

И. Б. ГОНЧАРОВ К. М. МАТАНГИН

**ДЕФЕКТОСКОПИЯ
ОБОРУДОВАНИЯ
В УГОЛЬНОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

СПРАВОЧНОЕ ПОСОБИЕ



МОСКВА "НЕДРА" 1990

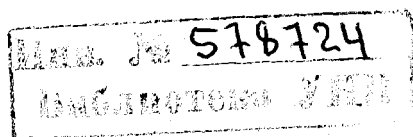
620.179.1 : 622.33(03)

ББК 33.1

Г 65

УДК 620.179.1(035):622.33

Рецензент В. А. Апрышко



Г 2501000000—076
043(01)—90 166—90

© Издательство «Недра», 1990

ISBN 5—247—00524—4

ПРЕДИСЛОВИЕ

В угольной промышленности эксплуатируется большое число конструкций, машин и оборудования, работающих в условиях воздействия длительных статических и динамических нагрузок, резких перепадов температуры, агрессивных сред. Часть оборудования находится в шахтах, опасных по газу или пыли, после истечения гарантированного срока службы.

Проблема повышения качества, надежности и долговечности, безопасности работы горно-шахтного оборудования и оборудования угольных разрезов особенно актуальна в связи с возросшими требованиями к эффективности горно-добывающего производства и не может быть решена без широкого внедрения дефектоскопии (неразрушающих методов контроля) ответственных элементов оборудования в процессе его изготовления, ремонта и эксплуатации.

Развитие дефектоскопии и эффективность ее внедрения в отрасли имеет особенности, определяемые спецификой производства, ремонта и эксплуатации оборудования. По разным причинам процесс внедрения методов и средств дефектоскопии в угольной промышленности начался позже и проходил менее интенсивно, чем во многих других отраслях промышленности. В частности, внедрение дефектоскопии до последнего времени сдерживалось порочной практикой увеличения вала в ущерб качеству изготовления, эксплуатации и ремонта оборудования. И в убытке, в основном, оставались шахты, отрасль и в целом народное хозяйство, так как все это выражалось в увеличении потерь добычи угля. Кроме того, в отрасли было мало квалифицированных специалистов по дефектоскопии и до настоящего времени нет эффективной системы их подготовки.

Качество выполнения дефектоскопии определяется ее достоверностью и обеспечивается, если дефектоскопист обладает необходимыми знаниями физических основ применяемых методов, технологии дефектоскопии, а также практическими навыками проведения контроля и расшифровки его результатов.

Авторами предпринята первая в отрасли попытка систематизировать материалы, необходимые для организации и проведения дефектоскопии (толщинометрии) ответственного оборудования, используемого в угольной промышленности.

Предлагаемая книга написана на основе обобщения многолетнего опыта авторов в разработке методических руководств по дефектоскопии и практического опыта их применения при изготовлении, ремонте и эксплуатации оборудования в отрасли. Она должна оказать помощь в практической работе специалистам по дефектоскопии, а также тем, кому необходимы знания и информация по дефектоскопии оборудования в угольной промышленности.

ГЛАВА I

ДЕФЕКТЫ МЕТАЛЛА, МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ДЕФЕКТΟΣКОПИИ

1.1. ДЕФЕКТЫ ТИПА НЕСПЛОШНОСТЕЙ

В дефектоскопии к дефектам относятся различные нарушения сплошности материала, ослабляющие его прочность и недопустимые по техническим условиям (ТУ) на качество. Дефектами могут считаться как микроскопические трещины размером в доли микрона, так и макроскопические размером 0,1 мм и более. Понятие дефект — относительно, например, одинаковое нарушение сплошности для одного изделия можно квалифицировать как допустимое, а для другого (более ответственного) как недопустимое.

Дефектом считается каждое отдельное несоответствие продукции установленным требованиям. Они различаются природой возникновения, размерами, формой, расположением в металле; по происхождению подразделяются на: металлургические, образовавшиеся при отливке и прокатке; технологические, возникающие при изготовлении и ремонте деталей, различных видах их обработки; эксплуатационные, появляющиеся после определенной наработки изделия в результате усталости металла, коррозии, износа и т. д., а также неправильного технического обслуживания и эксплуатации.

Важная характеристика дефекта, влияющая на прочность, — его форма, чаще всего обусловлена технологией изготовления изделия. Различают объемные (раковины, поры) и плоские (с малым раскрытием, например, трещины) дефекты. Их разделяют на поверхностные и внутренние, различают также отдельные (одиночные, единичные) дефекты, дефектные зоны (группы, скопления, цепочки дефектов) и дефекты, распространенные по всему металлу изделия.

Для создания горно-шахтного оборудования (ГШО) используют детали, узлы и конструкции, изготавливаемые из низкоуглеродистой, среднеуглеродистой и низколегированной конструкционной сталей, иногда — из стали специального назначения. Определенной термической обработкой деталям придают необходимое сочетание свойств.

Дефекты отливки разделяют на дефекты поверхности и несплошности в теле отливки.

Спай — углубление с закругленными краями на поверхности отливки, образованное не полностью слившимися потоками металла с недостаточной температурой или прерванного при заливке.

Плена — самостоятельный металлический или оксидный слой на поверхности отливки, образовавшийся при недостаточно спокойной заливке.

Газовая шероховатость — сферообразные углубления на поверхности отливки, возникающие вследствие роста газовых раковин на поверхности раздела металл — форма.

Горячая трещина — разрыв или надрыв тела отливки усадочного происхождения, возникающий в интервале температур затвердения металла. Такие трещины располагаются по границам кристаллов, имеют неровную окисленную поверхность.

Холодная трещина — разрыв тела затвердевшей отливки вследствие внутренних напряжений или механического воздействия. Холодные трещины имеют обычно чистую светлую или с цветами побежалости зернистую поверхность.

Межкристаллическая трещина — разрыв тела отливки на границах первичных зерен аустенита, возникающий при охлаждении металла в форме в температурном интервале распада. Образуется под воздействием водорода, растворенного в стали.

Газовая раковина — полость, образованная выделившимися из металла или внедрившимися в него газами.

Ситовидная раковина — удлиненные тонкие раковины, ориентированные нормально к поверхности отливки, вызванные повышенным содержанием водорода в кристаллизующемся слое.

Песочная, шлаковая раковина — полость, полностью или частично заполненная соответственно формовочным материалом или шлаком.

Усадочная раковина — открытая или закрытая полость с грубой шероховатой поверхностью, образовавшаяся вследствие усадки при затвердении металла.

Рыхлота — скопления мелких усадочных раковин.

Усадочная пористость — мелкие поры, образовавшиеся вследствие усадки металла во время его затвердевания при недостаточном питании отливки.

Газовая пористость — мелкие поры, образовавшиеся в отливке в результате выделения газов из металла при его затвердевании.

Неметаллическое включение — неметаллическая частица, попавшая в металл механическим путем или образовавшаяся вследствие химического взаимодействия компонентов при расплавлении и заливке металла.

Флокен — разрыв тела отливки под действием растворенного в стали водорода и внутренних напряжений, проходящий полностью или частично через объемы первичных зерен аустенита. Флокен в изломе термически обработанной отливки имеет вид сглаженных поверхностей без металлического блеска (матового цвета) на общем сером фоне волокнистой составляющей.

Дефекты обработки давлением разделяют на поверхностные и внутренние.

Риска, царапина, отпечатки (углубления или выступы) на поверхности могут являться концентраторами напряжений.

Корочка (раскатанная, раскованная) — частичное отслоение металла, образовавшееся в результате раскатки или расковки завернувшихся корочек в виде скоплений неметаллических включений, дефектов, имевшихся на поверхности слитка или литой заготовки.

Чешуйчатость — отслоения и разрывы в виде сетки, образовавшиеся при прокатке вследствие перегрева или пониженной пластичности металла периферийной зоны.

Плена — отслоение металла языкообразной формы, соединенное с

основным металлом одной стороной, образовавшееся вследствие раскати или расковки рванин или следов глубокой зачистки дефектов поверхности; нижняя поверхность отслоения и металл под ним покрыты окалиной.

Рванина — раскрытый разрыв, расположенный поперек или под углом к направлению максимальной вытяжки металла при прокатке или ковке, образовавшийся вследствие пониженной пластичности металла.

Подрез — продольное углубление, располагающееся по всей длине или на отдельных участках поверхности и образовавшееся вследствие неправильной настройки оборудования.

Закат — прикатанный выступ металла, образовавшийся в результате вдавливания подреза, следов зачистки и грубых рисок.

Заков — придавленный выступ, образовавшийся при ковке в результате неравномерного обжатия.

Волосовина — нитевидная несплошность в металле, образующаяся при деформации имеющихся в нем неметаллических включений.

Трещина напряжения — разрыв металла, идущий обычно вглубь под прямым углом к поверхности, образовавшийся вследствие напряжений, вызванных структурными превращениями.

Трещина раскатанная (раскованная) — разрыв (иногда разветвленный) металла, образовавшийся при прокатке или расковке продольных или поперечных трещин слитка или литой заготовки и заполненный окалиной.

Расслоение — трещины на кромках и торцах поверхности листа, образующиеся из-за несвариваемости металла при наличии в нем незакристаллизовавшихся участков, рыхлоты, шлаковых включений, внутренних разрывов и пережога. Расслоение иногда сопровождается вздутием поверхности.

Флокены обнаруживают чаще всего в центральной зоне кованных или прокатанных заготовок крупных сечений.

Дефекты сварки плавлением разделяют на дефекты подготовки и сборки элементов под сварку и сварочные дефекты. Первые часто и приводят к появлению сварочных дефектов.

Наиболее характерные дефекты подготовки и сборки: неправильный угол скоса или неправильное притупление стыкуемых кромок элементов, непостоянство зазора между кромками; несовпадение стыкуемых плоскостей кромок; расслоение и загрязнения на кромках и т. п. Причинами указанных дефектов могут быть неправильно изготовленные приспособления для сборки, плохое качество исходных материалов, низкая квалификация работников и пр.

Сварочные дефекты бывают наружными, внутренними и сквозными в зависимости от их расположения в сварном шве; по форме — непротяженными или протяженными, которые в свою очередь могут быть плоскими или объемными; по массовости — единичными (одиночными), групповыми (цепочки, скопления) и распространенными по всему металлу шва.

К наружным дефектам относятся нарушения формы, размеров (дефекты геометрии шва) и сплошности швов (поверхностные дефекты); неравномерность ширины и выпуклости шва по его длине, неравномер-

ность катетов угловых швов, извилистость шва; подрезы, выходящие на поверхность трещины, наплывы, незаваренные кратеры, смещение сваренных кромок, свищи, усадочные раковины.

Форма и размеры швов обычно определяются толщиной свариваемого металла (их задают ТУ и указывают на чертежах). При сварке плавлением, как правило, регламентируют ширину, выпуклость шва и глубину проплавления; для угловых, тавровых и соединений внахлестку — катет шва и высоту расчетного (рабочего) сечения.

Дефекты геометрии швов при ручной сварке получаются чаще всего из-за неправильной разделки кромок и низкой квалификации сварщика, а при автоматической — из-за неправильной настройки и работы механизмов и сварочной аппаратуры. Дефекты геометрии швов, в частности, чрезмерная выпуклость, резкие переходы от шва к основному металлу, бугристость могут существенно снижать работоспособность соединений, особенно при динамических или вибрационных нагрузках, а также в хрупких материалах.

Подрез — углубление по линии сплавления сварного шва с основным металлом. Подрезы уменьшают рабочее сечение, вызывают концентрацию напряжений и могут стать причиной разрушения швов из-за появления и развития трещин у края подреза.

Трещина, выходящая на поверхность сварного шва, — наиболее влияющий на работоспособность соединения, дефект. Из-за малого раскрытия такие трещины в основном не обнаруживаются визуально.

Наплыв — натекаание металла шва на поверхность основного металла или ранее выполненного валика усиления без сплавления с ним.

Кратер — углубление в шве, образуется в сварной ванне под действием давления дуги. Он уменьшает рабочее сечение шва, снижает его прочность и коррозионную стойкость.

Смещение сваренных кромок — неправильное положение сваренных кромок друг относительно друга.

Усадочная раковина — впадина, образовавшаяся при усадке металла шва в условиях отсутствия питания жидким металлом.

Значительное число поверхностных дефектов — косвенный признак наличия и внутренних дефектов.

К внутренним дефектам относятся поры, включения, непровары и трещины.

Пора — полость округлой формы, заполненная газом. Образуется при перенасыщении сварочной ванны газами вследствие загрязненности кромок изделия, влажности обмазки электродов и флюсов; размеры пор колеблются от микроскопических до 2—3 мм в диаметре. Они снижают прочность и плотность швов, но при малых размерах и числе могут и не влиять на работоспособность изделия. Они бывают одиночными, иногда составляют цепочку (группу пор, расположенных в линию) или скопления.

Шлаковое включение — вкрапление шлака в сварном шве. Появляется чаще всего в результате плохой зачистки шлака на поверхности швов между слоями при многослойной сварке. Размеры шлаковых включений могут достигать нескольких миллиметров по протяженности. Форма их самая разнообразная, поэтому они более опасные дефекты, чем округлые

поры. Значительные по величине и острые включения могут вызвать местную концентрацию напряжений, а также снизить прочность соединения.

Непровар — несплавление в сварном соединении вследствие неполного расплавления кромок или поверхностей ранее выполненных валиков сварного шва. Непровары встречаются по кромкам стыкуемых элементов, по сечению и в корне (части наиболее удаленной от лицевой поверхности) шва. Непровар по кромке основного металла представляет собой несплошность, как правило, малого раскрытия, отчего очень опасен и достаточно труден для выявления. Непровары образуются по разным причинам: при загрязнении кромок, неправильной подготовке их, неправильном или неустойчивом режиме сварки и т. п. Они могут снизить работоспособность соединения, уменьшив рабочее сечение шва, и, кроме того, острые непровары создают значительную концентрацию напряжений в шве.

Трещина сварного соединения — разрыв в сварном шве и (или) прилегающих к нему зонах — наиболее опасный дефект сварки. Образованию трещин способствуют различные факторы, например, использование при сварке повышенной плотности тока, выполнение сварочных работ при низкой температуре и др.

Трещины бывают микро- и макроскопическими, а в зависимости от происхождения — горячие и холодные.

Трещины горячие образуются в процессе кристаллизации металла вследствие одновременного резкого снижения пластических свойств его в температурном интервале хрупкости и действия растягивающих напряжений. Вероятность образования горячих трещин зависит от химического состава металла шва, скорости нарастания и величины растягивающих напряжений, формы сварочной ванны и шва, размера первичных зерен аустенита и увеличивается с повышением в металле шва углерода, кремния, никеля, вредных примесей (серы и фосфора). Для горячих трещин характерен межкристаллитный вид разрушения.

Трещины холодные образуются в результате протекания фазовых превращений, приводящих к снижению прочностных свойств металла, и воздействия сварочных напряжений. Холодные трещины образуются как на этапе завершения охлаждения (при низких температурах), так и во время вылеживания сварных конструкций в течение некоторого времени после сварки при комнатной температуре. Иногда трещины развиваются в процессе эксплуатации из-за раскрытия сварочных микротрещин, а также надразов, вызванных непроваром, шлаковыми включениями и прочими дефектами.

Трещины могут быть продольными (ориентированными вдоль оси шва), поперечными (ориентированными поперек оси шва), разветвленными и располагаться в металле шва и (или) прилегающих к нему зонах (особенно в зонах термического влияния).

К сквозным дефектам относится прожог — сквозное отверстие в сварном шве, образовавшееся в результате вытекания части металла из сварочной ванны.

Дефекты термообработки. Приведем наиболее опасные.

Трещины термические возникают при нарушениях технологии термо-

обработки деталей, в основном при резком нагреве или охлаждении в результате действия термических напряжений и напряжений, вызванных структурными превращениями. Встречаются трещины различной величины и ориентации как на поверхности, так и внутри детали.

Перегрев, пережог возникает обычно из-за превышения заданной температуры нагрева и выдержки при нагреве детали. Перегрев характеризуется образованием крупнозернистой структуры, оксидных и сульфидных включений по границам зерен (в стали); при пережоге, кроме того, оплавляются границы зерен, что в дальнейшем способствует разрушению металла.

Из дефектов механической обработки наиболее существенные — отделочные и шлифовочные трещины, прижоги.

Трещины отделочные появляются в поверхностном слое металла, наклепанного при отделочных операциях. Они развиваются при работе деталей под нагрузкой (особенно при повышенной температуре).

Трещины шлифовочные — сетка паутинообразных или отдельных произвольно направленных поверхностных разрывов, образовавшихся при шлифовании металла, обладающего высокой твердостью, хрупкостью и малой теплопроводностью.

Прижоги — закаленные участки небольшой площади, возникают при резком нагреве поверхностного слоя стальных деталей при шлифовке.

Усталостные дефекты возникают в условиях эксплуатации вследствие физического износа, а также неправильного технического обслуживания оборудования. Эти дефекты сильно влияют на техническое состояние деталей и узлов оборудования.

Усталость металла — один из видов физического износа. Это процесс постепенного изменения работоспособности деталей под воздействием переменных по величине и направлению нагрузок. Усталость проявляется в виде трещин, называемых усталостными, которые возникают преимущественно в деталях, испытывающих при работе многократные знакопеременные циклические нагрузки. Чаще всего они возникают в местах концентрации напряжений — расположения технологических дефектов типа несплошностей, галтелей, у отверстий, в местах резкого перехода, глубоких рисок и т. д. Возникновению усталостных трещин способствуют также структурная неоднородность металла и местные повреждения в виде забоин, рисок, вмятин, царапин, появляющихся при неправильном техническом обслуживании оборудования.

К физическому износу относится механический и коррозионный износ, также представляющий опасность, так как при этом уменьшается сечение металла, рассчитанное на определенную нагрузку. Особенно вредно влияние коррозии при одновременном воздействии на деталь переменных нагрузок.

