друг от друга на расстоянии до 2 м.

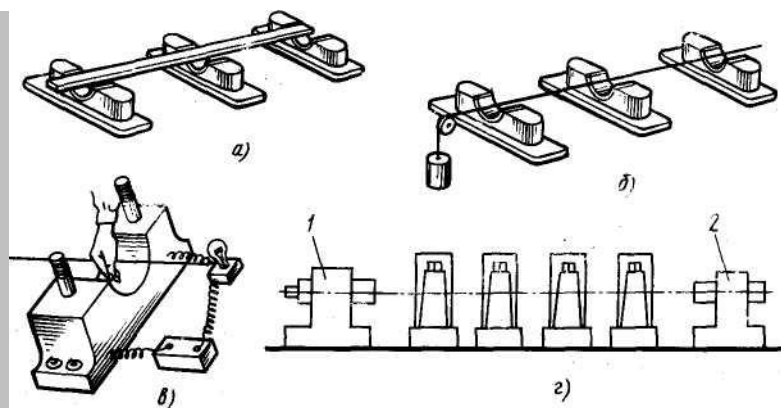


Рисунок 45 - Схемы контроля взаимного расположения подшипниковых опор с помощью линейки и щупа (а), струны и микрометрического нутромера (б, в), коллиматора и телескопа (г): 1 — коллиматор, 2 — телескоп

Если к соосности подшипниковых опор не предъявляют высоких требований, то ее определяют с помощью натянутой струны, которая служит геометрической осью проверяемых опор, и штихмасса. Этот способ можно использовать и при вертикальном и при горизонтальном расположении опор.

Контроль осуществляют следующим образом. Струну из стальной проволоки 0 0,3...0,5 мм прикрепляют к стойке так, чтобы ее можно было перемещать в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Один конец струны крепят к стойке неподвижно, а второй пропускают через ролик и подвешивают на нем груз, который должен быть таким, чтобы обеспечить натяжение струны усилием, примерно равным половине предела прочности ее материала. Чем сильнее натянута струна, тем выше точность контроля. По высоте струну устанавливают так, чтобы она совпадала с положением геометрической оси опор, указанным на чертеже. Расстояния от натянутой струны до поверхностей расточки корпуса должны быть равны между собой (рис. 45, б). При установке, струны эти расстояния у крайних опор определяют с помощью микрометрического нутромера. Затем по натянутой струне, используя микрометрический нутромер, выставляют промежуточные опоры.

В тех случаях, когда требуется повысить точность установки опор, струну подключают к электрической схеме низкого напряжения (рис. 45, в). В момент касания измерительным инструментом струны и расточки в корпусе подшипника происходит замыкание электрической цепи и загорается сигнальная лампочка.

Наибольшая точность контроля соосности подшипниковых опор обеспечивается при использовании оптических методов с применением специальных приборов — телескопа и коллиматора (рис. 45, г) или автоколлиматора и зеркала. Для особо точного центрирования подшипниковых опор применяют автоколлиматор с лазерным устройством, использование которого обеспечивает точность до 0,8 мкм на 1 м длины при линейных измерениях и до 2' — при угловых.

Для контроля точности сборки отдельно стоящих подшипниковых опор применяют метод измерения нагрузок под каждой из них с помощью динамометров. Последние устанавливают в лапах подшипниковых опор и по их показаниям регулируют положение осей; после этого корпуса подшипников закрепляют. Этот метод применяют при контроле соосности крупногабаритных подшипников, например подшипников валов крупных морских и речных судов.

В соответствии с техническими требованиями к изделиям после сборки подшипниковых узлов проверяют радиальное и осевое биения вала, поступление масла к опорам, уровень шума; выполняют также проверку на отсутствие заедания вала при пуске и остановке. После испытания под нагрузкой подшипник разбирают, проверяют рабочие поверхности на отсутствие задиров и промывают детали, после чего осуществляют окончательную сборку, регулировку и обкатку подшипников под нагрузкой.

Контроль резьбовых соединений

Надежность и долговечность резьбовых соединений в значительной степени определяются правильностью их затяжки в процессе сборки. В

технических условиях на сборку ответственных резьбовых соединений указывают предельные значения крутящего момента затяжки гаек и винтов. В практике наиболее распространен способ контроля усилия затяжки с применением предельных и динамометрических ключей. Проконтролировать затяжку резьбового соединения можно измерением удлинения болта и шпильки индикатором или микрометром. Микрометром измеряют длину резьбовой детали до и после затяжки резьбового соединения; удлинение болта измеряют индикатором с помощью контрольного штифта, который устанавливают в специальном отверстии болта.

Контроль качества сборки направляющих

Монтаж сборочных единиц с поступательно движущимися частями сводится к отделке поверхностей направляющих, пригонке по ним сопрягаемых деталей и регулированию зазоров в соединениях.

Собранные узлы в первую очередь проверяют на плоскостность, параллельность и перпендикулярность поверхностей направляющих. Кроме того, направляющие проверяют на правильность геометрической формы. Геометрическую форму направляющих контролируют с помощью угломеров, шаблонов или плит. При использовании плит контроль осуществляют на краску, а во всех остальных случаях пользуются методом световой щели.

Проверка плоскостности поверхностей направляющих осуществляется с помощью поверочных плит — на краску или методом световой щели. В первом случае проверку производят по количеству пятен контакта на поверхности 25х25 мм. При контроле отклонений от плоскостности методом световой щели пользуются щупом.

Проверка прямолинейности поверхностей направляющих осуществляется методами, которые делят на две группы: 1) определение угловых отклонений отдельных участков проверяемой поверхности от эталонной прямой с помощью уровня; 2) определение линейных отклонений от эталонной прямой.

Для определения отклонений от прямолинейности применяют линейки с расстоянием между опорами 250, 500 и 1000 мм и уровень с ценой деления 0,04...0,6 мм на 1000 мм длины. Наиболее распространен контроль прямолинейности с помощью линеек, но уровень обеспечивает более высокую точность измерения. Хорошие результаты получают также, проверяя прямолинейность с использованием струны и микроскопа.

Проверка перпендикулярности поверхностей направляющих производится, как правило, с помощью угольников, размер и конструкция которых зависит от расположения контролируемых поверхностей или угломеров. В тех случаях, когда угольник непригоден для контроля, применяют специальные приспособления.

Комплексные методы контроля применяют для одновременной проверки прямолинейности, параллельности и спиральной изогнутости поверхностей направляющих, используя специальные приспособления и мостики, в которых обычно используют индикаторы часового типа.

Контроль сборки ременных передач.

Перед установкой на вал шкив проверяют на биение, вызывающее повышенную интенсивность износа подшипниковых опор. Проверку на биение осуществляют с помощью рейсмаса-чертилки (рис. 46, а) или индикатора. В первом случае числовое значение биения устанавливают щупом, а во втором — отсчетом по шкале индикатора.

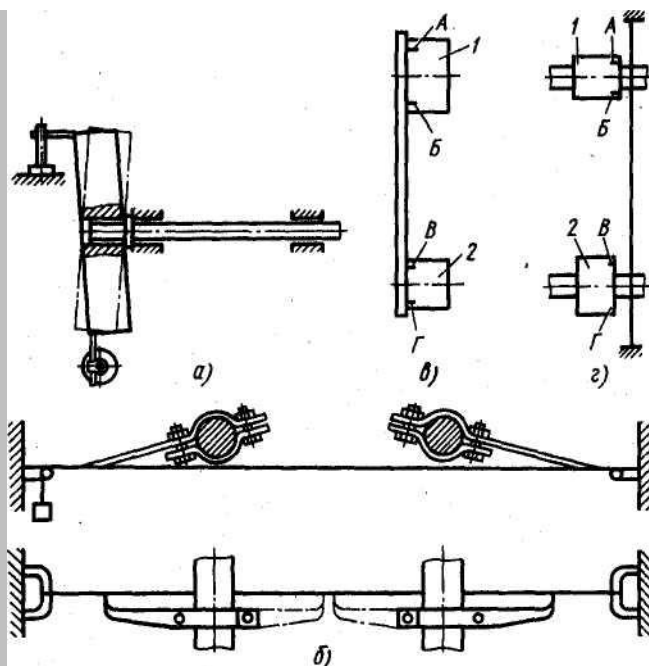


Рисунок 46 - Контроль взаимного расположения валов ременной передачи выполнением проверок:

а - осевого и радиального биения шкива (рейсмасом), б - прямолинейности осей шкивов (отвесом и стрелками), в - параллельности осей шкивов (линейкой), г - параллельности осей шкивов (отвесом); 1, 2 - шкивы передачи

Прямолинейность осей шкивов (их расположение на двух параллельных валах) определяют с помощью стрелок и отвеса (рис. 46 б). Проверку в этом случае производят следующим образом. На валы вместо шкивов устанавливают втулки со стрелками так, чтобы последние соприкасались со шнуром. Если после поворота валов на 180° стрелки не соприкасаются со шнуром, это свидетельствует об отклонении оси вала от параллельности. После установки шкивов на такие валы при работе передачи будет наблюдаться биение.

Проверить взаимное расположение осей валов ременной передачи можно и другим способом (косвенным). Для этого используют линейку и шнур с отвесом. Ребро линейки прикладывают к торцевым поверхностям шкивов, установленных на валу (рис. 46, в), и плотность прилегания определяют с помощью щупа, если линейка прилегает неплотно, это свидетельствует о перекосе осей передачи. Измерение зазора производят в точках А, Б, В и Г.

При контроле с помощью отвеса (рис. 46, г) измеряют расстояние от шнура до торцевых поверхностей шкивов в точках А, Б, В и Г. Колебание этого расстояния также свидетельствует о перекосе осей.

Перед установкой на вал шкивы должны быть отбалансированы. Различают два вида балансировки — статическую и динамическую. Статической балансировке подвергают окончательно обработанные шкивы. Осуществляют эту балансировку на призмах, роликах и дисках (рисунок 47).

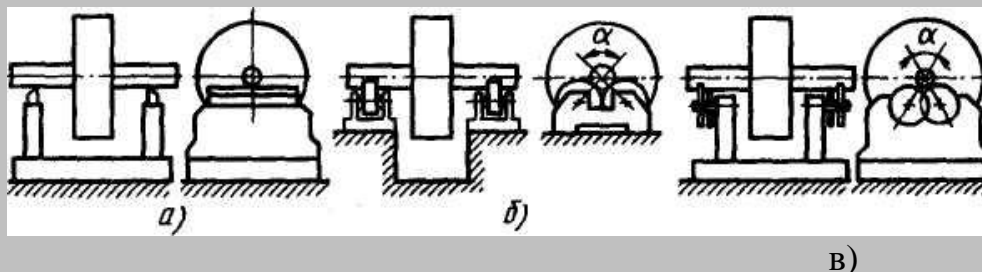


Рис. 47. Устройства для статической балансировки шкивов ременной передачи: а — с параллельными призмами, б — роликами, в — дисками

Установка с параллельными призмами (рис. 43, а) представляет собой две расположенные на плите параллельно друг другу стойки (тумбы), на которых закреплены, призматические направляющие. Принцип балансировки на призмах основан на том, что если неуравновешенную деталь (шкив) установить на стенд так, чтобы ось ее вращения была перпендикулярна призмам, то сила тяжести неуравновешенной массы создаст вращающий момент, который заставит деталь перекатываться по призмам. Когда неуравновешенная масса займет крайнее нижнее положение, деталь будет находиться в состоянии покоя.