Наличие тех или иных дефектов само по себе еще не определяет потерю работоспособности деталей. Их опасность наряду с влиянием собственных характеристик (вид, форма, размеры и т. д.) зависит от большого числа конструктивных и эксплуатационных факторов.

Возможные конкретные дефекты в зависимости от их влияния на эксплуатационные свойства продукции относятся к критическим, значительным или малозначительным.

Критический — дефект, при котором использование продукции по назначению практически невозможно или исключается в соответствии с требованиями безопасности. Значительный — дефект, который существенно влияет на использование продукции по назначению и (или) на ее долговечность, но не является критическим. Малозначительный — дефект, который не оказывает существенного влияния на использование продукции по назначению, на ее долговечность.

Установлено, что наиболее опасны трещиноподобные дефекты (особенно трещины), так как служат сильными концентраторами напряжений и развиваются в процессе эксплуатации оборудования; наименее опасны — объемные дефекты (например, поры). Поэтому к критическому дефекту чаще всего относят трещины, а к малозначительному — поры. Влияние величины непровара на потерю прочности принято считать пропорциональным относительной его величине при статической нагрузке и пластичном материале; влияние непровара также определяется разностью в прочности металла шва и основного металла. При малопластичном материале, а также при динамической или вибрационной нагрузках сравнительно небольшие дефекты могут существенно влиять на усталостную прочность.

Обнаруженные при контроле недопустимые согласно ТУ дефекты могут быть устранимыми или неустраняемыми. Устранимый — дефект, устранение которого технически возможно и экономически целесообразно; неустраняемый — дефект, устранение которого технически невозможно или экономически нецелесообразно.

Из вышеописанного очевидно, что без широкого применения в первую очередь апробированных и эффективных методов и средств дефектоскопии в условиях производства, ремонта и эксплуатации невозможно гарантировать надежную, долговечную, производительную и безопасную работу оборудования.

1.2. ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ДЕФЕКТΟΣКОПИИ И ТОЛЩИНОМЕТРИИ

Визуальный и визуально-оптический методы контроля

Визуальный и визуально-оптический методы контроля — осмотр деталей и узлов, как демонтированных, так и непосредственно на конструкциях и машинах, — наиболее доступны и просты для обнаружения поверхностных дефектов. Физическая основа метода — это взаимодействие света с веществом, связанное с отражением, поглощением и другими оптическими эффектами [10].

Визуальный контроль — органолептический контроль, при котором первичную информацию воспринимают органы зрения. Зрение — сложный динамический процесс, включающий сканирующие, фокусирующие и адаптационные движения глаз и обработку зрительной информации в центральной нервной системе человека. Основные характеристики: разрешающая способность (способность различать мелкие детали изображения, зависящая от яркости, контрастности, цвета и времени наблюдения объекта контроля); контрастная чувствительность (мини-

мальная обнаруживаемая разность яркостей объекта и фона); угловая разрешающая способность глаза (минимальный угол между деталями изображения, которые он различает); стереоскопическое разрешение глаза (способность раздельно различать по глубине детали объекта); поле зрения глаза; время инерции зрения. На оптимальном для глаз расстоянии — 250 мм различают детали размером 0,15 мм. Однако возможности глаза ограничены при осмотре удаленных, движущихся, недостаточно освещенных объектов.

Осмотр с применением оптических средств называют визуально-оптическим контролем. Оптические приборы позволяют значительно расширить пределы естественных возможностей глаза. Острота зрения и разрешающая способность увеличиваются с возрастанием кратности увеличения оптического прибора.

К визуально-оптическим приборам относятся проекторы различного типа, которые по назначению разделяются на три группы: для контроля мелких близко расположенных объектов (лупы, микроскопы), удаленных объектов (телескопические лупы, зрительные лупы, бинокли), скрытых объектов (эндоскопы, перископические дефектоскопы и др.). При работе с приборами визуально-оптического контроля важно правильно использовать свойства зрения дефектоскописта.

При контроле деталей оборудования применяют лупы: для общего осмотра поверхности — обзорные, а осмотра малых зон деталей и анализа характера обнаруженных дефектов — складные или телескопические. В качестве обзорных удобно применять бинокулярные налобные лупы типа БЛ с увеличением до 2. С возрастанием увеличения оптических приборов резко сокращаются поле зрения и глубина резкости, падают производительность и достоверность контроля, поэтому для осмотра малых зон применяют складные лупы типа ЛП, ЛА с увеличением не более 16 и телескопические типа ЛПШ, ТЛА с увеличением до 30—40.

Для контроля внутренних поверхностей и обнаружения дефектов в труднодоступных местах используют эндоскопы, которые разделяют на линзовые (типа РВП), волоконно-оптические (например, ОД207) и комбинированные (типа ТС). Они позволяют передавать изображение на расстояния до нескольких метров.

К недостаткам методов можно отнести слабую вероятность обнаружения мелких поверхностных дефектов, а также зависимость выявления от субъективных факторов (острота зрения, усталость, опыт работы дефектоскописта) и условий контроля (освещенность, оптический контраст и др.). Тем не менее простота контроля, малая трудоемкость и определенная информативность методов делают их необходимыми и предшествующими проведению дефектоскопии другими физическими неразрушающими методами.

Радиационные методы контроля

Физические основы методов. При прохождении через изделие ионизирующего излучения (ИИ) происходит его ослабление, зависящее от толщины и плотности вещества, а также интенсивности и энергии излу-

чения. При этом наличие в изделии внутренних дефектов изменяет параметры выходного пучка излучения (интенсивности, энергии), исследование которых дает информацию о внутреннем состоянии контролируемого объекта.

В радиационной дефектоскопии деталей ГШО используют рентгено- и гамма-излучения, представляющие собой разновидность электромагнитных колебаний с длиной волны соответственно от $6 \cdot 10^{-13}$ до 10^{-9} м и от 10^{-13} до $4 \cdot 10^{-12}$ м. Особые свойства этих излучений связаны с тем, что они обладают гораздо большей энергией, чем, например, видимый свет, не подвергаются воздействию магнитных и электрических полей, засвечивают фотоматериалы, вызывают люминесценцию некоторых химических соединений, ионизируют газы, нагревают облучаемое вещество, воздействуют на живые организмы.

Рентгеновское излучение — фотонное ИИ, представляющее совокупность тормозного и характеристического излучений — образуется в результате взаимодействия электронов, обладающих большой скоростью, с веществом анода рентгеновской трубки. Рентгеновская трубка представляет собой стеклянный вакуумный баллон, в который впаиваются два электрода: катод — вольфрамовая нить накала и анод — пластина из тугоплавкого материала, например вольфрама, молибдена. Катод, нагреваемый от источника тока до высокой температуры, испускает электроны, которые притягиваются находящимся под высоким напряжением анодом. Кинетическая энергия электрона зависит от анодного напряжения на трубке.

Тормозное излучение с непрерывным спектром возникает в результате постепенного торможения по толщине материала анода электронов разных энергий, излучаемых катодом. С увеличением анодного напряжения длина волны уменьшается, что приводит к повышению максимальной энергии непрерывного спектра и изменению спектрального состава. При изменении тока катода трубки состав спектра не меняется, а меняется интенсивность излучения, которая пропорциональна изменению тока.

Характеристическое излучение с линейчатым спектром возникает в том случае, если электроны обладают достаточной энергией для обеспечения перехода электронов внутренних оболочек атомов анода на более высокий уровень. Тогда, при мгновенном обратном переходе электрона, возникает характеристическое излучение с частотой, соответствующей разности энергий между уровнями.

Гамма-излучение — фотонное (электромагнитное) ИИ, возникающее при самопроизвольном распаде ядер радиоактивных элементов и аннигиляции частиц. Атомы, которые имеют одинаковые заряды ядер, но различаются массовыми числами, — изотопы одного и того же элемента. Изотопы принято обозначать символами соответствующих элементов с индексами внизу и вверху. Нижний индекс обозначает порядковый номер Z в таблице Менделеева (заряд-число протонов в ядре), соответствующий данному элементу, а верхний — массовое число A (число протонов и нейтронов) данного изотопа (например, $^{60}_{27}\text{Co}$). Иногда изотоп обозначают только с верхним индексом.

Радиоактивные изотопы (радионуклиды) испускают при распаде

альфа (ядра гелия)-, бета (электроны)- и гамма-лучи. Процесс распада объясняется следующим образом. Внутряядерные силы притяжения между протонами и нейтронами, входящими в состав ядра радиоактивных элементов, не обеспечивают достаточной устойчивости ядра. В результате наблюдается самопроизвольная перестройка менее устойчивых ядер в более устойчивые. Этот процесс, называемый естественным радиоактивным распадом, сопровождается испусканием альфа-бета-частиц и гамма-излучения, в результате чего образуется новое ядро, которое может оказаться в возбужденном состоянии. В свою очередь возбужденное ядро, переходя в нормальное, невозбужденное состояние, испускает избыток энергии в виде гамма-излучения. Спектр гамма-излучения не является сплошным, а включает излучение одной или нескольких дискретных энергий. Пробег альфа и бета-частиц в веществе очень мал, а гамма-кванты обладают существенно большей проникающей способностью. Из большого числа радиоактивных изотопов в радиационной дефектоскопии применяются лишь те, характеристики которых удовлетворяют трем основным требованиям дефектоскопии: они должны иметь высокую проникающую способность и интенсивность излучения и достаточно продолжительный период полураспада. Радиоактивный изотоп характеризуется периодом полураспада, энергией и спектром излучения, удельной активностью и гамма-постоянной.

В работе с изотопами необходимо учитывать закон радиоактивного распада, представляющий вид экспоненциальной зависимости изменения активности изотопа во времени: $N_t = N_0 e^{-\omega t}$, где N_t — число радиоактивных ядер в момент времени t ; N_0 — число ядер в начальный момент времени $t=0$; ω — постоянная распада; e — основание натурального логарифма, равное 2,718.

Время, в течение которого распадается половина атомов изотопа, называется периодом полураспада: $T_{1/2} = 0,693/\omega$. Период полураспада не зависит от количества, формы и геометрических размеров источника радиоактивного излучения и различных радиоактивных элементов применяемых в дефектоскопии, колеблется от нескольких дней до десятков лет.

Энергия и спектр излучения определяются схемой распада, а удельная активность зависит от химического состава вещества, в которое входит радиоактивный изотоп, и от его процентного содержания в этом веществе.

Активность радионуклида — мера радиоактивности, определяется числом радиоактивных ядер, распавшихся в единицу времени.

Приведем некоторые характеристики радиоактивных изотопов, удовлетворяющие требованиям дефектоскопии оборудования в угольной промышленности (табл. 1.1).

Рентгено- и гамма-излучения при прохождении через вещество ослабляются (теряют свою энергию). Закон ослабления (для узкого пучка) интенсивности излучения: $I_d = I_0 e^{-\mu d}$, где I_d и I_0 — интенсивности соответственно перед просвечиваемым материалом толщиной d и за ним; μ — линейный коэффициент ослабления, зависящий от энергии излучения и толщины изделия.

В применяемом при радиографии диапазоне энергий излучения ослабление происходит под действием трех основных факторов: фото-

Таблица 1.1

Изотоп	Энергия квантов, МэВ	Период полураспада $T_{1/2}$	Просвечиваемые толщины (по стали), мм
Цезий-137	~0,66	30 лет	10—120
Тулий-170	~0,084	129 сут	1—20
Иридий-192	~0,36	74 сут	5—100
Селен-75	~0,27	120 сут	5—30

эффекта, комптоновского рассеяния и образования пар электрон—позитрон. В зависимости от энергии падающего кванта и плотности просвечиваемого материала преобладает один из этих процессов.

Методы просвечивания основаны на законе ослабления проходящего через контролируемый объект излучения, которое меняется в зависимости от плотности материала и толщины (рис. 1.1). Излучение от источника 1, пройдя через контролируемый объект 2, имеющий различную толщину и дефекты 3, 4, будет поглощаться по-разному в различных участках. Изменение интенсивности регистрирует детектор 5. Методы радиационной дефектоскопии различают по способу регистрации (детектирования) дефектоскопической информации.

Наиболее простые и распространенные детекторы скрытого изображения — радиографическая пленка и полупроводниковые (ксерографические) пластины. Методы получения на них статического видимого изображения внутреннего состояния изделия при просвечивании ионизирующим излучением называют соответственно радиографией и ксеро-радиографией.

При радиоскопии детекторами излучения служат флюоресцирующие экраны, сцинтиляционные кристаллы, рентгеноэлектронно-оптические преобразователи, рентгеновидиконы, позволяющие получить видимое динамическое изображение внутреннего состояния просвечиваемого объекта.

При радиометрическом методе в качестве детекторов используют в

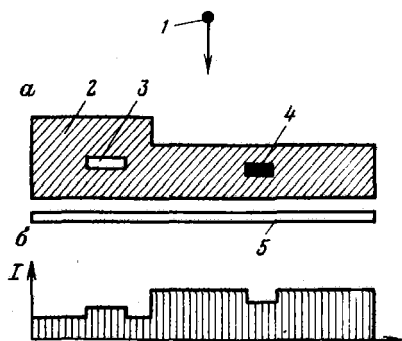


Рис. 1.1. Радиационный контроль:

а — схема; б — эпюра интенсивности (I) излучения за объектом

основном сцинтилляционные кристаллы с фотоумножителями, ионизационные камеры и газоразрядные счетчики, позволяющие получать информацию о внутреннем состоянии объекта в виде электрических сигналов (импульсов).

Для радиографии деталей оборудования в угольной промышленности практическое применение получили рентгеновские аппараты и гамма-дефектоскопы. Рентгеновские аппараты кабельного типа состоят из рентгеновской трубки, помещенной в защитный кожух, залитый маслом, высоковольтного генераторного устройства и пульта управления. У некоторых аппаратов-моноблоков рентгеновские трубки и высоковольтный генератор (трансформатор) объединены в одном блоке-трансформаторе, залитом маслом или заполненном газом. Масло, прокачиваемое через защитный кожух (или вода, прокачиваемая через змеевик, расположенный в масле), охлаждает анод трубки.

В пульт управления обычно входят устройства регулировки тока накала трубки и высокого напряжения, а также измерительные приборы, реле времени, низковольтные элементы аппарата. Пульт с помощью кабеля соединяют с генераторным устройством. Аппараты кабельного типа передвижные, предназначены для работы в стационарных условиях, имеют значительные габариты и массу.

Аппараты-моноблоки, как правило, небольшие по размерам и массе, применяют в цеховых и полевых условиях. Их недостатки — невысокое качество излучения и сравнительно небольшая длительность работы трубки.

В настоящее время широко распространены при работе в монтажных и выездных условиях, благодаря небольшим размерам и массе, импульсные рентгеновские аппараты, состоящие из двух блоков: рентгеновского и управления. Принцип действия этих аппаратов основан на явлении возникновения вспышки рентгеновского излучения при вакуумном пробое рентгеновской трубки с холодным катодом под действием импульса высокого напряжения. К их недостаткам относятся: невысокая мощность дозы, нестабильность интенсивности и спектрального состава излучения, малый ресурс работы импульсной рентгеновской трубки и невозможность длительной непрерывной работы.

Основные технические характеристики рентгеновских аппаратов, применяемых для дефектоскопии оборудования в угольной промышленности, приведены в табл. 1.2.

Гамма-дефектоскопы состоят из следующих основных блоков: радиационной головки с источником излучения, коллиматоров, пульта управления выпуском и перекрытием пучка излучения, а также вспомогательных устройств (штатива для крепления головки или ампулопровода, транспортно-перезарядного контейнера и тележки).

Гамма-дефектоскопы для фронтального направленного просвечивания применяют в основном для контроля сварных соединений, а для панорамного — при контроле полых изделий. В универсальных шланговых дефектоскопах ИИ может подаваться в зону контроля по ампулопроводу, формируя с помощью специальных головок направленный или панорамный пучок излучения (рис. 1.2).

Основные характеристики гамма-дефектоскопов, источников излу-

Таблица 1.2

Аппарат	Напряже- ние на трубке, кВ	Макси- мальный ток трубки, мА	Размер фокусного пятна, мм	Масса аппарата, кг	Толщина просвечи- ваемой стали, мм
Переносные					
МИРА-2Д	200	15*	3	15	20
МИРА-3Д	300	20*	4	25	40
Моноблок РУП-120-5-1	50—120	5	2×2	75	25
Кабельный РАП-150-3ДФ	0—150	3	—	20	50
Передвижные					
Кабельный РУП-150/300-10 (три трубки)	35—300	10	4×4	875	70
		10	5		
		2	0,3		
Кабельный РУП-100-10	10—100	10	1×1	200	30
Стационарные					
Кабельный РАП-150/300-01	35—300	2	0,3	800	70
		10	4×4		

* Длительность импульса излучения 10^{-9} с.

чения, применяемых для дефектоскопии деталей оборудования в угольной промышленности, приведены в табл. 1.3.

Радиографическая пленка — наиболее широко применяемое средство регистрации прошедшего ионизирующего излучения при радиографии. Фотографическая эмульсия содержит в качестве чувствительного к излучению вещества бромистое серебро с небольшой примесью йодистого, равномерно распределенного в виде зерен в тонком слое желатина. Эмульсию наносят с обеих сторон основы пленки и сверху покрывают тонким защитным слоем. При облучении пленки ионизирующим излучением в кристаллах бромистого серебра в местах центров чувствительности образуются центры скрытого изображения. При фотообработке пленки в центрах скрытого изображения интенсивно восстанавливается металлическое серебро и изображение становится видимым.

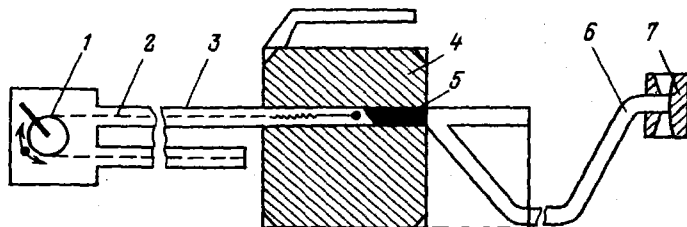


Рис. 1.2. Кинематическая схема дефектоскопов типа «Гаммарид»:

1 — приводное колесо; 2 — подающий трос; 3 — соединительный шланг; 4 — радиационная головка; 5 — держатель источника излучения; 6 — ампулопровод; 7 — коллимирующая головка

Таблица 1.3

Аппарат	Толщина просвечивания стали, мм	Масса ради- ационной головки, кг	Привод и максимальное удаление источника от головки, м	Источник излучения		
				Радионуклид	Тип	МЭД на расстоянии 1 м, Кд/(кг·с)
Гаммарид-192/120 переносной шланговый	5—80	16	Ручной, электромехани- ческий, до 12	Иридий-192 Цезий-137	ГИИД-6 ГИД-Ц-2	$3,87 \cdot 10^{-6}$ $1,61 \cdot 10^{-7}$
Гаммарид-192/120М пере- носной	5—80	17	Ручной, до 0,25	То же	То же	То же
Гаммарид-170/400 пере- носной	1—40	8	Ручной, до 0,08	Иридий-192 Селен-75 Тулий-170	ГИИД-1 ИГИ-Се-5 ИГИ-Ту-3	$3,87 \cdot 10^{-8}$ $1,2 \cdot 10^{-7}$ $3,1 \cdot 10^{-8}$
Гаммарид-192/40 переносной	5—40	6	Ручной, до 5	Иридий-192 Цезий-137	ГИД-1 ГИД-Ц-1	$3,07 \cdot 10^{-8}$ $3,87 \cdot 10^{-8}$
Гаммарид-192/40Т пере- носной	5—60	13	Ручной, до 8	Иридий-192 Цезий-137	ГИИД-5 ГИД-Ц-1	$1,29 \cdot 10^{-6}$ $3,87 \cdot 10^{-8}$

Примечания. 1. Первое число в названии типа аппарата обозначает атомный номер радионуклида, второе — активность, кюри.

2. При применении гамма-аппаратов с несколькими источниками излучения необходимо использовать транспортный упаковочный комплект УКТ-Д11.

518124 17

Радиографические пленки разделяют на две группы — безэкранные, предназначенные для использования без флюоресцирующих экранов или с металлическими экранами, и экранные, используемые с усиливающими флюоресцирующими экранами. Основные характеристики радиографических пленок: спектральная чувствительность, контрастность, разрешающая способность [10]. Наибольшую спектральную чувствительность имеет рентгеновская пленка РМ-2, контрастность — РТ-3, разрешающую способность — РТ-5.

Для сокращения времени просвечивания предназначены металлические и флюоресцирующие экраны, усиливающее действие которых характеризуется коэффициентом усиления — отношением времени просвечивания без экрана к времени просвечивания с экраном; у металлических экранов оно обусловлено фотоэлектронами и электронами отдачи, возникающими под действием фотонного облучения и вызывающими в эмульсии пленки дополнительную фотохимическую реакцию. Металлические экраны, выполненные из свинцовой фольги (толщиной 0,05—0,5 мм) или других металлов (олова, меди, титана и пр.), применяют с безэкранными пленками.

Усиливающее действие флюоресцирующих экранов обусловлено добавочным воздействием на эмульсию пленки свечения флюоресцирующего вещества, возбуждаемого излучением. В качестве люминофоров используют сернистый цинк, сернистый кадмий, вольфрамово-кислый кальций и другие, которые наносятся на пластмассовую или картонную подложку.

В последнее время применяют флюорометаллические усиливающие экраны, выполненные в виде свинцовой подложки с нанесенным на нее слоем люминофора. Эти экраны имеют больший коэффициент усиления, чем металлические, и обеспечивают лучшую чувствительность контроля, чем флюоресцирующие экраны.

В качестве вспомогательных приспособлений и принадлежностей при радиографии применяют: гибкие кассеты, магнитные держатели, маркировочные знаки, эталоны чувствительности и др.

Результаты контроля качества просвечиваемых изделий определяются взаимодействием ряда параметров, зависящих от вида источника излучения, свойств изделия и детектора излучения. Основные параметры: источников излучения — энергия, спектр ее распределения, мощность экспозиционной дозы (МЭД); изделия и дефектов — атомный номер, плотность, линейный коэффициент ослабления, дозовый фактор накопления; детектора — спектральная чувствительность, контрастность и разрешающая способность; процесса контроля — абсолютная и относительная чувствительность, производительность контроля.

Мощность экспозиционной дозы влияет на производительность контроля, а также определяет требования к технике безопасности и конструкции защитных устройств; энергия определяет проникающую способность излучения и выявляемость дефектов. Плотность и атомный номер вещества влияют на выбор необходимых МЭД и энергии излучения, обеспечивающих получение требуемой производительности и выявляемости (чувствительности).

Линейный коэффициент ослабления обратно пропорционален про-

никающим свойствам излучения и прямо пропорционален выявляемости дефектов. Поэтому для выявления дефектов минимальных размеров следует использовать низкоэнергетические источники излучения; для обеспечения высокой производительности контроля — высокоэнергетические.

Чувствительность контроля определяется контрастностью и четкостью изображения на снимке. Контрастность снимка — материалом объекта, его толщиной, используемой энергией излучения, временем экспозиции, а также влиянием рассеянного излучения, типом и качеством пленки, плотностью почернения, схемой зарядки кассет, фотообработкой.

Четкость снимка — нерезкость изображения определяется воздействием геометрической нерезкости, возникающей из-за неточности источников излучения, фокусного расстояния (расстояния от источника излучения до изделия), расстояния пленки от изделия, расположения дефекта в изделии, внутренней нерезкости детекторов (пленок, экранов), зернистости изображения, зависящих от свойств детекторов и фотообработки.

Сложность процессов ослабления излучения при прохождении его через вещество и многообразие факторов, от которых зависит качество снимка, затрудняют теоретическое определение чувствительности радиографического контроля в производственных условиях, поэтому в каждом конкретном случае она определяется экспериментально с помощью стандартных эталонов чувствительности с искусственными дефектами, имитирующими в какой-то мере реальные.

Абсолютную чувствительность определяют размером минимального выявляемого дефекта или элемента эталона чувствительности по ГОСТ 7512—82. Применяют проволоочные, канавочные и пластинчатые эталоны, чувствительность по которым определяют как размер минимальной выявляемой на снимке проволоки, канавки, толщины пластинчатого эталона, при которой выявляется отверстие с диаметром, равным удвоенной толщине эталона. Относительная чувствительность — отношение размера минимального выявляемого дефекта или элемента эталона чувствительности к толщине изделия и выражается в процентах.

Ультразвуковые методы контроля

Акустические (ультразвуковые) методы контроля основаны на исследовании процесса распространения и взаимодействия (отражения, преломления, поглощения и рассеяния) упругих колебаний в контролируемом изделии.

Колебания и волны в природе весьма разнообразны. Вызванные в среде каким-либо источником, колебания создают волну. Частица сплошной среды (газа, жидкости или твердого тела), будучи выведена из положения равновесия упругими силами, действующими на нее со стороны других частиц, стремится возвратиться в первоначальное положение. Соседние, ближайшие к ней частицы также выведены из равновесия и возбуждают более далекие. Таким образом, колебательное движение возбужденных частиц вызывает процесс распространения

упругой волны, сопровождаемый переносом энергии и не связанный с переносом вещества.

Минимальное расстояние между двумя зонами волны, в которых частицы находятся в одинаковых колебательных состояниях (фазе), называется длиной волны. Длина волны λ связана со скоростью распространения волны, периодом колебаний и частотой

$$\lambda = CT = C/f,$$

где C — скорость распространения волны; T — период колебаний; f — частота колебаний.

Звуковые колебания относятся к разряду упругих механических. Колебания с частотой (в Гц): до 20 — инфразвуковые; от 20 до $2 \cdot 10^4$ — издаваемый звук, воспринимаемый человеческим ухом; от $2 \cdot 10^4$ до 10^8 — ультразвуковые, свыше 10^8 — гиперзвуковые.

В зависимости от направления колебаний частиц по отношению к направлению распространения волны акустические бывают различных типов. В жидкостях и газах возникают только продольные волны (табл. 1.4), в которых направления колебаний частиц и волны совпадают. В твердых телах наряду с продольными возникают поперечные волны, в которых движение частиц перпендикулярно распространению волны. Кроме того, вдоль свободной поверхности твердого тела могут распространяться поверхностные волны (Рэлея), частицы в которых движутся по эллипсу в плоскости, перпендикулярной поверхности. В металле эти волны практически затухают на глубине 1,5 λ . Скорости распространения перечисленных волн, зависящие от свойств среды, связаны между собой соотношениями:

$$C_{\text{попер}} \approx 0,55 C_{\text{прод}}; C_{\text{поверх}} \approx 0,93 C_{\text{попер}}.$$

Таблица 1.4

Среда	Скорость УЗ колебаний, м/с			Длина волны, мм, при частоте 2,5 МГц	
	продольная	поперечная	поверхностная	продольная	поперечная
Воздух	335	—	—	0,13	—
Масло трансформаторное	1470	—	—	0,59	—
Вода	1490	—	—	0,59	—
Стекло органическое	2670	1300	1050	1,07	0,45
Сталь углеродистая	5860	3230	3000	2,34	1,3
Алюминий	6205	3080	2800	2,5	1,23

Среда	Коэффициент затухания, см ⁻¹	Модуль упругости, Па	Плотность, г/см ³
Воздух	1	—	0,0013
Масло трансформаторное	0,001	—	0,92
Вода	0,001	—	1,0
Стекло органическое	0,45	—	1,18
Сталь углеродистая	0,08	20×10^{-1}	7,8
Алюминий	0,05	7×10^{-10}	2,7

Если среда ограничена двумя поверхностями, расстояние между которыми соизмеримо с длиной волны, то в такой среде (тонкой пластине) распространяются нормальные волны (Лэмба). В стержнях могут возникать также изгибные, крутильные и радиальные волны. При дефектоскопии деталей ГШО используют продольные, поперечные и поверхностные волны.

Пространство, в котором распространяются УЗ волны, называют акустическим (ультразвуковым) полем. Распространение волны в нем связано с переносом энергии. Количество энергии, переносимой волной за единицу времени через единицу площади, перпендикулярной к направлению распространения, называют интенсивностью ультразвука, которая в плоской волне пропорциональна квадрату амплитуды звукового давления и обратно пропорциональна акустическому сопротивлению среды:

$$I = P^2 / 2\rho C,$$

где P — амплитуда звукового давления; ρ — плотность среды; C — скорость распространения волны.

Величина ρC — удельное акустическое сопротивление среды, определяющее во многом ее акустические свойства.

По мере распространения ультразвуковой волны в сплошном объеме вещества происходят необратимые потери энергии, интенсивность волны падает. В жидкостях максимальные потери обусловлены внутренним трением (вязкостью), и менее — ее теплопроводностью. В газах влияние вязкости и теплопроводности одинаково. В твердых телах появляются потери энергии на упругий гистерезис и пластическую деформацию, а также рассеяние ее в поликристаллической структуре, зависящее от упругой анизотропии и величины зерна.

Снижение интенсивности ультразвука вследствие его затухания определяется выражением: $I = I_0 e^{-2\delta r}$, где I — интенсивность на расстоянии r от места с интенсивностью, равной I_0 ; δ — коэффициент затухания, см^{-1} .

Величина коэффициента затухания определяет длину пути ультразвука, на котором амплитуда волны затухает в e раз.

Для амплитуды УЗ колебаний $A = A_0 e^{-\delta r}$, где A — амплитуда зондирующего импульса.

На практике интенсивность или амплитуду УЗ колебаний измеряют не в абсолютных значениях, а используют более удобную логарифмическую шкалу относительного измерения величин в децибелах. Число децибел (дБ)

$$N = 10 \lg I / I_0 = 20 \lg A / A_0.$$

При дефектоскопии обычно применяют диапазон УЗ частот 0,5—10 МГц. В этом диапазоне затухание ультразвука невелико и, как правило, не возникают помехи, связанные с приемом сигналов, рассеянных на кристаллах.

При падении УЗ волны на поверхность раздела двух сред часть энергии отражается в первую среду, а остальная проходит во вторую. Соотношение между отраженной и энергией, проходящей во вторую

среду, определяется акустическими сопротивлениями первой $\rho_1 C_1$ и второй $\rho_2 C_2$ сред.

Если ультразвуковая волна падает нормально к границе раздела, то проходящая и отраженная волны будут одного типа.

Коэффициент отражения R определяют из соотношения $R = (\rho_1 C_1 - \rho_2 C_2)^2 / (\rho_1 C_1 + \rho_2 C_2)^2$, а коэффициент прохождения $D = 1 - R$.

При равенстве акустических сопротивлений ультразвуковая волна беспрепятственно проникает во вторую среду, а отраженная отсутствует. Чем больше разность акустических сопротивлений, тем больше интенсивность отраженной волны. Например, при переходе из стали в воздух коэффициент отражения практически равен 1, т. е. ультразвук полностью отражается.

Вопросы, связанные с отражением волны на границе раздела двух сред, имеют существенное значение в УЗ дефектоскопии. Так, для создания надежного акустического контакта между преобразователем и поверхностью контролируемой детали, по которой перемещается преобразователь, нельзя допускать воздушные прослойки, отражающие почти всю УЗ энергию, поэтому целесообразно применять контактные смазки, имеющие с материалом детали близкие значения акустического сопротивления.

При наклонном падении ультразвуковой волны на границу раздела двух твердых сред I и II (рис. 1.3) происходит отражение, преломление и расщепление (трансформация) волны. Так, если в среду II падает из среды I продольная волна C_1 (см. рис. 1.3, а) под углом β то в общем случае возникают еще четыре волны: две отраженные (продольная C_{11} и поперечная C_{11}) и две преломленные (продольная C_{12} и поперечная C_{12}). Углы отражения и преломления связаны с углом падения выражением Снеллиуса:

$$\sin \beta / C_1 = \sin \alpha_{11} / C_{11} = \sin \alpha_{11} / C_{11} = \sin \alpha_{12} / C_{12} = \sin \alpha_{12} / C_{12}.$$

С увеличением угла падения β , величины углов α_{11} и α_{12} преломленных волн будут также увеличиваться. При некотором значении $\beta_{кр1}$, угол преломления (ввода) продольной волны будет равен 90° , после чего во второй среде останется только поперечная волна (см. рис. 1.3, б), т. е. продольная волна не перейдет во вторую среду. Угол $\beta_{кр1}$ — пер-

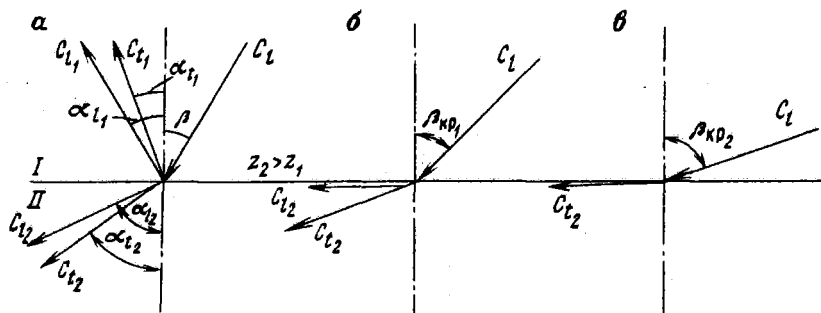


Рис. 1.3. Схемы отражения и преломления продольной волны на границе двух сред

вый критический угол. При дальнейшем увеличении угла падения продольной волны наступит момент, когда поперечная волна начнет скользить по поверхности ($\alpha_{t_2} = 90^\circ$); соответствующий угол $\beta_{кр_2}$ называется вторым критическим углом (см. рис. 1.3, в). Значения критических углов определяют из соотношений

$$\sin \beta_{кр_1} = C_{t_1} / C_{t_2}; \quad \sin \beta_{кр_2} = C_{t_1} / C_{t_2}.$$

При $\beta_{кр_1} < \beta < \beta_{кр_2}$ во второй среде существует только поперечная волна. Для системы оргстекло — сталь эти углы равны соответственно 28° и 58° . Таким образом, если выбрать углы наклона преобразователей в пределах $30—55^\circ$, то в стальном изделии будет распространяться только поперечная волна, что значительно упрощает контроль.

В УЗ дефектоскопии в качестве источников и приемников ультразвука используют материалы, обладающие пьезоэлектрическим эффектом, который заключается в появлении электрического заряда на гранях кристалла материала при приложении механического напряжения (прямой пьезоэффект). При воздействии механических колебаний на пластину из пьезоматериала (пьезопластину) между ее поверхностями возникает переменная электродвижущая сила. Существует и обратный пьезоэффект, заключающийся в деформации (изменении размеров) пластины под действием электрического поля. Характер деформации определяется полярностью приложенного напряжения; если напряжение переменное, то размеры пластины изменяются с частотой приложенного поля. Таким образом, с помощью пьезопластины можно преобразовывать УЗ колебания в электрические и наоборот. Впервые пьезоэлектрические свойства были обнаружены у горного хрусталя — одной из разновидностей кварца.

В последнее время для изготовления пьезопреобразователей широко использовали пьезопластины из титаната бария — материала, получаемого искусственно, его пьезоэффект в 50 раз больше, чем у кварца. К недостаткам титаната бария следует отнести большие механические и диэлектрические потери, что приводит к его перегреву при работе; при температуре 90°C пьезоэлектрические свойства значительно снижаются, а при 120°C (точка Кюри) исчезают. Широко используют и другую керамику — смесь циркония с титанатом свинца (ЦТС), у которой пьезоэффект вдвое выше, чем у титаната бария, и сохраняется до температуры 320°C . Толщину d пьезопластины в УЗ преобразователе для обеспечения резонансного режима и максимальной мощности излучения выбирают такой, чтобы собственная частота f_0 пластины соответствовала частоте УЗ колебаний: $d = \lambda / 2$.

Радиус пьезопластины a выбирают из соотношения: $af = 10—15 \text{ мм} \cdot \text{МГц}$.