Для проведения балансировки на роликовых приспособлениях (рис. 43, б) деталь (шкив) устанавливают на оправку. На роликовых приспособлениях балансировке подвергают, как правило, шкивы больших размеров, поэтому для ее осуществления необходимо использовать сборочно-испытательные стенды.

Балансировка на стенде с вращающимся диском (рис. 43, в) является наиболее совершенной, так как благодаря расположению дисков в разных плоскостях удастся значительно уменьшить угол α и, следовательно, повысить точность балансировки. На обод шкива наносят риску и несколько раз вращают шкив на ножевых опорах, которые должны быть тщательно отшлифованы, закалены и выверены в горизонтальной плоскости. Если в процессе проверки шкив останавливается так, что риска занимает каждый раз новое положение, то это значит, что шкив сбалансирован и может быть установлен на вал. Если риска после остановки шкива занимает каждый раз одно и то же положение, то это свидетельствует о дисбалансе, т. е. нижняя часть шкива в момент остановки тяжелее верхней. В этом случае шкив следует отбалансировать, используя два способа — уменьшая вес нижней части путем высверливания отверстий или увеличивая вес верхней части путем высверливания отверстий и заливки их свинцом.

Контроль сборки цепных передач.

Правильность зацепления цепи с зубьями звездочек зависит от взаимного расположения осей валов цепной передачи и взаимного расположения звездочек. Проверку совпадения плоскостей вращения звездочек выполняют с помощью шнура, а при небольших межцентровых расстояниях (до 1000 мм) пользуются линейкой. Прикладывая ее ребро к торцам звездочек, проверяют зазор между ними с помощью щупа. Звездочку при этом необходимо поворачивать, чтобы определить зазор при различных ее положениях.

Цепь в передаче должна быть установлена так, чтобы ее ведущая нижняя ветвь не была сильно натянута; это уменьшает удары между зубьями звездочки и

звеньями цепи, обеспечивая плавную работу последней и значительно уменьшая ее износ. Для передач, имеющих звездочки с осями, расположенными в горизонтальной плоскости, провисание цепи не должно превышать 0,02 межцентрового расстояния, а для передач со звездочками, имеющими оси, расположенные в вертикальной плоскости, — 0,002 межцентрового расстояния.

Качество сборки цепной передачи проверяют, вращая звездочку вручную или с помощью рычага. Таким способом определяют плавность и легкость хода передачи. При вращении передачи цепь не должна соскакивать, а каждое ее звено должно легко садиться на зуб звездочки и сходиться с него. Правильность сцепления цепи и звездочки определяют внешним осмотром. После испытания передачи отпечатки от трения втулок или роликов о зубья звездочки должны быть одинаковыми на всех зубьях и занимать приблизительно 1/3 зуба по высоте, что проверяется визуально и с использования обычных средств измерения линейных размеров.

Контроль зубчатых передач

В зависимости от взаимного расположения геометрических осей валов в пространстве зубчатые передачи классифицируют следующим образом: передачи с параллельными осями; осуществляются цилиндрическими зубчатыми колесами; передачи с пересекающимися осями; осуществляются коническими зубчатыми колесами; передачи со скрещивающимися осями; осуществляются цилиндрическими зубчатыми колесами с винтовыми зубьями, коническими зубчатыми колесами с винтовыми зубьями, червячным колесом и червяком.

К кинематической точности зубчатых передач предъявляют три основных требования: 1) наибольшая допускаемая погрешность угла поворота колеса при зацеплении с эталонным зубчатым колесом; 2) нормальная плавность работы зубчатого колеса; 3) нормальный контакт зубьев (точность расположения пятна контакта сопряжения зубьев зубчатых колес в передаче).

Независимо от качества зубчатых колес и точности передачи на боковой зазор в зубчатых колесах установлены нормы. Допускаемое значение бокового зазора для цилиндрических зубчатых передач в зависимости от характера сопряжения деталей указывается в соответствующих справочниках. В цилиндрических зубчатых передачах боковой зазор измеряют в сечениях, перпендикулярных направлению зуба, а в конических — по направлению, перпендикулярному поверхности зубьев у большего основания делительного конуса. В зацеплении боковой зазор устанавливают тем больший, чем грубее обработаны зубья колеса. К зубчатым колесам, поступающим на сборку, и к самим зубчатым передачам предъявляют следующие технические требования:

- зубья колес при контроле на краску должны иметь поверхность контакта, составляющую не менее 0,3 по длине зуба и 0,6...0,7 по высоте;

- биение колес (как радиальное, так и торцевое) не должно превосходить пределов, установленных техническими условиями для собираемой передачи;

- оси валов под зубчатые колеса должны быть взаимно параллельными (для цилиндрической передачи) или взаимно перпендикулярными (для конической зубчатой передачи, однако при необходимости угол между осями может отличаться от прямого) и лежать в одной плоскости;

- между зубьями колес должен иметься зазор, размер которого зависит от степени точности передачи и определяется по таблицам соответствующих справочников;

-собранный сборочная единица должна быть испытана на холостом ходу и под нагрузкой и обеспечивать плавность и бесшумность работы передачи, а также умеренный нагрев подшипниковых опор.

Контроль сборки цилиндрической зубчатой передачи

Зубчатый венец колеса проверяют на радиальное биение. Проверку зубчатых колес на биение производят в центрах, помещая между зубьями калибр-пробку, на которой устанавливают ножку индикатора. Проворачивая вал и перекладывая калибр через два-три зуба, регистрируют показания индикатора; по разности между наибольшим и наименьшим показаниями определяют биение зубчатого колеса. Для передач средней точности радиальное биение не должно превышать 0,02...0,05, а торцевое—0,08 мм на 100 мм диаметра колеса. Быстроходные зубчатые передачи, колеса которых имеют диаметр более 500 мм, должны подвергаться статической балансировке.

Чтобы обеспечить правильное зацепление зубчатой передачи необходимо обеспечить заданную точность межосевого расстояния передачи, кроме этого, оси валов должны быть взаимно параллельными. Соответствующее расстояние между осями должно быть выдержано в корпусе, где монтируют передачу. Расстояние между осями в корпусе можно измерить, пользуясь калибрами 1 и 3 и нутромером микрометрическим 2 или штангенциркулем 5 (рис. 48). Если измерение проводят с помощью микрометрического нутромера 2, к расстоянию между калибрами I и 3 прибавляют полусумму диаметров калибров; если в процессе измерения используют штангенциркуль, то от измеренного расстояния между наружными поверхностями калибров вычитают полусумму их диаметров. Определив расстояния между осями отверстий с одной и другой стороны корпуса, в котором будет смонтирована передача, по их разности можно определить, насколько оси параллельны между собой. Расстояние от основания корпуса до оси отверстия измеряют с помощью индикатора 4, который настраивают по блоку концевых мер длины с учетом диаметров калибров.

При установке зубчатых колес на валах вследствие различных причин могут наблюдаться качание зубчатого колеса на шейке вала, радиальное биение по окружности выступов, торцевое биение, неплотное прилегание колеса к буртику вала. Качание проверяют, обстукивая напрессованное на вал зубчатое колесо молотком с бойком, выполненным из меди или алюминия. Проверку вала с установленным зубчатым колесом на радиальное и торцевое биения производят в центрах или на призмах (рис. 48).

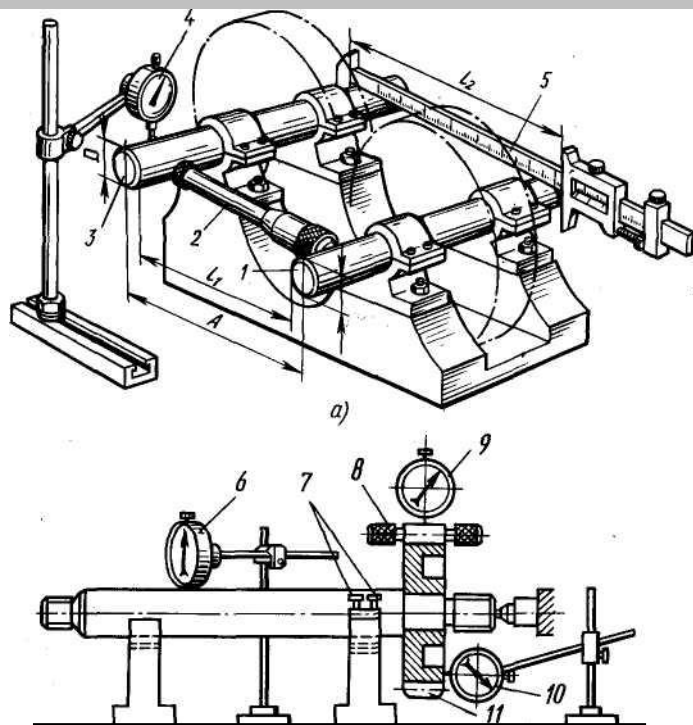


Рисунок 48 - Схемы проверки расположения отверстий в корпусе редуктора и биения зубчатых колес: 1, 3, 8 — калибры, 2 — нутромер микрометрический. 4, 6, 9, 10 — индикаторы, 5 — штангенциркуль, 7 — винты, 11 — проверяемое зубчатое колесо.

Для комплексного контроля осей отверстий в корпусных деталях применение центратор. Для измерения межцентрового расстояния, отклонения от параллельности и перекося осей отверстий применяют два центратора, которые устанавливают в отверстия сначала с одной стороны корпуса, а затем с другой. Измерения производят между контрольными шейками шпинделя с помощью микрометрического нутромера так же, как и при использовании калибров.

Очень важным при монтаже зубчатых колес в корпус является определение бокового зазора в передаче, которое осуществляют щупом или индикатором (рис. 49, а). К валу одного из зубчатых колес крепят поводок 2, который упирается в ножку индикатора 1, установленного на корпус передачи. Поводок с валом и зубчатым колесом поворачивают, удерживая от поворота второе колесо зацепления. Так как второе колесо неподвижно, то первое может быть повернуто только на величину, соответствующую боковому зазору. По отклонению стрелки индикатора, приведенному к радиусу начальной окружности зубчатого колеса, определяют номинальное значение бокового зазора.

Если в зубчатой передаче применяют колеса, модуль зубьев которых превышает 6 мм, то боковой зазор определяют, три-четыре раза прокатывая между разными зубьями сопрягаемых колес свинцовую проволоку, длина которой должна быть равна длине зуба. Толщину проволоки после прокатывания проверяют с помощью микрометра.

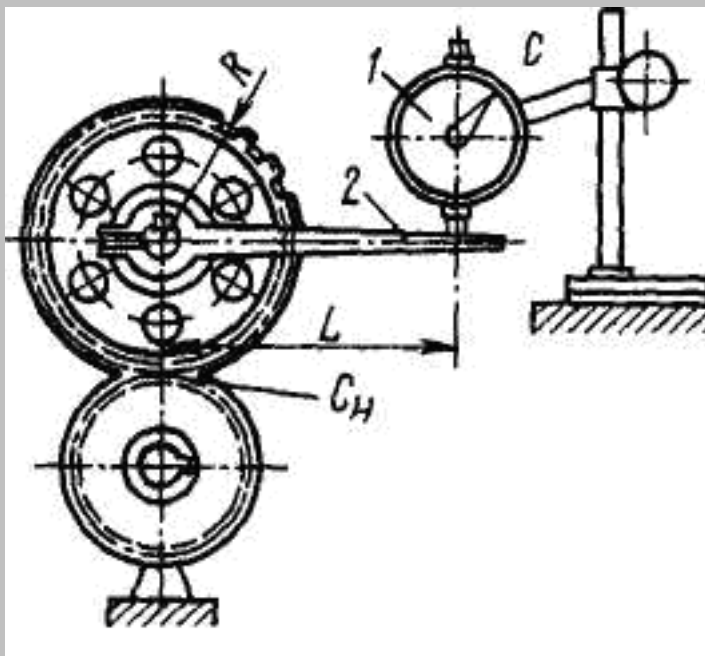


Рисунок - 49. Измерение бокового зазора в цилиндрической зубчатой передаче: 1 — индикатор, 2 — поводок

Качество зацепления собранной зубчатой передачи проверяют на краску. Зубья меньшего колеса (шестерни) покрывают тонким слоем краски и поворачивают передачу на один оборот. После этого по отпечаткам на сопряженном зубчатом колесе судят о качестве сборки, сравнивая полученные отпечатки с установленными нормами. Обычно для передач средней точности отпечатки краски на сопряженном зубчатом колесе должны располагаться в средней части боковой поверхности зуба и занимать площадь, составляющую 50.-60% высоты и не менее 70% длины зуба (рис. 50, а). Если пятно контакта неправильно расположено на поверхности зуба или его площадь не соответствует изложенным выше требованиям, это свидетельствует о некачественной сборке передачи. В зависимости от расположения пятна контакта можно установить соответствующие дефекты сборки цилиндрической зубчатой передачи.

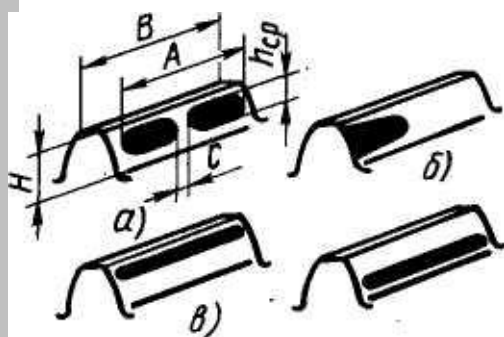


Рисунок 50 - Расположение пятен контакта при качественной сборке (а) и некачественной сборке (б, в) зубчатой передачи

Контроль сборки конической зубчатой передачи

Основными параметрами, характеризующими коническую зубчатую передачу, являются следующие: межосевой угол передачи; угол начального конуса для каждого из колес передачи; модуль зубчатого зацепления; число зубьев зубчатых колес передачи; длина образующей начального конуса. Технические требования, предъявляемые к коническим зубчатым передачам, в основном аналогичны техническим требованиям, которым должны удовлетворять цилиндрические передачи.

Правильность установки на валу конического зубчатого колеса и наличие радиального биения определяют по расположению пятен контакта (рис. 51, а...г), вводя коническое зубчатое колесо в контакт с другим таким же колесом, которое принято называть эталонным.

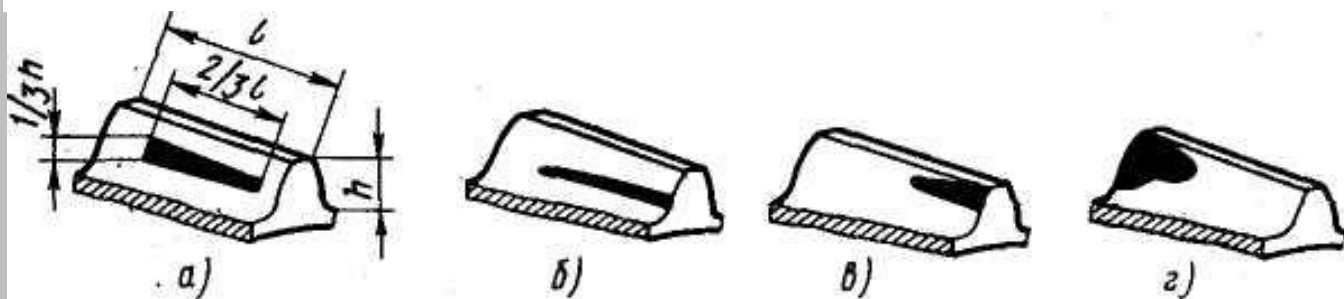


Рисунок 51 - Расположение пятен контакта при контроле на краску конической зубчатой передачи: а — при правильном зацеплении, б — при недостаточном зазоре в передаче, в, г — при неправильном межцентровом расстоянии

Прежде чем приступить к установке валов с зубчатыми колесами в корпус, необходимо проверить расположение в нем отверстий под валы. Проверку эту осуществляют с помощью калибров 1 и 2, которые центрируют в отверстиях корпуса (рис. 52, а). Если оси отверстий взаимно перпендикулярны, калибр 1 свободно входит в отверстие калибра 2. Для контроля перпендикулярности осей используют и другой способ (рис. 52, б). Оси отверстий можно считать взаимно перпендикулярными, если лапка калибра 1 плотно, без просветов, по всей длине прилегает к образующей калибра 2. Перпендикулярность осей проверяют также оправками со срезанными до оси концами (оси взаимно перпендикулярны и лежат в одной плоскости, если срезанные половины концов оправок плотно прилегают друг к другу; зазор между ними контролируют щупом.

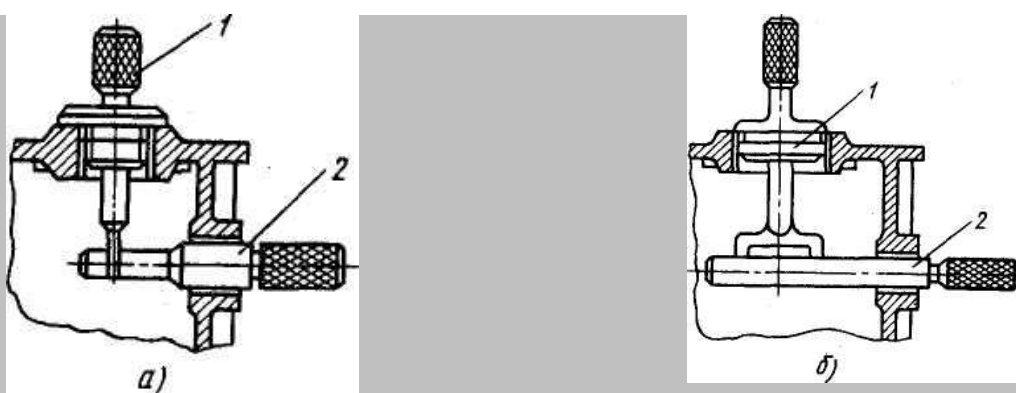


Рисунок 52 - Способы контроля расположения осей отверстий в корпусе редуктора конической зубчатой передачи: а — калибром с отверстием, б — калибром с лапкой; 1, 2 — калибры

Для того чтобы обеспечить нормальную работу зубчатых колес конической зубчатой передачи, необходимо отрегулировать боковой зазор между зубьями колес до заданного значения. Если конструкция передачи позволяет, т. е. доступ к колесам свободен, боковой зазор проверяют щупом. При больших (свыше 10 мм) модулях

колес передачи зазор проверяют с помощью свинцовых проволочек так же, как это делают при контроле бокового зазора в цилиндрических зубчатых передачах.

Боковые зазоры в передачах повышенной точности проверяют с помощью индикатора. Стойку последнего закрепляют на корпусе, а его ножку вводят в контакт с одним из зубьев зубчатого колеса (второе зубчатое колесо закрепляют). Покачивая колесо, по отклонению стрелки индикатора определяют числовое значение бокового зазора так же, как это делают при контроле бокового зазора в цилиндрических зубчатых передачах. В конических передачах, доступ к которым затруднен, боковой зазор проверяют так же, как и в аналогичных цилиндрических зубчатых передачах.

После того как в конической передаче отрегулирован боковой зазор, качество сборки проверяют на краску. Для этого тонкий слой краски наносят, на два зуба каждого из колес передачи, причем зубья стараются выбрать так, чтобы между ними было возможно большее число чистых зубьев. После нанесения краски зубчатые колеса поворачивают в направлении работы передачи и по отпечаткам краски (пятнам контакта) судят о качестве сборки передачи. Пятно контакта должно располагаться на боковой поверхности зуба ближе к его тонкому концу, но не доходить до него (см. рис. 106, а). При правильной сборке пятно контакта должно занимать не менее 70% площади зуба (по высоте и длине). Для контрольного сравнения такое пятно должно быть показано в сборочном чертеже или технологической карте на сборку.

Контроль сборки червячной передачи

После установки стопоров червячное колесо проверяют на радиальное биение. Установка червячного колеса на вал и его проверка производятся так же, как и при монтаже на вал цилиндрических зубчатых колес.

При сборке червячной передачи особенно важно обеспечить правильное зацепление червяка и червячного колеса. Для этого необходимо, чтобы угол скрещивания их осей и межцентровое расстояние соответствовали требованиям чертежа. Средняя плоскость червячного колеса должна совпадать с осью червяка, а боковой зазор в зацеплении — соответствовать техническим требованиям. Поэтому, прежде чем приступить к установке червяка и червячного колеса в корпус, необходимо проверяют межосевое расстояние отверстий под их установку и взаимное расположение осей этих отверстий. Межосевое расстояние контролируют с помощью специальных, устанавливаемых в корпус оправок 1 и 2 (рис. 53, а). Микрометрическим нутромером 3 измеряют расстояние между оправками.

Проверку угла скрещивания осей осуществляют следующим образом (рис. 53,б). Вместо вала червячного колеса и червяка в корпус устанавливают оправки 1 и 2, на одну из которых надевают рычаг 4 с индикатором 5. Рычаг устанавливают так, чтобы ножка индикатора могла касаться точек *m* и *n* на поверхности оправки 1, выступающей из корпуса с противоположных сторон. Если показания индикатора в этих точках одинаковы, это свидетельствует о том, что валы скрещиваются под углом 90°.