В преобразователе пьезопластина излучает продольную волну, а при установке нормального преобразователя на поверхность любой среды в ней также будет распространяться продольная волна. В акустических преобразователях размеры пьезопластины существенно больше длины волны излучаемого ультразвука, поэтому волновое поле в среде имеет вид направленного расходящегося пучка (рис. 1.4).

Волновое поле дискового излучателя разделяют на две части:

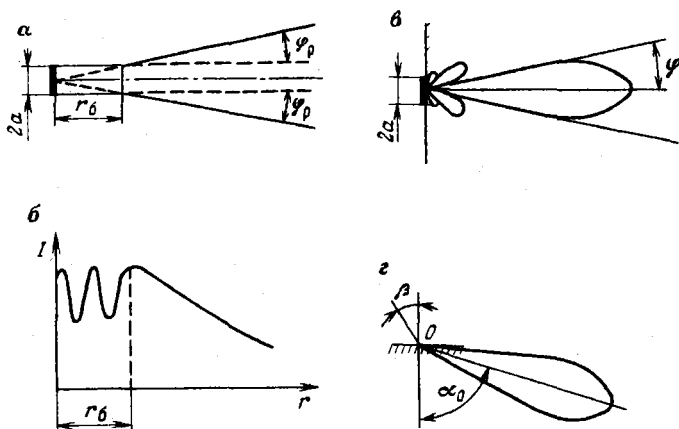


Рис. 1.4. Распространение ультразвука от источника излучения — пьезопластины: а — волновое поле; б — распределение интенсивности вдоль направления поля; в — диаграмма направленности излучения нормального преобразователя; г — диаграмма направленности излучения наклонного преобразователя

ближнюю зону, где поле формируется в результате интерференции колебаний, приходящих от различных точек излучателя, и дальнейю, в которой основную роль играют дифракционные эффекты и пучок имеет вид усеченного конуса, половина угла расхождения которого

$$\varphi_0 = \arcsin 0,61\lambda/2 = \arcsin 0,61C/af.$$

Амплитуда волны в дальней зоне падает обратно пропорционально расстоянию от конкретной точки до источника колебаний.

Протяженность ближней зоны $r_0 = a^2/\lambda = a^2f/C$. Увеличение диаметра пьезопластины, сужая направленность пучка излучения, увеличивает ближнюю зону волнового поля. Направленность поля удобно представить в виде графика в полярных координатах, называемого диаграммой направленности и характеризующего угловую зависимость амплитуды поля в дальней зоне. По мере увеличения отношения a/λ увеличивается направленность поля; при $a/\lambda \geq 0,6$ на диаграмме, кроме основного лепестка, возникают боковые.

Угол α_0 — угол ввода (угол наклона акустической оси) УЗ колебаний, точка О на призме преобразователя — точка выхода ультразвукового луча. Большая часть энергии излучения сосредоточена в основном лепестке (до 80%), поэтому в дефектоскопии обычно ограничиваются рассмотрением только основного лепестка диаграммы.

Угол ввода УЗ луча отличается от расчетного угла наклона акустической оси, и это отличие возрастает с увеличением затухания и глубины прозвучивания. При малом затухании и небольших толщинах исследуемого материала угол ввода принимают равным углу наклона акустической оси.

Ультразвуковая дефектоскопия основана на свойстве УЗ волн направленно распространяться в средах и отражаться от их границ или дефектов, отличающихся акустическим сопротивлением.

Ультразвуковая волна распространяется от излучателя через контактирующую среду в металл и встречает на своем пути дефект и границу (дно) изделия. Так как большинство дефектов заполнено воздухом или шлаком, имеющими небольшие акустические сопротивления, то ультразвуковая волна, падающая на дефект или дно, полностью отражается от них. Регистрация и анализ этих изменений распространения УЗ колебаний в изделии позволяют судить о его качестве (наличии дефекта).

Для анализа процесса распространения УЗ колебаний в контролируемом изделии применяют различные методы, которые отличаются друг от друга признаками обнаружения дефектов: теневой, зеркально-теневой, эхо-импульсный, резонансный и др. Для дефектоскопии ГШО применяют эхо-импульсный и зеркально-теневой методы.

Эхо-импульсный метод основан на прозвучивании металла импульсами УЗ колебаний и регистрации их отражений от дефектов.

При включении преобразователей по раздельной схеме электрический импульс от генератора возбуждает колебания пьезопластины в излучателе, которые через контактную акустическую среду распространяются в контролируемом изделии. Встретив на своем пути дефект, УЗ волна, отражаясь от него, попадает на пьезопластину приемника, преобразуется в электрический сигнал, который усиливается и регистрируется на экране электронно-лучевой трубки (ЭЛТ).

При включении преобразователя по совмещенной схеме УЗ колебания от излучателя распространяются в глубь изделия; отражаясь от дефекта, они возвращаются на тот же преобразователь, служащий одновременно приемником, преобразуются и регистрируются на экране ЭЛТ. Кроме импульсов от дефектов на вход приемного тракта дефектоскопа поступает импульс от генератора — зондирующий. Если дефект расположен под поверхностью изделия на таком расстоянии, что эхо-сигнал от него возвратится раньше, чем закончится зондирующий импульс, то дефект обнаружен не будет.

Признак наличия дефекта при контроле эхо-методом — появление эхо-сигнала (импульса) от дефекта на экране дефектоскопа.

При зеркально-теновом методе признак обнаружения дефекта — уменьшение интенсивности отраженной от противоположной поверхности изделия УЗ волны, проходящей в нем от излучателя к приемнику.

Из известных методов толщинометрии наиболее распространенный и удобный для измерения толщины металла изделий, особенно при одностороннем доступе, — ультразвуковой. Вырабатываемые генератором электрические импульсы преобразуются излучателем раздельно-совмещенного преобразователя в УЗ колебания, вводимые через слой контактной смазки в измеряемое изделие. Отраженная от дна изделия УЗ волна преобразуется приемной пластиной преобразователя в электрический сигнал, который подается на приемник и затем на измерительную схему.

Толщина (H) изделия определяется выражением $H = Ct/2$ и фиксируется соответственно проградуированным индикатором прибора.

Основные параметры УЗ контроля — параметры, определяющие

достоверность его результатов. Ряд параметров зависит только от аппаратуры. Их перечень, методику и периодичность проверки оговаривают в НТД на контроль.

Частота, обусловленная типом применяемой аппаратуры, определяет длину волны распространяющегося в изделии УЗ.

Различают предельную, условную, поисковую и реальную чувствительности.

Предельная чувствительность (основной параметр контроля) определяется минимальной площадью (мм^2) отверстия с плоским дном, ориентированным перпендикулярно акустической оси преобразователя, которое еще обнаруживается на заданной глубине в изделии при данной настройке аппаратуры. В связи со сложностью изготовления отверстия с плоским дном допускается использовать другие искусственные отражатели: угловые (зарубки), сегментные, а также боковые сверления.

Условная чувствительность характеризует чувствительность дефектоскопа с преобразователем и выражается по стандартному образцу: № 1 — наибольшей глубиной (мм) расположения цилиндрического отражателя, фиксируемого индикаторами прибора; № 2 — разностью (дБ) между показанием аттенюатора и показанием, соответствующим максимальному ослаблению, при котором цилиндрическое отверстие еще фиксируется индикаторами дефектоскопа.

Поисковая чувствительность — чувствительность, при которой производится контроль (поиск дефектов), она может превышать предельную на 2—6 дБ.

Реальная чувствительность определяется минимальными размерами дефектов различного характера, четко выявляемых в изделиях. Она может быть оценена металлографическими исследованиями определенного числа изделий одного вида и статистической обработкой результатов контроля.

Эталонирование чувствительности можно проводить с помощью испытательных образцов и АРД (амплитуда — расстояние — диаметр)-диаграмм. При первом способе автоматически учитывают многие параметры акустического тракта, способ достаточно прост, но дорог.

Амплитуду эхо-сигнала измеряют методом, который заключается в сравнении эхо-сигнала от дефекта с каким-либо опорным сигналом, полученным тем же преобразователем от отражателя известной величины и геометрической формы. В целях унификации измерения амплитуды эхо-сигнала введено понятие эквивалентная площадь дефекта (или эквивалентный диаметр).

Эквивалентную площадь S_e измеряют площадью искусственного отражателя (дна плоскодонного отверстия), расположенного на той же глубине, что и дефект и дающего эхо-сигнал такой же амплитуды. Аналогично определяют эквивалентный диаметр. При измерении эквивалентного размера дефекта по совмещенной схеме наклонным преобразователем ось плоскодонного отверстия соосна акустической оси пучка, при измерении раздельно — совмещенными преобразователями ось отверстия перпендикулярна поверхности.

АРД-диаграммы получают экспериментально или расчетным путем.

Угол ввода УЗ луча в металл — угол между нормалью к поверхности, на которой установлен преобразователь, и линией, соединяющей центр цилиндрического отражателя с точкой выхода при установке преобразователя в положение, при котором амплитуда эхо-сигнала от отражателя максимальная. Угол ввода определяется углом и материалом призмы и измеряется на стандартном образце № 2.

Мертвая зона — область изделия, прилегающая к контактной поверхности, дефекты в которой не выявляются при данной настройке прибора; определяется длительностью зондирующего импульса и уровнем реверберационных помех. Размеры и форма пьезопластины определяют направленность поля.

Точность измерения координат (точность селектирования) определяется точностью измерения координат дефектов, на которую влияют случайная и систематическая погрешности, в том числе и погрешность глубиномера, которую можно оценить по стандартным образцам № 1 или № 2.

Разрешающая способность по дальности — минимальное расстояние между дефектами в направлении прозвучивания, при котором их регистрируют раздельно; определяется разрешающей способностью аппаратуры и зависит от направленности поля и скорости распространения волны.

Аппаратура для ультразвукового контроля состоит из электронного блока (собственно дефектоскопа), преобразователей, служащих для излучения и приема УЗ колебаний, и различных вспомогательных устройств.

Дефектоскоп предназначен для генерирования зондирующих импульсов высокочастотного напряжения, усиления, регистрации эхо-импульсов от дефектов и определения координат. Амплитудно-временная характеристика отраженных сигналов отображается на экране электронно-лучевой трубкой (ЭЛТ), на котором в определенном масштабе воспроизводится ход УЗ луча в контролируемом объекте.

От синхронизатора тактовые импульсы поступают на генератор зондирующих и запускают его. Зондирующие импульсы возбуждают в пьезопластине УЗ колебания, через контактную среду поступающие в контролируемое изделие. Одновременно тактовые импульсы от синхронизатора подаются на генератор развертки, скорость которой может меняться. Отраженные от дефекта упругие импульсы преобразуются приемной пьезопластинкой в электрические сигналы, которые, усиливаясь, подаются на вертикально отклоняющие пластины ЭЛТ. Горизонтальная развертка ЭЛТ — временная, расстояние по ней от зондирующего импульса до принятого сигнала пропорционально времени прохождения импульса от пьезопластины до дефекта и обратно.

Для измерения координат в дефектоскопах предусмотрены специальные устройства — глубиномеры.

Отклонение луча на ЭЛТ в вертикальном направлении (высота импульсов) характеризует амплитуду принятого сигнала, пропорциональную отражающей площади дефекта и измеряемую с помощью аттенуатора. В дефектоскопах (табл. 1.5) имеются также вспомогательные устройства: глубиномер, автоматический сигнализатор дефек-

Таблица 1.5

Прибор	Частота, МГц	Глубина прозвучивания, мм	Погрешность измерения, мм
Дефектоскопы			
ДУК-66ПМ	1,25; 2,5; 5,0; 10,0	2500	$\pm (0,03R + 2)$
УД-11ПУ	1,25; 2,5; 5,0; 10,0	4000	$\pm (0,015R + 1)$
УД2-12	1,25; 1,8; 2,5; 5,0; 10,0	5000	$\pm (0,015R + 0,5)$
УД-13П	2,5	50	$\pm (0,02R + 1)$
Толщиномеры			
УТ-91П	2,5; 5,0	300	$\pm 0,2$ в диапазоне толщин 1—10 мм; $\pm (0,01X + 0,1)$ в диапазоне толщин 10—300 мм
УТ-92П	2,5; 5,0	1000	$\pm 0,1$ в диапазоне толщин 0,8—10 мм; $\pm 0,01X$ в диапазо- не 10—1000 мм
УТ-93П	2,5; 5,0; 10,0	1000	$\pm 0,1$ в диапазоне толщин 0,6—30 мм и 20—300 мм; $\pm (0,001X + 0,1)$ в диапазоне толщин 100—1000 мм

Примечания. 1. R , X — измеряемые соответственно величина и толщина, мм.

2. Температура окружающей среды от -10 до $+50^\circ\text{C}$ (ДУК-66ПМ до $+40^\circ\text{C}$).

тов (АСД), блоки временной регулировки чувствительности и др., упрощающие труд дефектоскописта и расширяющие возможности УЗ контроля.

Устройство, предназначенное для преобразования, ввода и приема УЗ колебаний, называется акустическим преобразователем. В практике УЗ контроля ГШО применяют следующие виды преобразователей: нормальный (рис. 1.5, а), излучающий в изделие продольную волну перпендикулярно поверхности ввода; наклонный (см. рис. 1.5, б), который вводит в металл поперечную волну под углом к поверхности или поверхностную волну; раздельно-совмещенный, обеспечивающий ввод УЗ колебаний под углом $5\text{--}10^\circ$ к плоскости, перпендикулярной поверхности ввода (см. рис. 1.5, в).

С рабочей (контактной) стороны нормальных преобразователей на пьезопластину 1 наклеено защитное доньшко — протектор 4, предохраняющий его от механических повреждений. С противоположной стороны к пластине прикреплен демпфер 2 из материала с большим поглощением УЗ. Демпфер уменьшает длительность колебания пластины, т. е. укорачивает длительность зондирующих импульсов и уменьшает мертвую зону и число сигналов-помех в начале экрана дефектоскопа, а также повыша-

Питание	Потребляемая мощность от сети или ток аккумулятора	Масса, кг	Габариты, мм
Сеть 220/127 В; аккумулятор 7В	40 В·А; 1,55 А	9,5 (с блоком питания)	385×210×150
Сеть 220 В; аккумулятор 12 В	30 В·А; 0,83 А	7	170×280×350
Сеть 220 В; аккумулятор 12 В	18 В·А; 0,58 А	8,4 (с аккумулятором)	170×280×350
Сеть 24/36 В; элементы А343—6 шт.	7,5 В·А	1,5	60×170×155
Аккумулятор 8,5 В	220 мА	2	62×172×110
Сеть 24/36 В 50 Гц; шесть элементов А343	6 В·А 160 мА	1,5	60×170×155
Батарея «Корунд» или «Крона-ВЦ»	(Время непрерывной работы от одной батареи 250—300 час)	0,4	83×140×36

ет разрешающую способность прибора. Эффект демпфирования тем значительнее, чем выше затухание колебаний в демпфере. Материалом для него может служить резина, асбест, резина, содержащая порошок вольфрама, и пр. Элементы преобразователя размещены в корпусе 3.

В наклонных и раздельно-совмещенных преобразователях пьезопластины приклеены к призмам из оргстекла, полистирола, капролона и

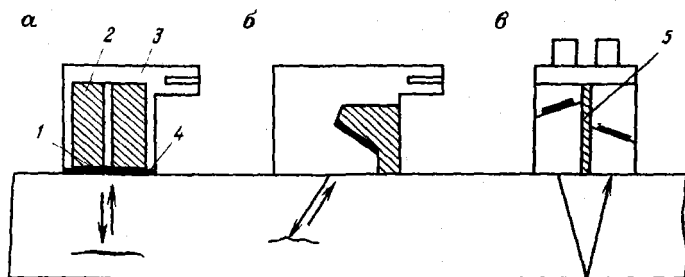


Рис. 1.5. Ультразвуковые преобразователи

других материалов, в которых скорость распространения УЗ невелика, что позволяет при относительно малых углах падения вводить в металл поперечные волны под большими углами (до 90°). Относительно большое затухание УЗ в материале призм способствует быстрому гашению колебаний, отраженных от границы с металлом. Нормальные и наклонные преобразователи работают в основном по совмещенной схеме, раздельно-совмещенные — по раздельной (между излучателем и приемником размещен акустический экран 5).

Точка выхода — точка пересечения акустической оси с контактной поверхностью преобразователя.

Стрела преобразователя — расстояние от точки выхода до передней грани преобразователя.

К вспомогательным приспособлениям относятся линейки, планшеты, ограничители и другие приспособления, облегчающие труд оператора, повышающие надежность, достоверность и производительность контроля.

Магнитные методы контроля

Магнитные методы контроля основаны на регистрации магнитных полей рассеяния, возникающих над дефектами при намагничивании изделий из ферромагнитных материалов.

Контролируемая ферромагнитная деталь состоит из очень малых (порядка 10^{-7} — 10^{-2} мм) самопроизвольно намагниченных областей — доменов. В размагниченной детали магнитные поля доменов направлены самым различным образом, компенсируя друг друга (суммарное магнитное поле равно нулю). Если на деталь действует внешнее поле, поля отдельных доменов устанавливаются по направлению внешнего и накладываются на него, деталь намагничивается.

Способность материала намагничиваться характеризуется абсолютной магнитной проницаемостью $\mu_a = B/H$, где B — магнитная индукция; H — напряженность поля. Относительная магнитная проницаемость $\mu = \mu_a/\mu_0$, где μ_0 — магнитная проницаемость вакуума, показывает, во сколько раз результирующее поле в намагничивающей среде сильнее поля, создаваемого таким же током в вакууме.

Магнитный поток $\Phi = BS(B_6)$, где S — площадь, перпендикулярная к магнитным линиям, в бездефектной части детали не меняет своего направления. Если же на пути магнитного потока встречаются участки с пониженной магнитной проницаемостью, например, дефекты в виде несплошности металла, магнитная проницаемость которых существенно ниже, то часть магнитных линий вытесняется дефектом на поверхность, образуя магнитное поле рассеяния над ним. Магнитное поле рассеяния тем сильнее, чем большее препятствие для потока представляет дефект.