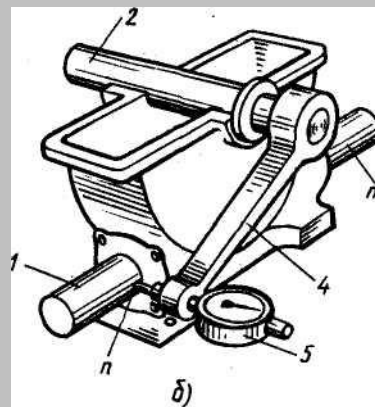
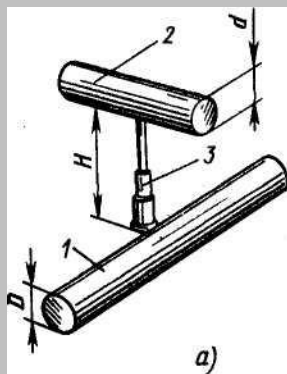


Рис. 53. Контроль расположения осей отверстий в корпусе червячного редуктора выполнением проверок: а — межосевого расстояния, б — угла скрещивания осей; 1, 2 — специальные оправки, 3 — микрометрический нутромер, 4 — рычаг, 5 — индикатор

Для того чтобы собранную передачу проверить на совмещение средней плоскости червячного колеса с осью червяка, проводят контроль на краску. При правильно собранной передаче краска должна покрыть не менее 50...60 % поверхности каждого зуба колеса (рис. 54, а). Если средняя плоскость колеса смещена относительно оси червяка, пятно контакта расположится так, как это показано на рисунке 54, б, в. Боковой зазор контролируют аналогично цилиндрической передаче.

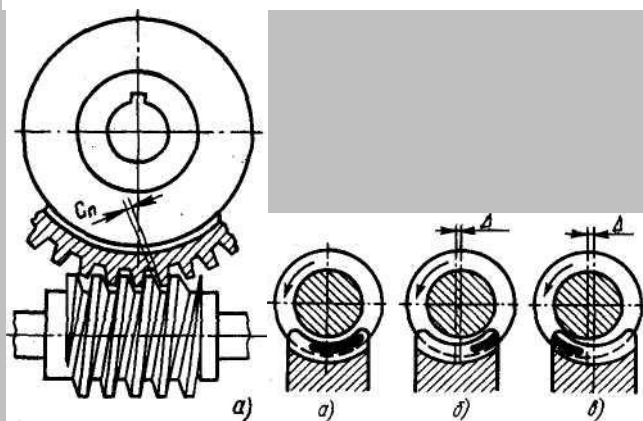


Рис. 54. Расположение пятен контакта при контроле на краску червячной передачи: а — при правильном зацеплении, б — при смещении оси передачи вправо, в — при смещении оси передачи влево

После сборки зубчатых передач, как правило, производится их обкатка, в процессе которой контролируется плавность и бесшумность работы, температура в рабочей зоне изделия, отсутствие утечки смазки и др. параметры качества изделия.

5 Испытания

Окончательно собранный узел после контроля наружным осмотром при необходимости подвергается испытанию. Испытание проводится для проверки качества сборки и работоспособности узла, определения его эксплуатационных характеристик. Наиболее часто испытаниям подвергаются детали и узлы гидравлической и пневматической аппаратуры, а также иные изделия, работающие в условиях высоких давлений или напротив сниженных (вплоть до вакуума) давлений.

5.1 Гидравлические и пневматические испытания

Гидравлическому или пневматическому испытанию могут подвергаться как изделия или их узлы в сборе, так и отдельные детали. Таким испытаниям подвергается большое количество деталей, таких как, например, крышки и гильзы цилиндров, блоки цилиндров, корпуса различных гидравлических и пневматических насосов и т. д.

Продувкой сжатым воздухом можно проверить наличие смазочных или других сквозных отверстий в том случае, если не представляется возможным произвести их осмотр другим способом. Также при подготовке деталей к сборке многие детали подвергаются гидравлическому испытанию (наиболее часто – это корпусные детали). Гидравлическое испытание проводится для проверки непроницаемости той или иной детали, отсутствия раковин и пористости. В процессе испытания изделий при необходимости могут быть выявляться их эксплуатационные характеристики, например, производительность насоса, расход масла и др.

При испытаниях узлов на герметичность воздухом (пневмоиспытания), о герметичности узла судят по проникновению воздуха в местах сопряжения поверхностей деталей. Для того чтобы лучше можно было заметить пропуск воздуха, неплотности в соединениях, места сопряжений деталей смачивают мыльной водой и по пузырям, возникающим на поверхности, судят о плотности соединения и качества сборки узла. При плотных соединениях и хорошей сборке узла пузыри на обмыленных поверхностях появляться не должны. Либо изделие опускают в воду, и по наличию (отсутствию) пузырей судят о герметичности.

При гидроиспытаниях закрывают заглушками отверстия в изделии и подают внутрь жидкость (воду, масло) под давлением, величина которого зависит от рабочего давления узла (с учетом возможности его колебаний).

Например, в операцию испытаний клапана входят следующие переходы:

1. Установить клапан на стенд в приспособление и закрепить.
2. Установить заглушку на нижний патрубок.
3. Заполнить клапан подогретым раствором, обеспечив вытеснение воздуха. Заглушить отверстие для выхода воздуха. Температура стенки не менее 32⁰С. Расчетное давление 8 МПа. Скорость подъема давления не более 0,5МПа/мин.
4. Произвести гидроиспытание клапана на прочность и плотность пробным давлением $P_{пр} = 10$ МПа. Время выдержки при $P_{пр} = 10$ МПа не менее 5 мин. Контролировать отсутствие течи визуально. Давление контролировать манометром.
5. Снизить давление до 8,4МПа, осмотреть корпус на отсутствие течей.
6. Предъявить ОТК.

7. Снизить давление до атмосферного. Слить жидкость, снять заглушки, продуть внутреннюю полость клапана сжатым воздухом.

8. Открепить клапан и снять с гидростенда.

Метод и режим испытания зависит от конструкции и назначения данного узла. Обычно испытание проводится в условиях близких к условиям работы данного узла в изделии. Испытание производится на специальных испытательных стендах.

В зависимости от конструкции деталей применяются различные приспособления для гидроиспытаний. Основные части этих приспособлений:

1) насос для подачи жидкости, который может быть ручным или с приводом от электродвигателя;

2) стенд, на который устанавливается испытуемая деталь;

3) заглушки для изоляции отдельных частей детали или для закрывания отверстий.

Стенд снабжается манометром для определения давлений в гидравлической системе. На рисунке 55 представлен стенд для гидравлического испытания цилиндра.

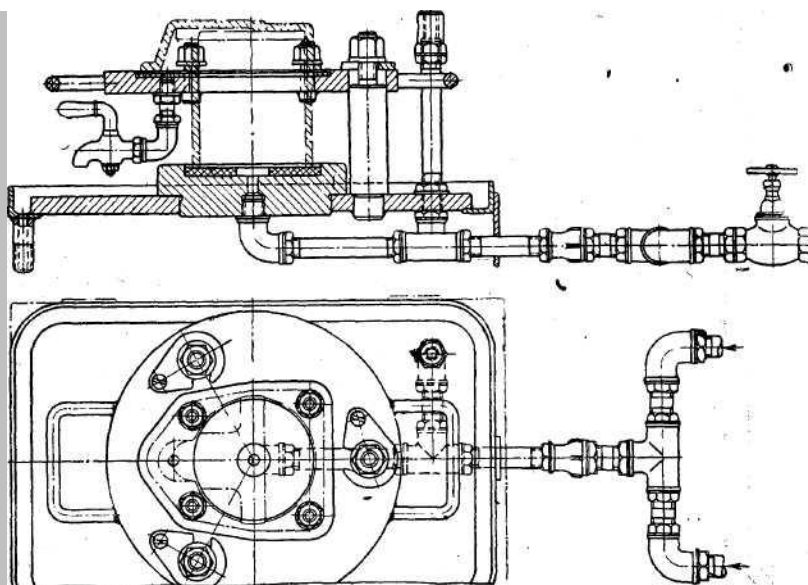


Рисунок 55 - Стенд для гидравлического испытания цилиндра.

Также проводятся испытания для определения эксплуатационных характеристик изделий. Эти испытания проводятся на специальных стендах на холостом ходу и под нагрузкой. При этом может производиться не только контроль, но и регулировка или настройка изделия.

5.2 Испытания для определения физико-механических характеристик материала

Эти методы заключаются в проведении испытаний образцов материалов, заготовок, деталей, сборочных единиц и готовых изделий с применением разрушающих нагрузок и фиксацией условий разрушения. Естественно, после проведения разрушающих испытаний объекты таких испытаний не могут быть

использованы по назначению. Отсюда следует, что применение методов разрушающего контроля и испытаний ограничивается многими производственными и экономическими факторами.

Методы разрушающего контроля позволяют оценить и через серию испытаний регламентировать основные конструкционные и технологические свойства различных материалов — металлов, пластмасс, технической резины и др. Показателями качества материалов, используемых для создания станков и машин, являются характеристики их механических свойств, определяемые при механических испытаниях. Механические испытания выявляют способность металла сопротивляться деформации. При испытаниях определяют пределы, до которых металл способен выдерживать внешние нагрузки без разрушения.

Показатели механических свойств материалов определяют с целью контроля качества материала, применяемого в производстве, контроля качества деталей на разных стадиях технологического процесса их изготовления.

Механические свойства материалов зависят от конкретных условий производства, поэтому механические испытания разных видов проводят непосредственно при производстве материалов, чтобы оперативно корректировать процесс, добиваясь высокого качества отливок, поковок, заготовок из сплавов цветных металлов и др., а также применяются в качестве входного контроля в технологических процессах механической обработки металлов.

В зависимости от действующей на испытуемый материал нагрузки различают:

- статические испытания, характеризующиеся плавным и медленным приложением нагрузки к испытуемому образцу; такой характер нагружения позволяет измерять с достаточной точностью нагрузку, приложенную к образцу, а также деформацию образца в любой момент испытания. Наиболее распространенными статическими испытаниями являются испытания на растяжение и сжатие.

- динамические испытания, характеризующиеся резким изменением усилий, действующих на образец, большой скоростью Деформации образца и возникновением значительных сил инерции в частях образца и испытательной машины, передающих нагрузку на образец; обычно динамические испытания служат для определения вязкости или хрупкости материала;

- испытания на усталость, характеризующиеся многократными повторными или знакопеременными нагрузками, прилагаемыми к испытуемому образцу; металл под действием таких нагрузок разрушается при напряжениях более низких, чем те, которые он может выдержать без разрушения при статической нагрузке;

- испытания на твердость, которые получили очень широкое распространение и заключаются в том, что в поверхность испытуемого материала внедряется более твердое тело;

- испытания на изнашивание и истирание, заключающиеся в определении изменений механических свойств материалов на их поверхности после длительного воздействия сил трения, а также в установлении потери массы образцов; в последнее время такие испытания проводят с помощью радиоактивных изотопов.

В случае, когда необходимо установить пригодность материала для того или иного технологического процесса, определить некоторые свойства материала, например, пластичность, проводят технологические испытания.

При разрушающих испытаниях детали машин подвергаются разрушению под действием механических нагрузок или разрезаются, чтобы можно было исследовать материал детали внутри. Чаще при разрушающих методах контроля испытаниям подвергается часть детали. В таких случаях из деталей вырезают образцы. При контроле качества материала отливок образцы установленной формы и размеров отливаются при каждой плавке металла.