В зависимости от способа регистрации магнитных полей магнитные методы подразделяют на: магнитопорошковый, феррозондовый, магнитографический, индукционный и др. Для дефектоскопии в отрасли используют в основном первые два.

При *магнитопорошковом методе* для обнаружения магнитных полей рассеяния над дефектом на контролируемые участки деталей выносят ферромагнитные частицы, которые находятся во взвешенном состоянии

(мокрый метод) или в воздухе (сухой метод). Так как магнитное поле над дефектом неоднородно, то на магнитные частицы, попавшие в это поле, действует сила, стремящаяся затянуть их в место наибольшей концентрации магнитных линий, т. е. к дефекту. Частицы перемещаются по поверхности детали, намагничиваются в поле дефекта, притягиваются друг к другу и скапливаются над дефектом в виде валика, форма которого соответствует очертанию выявленного дефекта. Следует учитывать, что скорость движения жидкости или струи воздуха над дефектом не должна быть большой, чтобы частицы не смывались (сдувались) жидкостью или воздухом. Ширина валика осевшего порошка значительно больше ширины несплошности, поэтому магнитопорошковым методом выявляют мельчайшие дефекты (трещины раскрытием около 0,001 мм). Чувствительность метода зависит от размеров частиц порошка и способов его нанесения, напряженности и рода приложенного поля, формы, размера и ориентации дефекта относительно намагничивающего поля, состояния и формы поверхности.

Магнитопорошковый контроль осуществляется способом приложенного магнитного поля (СПП) или способом остаточной намагниченности (СОН).

Способ приложенного магнитного поля характеризуется тем, что технологические операции (намагничивание детали, нанесение суспензии и основную часть осмотра) производят одновременно. Этим способом контролируют детали из магнитомягких материалов (Ст. 3, 10, 20) или детали, имеющие сложную форму и малое удлинение, вследствие чего ее не удастся намагнитить до требуемого значения индукции для контроля на остаточной намагниченности. Способ приложенного магнитного поля применяют также при контроле деталей с немагнитным покрытием толщиной более 30 мкм; для обнаружения подповерхностных дефектов или при недостаточной мощности дефектоскопа (источника питания). Контроль СПП не всегда обеспечивает более высокую чувствительность, что объясняется осаждением порошка по следам грубой обработки поверхности.

Способ остаточной намагниченности предусматривает предварительное намагничивание детали с последующим нанесением суспензии (после снятия поля) и осмотром. Его применяют для контроля магнитотвердых материалов с величиной коэрцитивной силы $H > 800$ А/м.

При равных возможностях предпочитают СОН, так как он обладает существенными достоинствами: большей производительностью, возможностью установки детали в любом требуемом положении для хорошего освещения и осмотра; возможностью одновременного намагничивания и нанесения суспензии на несколько деталей как поливом, так и погружением в ванну; меньшим осаждением порошка по рискам, забоинам, местам наклепа, т. е. повышением достоверности контроля; меньшей возможностью прижога деталей при пропускании по ним тока.

Для надежного выявления определенным образом ориентированных на детали дефектов при магнитопорошковом контроле важен правильный выбор способов намагничивания, которые характеризуют по видам применяемого поля, тока и способов намагничивания. В практике контроля деталей ГШО используют следующие способы намагничивания:

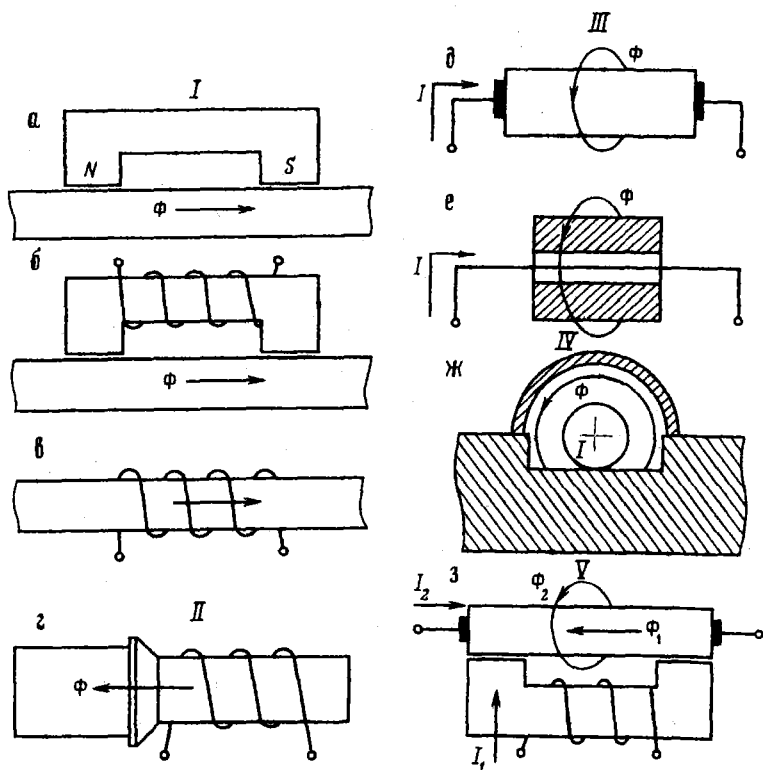


Рис. 1.6. Схемы намагничивания

продольное (полюсное), циркулярное и комбинированное (рис. 1.6). Комбинированное намагничивание применяют только при СПП, остальные — как в приложенном поле, так и на остаточной намагниченности.

При полюсном намагничивании (I) у намагниченного изделия образуются полюса, и большая часть магнитного потока проходит по контролируемой детали. Его применяют для выявления поперечных дефектов с помощью постоянных магнитов (а), электромагнитов (б) или соленоидов (в). Полюсное намагничивание постоянным и электромагнитами проводят в приложенном поле, при этом контролируемый участок определяется зоной между полюсами и их шириной.

Контроль способом магнитного контакта (II) (однопольное намагничивание) производится с помощью постоянного или электромагнитов, соленоида со вставленным сердечником (г) СОН или СПП, используя как постоянный, так и переменный ток. При контроле СОН один полюс магнита устанавливают на деталь и перемещают его, обеспечивая магнитный контакт с поверхностью. Ширина эффективно намагниченной зоны практически равна ширине контакта, длина — расстоянию между начальным и конечным положениями магнита. При контроле СПП магнитный поток вводится в контролируемую деталь с

помощью магнита (электромагнита), соленоида со вставленным сердечником в необходимых местах (чаще всего, где нет доступа к месту контроля). Длина намагниченной зоны составляет до 250 мм.

При циркулярном намагничивании (III) магнитные силовые линии имеют вид концентрических окружностей, расположенных в плоскости, перпендикулярной направлению тока. Пропуская постоянный, переменный или импульсный ток по контролируемой детали (д), проводнику (е), помещенному в отверстие детали, а также через тороидальную обмотку, намотанную на кольцевую деталь, осуществляют циркулярное намагничивание, которое применяют для выявления продольных (вдоль направления тока) дефектов.

Параллельное намагничивание (IV) проводят при параллельном расположении контролируемой детали и проводника с током. Для достижения высокой намагниченности применяют дополнительные магнитопроводы — полукольцо или планку, располагаемые над намагничивающим кабелем (ж). Такое намагничивание применяют при контроле СОН несъемных деталей, при ограничении доступа к детали или при невозможности пропустить через нее намагничивающий ток.

При комбинированном намагничивании (V) магнитное поле возбуждается одновременным действием двух полей: продольного и циркулярного, при этом магнитные силовые линии направлены по винтовой (з). Комбинированное намагничивание выявляет дефекты любой ориентации на контролируемой детали одной операцией намагничивания.

Параметры магнитопорошкового контроля складываются из параметров намагничивающего поля (тип, способ намагничивания), параметров материала изделия (коэрцитивная сила, остаточная индукция, относительная магнитная проницаемость) и параметров контроля — чувствительности.

Чувствительность контроля определяется магнитными характеристиками материала контролируемого изделия, его формой и размерами, чистотой обработки поверхности, напряженностью намагничивающего поля, способом контроля, взаимным направлением намагничивающего поля и дефекта, свойствами применяемого магнитного порошка, а также освещенностью поверхности осматриваемого участка изделия.

В зависимости от размеров выявляемых поверхностных дефектов ГОСТ 21105—87 устанавливает три условных уровня чувствительности: А, Б и В. Ширина условного дефекта для уровня А — 2,5 мкм, Б — 10 мкм, В — 25 мкм; минимальная протяженность в выявляемой части дефекта — 0,5 мм; отношение глубины дефекта к его ширине — 10. Напряженность магнитного поля рассчитывается в зависимости от характеристик материала изделия и необходимого уровня чувствительности по ГОСТ 21105—87.

Дефектоскопы для магнитопорошкового контроля состоят из источников тока, устройства для циркулярного намагничивания деталей (кабели, электроконтакты) и полюсного намагничивания (соленоиды, электромагниты), приспособлений для нанесения и сбора порошка или суспензии, измерителей параметров намагничивающего поля. Применяют дефектоскопы трех видов: стационарные, передвижные, переносные, характеристики которых даны в табл. 1.6.

Таблица 1.6

Прибор	Намагничивающий ток	Сила намагничивающего тока, А	Напряженность поля 10^3 , А/м	Питание, В	Потребляемая мощность, В·А	Габариты, мм	Масса, кг
Переносные							
ПМД-70	Постоянный, переменный,	— —	16 —	24 220	— 320	Блок управления 305 × 215 × 190 Блок импульсный 580 × 235 × 230	5 25
	импульсный	1500	—	—	—		
Передвижные							
МД-50П	Переменный,	1000	Соленоида 40	220	5000	1000 × 600 × 760	250
	выпрямленный переменный,	400	Электромагнита 12,8	»	—	—	
	импульсный	5000	»	»	—	—	
Стационарные							
УМДЭ-2500	Переменный, постоянный	5000	20	—	—	1870 × 950 × 2000	700
МДС-1,5	Переменный	2000	8	220 (380)	—	1960 × 1750 × 1895	
МДС-5	Переменный, постоянный, выпрямленный переменный	7500	8	220 (380)	—	2050 × 1170 × 2150	1600

В качестве индикаторов полей рассеяния над дефектом чаще всего служат черные магнитные порошки, наиболее распространенные из которых — порошки оксидов железа с частицами размером 5—20 мкм.

При магнитолуминесцентном методе контроля используют магнитные порошки, содержащие флюоресцентные смолы. Применяя магнитолуминесцентные порошки и пасты, при ультрафиолетовом освещении (УФС) можно более четко видеть скопление порошка, что облегчает распознавание дефектов. Для лучшей индикации дефектов при контроле деталей различного цвета также используют цветные порошки. Характеристики некоторых типов порошков и паст приведены в табл. 1.7.

Детали, прошедшие магнитопорошковый контроль, должны быть в ряде случаев (например, имеющие трущиеся поверхности) размагничены. Размагничивают знакопеременным (с частотой от долей до 50 Гц) магнитным полем с амплитудой напряженности, постепенно (равномерно) убывающей от максимального значения, как правило, равного амплитуде напряженности намагничивающего поля, до нуля. В качестве размагничивающих устройств чаще всего используют те

Таблица 1.7

Материал	Цвет	Дисперсионная среда	Концентрация материала в дисперсионной среде, г/л
Магнитный порошок ТУ6-14-1009—74	Черный	Водный раствор, масло трансформаторное, масло РМ, керосин	20 ± 5
Паста КМ-К	Красный	Масло трансформаторное, керосин	40 ± 2
Магнитолюминесцентный порошок Люмапор-ЗБ	Зеленый	Масло РМ	$5 \pm 0,25$

же намагничивающие устройства (соленоид, электромагнит, гибкий кабель); иногда используют и специальные приемы размагничивания. Степень размагниченности измеряют специальными приборами. Деталь можно считать размагниченной, если к ней не притягиваются частицы сухого ферромагнитного порошка.

При *феррозондовом методе* контроля индикатором полей рассеяния служит датчик-феррозонд — магниточувствительный преобразователь напряженности или градиента поля в электрический сигнал; он представляет собой стержень — сердечник из пермаллоя, на котором укреплены генераторные и измерительные катушки. Контролируемый участок намагничивают, пропуская переменный ток (с помощью токовых датчиков), или электромагнитом датчика, феррозонд регистрирует тангенциальную составляющую магнитного поля дефекта.

Капиллярные методы контроля предназначены для обнаружения поверхностных и сквозных дефектов в объектах контроля, определения их расположения, протяженности и ориентации. Капиллярные методы позволяют контролировать объекты любых форм и размеров, изготовленных из черных, цветных металлов и других неферромагнитных материалов. Их применяют и для контроля деталей из ферромагнитных материалов, если их магнитные свойства, форма, вид и расположение дефектов не позволяют достичь требуемой чувствительности магнитопорошковым методом или если этот метод нельзя применять по условиям эксплуатации.

Смысл капиллярной дефектоскопии состоит в изменении светотдачи дефектов при заполнении их с поверхности специальными свето- и цветоконтрастными жидкостями — пенетрантами. Если в состав пенетранта входят люминесцирующие в ультрафиолетовом свете (УФС) вещества, то такие жидкости называют люминесцентными, а метод контроля — люминесцентным. Если основа пенетранта — красители, видимые при дневном свете, то такой метод контроля называют цветным.

Капиллярные методы основаны на капиллярном проникновении индикаторных жидкостей в полости поверхностных и сквозных дефектов материала и регистрации образующихся индикаторных следов визуальным способом или с помощью преобразователя. Необходимое условие выявления дефектов — наличие полостей, имеющих выход на

поверхность, свободных от загрязнений и других веществ, и глубину распространения, значительно превышающую ширину их раскрытия.

Деталь очищают от грязи, покрытий и т. п., обезжиривают и высушивают, затем на ее поверхность наносят слой пенетранта и выдерживают некоторое время для того, чтобы жидкость проникла в открытые полости дефектов. Для ускорения процесса применяют вакуумную, компрессорную, ультразвуковую вибрационную пропитку. После этого поверхность изделия очищают от пенетранта или гасят его специальным веществом (для люминесцентного метода); в полостях же дефектов индикаторная жидкость остается. На поверхность изделия после удаления пенетранта наносят проявляющий материал — быстро сохнущую суспензию (лаковое покрытие). Проявляющий материал, обладающий сорбционными свойствами, вытягивает пенетрант из полостей дефектов, что образует индикаторные следы, размер которых тем больше, чем глубже дефект и больше выдержка с момента нанесения проявляющего слоя. Индикаторный след при цветном методе имеет обычно ярко-красную окраску, при люминесцентном — светится в УФС.

Люминесцентно-цветной метод представляет собой сочетание люминесцентного и цветного с диффузионным вариантом проявления (с помощью лакового покрытия). Для получения наивысшей чувствительности детали осматривают в УФС. В зависимости от размеров выявленных дефектов ГОСТ 18442—80 устанавливает четыре условных класса чувствительности.

Эффективность капиллярной дефектоскопии определяется материалами: пенетрантом, проявителем и очистителем (гасителем). Рекомендуют применять наборы дефектоскопических материалов, в которых в качестве пенетрантов используют люминесцентные жидкости ЛЖ, «К», «Нориол», красители (например, «Судан»); в качестве проявителей используют каолин, оксид магния и другие или специальные проявители ПР-1, ПР-2, «М», очищающие жидкости (ОЖ) составляют на основе эмульгаторов ОП-4, ОП-7, ОП-10 и других поверхностно-активных веществ.

Дефектоскопы подразделяют на стационарные, передвижные и переносные. Стационарные дефектоскопы ЛДА-3, ЛД-4, КД-20Л состоят из блоков пропитки, мойки, сушки, нанесения проявителя и осмотра деталей в УФС. Передвижные дефектоскопы КД-21Л монтируют на тележках. Переносные дефектоскопы КД-31Л, КД-32Л и КД-33Л представляют собой переносные комплекты УФ ламп и применяются для контроля крупногабаритных изделий. В качестве источников УФС используют ртутно-кварцевые лампы высокого (ПРК) и сверхвысокого (ДРШ) давлений. Переносный аэрозольный комплект КД-40ЛЦ предназначен для контроля изделий в полевых, цеховых и лабораторных условиях цветным, люминесцентным, люминесцентно-цветным методами. В комплект входят разборные аэрозольные баллоны, которые можно многократно заряжать дефектоскопическими материалами на зарядном стенде; переносной ультрафиолетовый облучатель.

Для цветной дефектоскопии используют переносные дефектоскопы, выполненные в виде чемоданов с гнездами и секциями, в которых раз-

мещены принадлежности для контроля: емкости с дефектоскопическими материалами, пеналы с кистями, лупы и т. д.

ГЛАВА 2

ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПО ДЕФЕКТΟΣКОПИИ

2.1. ДЕФЕКТΟΣКОПИЯ НА ЭТАПАХ ПРОИЗВОДСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ

Проблема обеспечения высокого качества продукции может быть решена только при использовании системы управления качеством. Контроль качества составляет часть этой системы.

При существующих технологических процессах изготовления оборудования, а также его эксплуатации в деталях, узлах и конструкциях нередко возникают дефекты типа несплошностей, из-за чего возможны отказы оборудования и снижение безопасности работ. Внедрение методов и средств дефектоскопии для своевременного обнаружения дефектов может значительно повысить уровень надежности и долговечности ГШО. При этом эффективность применения дефектоскопии будет определяться сокращением суммарных расходов на разработку, производство и эксплуатацию оборудования.

Назначение создаваемого изделия во многом предопределяет конструкцию, технологию изготовления, требования к надежности, долговечности, стоимости, а также объемы применения методов и средств дефектоскопии на всех этапах изготовления и эксплуатации.

На стадии научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по созданию изделий методы и средства дефектоскопии применяют: для получения данных, подтверждающих правильность выбранных решений; сокращения времени и объемов исследований; для отбора материалов, оборудования, обеспечивающих получение качественной продукции с минимальными материальными и трудовыми затратами. На этом этапе выбирают оптимальные методы и средства дефектоскопии, разрабатывают основные технические требования к испытательным (контрольным) образцам и критерии приемки деталей.