Преимущество разрушающих методов контроля заключается в том, что они дают возможность получить количественные характеристики. Правда, при каждом испытании получают только одну характеристику (например, предел выносливости, твердость и т. д.) и только одной детали: той, из которой вырезан и испытан образец, либо той, которая и была разрушена при испытаниях.

Для получения достоверных данных о партии деталей определенного объема (объем партии — количество продукции, изготовленной по единой технологии и оформленной одним документом о качестве) необходимо, чтобы свойства контролируемых деталей не имели существенных различий. Этого можно достичь применением стабильной и надежной технологии, высоким качеством работы. При нестабильной технологии и значительных различиях по качеству деталей внутри партии разрушающий контроль мало эффективен.

Испытания проводят по единой методике, регламентированной государственным стандартом для каждого вида испытаний.

При испытаниях на растяжение испытываемый образец строго установленной формы и размеров (рис. 56) или образец прямоугольного сечения (для испытания материалов из листа, полосы и т. д.) подвергается растяжению.

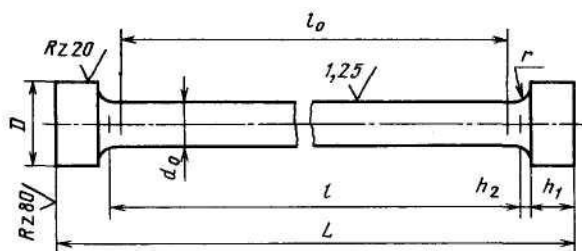


Рисунок 56 - Стандартный образец

Места вырезки образцов из тела деталей, число образцов, ориентировка по продольной оси регламентированы соответствующими стандартами и техническими условиями. Поверхностный слой плоских образцов сохраняют необработанным.

Испытуемый образец растягивают со все возрастающей силой и при этом фиксируют его деформацию. Результаты испытания представляют в виде диаграммы растяжения, с помощью которой можно установить характеристики сопротивления материала деформирующей силе. Диаграмма растяжения выполнена в координатах напряжение — относительное удлинение. Испытания на растяжение проводят на разрывных машинах.

Применяются разрывные машины для испытаний материалов на растяжение, сжатие, изгиб и многоцикловую усталость при нормальных условиях (комнатная температура и влажность). Применяют и более совершенные универсальные машины для испытания материалов, которые предназначены для статических испытаний на растяжение, сжатие, изгиб, для испытаний на кратковременную ползучесть, релаксацию и многоцикловую усталость металлов, конструкционных полимеров и резины в широком диапазоне нагрузок, а также для измерения

скоростей деформирования и температур.

Испытания на сжатие наиболее часто применяются для хрупких материалов (чугун, бетон, древесина, керамика и др.), а также для материалов, применяемых в конструкциях, работающих на сжатие. При сжатии пластичного материала до напряжения, равного пределу пропорциональности, материал ведет себя так же, как при растяжении. При напряжениях, превосходящих предел упругости, в материале возникают остаточные деформации — диаметр образца увеличивается, длина уменьшается. При определенной нагрузке хрупкие материалы разрушаются, и для них может быть установлен предел прочности при сжатии. При испытаниях на сжатие такие характеристики материалов, как модуль упругости, пределы пропорциональности и текучести, определяются с достаточной точностью, а предел прочности и относительное укорочение в большой степени зависят от сил трения на торцах образцов при испытаниях. Для уменьшения трения применяют смазочные материалы и специальные приспособления.

Статические испытания на изгиб проводят также на разрывных машинах путем приложения изгибающей нагрузки (силы) к образцу, закрепленному на двух опорах. Эти испытания применяют для упрощенной проверки пластичности, однородности и способности материала к холодной обработке давлением. Образец, помещенный на двух опорах, нагружают посередине сосредоточенной нагрузкой до разрушения. При этом определяют требуемое для разрушения усилие и вычисляют максимальное напряжение при изгибе, а также измеряют специальным индикатором стрелу прогиба с точностью до 0,1 мм.

К статическим испытаниям материалов деталей машин относят также испытания, позволяющие определять предел прочности при кручении, предел выносливости при растяжении-сжатии, изгибе и кручении при повышенной и пониженной температурах, в агрессивных средах и т.д.

Испытания образцов материалов деталей машин и конструкций на усталость (выносливость) применяют для выяснения предела выносливости металлов. Предел выносливости для стали определяют на базе 5—10 млн. циклов. Для легких сплавов и металлов база испытания увеличивается до 20 млн. циклов. Испытания на усталость проводят на специальных машинах. Для испытаний на малоцикловую усталость применяют универсальную испытательную машину. Стандартные образцы, вырезанные из тела контролируемых деталей или конструкций, подвергают циклическому деформированию определенными нагрузками по установленным схемам. Чаще всего применяют схему нагружения, когда медленно вращающийся образец изгибается при симметричном цикле нагружения. Применяют и другие схемы, при которых вращающиеся образцы подвергают циклическим растяжению и сжатию, изгибу и кручению. При испытаниях на малоцикловую усталость прикладывают нагружающие силы и моменты с частотой от 0,5 до 50 раз в секунду (с частотой 0,5—50 Гц). При таких испытаниях проводят непрерывное измерение деформирования, а также непрерывную (допускается и периодическую) регистрацию процесса деформирования рабочей части образца.

При испытаниях металлов и сплавов на многоцикловую усталость обычно повышают частоту циклов нагружения свыше 50 Гц. Условной границей между малоцикловой и многоцикловой усталостью является число циклов нагружения $5 \cdot 10^4$. Это значение для пластичных сталей и сплавов характеризует среднее число циклов для зоны упругопластического деформирования.

Образцы для испытаний на усталость могут быть круглого и прямоугольного сечения. В ряде случаев применяют образцы со специально ослабленным сечением (нарезают небольшую канавку на цилиндрическом образце, сверлят отверстие или делают зарубку на плоском образце). Число циклов нагружения, которые образец выдерживает до разрушения, называют долговечностью. В результате разрушающих испытаний образцов материалов на усталость получают кривые усталости металла. Из полученной кривой следует, что для каждого материала существует такое напряжение σ_{-1} , при котором образцы «доживают» до заданного числа циклов N_3 , но при продолжении испытаний немедленно разрушаются. Это и есть предел выносливости материала. Для построения кривой усталости и определения предела выносливости испытывают не менее десяти образцов, каждый до разрушения или до базового числа циклов.

Результирующее свойство материалов (металлов) сопротивляться развитию пластической (остаточной) деформации и разрушению под действием постоянных нагрузок при высоких температурах называют жаропрочностью. Параметрами жаропрочности, характеризующими ее численно как показатели качества металлов, являются: предел кратковременной прочности, предел ползучести и предел длительной прочности. Предел кратковременной прочности характеризует поведение металла при его обработке давлением (ковка, прессование, прокатка). Предел ползучести — напряжение, которое за определенный промежуток времени при заданной температуре вызывает заданное удлинение испытуемого образца. Этот параметр характеризует долговечность деталей, длительно работающих при высоких температурах. Предел длительной прочности — напряжение, вызывающее разрушение образца при заданной температуре через определенный промежуток времени. Предел длительной прочности, как и предел ползучести, является характеристикой долговечности Деталей, работающих при высоких температурах. Испытания на кратковременную прочность проводят при растяжении при температурах до 1200° С. Предел ползучести определяют у жаропрочных металлов и сплавов путем действия на образец растягивающих сил на протяжении длительного времени (5000—10000 ч). Испытания на длительную прочность заключаются в следующем: образец нагревают в электрической печи до заданной температуры (не более 1200°С), выдерживают при этой температуре до полного прогрева, а затем плавно прикладывают нагрузку. В процессе испытаний фиксируют время, через которое образец разрушается.

Типичным примером динамических испытаний материалов и деталей машин являются испытания на ударную вязкость, такие испытания необходимы для определения характеристик деталей машин переносить ударные — динамические нагрузки. Таким нагрузкам подвергаются детали транспортных машин, прессов и кузнечно-прессовых автоматов, кузнечного и прокатного оборудования и др. Характер разрушения при динамических нагрузках отличается от разрушения при статическом нагружении. При динамических нагрузках возможно хрупкое разрушение изделия.

Ударная вязкость характеризует способность металлов поглощать механическую энергию при деформации до разрушения под действием динамической нагрузки. Испытания действием ударной нагрузки обычно проводят по следующей схеме: стандартный образец с надрезом устанавливают между двумя жестко закрепленными упорами. Ударная нагрузка F прикладывается в плоскости,

проходящей через надрез образца между упорами маятникового копра. Удар производится маятниковым грузом. Груз, выполненный в виде скобы с бойком, отклоняют на определенный угол α от вертикали и закрепляют. Затем фиксация снимается, и груз — маятник опускается под действием силы тяжести, ломает образец и по инерции движется дальше вокруг оси тяги маятника до угла, в котором снова закрепляется тормозным механизмом копра.

Динамические испытания металлов ударом производятся также для проверки их свойств переносить нагрузки. Кроме того, для определения характеристик материалов деталей машин, предназначенных для работы в условиях значительного охлаждения (летательные аппараты, холодильные установки, оборудование для Севера и т. д.) проводятся испытания на удар. Детали и образцы охлаждают до 150°C . Испытывают на удар также паяные и сварные соединения, ударная прочность и вязкость которых не должна быть меньше, чем основного материала. Образцы в этом случае представляют собой две спаянные или сваренные полоски металла. Ослабляющий сечение вырез (его называют концентратором напряжений) делают в самом соединительном шве. В маятниковом копре сваренные либо спаянные образцы располагают так, чтобы удар груза пришелся со стороны, противоположной вырезу-концентратору.

Наиболее широкое применение в промышленности получил такой вид испытаний машиностроительных материалов и деталей машин, как измерение твердости. Этот вид испытаний не во всех случаях разрушает деталь, а для заготовок деталей машин и материалов может вообще считаться неразрушающим. Но поскольку после измерения твердости современными способами на металлических поверхностях остаются заметные следы, что не всегда допустимо, этот вид испытаний условно относят к разрушающим.

Применяют различные методы определения твердости материалов. При измерении твердости металлов применяют стандартные наконечники — инденторы, которые со строго нормированной силой вдавливают в испытуемый образец в течение строго определенного времени. По величине отпечатка судят о твердости материала. При контроле твердости устанавливают соответствие между твердостью испытуемого материала и ее значением по ГОСТ или ТУ.

Все методы измерения твердости можно разделить на группы: статические, динамические и специальные. Наибольшее применение получили статические методы определения твердости. Динамические методы применяются чаще всего для экспресс-измерений твердости непосредственно на производстве — в цехе, на участке.

Статические методы измерения твердости предусматривают медленное и непрерывное вдавливание индентора в испытуемый материал. Сила при этом строго регламентируется. В результате возникает местная деформация материала, имеющая, как и при сжатии, упругую и пластическую составляющие. Для определения твердости материала имеет значение лишь пластическая составляющая. Измеряют глубину отпечатка или величину его проекции и затем по формулам определяют твердость материала.