На этапе производства и испытаний опытной партии деталей дефектоскопию используют для отработки технологических процессов и конструкций, а также при испытаниях изделий, обращая особое внимание и проверяя дефектоскопическую технологичность (контролепригодность) проверяемых деталей и узлов.

Дефектоскопическая технологичность — это совокупность свойств изделия, характеризующих его приспособленность к эффективному проведению дефектоскопии в процессе производства, эксплуатации и ремонта. Для ее обеспечения необходимо предусмотреть в первую очередь достаточно простой доступ к контролируемым зонам изделия.

По результатам дефектоскопии вносят изменения в конструкцию и технологические процессы с целью снижения материалоемкости и трудоемкости производства, повышения надежности, долговечности продукции и дефектоскопической технологичности.

В этот период на основе анализа расчетных напряжений, результатов соответствующих испытаний, а также статистики отказов при эксплуатации аналогичных по конструкции образцов техники, конструктор должен определить, какие высоконагруженные детали и узлы подлежат дефектоскопии в процессе эксплуатации и зоны контроля на них, указать критерии браковки, последовательность выполнения дефектоскопии в условиях эксплуатации изделия. На этом этапе устанавливают необходимые технические требования к методам и средствам дефектоскопии.

При производстве, испытаниях и обслуживании серийной продукции дефектоскопию используют для выявления несоответствия материалов, заготовок и готовых изделий заданным техническим требованиям (пассивный контроль) и для управления технологическими процессами (активный контроль).

При эксплуатации и ремонте оборудования с помощью дефектоскопии предотвращают поломки и аварии, увеличивают сроки эксплуатации и межремонтных периодов, а также сокращают продолжительность и стоимость ремонтов. На основании результатов дефектоскопии изделие может быть изъято из эксплуатации, как не имеющее необходимых качеств или резко снижающее безопасность работ.

Дефектоскопия на предприятиях отрасли должна иметь определенную последовательность внедрения для конкретного оборудования с тем, чтобы обеспечить наилучшие показатели работоспособности его при минимальных затратах на выполнение контроля. Вопрос можно решать практически, учитывая технологию изготовления, ремонта и эксплуатации оборудования, требования НТД и специфику контроля (методов дефектоскопии).

Дефектоскопия, проводимая на стадии производства и эксплуатации продукции, — соответственно часть производственного и эксплуатационного контроля. При этом она может быть ручной, механизированной или автоматизированной, а также использоваться в качестве операционного контроля (или составляющей его), т. е. при контроле продукции или процесса во время выполнения или завершения технологической операции. Контроль может быть сплошным, когда осуществляется дефектоскопия каждой единицы продукции в партии, выборочным — решение о качестве контролируемой продукции принимается по результатам проверки одного или определенной совокупности изделий из партии; непрерывным или периодическим — информация о контролируемых параметрах поступает соответственно непрерывно или через установленные интервалы времени.

Периодическая дефектоскопия, проводимая с целью своевременного обнаружения усталостных дефектов при эксплуатации или ремонте оборудования, называется профилактической, а осуществляемая двумя или более методами, — комплексной.

К входному контролю относится контроль продукции поставщика,

поступившей к потребителю (заказчику) и предназначенной для использования при изготовлении, ремонте или эксплуатации продукции. Цель входного контроля качества ГШО — проверка и объективное установление соответствия качества оборудования, поставляемого шахтам, предупреждение поступления на предприятия оборудования, имеющего дефекты изготовления. Материалы, полученные при проведении входного контроля, могут быть использованы при оформлении претензий поставщикам за низкое качество оборудования, выявленное при эксплуатации в течение гарантийного срока.

Входной контроль оборудования с использованием методов и средств дефектоскопии и толщинометрии осуществляют на предприятиях производственных и ремонтных объединений. Также необходим входной контроль металла заготовок, используемых при изготовлении и ремонте ответственных деталей и узлов оборудования на заводах горного машиностроения и ремонтных предприятиях отрасли.

Место дефектоскопии необходимо четко определить в системе эксплуатационного контроля и планово-предупредительного ремонта (ППР) оборудования, который осуществляется для предотвращения быстрого износа, исключения отказов, повышения долговечности, поддержания в постоянной готовности к использованию по назначению, обеспечению производительной и безотказной работы. Одна из главных задач ППР — исключение возможности возникновения непланируемых перерывов в работе оборудования. Внедрение средств диагностики, в частности, методов профилактической дефектоскопии при проведении ремонтных работ способствует повышению их качества, снижению отказов, повышению долговечности, производительности и безопасности.

Устанавливают различные виды и периодичность планово-предупредительного технического обслуживания и ремонта оборудования, различаемого по назначению, объемам выполняемых работ и составу ремонтного персонала [8]. Следует отметить, что плановый капитальный ремонт производится с периодичностью, установленной действующей НТД, только силами специализированных ремонтных организаций. Одна из задач специализированных подразделений дефектоскопии, контролирующих определенное оборудование, — оптимальный выбор времени работ по дефектоскопии в сочетании с планово-предупредительным ремонтом (ППР), или это время должно быть определено в НТД, что сводит к минимуму затраты и время на вспомогательные работы по дефектоскопии, относящиеся на счет шахт и производственных объединений, позволяет проводить дефектоскопию более организованно.

2.2. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ УЧАСТКОВ И ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ДЕФЕКТΟΣКОПИИ

Введение дефектоскопии на предприятиях требует определенных условий (соответствующих площадей и помещений, подготовленных специалистов, соблюдения техники безопасности и пр.) и регламентируется различными НТД. Поэтому для введения того или иного метода

дефектоскопии необходимо выполнить требования, указанные в этих документах.

Следует учесть, что в настоящее время в угольной промышленности дефектоскопия большей частью ручная, и еще определенное время такое положение сохранится из-за специфики производства и других причин, поэтому роль дефектоскопистов чрезвычайно велика. В их функции входят настройка дефектоскопов, тщательное выполнение предусмотренных методикой операций контроля, оценка показаний индикаторов и принятие решений по выявленным дефектам. Чтобы снизить влияние субъективных факторов на результаты контроля, к дефектоскопистам предъявляют следующие требования: они должны пройти подготовку по соответствующим методам и средствам дефектоскопии, технике безопасности в объеме типовой программы и требований к дефектоскопистам по этим методам контроля, изложенным в тарифно-квалификационном справочнике работ и профессий рабочих и других НТД.

Дефектоскописты должны знать технологию производства: конструкцию и основы эксплуатации оборудования, детали и узлы которого контролируют ответственные места на них; свойства материалов проверяемых деталей, технологию их изготовления; характер дефектов и критерии браковки деталей по ТУ; производственные инструкции и другие НТД. Они должны быть подготовлены практически по настройке, проверке и применению дефектоскопов, хорошо знать и практически владеть частными методиками контроля деталей.

Дефектоскописты не должны иметь противопоказаний для работы по конкретным методам дефектоскопии. Они должны обладать качествами, необходимыми для успешной работы: наблюдательностью, умением сосредоточиться, добросовестностью и честностью, способностью к длительной однообразной работе и самостоятельно повышать знания, умением анализировать, сравнивать, обобщать.

К проведению контроля допускаются лица после специальной подготовки по дефектоскопии, приобретения практического опыта и сдачи экзаменов (зачетов) соответствующей квалификационной комиссии. В процессе работы периодически должна проводиться переаттестация специалистов.

Для успешного применения в отрасли различных методов и средств дефектоскопии необходимо иметь достаточное число специалистов высшего, среднего и младшего звеньев — III, II, I уровней квалификации (и в определенном соотношении), соответственно подготовленных по используемым методам.

Методы радиационной дефектоскопии. Наиболее давнее применение в отрасли имеет радиография. Организация новых и реконструкция существующих радиоизотопных и рентгеновских лабораторий (участков) допускается при наличии утвержденного проекта, который должен содержать: план помещения участка, его защитные устройства от вредного действия ионизирующего излучения, устройство вентиляции, расположение дефектоскопов, аппаратов и отдельных элементов аппаратуры, электроосвещения и пр., а также пояснительную записку к чертежам. Проект участка просвечивания должен быть утвержден

после согласования с местной санитарно-эпидемиологической станцией главным инженером предприятия (учреждения).

К работе по радиационной дефектоскопии допускаются работники, старше 18 лет и не имеющие медицинских противопоказаний, получившие соответствующую теоретическую и практическую подготовку и имеющие удостоверение на право выполнения этих работ. Поступающие на постоянную работу, связанную с использованием ионизирующих излучений, они должны пройти обязательный предварительный медицинский осмотр, а затем периодические ежегодные осмотры.

К работе по расшифровке и оценке результатов радиоизотопной дефектоскопии с выдачей заключения допускаются инженерно-технические работники и дефектоскописты, имеющие удостоверения на право выполнения таких работ с правом выдачи заключений (протоколов) о результатах дефектоскопии.

К самостоятельной работе по эксплуатации и техническому обслуживанию рентгеновских аппаратов допускаются специалисты, имеющие необходимую квалификацию и обученные правилам техники безопасности; по эксплуатации — прошедшие специальную подготовку на курсах, или рабочих местах и имеющие соответствующее удостоверение; по монтажу и ремонту аппаратов — имеющие высшее или среднее специальное образование, окончившие специальные курсы, дающие право на выполнение таких работ.

Проверять квалификацию работников (переаттестацию) рекомендуется не реже одного раза в два года, а также при перерыве в работе по специальности сроком свыше шести—двенадцати месяцев (в зависимости от сложности работ) и перед допуском к работе после временного отстранения за низкое качество работ, но не ранее, чем через месяц. Переаттестацию специалистов проводит квалификационная комиссия в установленном порядке. Результаты проверок оформляют протоколом и соответствующими записями в удостоверениях специалистов.

Методы акустические. Установлены условия и порядок применения акустических методов неразрушающего контроля на предприятиях, требования к построению и оформлению технической документации на контроль, подготовке дефектоскопистов.

Основание для применения акустических методов контроля объектов — наличие данных, подтверждающих требуемую достоверность и надежность выбранных методов. При этом на предприятии должны быть техническая документация на контроль и дефектоскописты, обладающие квалификацией по выбранным акустическим методам контроля.

Подготавливают дефектоскопистов предприятия или организации, получившие на это разрешение головного министерства (ведомства). Программа обучения должна соответствовать общесоюзной программе подготовке и состоять из теоретического и практического курсов по промышленному акустическому контролю. Теоретический курс должен содержать: описание технологических операций изготовления и эксплуатации конкретных объектов, из-за нарушения которых появляются дефекты; элементы общей теории неразрушающего контроля; физические основы применяемых акустических методов; типы акустических

дефектоскопов и их работа; типы акустических преобразователей, их технические характеристики и применение; типы различных дефектов, их измеряемые характеристики; метрологическое обеспечение акустического контроля; методы оценки характеристик акустических дефектоскопов и преобразователей; области применения различных акустических методов; технологии акустического контроля конкретных объектов, по проверке качества которых дефектоскопист специализируется; техника безопасности при акустическом контроле. Практический курс должен предусматривать приобретение навыков по эксплуатации дефектоскопического оборудования, проведению дефектоскопии конкретных объектов, умение пользоваться действующей общесоюзной и отраслевой НТД.

При успешной сдаче экзаменов присваивается звание дефектоскописта по акустическому неразрушающему контролю, выдается соответствующее удостоверение с предоставлением права на ведение контроля конкретной группы объектов и выдачу заключения.

Дефектоскопистов, систематически работающих по акустическому контролю, подвергают проверочным испытаниям не реже одного раза в год. Как исключение, дефектоскопистам, систематически работающим по акустическому контролю определенного вида объектов и зарекомендовавших себя высококвалифицированными специалистами, решением квалификационной комиссии может быть продлено удостоверение на право контроля без проведения очередных испытаний. Дефектоскопистов, имеющих перерыв в работе по акустическому контролю свыше 6—12 месяцев, лишают права на выполнение контроля впредь до прохождения полного курса обучения в соответствии с вышеизложенными требованиями. Соответствующая переаттестация необходима также перед допуском к работам по дефектоскопии после временного отстранения за низкое качество работ, но не ранее, чем через один месяц.

Дефектоскописты не реже одного раза в год должны проходить медицинский осмотр.

Кроме правильной подготовки и проведения проверочных испытаний дефектоскопистов при организации и проведении УЗ контроля особое значение имеют создание условий, способствующих максимальной сосредоточенности оператора при работе, так как анализ информации при ручном контроле в значительной степени субъективен, а также стандартизация и соблюдение основных параметров контроля, проведение регулярных ревизий аппаратуры. Сосредоточенность дефектоскописта во время работы обуславливается рядом факторов: метеорологическими условиями (температура воздуха должна быть не ниже 5° С), комфортабельностью рабочего места, использованием дополнительных (звуковых, световых и др.) индикаторов дефектов, приспособлений для перемещения преобразователей и др.

Магнитопорошковый и капиллярный методы. К работам по магнитопорошковой и капиллярной дефектоскопии допускаются специалисты, не имеющие медицинских противопоказаний и получившие удостоверения об успешной теоретической и практической подготовке в соответствии с утвержденной программой.

Переаттестацию операторов, постоянно участвующих в контроле, рекомендуется проводить не реже одного раза в два года. При перерыве в работе более 6—12 месяцев их допускают к проведению контроля только после переаттестации. При неудовлетворительных результатах аттестации повторную проверку разрешается проводить не ранее, чем через месяц. При повторном (в течение года) пропуске недопустимых дефектов или нарушении технологической дисциплины дефектоскописта отстраняют от самостоятельной работы на срок не менее двух месяцев с соответствующей записью в удостоверении. Право дефектоскописта на самостоятельную работу может быть восстановлено после прохождения им соответствующей переподготовки и сдачи контрольных испытаний квалификационной комиссии.

Контроль в заводских условиях. Структура службы контроля качества должна учитывать выполнение обеих функций контроля — предупредительной и приемочной. Поэтому, наряду с работниками отдела технического контроля (ОТК) и дефектоскопистами в работе по контролю качества должны принимать активное участие и технологи, первоочередная задача которых в данном случае — анализ и устранение причин появления дефектов.

Информация о выявленном дефектоскопистами уровне качества продукции должна оперативно сообщаться технологам соответствующих отделов и одновременно поступать должностному лицу, ответственному за уровень качества продукции на заводе. В эти сведения необходимо включать статистику исправлений дефектов, а не только окончательный уровень качества продукции. Наличие данных только по окончательному браку делает систему активного управления качеством неэффективной из-за малочисленности и непредставительности статистических сведений о дефектах и их причинах. Дефектоскописты могут входить в состав центральной заводской лаборатории (ЦЗЛ), ОТК или специального подразделения дефектоскопии.

Для повышения эффективности контроля и применения методов дефектоскопии на каждом заводе горного машиностроения, крупных РМЗ, РРЗ и ЦЭММ необходимо организовать стационарную лабораторию дефектоскопии (неразрушающего контроля), представляющую собой единое подразделение и включающую в себя радиационную (радиоизотопную и рентгеновскую), ультразвуковую, магнитную, капиллярную группы (участки лаборатории). Кроме того, в состав лаборатории может входить группа эксплуатации, которая осуществляет постоянный надзор за состоянием аппаратуры и ее ремонт.

Дефектоскопические лаборатории являются достаточно гибким средством проведения дефектоскопии при решении различных задач контроля современного производства. Состав, количество и размеры помещений лаборатории определяются объемом и характером выполняемых работ по дефектоскопии. На небольших предприятиях могут быть созданы отдельные группы, решающие определенные задачи дефектоскопии.

Специалисты стационарных лабораторий могут в некоторых случаях выполнять дефектоскопию транспортабельных изделий, деталей, доставляемых с шахты и других предприятий определенного региона.

Кроме того, возможен вариант работы этих специалистов и на выезде. В этом случае в зависимости от объема работ, удаленности объектов и других конкретных условий при этих лабораториях должны быть автомашины для перевозки переносной аппаратуры и дефектоскопов или же специализированные передвижные лаборатории.

Стационарную лабораторию рекомендуется планировать так, чтобы все группы находились в одном здании (крыле здания) и сообщались между собой. При этом учитывается специфика используемых методов дефектоскопии и работы этих групп дефектоскопии.

Помещения группы радиационной дефектоскопии, предназначенные для размещения стационарных дефектоскопов и аппаратов рекомендуется располагать в отдельном крыле здания; размещение их в жилых зданиях и детских учреждениях запрещается, а также в полуподвальных и подвальных помещениях.

В состав лаборатории радиационной дефектоскопии для проведения просвечивания в стационарных условиях должны входить помещения площадью (в м^2) не менее: для просвечивания — 20—30 (например, рентгеновским аппаратом до 100 кВ — 30), пульта управления дефектоскопом (аппаратом) — 10, фотолаборатории — 10. Высота от пола до потолка (для рентгеновского участка) не менее 3 м. Для хранения архива необходимо предусмотреть специальное помещение, если архив радиограмм и неэкспонированной пленки превышает 80 кг.

Помещения, предназначенные для проведения работ по радиационной дефектоскопии, до сдачи их в эксплуатацию должны быть приняты комиссией в составе представителей заинтересованной организации, санэпидслужбы, технической инспекции профсоюзов и органов внутренних дел (для радиоизотопного участка). Комиссия устанавливает соответствие принимаемых помещений проекту, требованиям действующих норм и правил, наличие условий для сохранности источников излучений и эксплуатации помещений. Прием помещений оформляется актом, в котором указываются их назначение, тип источника излучения, его максимальная активность, тип дефектоскопа. На основании акта приемки при наличии инструкций по технике безопасности, документов по результатам медицинских осмотров местная санэпидслужба выдает учреждению санитарный паспорт (удостоверение), являющийся разрешением на проведение дефектоскопии. Копия санитарного паспорта направляется администрацией учреждений в органы внутренних дел, которые регистрируют у себя этот объект.