Основными статическими методами определения твердости в производственной практике и при проведении научно-исследовательских работ являются методы Бринелля, Роквелла и Виккерса.

Метод Бринелля стандартизован практически во всех промышленно развитых

странах. Суть метода Бринелля состоит в том, что шарик определенного диаметра D под действием приложенной нагрузки F вдавливаются в испытуемый материал в течение заданного времени. В результате пластической деформации, которая происходит при вдавливании шарика, на поверхности возникает отпечаток сферической формы. Твердость по Бринеллю $HВ$ рассчитывают как отношение силы, действующей на шарик, к площади отпечатка. Диапазон измерения твердости этим методом от 8 до 650 единиц.

Не менее, чем метод Бринелля, распространен метод определения твердости по Роквеллу. Его преимуществом является сравнительная простота определения твердости - прессы Роквелла. Сущность метода измерения твердости по Роквеллу заключается во вдавливании наконечника с алмазным конусом или стального шарика диаметром 1,5875 мм в испытуемый образец (изделие) под действием последовательно прилагаемых нагрузок — предварительной и основной. Автоматическое измерение глубины внедрения индентора (алмазный конус или шарик) после снятия основной нагрузки отражается на одной из шкал прибора в виде показателя твердости испытуемого образца. В случае, когда используется индентор — алмазный конус (определение твердости по шкалам А и С прибора), основная нагрузка составляет 490 Н (50 кгс) для шкалы А и 1373 Н (140 кгс) для шкалы С. При использовании индентора — шарика (шкала В) испытательная основная нагрузка составляет 883 Н (90 кгс). При записи после обозначения твердости по Роквеллу ставится индекс шкалы (HRA, HRC, HRB). В машиностроении наиболее применима шкала С, так как методом С измеряют твердость в диапазоне 22—68 единиц Роквелла. Пределы измерения твердости по шкале А составляют 70—85 единиц для очень твердых образцов, встречаемых не часто в машиностроении, но часто применяемых в инструментальной промышленности. Предельные значения твердости по шкале В составляют 25—100 единиц. Эту шкалу используют для измерения твердости более мягких материалов, чем закаленная сталь, в основном нетермообработанных. Обычно измерения производят в трех точках и твердость исчисляют как среднее арифметическое этих измерений.

Для измерения твердости очень тонких материалов, как мягких, так и твердых, применяют метод Виккерса. Этот метод также успешно применяют в машиностроении для измерения твердости слоистых материалов, слоев термообработанных металлов (цементированных, азотированных и др.).

При испытании твердости металла по Виккерсу в испытуемый образец вдавливаются правильная четырехгранная алмазная пирамидка стандартного размера, имеющая квадратное основание и угол 136° у вершины. Вдавливание производят под действием нагрузки в 5, 10, 20, 30, 50 и 100 кгс. Измерив отпечаток алмазной пирамидки по диагоналям квадрата, по таблице определяют число твердости по Виккерсу.

5.3 Технологические испытания

Цель технологических испытаний — в кратчайший срок дать ответ о возможности применения того или иного материала в производстве без точного определения показателей качества этого материала, в частности, они используются в качестве входного контроля. В основном при этом определяют степень деформации,

которую может выдержать конструкционный материал, не разрушаясь. Основными видами технологических испытаний являются: испытания на осадку, на расплющивание, на изгиб, перегиб, выдавливание.

Испытаниям на осадку подвергают сортовой прокат, проволоку из цветных и черных металлов. Испытания, проводимые как при нормальной, так и при повышенной температурах, служат для определения способности металла выдерживать заданную относительную степень деформации, а также для выявления поверхностных дефектов. Метод испытаний на осадку стандартизован.

При этих испытаниях отрезают несколько образцов из испытываемой партии металла. Их наибольший размер по поперечному сечению (диаметр, толщина, диаметр вписанного круга) для испытаний в холодном состоянии должен составлять 3—30 мм, для испытаний в горячем состоянии 5—200 мм. Высота образцов в 2,5 раза больше их поперечного сечения (главного размера). Образцы подвергают сжатию на универсальных испытательных машинах, прессах и т. д. Относительная деформация черных металлов 50 и 75%, цветных 65%. Осадку образцов ведут до расчетной высоты h_1 , которую вычисляют по формуле

$$h_1 = h \left(1 - \frac{\chi}{100} \right)$$

где h — высота образца до осадки, мм; χ — относительная деформация, %.

Образец считается выдержавшим испытание, если после достижения заданной относительной степени деформации при осадке на боковой поверхности образца не наблюдаются трещины, надрывы, закаты, высокая шероховатость.

Испытания на расплющивание аналогичны испытаниям на осадку. Им подвергают прутки и готовые заклепки. При испытаниях образцы расплющивают вдоль оси в холодном или горячем состоянии до образования головки заклепки. Изделия считаются годными, если на поверхности образцов после испытаний нет трещин и надрывов.

Испытания на изгиб также осуществляют в холодном или горячем состоянии. При этих испытаниях проверяют способность материала без появления дефектов выдерживать заданную пластическую деформацию. Испытания на изгиб проводят: до определенного угла изгиба; вокруг оправки (металлического цилиндрического стержня); до параллельности сторон; до соприкосновения сторон. Испытания проводят при плавном увеличении нагрузки на образец на прессах, специальных машинах, тисках с закругленными губками и т. п.. Признаком того, что образец выдержал испытание, является отсутствие излома, трещин, надрывов, расслоений.

Испытания на выдавливание позволяют определить качество листов и лент в части свойств материала выдерживать без трещин образование выпуклостей специальным штампом при заданных условиях. По результатам испытаний можно судить о пригодности испытываемого материала для вытяжной штамповки.

Испытания на выдавливание заключаются в том, что образец зажимается между матрицей и прижимным кольцом до появления на выдавливаемой лунке сквозной трещины. Глубина лунки характеризует степень пригодности материала для штамповки. Качество оценивают листового материала в зависимости от глубины лунки, качества ее поверхности, наличия или отсутствия трещин и других дефектов. Желательна гладкая поверхность лунки, шероховатая же указывает на пониженное качество материала с точки зрения его пригодности для глубокой

вытяжки. Поверхность лунки может напоминать по своей текстуре кожу апельсина, что указывает на крупнозернистую структуру листового материала и его полную непригодность для глубокой вытяжки. Если разрыв прошел по линии, огибающей лунку, то это благоприятный признак. В том случае, когда линия разрыва проходит через углубление, можно предположить (наличие слоистости, неоднородности материала).

6 Автоматизация контроля в машиностроении

Повышение производительности и точности механической обработки заготовок, автоматизация технологических процессов машиностроительного производства вызвали автоматизацию технологических процессов контроля качества, так как физические возможности человека во многих случаях не дают возможности контролеру осуществлять качественный контроль размеров и параметров деталей при их серийном и массовом производстве.

Средства автоматического контроля размеров связаны с технологическим процессом обработки деталей. По способу такой связи и воздействию на технологический процесс средства автоматического контроля можно классифицировать следующим образом:

- средства статистического контроля, при использовании которых проверяется определенная выборка из потока продукции и по результатам измерений корректируется технологический процесс обработки;

- средства активного контроля, с помощью которых при достижении заданного размера детали в процессе ее обработки происходит прекращение обработки либо переключение обрабатывающего станка на другой режим, до следующего размера, заданного настройкой станка;

- средства активного контроля, с помощью которых регулируется положение режущего инструмента относительно обрабатываемой поверхности по результатам синхронного измерения детали в процессе обработки на технологическом оборудовании (на станках);

- средства приемочного контроля, предусматривающие сплошной контроль деталей с их сортировкой на две группы: «годные» и «брак»;

- средства сортировки, предусматривающие распределение деталей на несколько групп с заданным интервалом сортировки.

По степени автоматизации средства контроля подразделяют на визуальные приборы и приспособления, механизированные приборы и приспособления со светосигнальной или цифровой индикацией, полуавтоматы и автоматы.

В современных автоматических контрольных приборах применяют самые разнообразные виды преобразователей — электроконтактные, пневматические, индуктивные, фотоэлектрические, радиоактивные датчики, датчики акустические (ультразвуковые) и тензометрические.

Электроконтактные преобразователи имеют высокую точность (до 1 мкм) и стабильность. Они просты в обращении, малогабаритны. В зависимости от назначения электроконтактные преобразователи выполняются однопредельными, двухпредельными и многопредельными. Однопредельные датчики имеют одну пару контактов. С их помощью можно сортировать изделия на две группы: годные и брак. Двухпредельные датчики имеют две пары контактов и могут использоваться

для сортировки изделий на три группы: годные, брак исправимый и брак. Многопредельные датчики имеют несколько пар контактов и применяются для сортировки изделий на большое число групп.

В обычных электроконтактных преобразователях измерительный наконечник непрерывно контактирует с измеряемой деталью. Когда его используют в устройствах активного контроля, т. е. для проведения непрерывного измерения в процессе обработки, преобразовательный измерительный наконечник быстро изнашивается. Из-за этого снижается точность измерений параметра. Такого недостатка нет у виброконтактных датчиков. Они относятся к электрическим устройствам, которые служат для автоматического контроля линейных размеров детали путем преобразования механических колебаний измерительного щупа в электрическую величину. Колебания щупа определяются изменением размеров детали в процессе обработки.

В промышленности используется много разновидностей электрических контактных преобразователей: индуктивные преобразователи, вибропьезоэлектрические и электроемкостные датчики и др.

Широкое распространение получили также пневматические измерительные системы, что объясняется преимуществами пневматического метода, к которым можно отнести высокую точность измерения, возможность одновременного контроля нескольких параметров и размеров и совмещение операций контроля с вычислительными операциями, возможность контроля размеров в труднодоступных местах деталей машин (отверстия очень малых размеров, глубокие отверстия и т. д.).

В пневматических системах контроля линейных размеров наиболее распространены контактные методы измерения. Первичные контактные преобразователи непосредственно соприкасаются с объектом контроля. Конструкции преобразователей унифицированы. Это преобразователи с шариковой, конической и плоской заслонками.

Пневматический контактный преобразователь с шариковой заслонкой (рис. 57) состоит из втулки 2 с резьбовым или цилиндрическим посадочным местом по наружному диаметру. Внутри втулки находится шарик 1. Отверстие втулки, выполненное в зависимости от размера шарика, заканчивается с одной стороны конусообразным сужением. Сжатый воздух, подаваемый во втулку, прижимает шарик изнутри втулки к конусной поверхности. При нажатии на выступающую из втулки наружу часть шарика образуется зазор между конусной поверхностью втулки и шариком. Изменение давления воздуха пропорционально перемещению шарика относительно втулки. Пневматический контактный преобразователь с шариковой заслонкой позволяет получить диапазон измерений до 200 мкм.

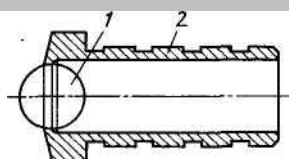


Рисунок 57 - Пневматический контактный преобразователь с шариковой заслонкой

Пневматический контактный преобразователь с шариковой заслонкой является первичным, так как именно он соприкасается с обрабатываемой деталью и дает первичную информацию об изменении размера в процессе обработки при активном контроле, либо о соответствии детали требованиям чертежа при

приемочном контроле. Чтобы превратить эту первичную информацию в измерительную можно пользоваться пневматическими измерительными датчиками различных модификаций, например пневмоэлектрическими датчиками мембранного типа.

В промышленности также находят применение пьезоэлектрические преобразователи, у которых перемещение измерительного стержня приводит к появлению на поверхности кристаллов, находящихся внутри преобразователя, противоположных электростатических зарядов; емкостные преобразователи, преобразующие изменение входной величины в изменение электрической емкости; радиоизотопные и рентгеновские, основанные на использовании свойств радиоактивных и рентгеновских излучений проникать через вещество или отражаться от него и другие преобразователи, основанные на различных принципах преобразования измерительной информации.

Эти преобразователи в большей или меньшей степени используются в средства автоматического контроля. Системы автоматического активного контроля являются системами с обратной связью. Выходными параметрами у этих систем являются: размер обрабатываемой детали, положение режущей кромки инструмента, положение исполнительных органов станка и др. Входные параметры систем активного контроля: приводные органы станка — двигатели приводов исполнительных органов, электромагниты, воздействующие на храповые или золотниковые устройства механизмов подачи станков, и другие элементы..

В качестве примера рассмотрим трехконтактную скобу с электроконтактным датчиком, схема которой приведена на рисунке 58. Скобы такого типа используют в качестве средств активного контроля при наружном шлифовании цилиндрических деталей на шлифовальных станках. Измерительный наконечник 1, рычаг 2, контакты 3, шток 4 и индикатор 5 являются элементами электроконтактного датчика. В устройствах активного контроля типа скоб датчики являются основной частью измерительной системы.

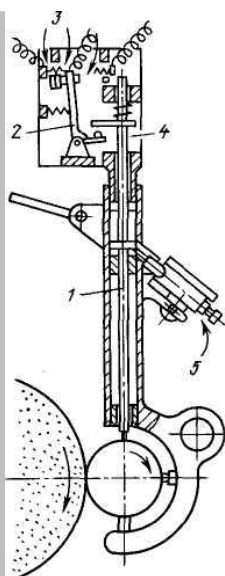


Рисунок 58 - Схема трехконтактной скобы

В начале шлифования шток датчика поднят. Угловой рычаг оттягивается пружиной влево, замыкая подвижный контакт с неподвижным левым. Эта пара контактов замыкает цепь, включающую черновую подачу шлифовального станка.

По мере снятия припуска шток датчика постепенно опускается. Когда основной припуск снят и нужно переходить на чистовое шлифование, шток своим выступом поворачивает рычаг, который отводит подвижный контакт вправо, размыкая цепь черновой подачи и автоматически включая режим чистового шлифования. Когда деталь получит заданный размер, рычаг контакта коснется правого контакта и станок автоматически выключится. На размеры, соответствующие окончанию чернового и чистового шлифования, датчик настраивают по эталонным деталям. Для активного контроля в процессе шлифования применяют скобы с индуктивными, пневмоэлектроконтактными и другими датчиками.

Для измерения инструмента, заготовки и обработанной или обрабатываемой детали непосредственно на станке используют также тактильные датчики, работающие от прикосновения к измеряемой поверхности. Датчик является фактически прецизионным переключателем, выдающим сигнал в момент прикосновения к детали. По программе контроля шпиндель станка с установленным на нем тактильным датчиком перемещается до момента соприкосновения щупа датчика с деталью. Сигнал касания передается системе числового программного управления станка. При этом в системе управления фиксируется величина перемещения по измерительным преобразователям обратной связи приводов подачи инструмента и вычисляется координата касания тактильного датчика. Когда измерения не производятся, датчик автоматически перемещается в инструментальный магазин станка. Таким условиям работы удовлетворяют датчики с использованием инфракрасного излучения для передачи сигнала.

Установленный на станке тактильный датчик используется не только для измерения обрабатываемых деталей, но и для других функций: контроль состояния инструмента до начала обработки, обнаружение чрезмерного припуска (лишнего слоя металла на заготовке), отсутствие инструмента или его поломка, установка станка на нуль и контроль положения детали до начала обработки.

7 Статистические методы контроля

В современной технологии различают три процесса контроля качества выпускаемой продукции, основанных на использовании теории вероятностей и математической статистики:

1) Статистический приемочный контроль качества продукции; Статистический приемочный контроль качества продукции — выборочный контроль качества продукции, основанный на применении методов математической статистики для проверки соответствия качества продукции установленным требованиям. Статистический приемочный контроль качества продукции применяют в тех случаях, когда проведение 100%-ного контроля всех изделий, предъявляемых в контролируемой партии продукции, трудно осуществить из-за большой массовости партии или невозможно осуществить из-за того, что проведение контроля связано с разрушением единиц продукции и в то же время известно, что доля дефектных единиц продукции в партии достаточно мала.

2) Статистический анализ точности технологического процесса; Статистический анализ точности технологического процесса служит для выявления факторов, снижающих его точность.

3) Статистическое регулирование технологического процесса. Статистическое

регулирование технологического процесса направлено на предотвращение появления брака при изготовлении партии продукции. Такой контроль можно отнести к активным методам контроля.

По выполнению такой контроль является выборочным. Из большой партии продукции берут одну или несколько случайных выборок, результаты измерения которых обрабатывают методами математической статистики.

Объем выборки и приемочное число характеризуют план контроля, согласно которому устанавливают приемочное и браковочное числа. Приемочное число является критерием для приемки партии продукции, равным максимальному числу дефектных единиц в выборке или пробе в случае статистического приемочного контроля по альтернативному признаку или соответствующему предельному значению контролируемого параметра в выборке или пробе в случае статистического приемочного контроля по количественному признаку.

Браковочное число является критерием для забраковки партии продукции, равным минимальному числу дефектных единиц в выборке или пробе в случае статистического приемочного контроля по альтернативному признаку или соответствующему предельному значению контролируемого параметра в выборке или пробе в случае статистического приемочного контроля по количественному признаку.

Решающее правило, заранее установленное, применяют для принятия решения относительно приемки или отклонения партии продукции по результатам ее контроля. Для принятия решения относительно приемки или отклонения партии продукции может быть предусмотрена определенная совокупность решающих правил.

Последующая оценка служит для установления входного и выходного уровней дефектности, эффективности принятого плана контроля. По ней принимают решение о целесообразности корректирования плана контроля. Эту величину вычисляют как функцию результатов статистического приемочного контроля нескольких партий продукции.

Статистический анализ точности технологического процесса служит для выявления факторов, снижающих его точность. Методика решения таких задач при помощи статистического анализа сводится к следующему:

- планирование исследования, в частности, определение объемов выборок и метода их получения;
- формулирование математико-статистического описания, создание модели;
- описание параметров, относящихся к модели, и определение выборочных распределений для этих оценок;
- изучение согласия между моделью и наблюдениями;
- решение задачи оцениванием исследуемых параметров и принятие мер в зависимости от результатов исследования.

Наиболее распространенными методами статистического анализа точности технологического процесса являются сравнение средних; сравнение дисперсий; оценка коэффициента корреляции; регрессивный анализ; дисперсионный анализ; анализ временных рядов и случайных последовательностей.

Метод сравнения средних применяют в тех случаях, когда необходимо установить соответствие изготовленного изделия эталонному образцу или когда требуется сравнить значения одноименных показателей качества у двух или более

групп изделий.

Метод сравнения дисперсий применяют, когда требуется оценить изменчивость показателей качества (их рассеяние) в зависимости от способа обработки, оборудования или других факторов.

Коэффициент корреляции оценивают, когда надо проверить степень зависимости одного показателя качества от другого или в других подобных случаях.

Регрессионный анализ применяют, когда требуется оценить показатель качества по результатам наблюдений над другими показателями.

Дисперсионный анализ применяют, когда требуется оценить влияние тех или иных факторов на исследуемый показатель качества.

Статистическое регулирование технологического процесса направлено на предотвращение появления брака при изготовлении партии продукции. Такой контроль можно отнести к активным методам контроля. Выполняют его, многими методами, имеющими свои области применения, а также свои преимущества и недостатки.

8 Основы организации технического контроля

Технический контроль на производстве является необходимым звеном технологического процесса производства и устанавливает обратную связь: готовая продукция — технологический процесс. Контроль качества дает необходимую информацию о ходе технологического процесса изготовления для принятия решений о корректировке технологического процесса или иного воздействия на конечный результат производства — получение готовой продукции заданного качества.

Контроль качества в виде, контрольных операций входит в состав технологии изготовления продукции, в ее стоимость. Этот контроль на всех этапах производства от заготовительного до сборки и упаковки машин осуществляет специальная служба технического контроля. На большинстве машиностроительных предприятий эта контрольная служба выделена в специальный отдел, называемый отделом технического контроля (ОТК).

Организация технического контроля на заводе зависит от характера выпускаемой продукции и от типа производства. Например, при серийном производстве можно применять не сплошной контроль деталей, а выборочный. При установившемся технологическом процессе все размеры и параметры деталей остаются одинаковыми до нарушения стабильности этого процесса. Достаточно проверять отдельные партии деталей через определенные промежутки времени из производства, и по ним судить о качестве всех выпускаемых деталей одного наименования.

Вся изготовленная заводом продукция может быть поставлена потребителю только после приемки ее ОТК и оформления в установленном порядке документов, удостоверяющих качество этой продукции.

Основные задачи, решаемые ОТК, следующие:

- входной контроль качества сырья, материалов, комплектующих изделий, инструментов и т. п.; своевременное и обоснованное предъявление претензий (рекламаций) поставщикам за некачественные поставки;
- контроль соблюдения технологической дисциплины, т. е. норм и режимов

обработки заготовок, правил сборки и испытаний сборочных единиц и машин, требований к отделке, упаковке и консервации продукции и других технологических процессов изготовления;

- операционный контроль — проверка качества непосредственно во время или после технологической операции;
- приемочный контроль, по результатам которого принимают решение о пригодности продукции к поставке потребителю и использованию по назначению;
- предъявление готовой принятой продукции представителям заказчика в случаях, предусмотренных условиями поставки конкретной продукции, и оформление документов на принятую продукцию;
- контроль соблюдения правил хранения и транспортирования как заготовок и полуфабрикатов, так и готовой продукции внутри предприятия и контроль соблюдения правил отгрузки изделий;
- учет претензий (рекламаций) на несоответствие выпускаемой продукции установленным требованиям, участие в рассмотрении претензий и контроль за выполнением мероприятий по устранению причин недостатков, обнаруженных в технологическом процессе производства;
- учет брака и его строгая изоляция от годной продукции.

Операции технического контроля являются неотъемлемой частью технологического процесса производства, поэтому их разрабатывают наравне с технологическими, вспомогательными и подготовительными операциями и вносят в утвержденные технологические процессы для каждого изделия, выпускаемого заводом. Последовательность технического контроля — собственно контрольные операции, их режимы, методы, техническая оснащенность измерительной и испытательной техникой, другими словами, система технического контроля во всей полноте обязательно согласуется с ОТК. Кроме того, обязательно согласуется с ОТК и нормирование контрольных операций, их тарификация, т. е. установление уровня квалификации для проведения каждой из контрольных операций. Все изменения в системе технического контроля также не действительны без согласования с ОТК.