Проведение работ по дефектоскопическому контролю разрешается только в помещениях, указанных в санитарном паспорте. Выполнение работ, не связанных с дефектоскопией, в таких помещениях запрещается, если это не вызвано технологической необходимостью.

В тех случаях, когда на предприятии, кроме просвечивания в стационарных условиях, выполняют работы с применением переносных гамма-дефектоскопов, в составе помещений необходимо предусмотреть помещение для хранилища, площадь которого должна быть не менее 10 м^2 , из расчета 3 м^2 на один дефектоскоп.

Если используется не более двух дефектоскопов, то их можно хранить в колодцах, нишах или сейфах, оборудованных в помещениях для

просвечивания при наличии соответствующего разрешения санэпид-службы.

Для контроля за сохранностью, исправностью, правильным и безопасным использованием дефектоскопов должно быть выделено и оформлено специальным приказом компетентное должностное лицо.

Вызов дефектоскопистов для проведения работ по просвечиванию за пределами территории, на которую распространяется действие санитарного паспорта, разрешается только после согласования с санэпид-службой, курирующей данное предприятие и по месту вызова. При организации временных хранилищ вне территории учреждения требуется предварительное согласование с органами внутренних дел и санэпидслужбой.

Дефектоскопы с источниками излучения поставляются по заявкам, согласованным с санэпидслужбой и органами внутренних дел, и при поступлении в учреждения берутся на учет в приходно-расходном журнале.

К моменту получения радиоизотопных источников излучения администрация обязана определить приказом перечень лиц, отнесенных к категории облучения А — персонал (НРБ-76/86), обеспечить их обучение безопасным методам работы и провести с ними инструктаж. Санитарно-защитные зоны вокруг лаборатории по радиационной дефектоскопии не устанавливаются.

После выполнения определенного объема работ по радиографии обязательна сдача серебросодержащих отходов на завод вторичных драгоценных материалов согласно существующим нормам, порядку отгрузки и оформления отходов драгоценных металлов.

Администрация учреждения обязана разработать и утвердить детальные инструкции, в которых излагается порядок проведения работ, учета, хранения и выдачи дефектоскопов, содержания помещений, меры личной профилактики, система организации, объем и порядок проведения радиационного контроля, включая разработку мероприятий по предупреждению и ликвидации аварий. При любом изменении условий работы в эти инструкции должны своевременно вноситься необходимые дополнения и проводиться внеочередной инструктаж персонала и проверка знаний правил безопасной работы и личной гигиены.

В случае прекращения дефектоскопических работ администрация учреждения обязана своевременно информировать об этом органы внутренних дел, санэпидслужбу и техническую инспекцию профсоюза. Дефектоскопы подлежат передаче в другие учреждения или утилизации в установленном порядке.

На предприятиях (в учреждениях), в которых проводится радиационная дефектоскопия, должен быть организован систематический радиационный (дозиметрический) контроль. Согласно требованиям нормативных документов, контроль за радиационной безопасностью осуществляет специальная служба или компетентный специалист, выделенный из сотрудников подразделения дефектоскопии. Этот персонал (дозиметристы) до их назначения должен пройти специальную подготовку.

Группа (участок) УЗ дефектоскопии должна быть обеспечена:

серийными современными ультразвуковыми дефектоскопами с соответствующим комплектом преобразователей; проводкой питающего напряжения, переносными колодками сетевого питания, заземляющими шинами; стандартными и испытательными образцами для проверки работоспособности и настройки дефектоскопа с преобразователем; наборами слесарного, электромонтажного и измерительного инструмента; канцелярскими принадлежностями (мел, цветные карандаши, бумага); контактной жидкостью, масленкой, обтирочным материалом, фальцевой кистью; рабочими столами и верстаками; стеллажами и шкафами для хранения дефектоскопов и преобразователей, образцов, материалов и документации.

В помещении группы УЗ дефектоскопии необходимо создать достаточную освещенность на рабочих местах как за счет естественного освещения, так и искусственного.

Для группы (участка) магнитопорошковой дефектоскопии должны быть предусмотрены: подводка питающего напряжения; заземляющая шина; подставки, подъемные механизмы, поворотные стенды для обеспечения удобного доступа дефектоскописта к любому участку контролируемого изделия; поддоны для сбора суспензии с детали; шкафы для хранения переносных дефектоскопов, контрольных образцов, вспомогательных материалов и т. п.; подводка холодной и горячей воды, раковины; ванны (емкости) для магнитной суспензии. В помещении могут быть установлены также стационарные дефектоскопы и рабочие столы для контроля магнитных порошков и суспензий. Участок, кроме общего освещения, должен быть оборудован переносными источниками света для освещения контролируемой поверхности, освещенность которой должна быть не менее 500 лк (лампа 100 Вт на расстоянии 1 м). На участке должны быть средства пожаротушения.

Для проведения капиллярной дефектоскопии желательно иметь несколько обособленных площадей (комнат): в одной размещают аппаратуру, приспособления, образцы, специальные столы, вытяжные шкафы, специальный шкаф для хранения запасов материалов (красок, ацетона, бензина и пр.); в другой — окончательно осматривают детали на специально оборудованных столах с местным освещением (500 лк). Обязательно отводится площадь под гардероб и душевую. На участке должны быть холодная и горячая вода, система подачи теплого воздуха для просушки деталей, канализация, средства пожаротушения.

Для нанесения растворов (дефектоскопических материалов и промывки деталей распылением) рекомендуется применять красочные агрегаты. Хорошие результаты при контроле можно получить, используя дефектоскопические аэрозольные комплекты.

В стационарной лаборатории рекомендуется иметь механослесарную мастерскую, обслуживающую все группы с токарным, фрезерным, сверлильным, наждачным станками, слесарными верстаками. Наличие мастерской в составе лаборатории позволяет оперативно решать вопросы ремонта эксплуатируемой аппаратуры и приспособлений, изготовления необходимых образцов и приспособлений.

В штатах групп (участков) по методам при достаточных объемах работ должны быть предусмотрены должности инженеров по дефекто-

скопии (НК) и дефектоскопистов (ориентировочно в соотношении 1:4); при небольшом объеме работ по методам то же число инженерных должностей предусматривают на две или несколько групп.

Контроль в условиях шахт осуществляют дефектоскописты специализированных подразделений при обязательном присутствии представителя шахты, ответственного за эксплуатацию (ремонт) контролируемого оборудования, которому безотлагательно представляют информацию о выявленных дефектах или другим вышестоящим должностным лицам, в функции которых также входят ответственность и организация эксплуатации контролируемого оборудования. На основании информации о дефектах в конкретных элементах оборудования представители шахты или комиссии (в состав которой могут входить представители производственного объединения и, при необходимости, представители горно-технической инспекции) делают заключение о возможности дальнейшей эксплуатации проконтролированного оборудования либо намечают мероприятия, способствующие устранению возможного влияния обнаруженных дефектов на надежность и безопасность работы оборудования.

Специализированные подразделения дефектоскопии, проводящие контроль в условиях шахт и обслуживающие отдельный регион, должны иметь специальные автомашины (как правило, микроавтобусы) для перевозки переносных дефектоскопов, приспособлений и дефектоскопистов или специализированные передвижные лаборатории, выполненные на базе микроавтобуса «Латвия» или УАЗ, укомплектованные необходимой аппаратурой и вспомогательными принадлежностями для проведения магнитного, ультразвукового и радиационного (в частности, радиографического) контроля, а также фотообработки и расшифровки снимков (при необходимости быстрого получения результатов при оперативном контроле).

Известны передвижные дефектоскопические лаборатории (ПДЛ) по стандарту СЭВ двух типов — легкого и среднего. Опыт различных организаций и предприятий показал эффективность использования ПДЛ. Для проведения дефектоскопии на шахтах отрасли целесообразно использовать, в первую очередь, ПДЛ легкого типа, которая смонтирована на базе автомобиля «Латвия» или УАЗ и оборудована с расчетом выполнения полного цикла радиографического контроля, включая фотообработку и расшифровку снимков; внутри помещения разделено на несколько отсеков, один из которых темный (фотоотсек).

Контроль в монтажных условиях. В виду специфики монтажных условий уровень брака, как показывает практика, в несколько раз выше, чем в заводских. Особенно это характерно при освоении новых вариантов технологии. При этом большое внимание уделяется оперативности проведения дефектоскопии.

Дефектоскопия проводится при обязательном участии работника, ответственного за монтаж оборудования. Следует уделить особое внимание созданию нормальных условий для работы дефектоскопистов — безопасность и удобство в работе. В этих условиях целесообразно использовать ПДЛ легкого типа и в некоторых случаях ПДЛ среднего типа.

ПДЛ среднего типа предназначена для дефектоскопии в условиях

строительства (монтажа) крупных промышленных объектов при значительном объеме работ и длительном времени пребывания на объекте. Она размещена на базе двухосного фургона, транспортируемого на прицепе; внутри помещение разделено на три отсека: фото, лабораторный и административно-бытовой, имеющий два спальных места. Лаборатория укомплектована средствами радиографического, УЗ и магнитопорошкового контроля, набором жидкостей для капиллярной дефектоскопии и др.

В отрасли должен быть координационно-методический центр по дефектоскопии (неразрушающему контролю), решающий централизованно вопросы подготовки и аттестации дефектоскопистов и базовых организационных и методических (технологических) разработок по дефектоскопии. Могут быть созданы региональные учебные и аттестационные пункты. В перечисленных же выше группах дефектоскопии производятся привязка технологии дефектоскопии к конкретным задачам и условиям производства и практическое внедрение, разработка простых методик контроля и приспособлений.

2.3. ПОДГОТОВКА ОБОРУДОВАНИЯ И ДЕТАЛЕЙ К ДЕФЕКТΟΣКОПИИ

Проведению дефектоскопии деталей и узлов оборудования предшествуют подготовительные работы, задачей которых является обеспечение полной безопасности работ, доступа к контролируемым участкам, требуемого качества их поверхности для проверки соответствующим методом (или методами).

Для проведения дефектоскопии, как правило, необходим доступ к любой поверхности контролируемых деталей, поэтому оборудование, находящееся в эксплуатации, необходимо разобрать; для этого разбирают тормозные системы, подвесные устройства шахтных подъемных установок, компрессорные установки и т. д.

Подготовительные работы выполняет персонал предприятия, выпускающий или эксплуатирующий оборудование, согласно технологическим процессам или мероприятиям, разработанным в соответствии с установленным порядком. Общее руководство осуществляют ответственные за выпуск или эксплуатацию конкретного оборудования лица; на шахте — ответственные представители энергомеханической службы, непосредственное — бригадир или лицо, его заменяющее.

Все работы, связанные с дефектоскопией любых элементов подъемных установок, проводят при надежно застопоренной подъемной машине.

Демонтаж (и монтаж) деталей необходимо производить с использованием средств механизации (кранов, лебедок, талей и т. п.) и соблюдением мер безопасности.

Работы в стволе (при демонтаже подвесных устройств для дефектоскопии, толщинометрии трубопроводов, проводников и пр.) проводят с разрешения соответствующих служб после уведомления об этом машиниста подъемной установки. При этом категорически запрещается

вести какие-либо работы в стволе, районе бункера, на нулевой отметке и приемных площадках горизонтов, которые должны быть очищены от посторонних предметов. На весь период работ должны быть обеспечены громкоговорящая двухсторонняя радиосвязь и сигнализация между находящимися в стволе и машинистом подъема.

Демонтаж (и монтаж) подвесных устройств и парашютов производится после установки порожних подъемных сосудов на перекрытие ствола и их надежной фиксации. Свободный раздел ствола перекрывается лядами. Нулевая площадка должна быть хорошо освещена.

Разобрать копровой шкив или барабан подъемной машины в условиях шахты невозможно, поэтому контроль осей копровых шкивов и коренных валов проводится с минимальным объемом разборки. При дефектоскопии этих деталей должны быть предусмотрены мероприятия, позволяющие проворачивать их с целью обеспечения необходимого доступа к контролируемым участкам.

Подготовка осей копровых шкивов к дефектоскопии заключается в обеспечении доступа к торцам оси, для чего необходимо снять торцевые крышки и упорные шайбы подшипников.

Для проведения дефектоскопии коренных валов должны быть сняты крышки подшипников и упорные шайбы с торца или верхние крышки подшипников скольжения.

Для обеспечения доступа к контролируемым участкам компрессоров необходимо снять верхние крышки опорных подшипников центробежных компрессоров и коренных подшипников поршневых компрессоров, подшипников шатунных шеек, разобрать цилиндр и снять поршень со штоком, снять муфту центробежного компрессора.

При проведении дефектоскопии сварных соединений и толщинометрии труб, котлов, резервуаров для повышения достоверности контроля рекомендуется освободить их от жидкости.

При просвечивании к контролируемой детали (участку) должен быть обеспечен доступ с источником и преобразователем излучения; на пути излучения не должны находиться и проецироваться на изображение объекта посторонние элементы конструкции; при этом сама деталь должна быть неподвижна.

Подготовка поверхностей деталей к контролю заключается в тщательной их очистке с помощью шаберов, напильников, металлических щеток, наждачной бумаги, протирании ветошью. Каждый метод имеет некоторые свои особенности.

При радиографии контролируемые участки зачищаются от шлака, брызг металла и других загрязнений, изображение которых на снимках могут помешать расшифровке.

При проведении УЗ контроля, при котором перемещается преобразователь, поверхность деталей не должна иметь неровностей, с нее должны быть удалены отслаивающаяся окалина, ржавчина, брызги металла, загрязнения, покрытия, препятствующие прохождению УЗ. Размеры зачищенных участков должны обеспечивать возможность полного прозвучивания контролируемого объема детали.

При ультразвуковой толщинометрии на деталях, трубах, металлоконструкциях подготовленная площадь мест измерений должна быть не

менее площади контактной поверхности преобразователей, используемых при контроле. После этого на предварительно подготовленную поверхность детали наносится контактная смазка: минеральные масла, автотлы, солидол, вазелин, глицерин, мягкие пластмассы, специальные (более сложные) составы смазок, магнитные жидкости и т. п.

Детали, подвергающиеся магнитному контролю, должны быть очищены от покрытий, мешающих их намагничиванию или смачиванию (изоляционные покрытия, отслаивающаяся окалина, масла и т. д.). Перед проведением контроля с использованием черного магнитного порошка контролируемые участки деталей покрывают тонким слоем (до 10 мкм) светлой нитрозмали аэрозольным способом.

Подготовка деталей к капиллярному контролю включает очистку контролируемой поверхности и полостей дефектов от загрязнения, лакокрасочных покрытий, моющих составов и дефектоскопических материалов, оставшихся от предыдущего контроля. Возможны различные способы очистки и зачистки контролируемых поверхностей деталей.

Механический — очистка с помощью абразивного материала или механической обработки поверхности напильниками, шаберами, металлическими щетками, наждачной бумагой, на станках или с помощью специальных приспособлений. Участки резьбы можно также очищать небольшими отрезками ножовочных полотен по металлу, узкими скрученными полосками наждачного полотна, ниточной (веревочной) ветошью. Для очистки мест переходов и других подобных участков деталей можно применить склеенные полоски мягкого наждачного полотна, закрепленные в обойме, вставляемой в патрон электро- или пневмозверла.

Термический — очистка металлических поверхностей с помощью горелки для газовой сварки или бензореза.

При подготовке к капиллярной дефектоскопии применяют также растворяющий, химический, ультразвуковой, тепловой и другие методы очистки.

Шероховатость поверхности контролируемых деталей для выполнения ультразвукового и магнитопорошкового (уровень чувствительности В) контроля должна быть $R_z = 20—80$ мкм и оценивается визуально путем сравнения с поверхностью испытательного образца, шероховатость которого может быть измерена специальными приборами.

Обнаруженные при дефектоскопии недопустимые дефекты в определенных случаях (в первую очередь это касается поверхностных дефектов) могут быть устранены или исправлены. Устранять дефекты необходимо без снижения регламентированного запаса прочности для конкретной детали, после чего этот участок детали контролируют повторно. Кроме того, можно исправить дефектные участки, обнаруженные при визуальном контроле и дефектоскопии отливок, сварных соединений.

Детали, в которых при визуальном контроле обнаружены поверхностные дефекты, допускают к дальнейшей дефектоскопии только после их устранения (исправления). Дефекты устраняют (до полного их исчезновения) механически, снимая металл напильниками, шаберами, шлифмашинкой, обрабатывая на станках по всей протяженности дефекта, обеспечивая плавный переход к неповрежденной поверхности детали.

Сварные соединения, как правило, подвергают дефектоскопии при отсутствии (после устранения или исправления) наружных дефектов. После зачистки деталей и устранения недопустимых дефектов в ряде случаев (например, при контроле сварных соединений) производится разметка и маркировка контролируемых участков, система которых устанавливается НТД.

2.4. ДОКУМЕНТАЦИЯ ПО ДЕФЕКТОСКОПИИ

Четкое ведение контрольно-технической документации — одно из важных условий повышения качества продукции. Документация по контролю качества деталей и узлов оборудования должна обеспечить соблюдение ГОСТов, ОСТов, систему оценки качества, отбраковки негодной продукции, а также возможность оперативного воздействия на технологию изготовления или эксплуатации контролируемого оборудования.

Четкому и качественному выполнению, а также унификации работ по дефектоскопии способствуют операционные карты дефектоскопии, в которых указывают перечень деталей и зоны контроля на них, аппаратуру и параметры контроля, основные данные по технологии дефектоскопии, критерии оценки качества.

В документации по результатам дефектоскопии, как правило, содержатся следующие данные: тип оборудования, его заводской, регистрационный номер; место установки оборудования; название нормативного документа, согласно которому проведена дефектоскопия; наименование проконтролированных деталей и узлов; тип и заводской номер дефектоскопа, результаты осмотра и дефектоскопии; клеймо бригады дефектоскопистов; наличие устранения дефектов; результаты повторной дефектоскопии, фамилия дефектоскописта, дата контроля.