Бюро входного контроля осуществляет функции входного контроля поступающего сырья, материалов, комплектующих изделий. Задача входного контроля — предотвращение напрасных затрат труда и времени, а также материальных средств путем недопущения некачественных комплектующих изделий, сырья и материалов в производство.

Бюро технического контроля (БТК) в цехах предприятия проводит основную работу по предупреждению брака и систематической оценке качества на уровне своего цеха. БТК обеспечивают выполнение практически всех задач, стоящих перед ОТК. Работники цеховых БТК занимаются контролем качества продукции как в специально оборудованных помещениях, так и непосредственно на технологических участках и линиях обработки и сборки изделий или их частей. Они выполняют все контрольные операции, предусмотренные технологией контроля для данной продукции на их участке, поддерживают связь с цехами и участками завода, от которых получают заготовки для своей работы и которым отправляют готовую продукцию своего цеха.

Техническое бюро ОТК проводит анализ брака и разрабатывает с участием

других заинтересованных отделов, служб и цехов завода меры по снижению и предотвращению брака. Техническое бюро ОТК совместно с метрологами и технологами внедряет прогрессивные средства контроля и испытаний, разрабатывает и внедряет необходимые испытательные стенды как для входного контроля, так и для испытаний узлов и готовых изделий. Техническое бюро ОТК при необходимости может проводить разработку и внедрение статистических методов контроля и регулирования технологических процессов.

Главными задачами отдела технического контроля в соответствии с типовым положением является предотвращение выпуска продукции, не соответствующей требованиям нормативно-технической документации, а также укрепление производственной дисциплины и повышение ответственности всех звеньев производства за качество выпускаемой продукции. Отдел технического контроля является самостоятельной структурной единицей предприятия и не зависит от других его служб. Структура и штаты ОТК предприятия разрабатываются с учетом характера производства, а также трудоемкости операций технического контроля.

Непосредственный контроль за качеством продукции осуществляют работники службы технического контроля в цехах предприятия. Права и обязанности этой категории работников ОТК регламентированы.

Контролер ОТК имеет следующие права и обязанности:

- браковать продукцию, не соответствующую чертежам и техническим условиям;
- возвращать на доработку продукцию, не соответствующую требованиям нормативно-технической документации;
- не принимать на контроль продукцию без соответствующей сопроводительной документации;
- проверять соответствие количества предъявленных деталей сопроводительной документации;
- своевременно и правильно оформлять контрольную документацию;
- сообщать о появлении массового брака производственному и контрольному мастерам;
- проверять пригодность измерительного инструмента.

При выполнении контрольных операций старший контрольный мастер, контрольный мастер и контролер руководствуются соответствующей технологической документацией технического контроля.

Технический контроль в процессе производства

Техническая документация. В соответствии со стандартами ЕСТД предусмотрены следующие четыре группы технологических документов технического контроля, применяемых:

- при разработке маршрутных и маршрутно-операционных технологических процессов технического контроля;
- при разработке операционных технологических процессов технического контроля;
- для регистрации результатов измерений и контроля;
- при планировании, учете и контроле за соблюдением технологической дисциплины.

Основным документом технического контроля в соответствии с ГОСТ

3.1502—85 является операционная карта технического контроля. Она предназначена для описания содержания технологической операции технического контроля с указанием содержания и последовательности выполнения переходов, а также применяемых при этом методов и средств. В операционной карте приводятся данные о средствах контроля — приспособлениях, приборах, инструментах. Стандартом предусмотрены карты двух видов: одна имеет поле для эскиза контролируемой детали, а вторая такого поля не имеет и применяется с картой эскизов, выполняемой по ГОСТ 3.1105—84, или с конструкторским чертежом.

Наиболее широко на машиностроительных предприятиях для оформления результатов контроля применяют паспорта и журналы контроля, технологические бирки, карты измерений. Эти документы при оформлении контроля используют как самостоятельные. В комплект документов, оформляемых как паспорт контроля, входят: титульный лист; технологический паспорт; карты измерений и эскизов; комплектовочная ведомость; ведомость замечаний; карты повреждений и регулировок; свидетельство о приемке. Одной из разновидностей паспорта контроля является технологическая бирка, которая оформляется на несколько единиц изделий. В журнале контроля собраны документы, оформленные при выполнении технологического процесса или операции технического контроля. Различают журналы контроля материалов, технологических процессов, изделий. Для оформления контроля иногда используют метод клеймения, т. е. нанесения на изделие знаков, удостоверяющих его качество. Формы документов, которыми оформляют результаты контроля, регламентированы ГОСТами. Основным правилом при проведении контрольных операций является следующее: во всей партии проверяемых деталей контролируют сначала один размер и только после этого переходят к контролю другого.

При проектировании системы технического контроля на предприятии необходимо соблюдать принципы стандартизации, системности, оптимизации, динамичности, автоматизации, преемственности и адаптации.

Принцип стандартизации состоит в том, что основные требования к системе технического контроля дифференцируются, регламентируются и обеспечиваются государственными стандартами, стандартами предприятия и техническими условиями.

Принцип системности заключается в том, что процессы технического контроля рассматривают в их взаимосвязи с основными технологическими процессами, т. е. операции технического контроля органически включают в технологический процесс изготовления, эксплуатации или ремонта изделия.

Принцип оптимизации сводится к выбору таких видов, методов и средств технического контроля, которые при минимальных затратах обеспечивают его максимальную эффективность.

Принцип динамичности предусматривает возможность непрерывного развития и совершенствования системы технического контроля с учетом требований технического прогресса.

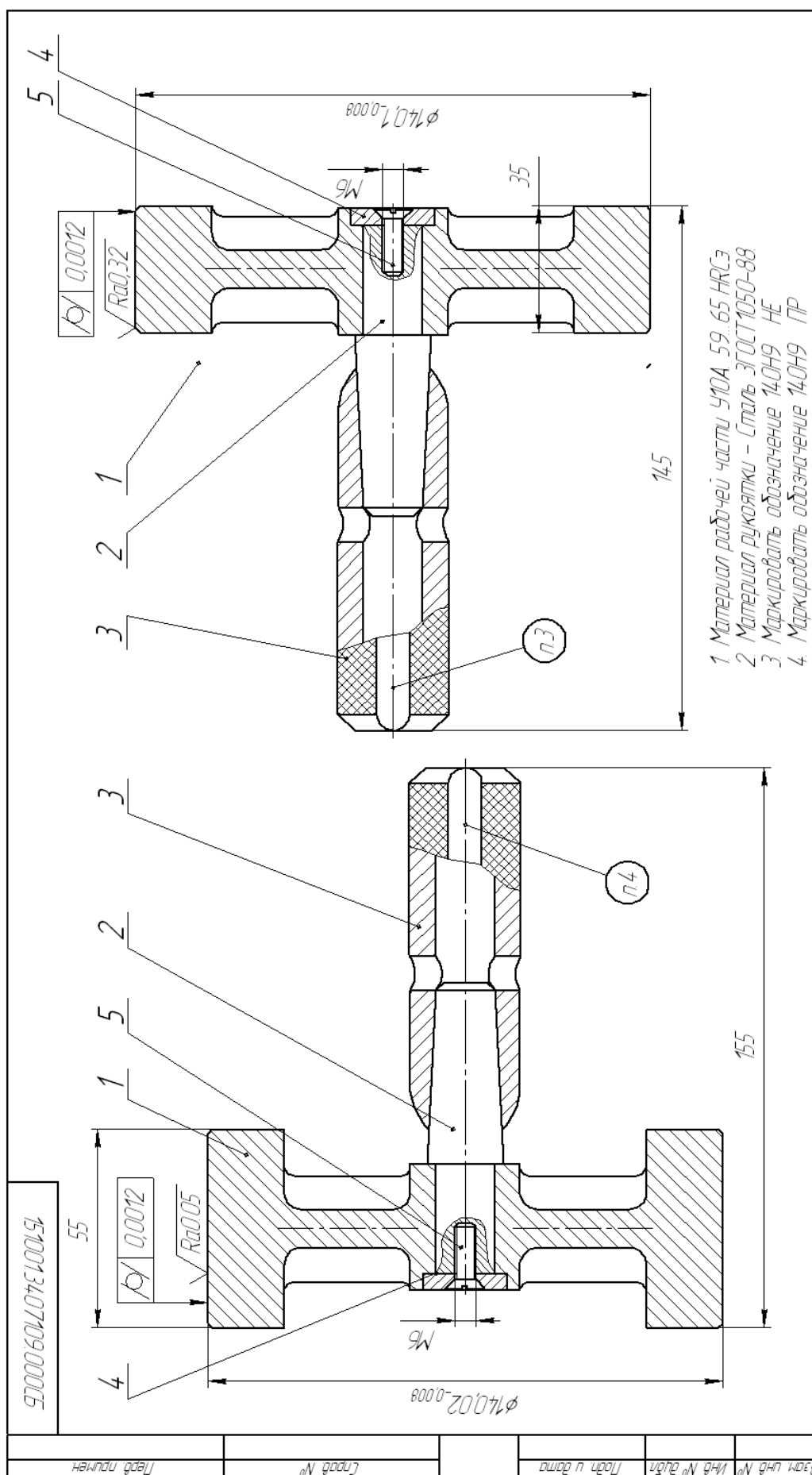
Принцип автоматизации состоит в максимальном использовании средств вычислительной техники в системе технического контроля.

Принцип преемственности заключается в максимальном использовании не только всех возможностей самого предприятия, но и передового опыта разработки систем технического контроля на других предприятиях.

Принцип адаптации предполагает использование в системе технического контроля элементов, обеспечивающих быструю приспособляемость системы к специфике объектов контроля в условиях часто изменяющихся видов выпускаемой продукции.

Использованная литература

1. Справочник технолога машиностроителя. В 2-х т. / Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К.Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986.
2. Покровский Б.С. Механосборочные работы и их контроль: Учеб. пособ. – М.:Высш.шк., 1989.
3. Маханько А.М. Контроль станочных и слесарных работ: Учеб. пособ. - М.:Высш.шк., 1986.
4. Михеев. Контроль
5. Захаров В.И. Взаимозаменяемость, качество продукции и контроль в машиностроении. – Л.: Лениздат, 1990.
6. Справочник по производственному контролю в машиностроении. – Под общ. ред. А.К.Кутая. Л.: Машиностроение, 1974.
7. Справочник контролера машиностроительного завода. / Под ред. А.И.Якушева. – 3-изд. перераб. и доп. – М.: машиностроение, 1980.



Обозначение кальбора	Применяемость	Предельный размер	НР	ИЗНОС
М8/6	15001.3407101003	Ø140H9	Ø140 _{-0,008} ^{+0,000}	0,005
М8/6-1	15001.3407101003-1	Ø140H9	Ø140 _{-0,008} ^{+0,000}	0,005

[illegible]