Документацию по результатам дефектоскопии различного оборудования оформляют в виде протокола дефектоскопии в двух экземплярах: один — для контролирующей организации, второй — для предприятия-заказчика (шахта и др.); в случае обнаружения дефектов к протоколу прилагают эскиз дефектной детали (или ее участка) с указанием измеряемых характеристик дефектов, а третий дополнительный экземпляр протокола передают вышестоящей организации (например, ПО).

Детали (участки) и узлы оборудования, которые по каким-либо причинам не были проконтролированы, перечисляют в графе «Примечание» протокола дефектоскопии с указанием причины невыполнения контроля.

Отметку о проведении дефектоскопии делают также в специальных книгах по осмотру конкретного оборудования. В ряде случаев должна быть сокращенная запись результатов контроля, регламентируемая НТД.

Целесообразны единые формы документации по результатам дефектоскопии оборудования, что позволяет провести достоверный статистический анализ и установить операции и причины, не обеспечивающие надлежащее качество изготовления или эксплуатации оборудования.

Ответственность за правильное и своевременное оформление доку-

ментации по дефектоскопии несут дефектоскописты, непосредственно выполнявшие контроль, и руководитель подразделения дефектоскопии.

Форма протокола дефектоскопии

УТВЕРЖДАЮ:

(наименование организации, производящей дефектоскопию)

Главный инженер _____

ПРОТОКОЛ № _____

дефектоскопии _____

(наименование оборудования)

_____, установленной _____

(заводской №, регистрационный №) (место установки)

нормативный документ, по которому произведена дефектоскопия

№№ пп	Наименование проконтролиро- ванных деталей	Тип и заводской № дефек- тоскопа	Результаты осмотра	Результаты дефекто- скопии	Клеймо	Результаты повтор- ного осмотра (а) и дефектоско- пии (б)	Клеймо	Приме- чание
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Руководитель подразделения дефектоскопии _____ « _____ » 19 ____ г.
повторно _____ « _____ » 19 ____ г.

Дефектоскопию произвели _____ « _____ » 19 ____ г.

Дефектоскопию произвели повторно _____ « _____ » 19 ____ г.

ГЛАВА 3

ТЕХНОЛОГИЯ ДЕФЕКТΟΣКОПИИ

Для изготовления деталей оборудования используют литые, штампованные и заготовки из проката, поковки, соединения элементов конструкций сваркой.

При организации работ по дефектоскопии на заводах-изготовителях и ремонтных предприятиях отрасли необходимо контролировать наиболее ответственные заготовки и сварные соединения деталей с целью поиска недопустимых технологических дефектов. Это существенно повышает надежность, долговечность оборудования и безопасность при его работе.

Полное использование ресурса оборудования может быть обеспечено при условии своевременного выполнения комплекса мер по техническому обслуживанию, текущему и капитальному ремонту.

Эффективность использования оборудования в большой степени

обеспечивает своевременность и качество капитального ремонта. Капитальный ремонт ГШО и оборудования открытых разработок включает комплекс работ, выполняемых на специализированных предприятиях (технологически сложного — на рудоремонтных заводах, менее сложного — на ремонтно-механических и в центральных электромеханических мастерских производственных объединений) или непосредственно на месте его установки и направленных на восстановление его работоспособности. Целесообразность капитального ремонта определяется возможностью повторного использования восстанавливаемых деталей, технической возможностью восстановления ресурса машин в минимальные сроки, невысокой себестоимостью работ. Очень важное значение при этом имеет дефектоскопия с целью поиска технологических дефектов в наиболее ответственных заготовках, служащих для изготовления новых деталей взамен изношенных; повторно-используемых деталей и узлов оборудования для поиска в них усталостных дефектов. Необходим сплошной или выборочный контроль заготовок, и обязательно — сплошной контроль деталей, повторно используемых при ремонте оборудования. Отношение к внедрению дефектоскопии в этом случае должно быть однозначным: небольшие первоначальные затраты, которые несут предприятия при внедрении контроля, окупаются значительной экономией на шахтах, и отрасли в целом.

3.1. КОНТРОЛЬ ЗАГОТОВОК

Контроль литых заготовок (отливок). Наиболее распространенные дефекты в отливках описаны ранее, рассмотрим характерные места их расположения. Газовые раковины в зависимости от причин образования концентрируются группами на отдельных участках или распределяются по всей массе отливки. Усадочные раковины (одиночные или скопления) располагаются обычно в массивных частях отливки рядом с сопряжением тонкого и толстого сечений. Трещины встречаются преимущественно в местах резкого изменения сечений отливок. В угловых участках отливок вероятно образование усадочных раковин и трещин.

Дефектоскопию отливок можно производить радиационным, УЗ и магнитным методами; метод и объем контроля определяется ТУ. Чаще всего, контролируют радиационным или УЗ методом, реже магнитным, или сочетанием указанных методов. При необходимости более точной оценки параметров дефектов в зависимости от состояния поверхности и норм браковки выполняют сплошной УЗ контроль отливок и дополнительное просвечивание дефектных участков или же просвечивание и дополнительно — магнитопорошковый контроль, или УЗ контроль и дополнительно — магнитопорошковый. Контролировать можно как перед механической обработкой, так и после черновой механической обработки.

Литые изделия направляют на контроль после отрезки литников, выпаров и зачистки этих мест заподлицо с поверхностью отливок, а также удаления с поверхности отливок заусенцев и облоев и из внутренних полостей — стержневой земли и проволоки каркасов. Кроме того, перед радиационным контролем отливки рекомендуется подвергать абразивной обработке.

При радиографическом контроле отливок источник излучения выбирают в зависимости от толщины и плоскости металла. Схемы просвечивания следует выбирать так, чтобы просвечивание велось через одну стенку, причем, в первую очередь тех участков отливок, на которых чаще встречаются дефекты, а также особо ответственные участки, несущие максимальные нагрузки. Отливки сложной формы и крупные просвечивают по частям (участкам), по типовым схемам в зависимости от конкретных условий, нередко с применением компенсаторов. При дефектоскопии полых отливок целесообразно использовать схему панорамного просвечивания. Ультразвуковой контроль отливок (даже ручной) до настоящего времени следует считать весьма ограниченным. Это объясняется сложной формой отливок, значительной шероховатостью поверхности, крупнозернистой структурой, различием в величине зерна между толстыми и тонкими сечениями.

Стальное литье контролируют УЗ после термической обработки (нормализации, отжига), измельчающей структуру металла; частота ультразвука — 1—2 МГц. Возможен контроль некоторых отливок простой формы, отлитых центробежным способом, не прошедших термообработку. Контроль проводится эхо- или зеркально-теневым методом чаще всего прямыми преобразователями. Прозвучивать следует по кратчайшему расстоянию от поверхности сканирования, удобной для ввода УЗ. Следует отметить, что контроль литья по необработанной шероховатой поверхности до настоящего времени представляет сложную задачу, так как необходимы специальные преобразователи, которые промышленность не выпускает.

Контроль чугунных отливок УЗ — еще более трудная задача, чем контроль стальных. Эхо-методом можно контролировать отливки из отбеленного чугуна и чугуна со сфероидальным графитом при толщине изделия не более 100—200 мм и то на пониженных частотах (до 0,5 МГц).

Магнитный или капиллярный метод контроля отливок можно использовать для поиска поверхностных дефектов или уточнения параметров таких дефектов после УЗ дефектоскопии.

Контроль литья магнитопорошковым методом — один из достаточно сложных вопросов дефектоскопии, что связано с большой шероховатостью поверхности, нередко сложной формой отливки, наличием дефектов, расположенных под небольшим углом (до 20°) к поверхности. На отдельных участках деталей сложной формы (с отверстиями, перегородками и пр.) образуется полусность, которая вызывает налипание порошка по кромкам и зонам резкого изменения сечения, что снижает чувствительность контроля. Для уменьшения фона на поверхности рекомендуется использовать суспензию с пониженным содержанием ферромагнитного порошка.

Дополнительные сложности возникают при контроле литья, в структуре металла которого имеется аустенит, вызывающий оседание порошка в виде изогнутых, похожих на трещины, черточек; в данном случае чувствительность контроля должна быть такова, чтобы ложные оседания порошка не мешали расшифровке дефектов.

Литые изделия, выполненные методами точного литья, контроли-

руют с достижением условного уровня чувствительности Б или В; методом литья в землю и кокиль — с достижением уровня чувствительности В; в остальном технология дефектоскопии обычная.

Описанную технологию дефектоскопии можно использовать при контроле отливок корпусов комбайновых электродвигателей и редукторов, грушевидных коушей подвесных устройств и др.

Контроль поковок и штамповок осуществляется УЗ или магнитным методом дефектоскопии.

Ультразвуковой контроль поковок, особенно крупногабаритных, — одно из наиболее эффективных применений УЗ в дефектоскопии. Структурные зерна металла поковки вытянуты в направлении течения его, что определяет ориентировку многих дефектов, представляющих тонкие плоские участки несплошностей, такие дефекты практически невозможно выявить методами просвечивания. Проведение дефектоскопии должно быть предусмотрено на той стадии технологического процесса, когда поковка имеет наиболее простую геометрическую форму и максимальный припуск. Поверхности поковки, по которым перемещается преобразователь, при необходимости подвергают механической обработке.

Контроль проводится эхо- и зеркально-теневыми методами продольными и поперечными волнами. В зависимости от размеров и затухания УЗ волн поковки прозвучивают на частотах 0,5—5 МГц (крупнозернистые — на частотах 0,5—2 МГц, небольших размеров с мелкозернистой структурой — на частотах 2—5 МГц).

Для прозвучивания поковок в полном объеме устанавливают такую схему, чтобы весь объем металла был прозвучен в трех взаимноперпендикулярных направлениях или близких к ним.

Поковки прямоугольного сечения рекомендуют, в первую очередь прозвучивать прямым преобразователем, перемещая его по поверхности, со стороны которой производился последний этапковки, так как большинство дефектов располагается параллельно этой поверхности. Цилиндрические поковки прозвучивают нормальным преобразователем с торцевой и боковой поверхностей, а также наклонным с боковой поверхности в двух направлениях, перпендикулярных образующей.

При контактном способе контроля цилиндрических поковок наклонными преобразователями в направлении, перпендикулярном образующей, рабочая поверхность преобразователя притирается по поверхности поковки; при контроле могут быть использованы также насадки и опоры для фиксации угла ввода.

При обнаружении дефектов оценивают их основные характеристики: координаты, эквивалентный размер (или площадь), условную протяженность; для определения размеров можно использовать контрольные (испытательные) образцы или АРД-диаграммы.

Ультразвуковому контролю подвергают различные поковки, используемые для изготовления коренных валов и деталей тормозных систем ШПМ, крюков подъемных механизмов, коленвалов брикетных прессов, кузнечных и прессовых штампов, прессформ, матриц, пуансонов и др.

Ультразвуковой контроль штамповок вызывает большие трудности, чем контроль поковок, так как они часто имеют более сложную форму. Контроль проводят эхо-методом продольными волнами на частотах

2—5 МГц, в некоторых случаях (небольшая толщина и простая форма штамповки) его можно проводить с использованием волн Рэлея или Лэмба. Необходимо тщательно выбирать наиболее рациональное направление прозвучивания (перпендикулярно к направлению волокон металла) и места установки преобразователей. Сплошному УЗ контролю подвергаются, например, штампованные крюки литейных кранов.

Контроль проката. Листы (плиты) контролируют в основном эхометодом или теневым продольными или поперечными волнами с минимально возможным углом ввода на частотах 1,5—5,0 МГц. Листы малой толщины эффективно контролируют волнами Лэмба.

Прутки круглого, квадратного и прямоугольного сечений контролируют с помощью продольных и (или) поперечных волн на частотах 0,5—5 МГц. Ультразвуковые колебания в металл можно вводить различными способами. При контроле в зависимости от используемого УЗ метода фиксируют амплитуду или ослабление ее и условную протяженность дефекта.

При изготовлении ГШО контролируют заготовки ответственных деталей парашютов для шахтных клеток, подвесных устройств шахтных подъемных установок, деталей тормозных систем ШПМ, дужек проходческих бадей. Трубы (трубчатые детали) ответственного назначения контролируют для определения поверхностных и внутренних дефектов, которые могут располагаться вдоль (волосоины) или поперек оси (трещины), или параллельно образующей (расслоения).

При контроле качества сплошности металла труб применяют эхоимпульсный, эхо-теновой, теневой или зеркально-теновой методы. Трубы малых и средних диаметров с небольшой толщиной стенки контролируют продольными волнами, а толстостенные — поперечными по окружности или вдоль образующей. При контактном способе контроля рабочую поверхность преобразователя притирают по поверхности трубы или используют насадки и опоры на преобразователь. В качестве испытательного образца используют бездефектный отрезок трубы.

При контроле труб для настройки чувствительности используют угловые отражатели типа зарубки и сегмента, плоскодонного отверстия и прямоугольного паза. Основная измеряемая характеристика дефектов, по которой разбраковывают трубы, — амплитуда эхо-сигнала от дефекта. Выявленные дефекты труб характеризуются эквивалентной площадью и условными размерами. Такой контроль необходим для трубчатых конструкций экскаваторов и труб бурового инструмента.

3.2. КОНТРОЛЬ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

При изготовлении и ремонте деталей, узлов и металлоконструкций оборудования широко применяют соединения деталей сваркой. Наиболее распространены изготовленные ручной или автоматической (полуавтоматической) сваркой из углеродистой или низколегированной стали следующие виды сварных соединений: стыковые, тавровые, угловые и внахлестку с различной подготовкой кромок свариваемых деталей. Толщина свариваемых деталей от 4 до 50 мм.

Для контроля указанных соединений применяют радиационный, ультразвуковой и магнитный методы дефектоскопии. Выбор метода зависит от типа и толщины сварных соединений, вида сварки, качества поверхности околошовной зоны стыкуемых деталей, технических норм браковки, условий проведения контроля. Для повышения достоверности контроля иногда применяют комплексную дефектоскопию двумя методами, причем один применяют как основной, а другой — как дублирующий в сомнительных случаях или при контроле мест с дефектами для уточнения их параметров. Так, радиационный метод обладает достаточно высокой чувствительностью к выявлению точечных дефектов (пор, включений), возможностью определения вида, формы и размеров дефекта, документальностью контроля, однако он недостаточно чувствителен к выявлению произвольно ориентированных трещин и непроваров, трудноемо, требует обязательного обеспечения радиационной безопасности. Ультразвуковой метод обладает высокой чувствительностью к выявлению тонких трещин и непроваров, но хуже выявляет точечные дефекты, при этом трудно определить вид, форму и их размеры, обеспечить документальность контроля. Магнитные методы (в частности, магнитопорошковый) используют для поиска поверхностных дефектов в сварном шве и околошовной зоне.

Общие требования к качеству сварных соединений изделий угольного машиностроения определены ОСТ 12.44.107-79. Объем контроля должен быть указан в НТД.

Дефектоскопия необходима при установлении качества сварных соединений ответственных металлоконструкций копров, грузоподъемного оборудования, транспортно-отвальных мостов и экскаваторов, бункерпитателей (при гидродобыче и гидрозакладке), клетей и скипов, бурильных штанг, емкостей, котлов и пр.

Радиографический контроль. Из всех методов радиационного контроля сварных соединений наиболее широко применяют радиографический, позволяющий получить на снимке теневое изображение просвечиваемого участка сварного соединения. При контроле выявляют дефекты: непровары, поры, включения, трещины, наружные дефекты, недоступные для внешнего осмотра, превышение проплава и т. п. При радиографии не выявляют дефекты, если их протяженность в направлении излучения менее удвоенной чувствительности контроля; если изображения дефектов совпадают на снимке с другими затрудняющими расшифровку изображениями; непроваров и трещин, раскрытием менее 0,1 мм для сварных соединений толщиной до 40 мм и менее 0,25% от толщины для сварных соединений толщиной более 40 мм; непроваров и трещин, плоскость раскрытия которых не совпадает с направлением излучения; включений с коэффициентом ослабления излучения, близким к коэффициенту ослабления для металла шва.

При радиографии соблюдают следующую последовательность операций: изучение чертежей и НТД по качеству сварных соединений деталей, технологии изготовления или ремонта изделия, условий контроля; определение толщины металла в направлении просвечивания; выбор источника излучения, фотоматериалов и схем зарядки кассет; определение основных параметров просвечивания; подготовка контролируемого

объекта к просвечиванию; установка режима просвечивания, просвечивание объекта; фотообработка снимков, расшифровка снимков с оформлением протокола о результатах просвечивания; учет работ и архива по радиографии. Подготовка к радиографии объекта контроля изложена в 2.3.

Схемы просвечивания выбирают по ГОСТ 7512—82 так, чтобы обеспечить наилучшую выявляемость недопустимых дефектов; для выявления трещин и несправов направление просвечивания должно быть близким к плоскости их раскрытия. При контроле по одним схемам направление излучения должно совпадать с плоскостью контролируемого сварного соединения, по другим — направление излучения следует выбирать таким, при котором изображения противолежащих участков сварного соединения не накладывались бы друг на друга.

Для всех видов сварных соединений и схем просвечивания угол между направлением излучения и нормалью к пленке в центре снимка и расстояние между контролируемым сварным соединением и пленкой должны быть минимальными и в любом случае не превышать 45° и 150 мм соответственно.

После выбора оптимальной схемы просвечивания определяют максимальную толщину металла в направлении излучения и, исходя из заданных чувствительности и производительности контроля, выбирают источник и преобразователь излучения. Источник излучения — в зависимости от условий контроля с учетом преимуществ и недостатков, характерных для рентгеновских аппаратов и гамма-дефектоскопов. Рентгеновские аппараты непрерывного излучения применяют в стационарных и цеховых условиях; гамма-дефектоскопы, в тех же условиях, но для просвечивания изделий большой толщины и также в полевых — при отсутствии источников питания; в монтажных преимущества отдается переносным импульсным рентгеновским аппаратам.

Энергию излучению выбирают в зависимости от толщины просвечиваемого металла с учетом достижения необходимой чувствительности и производительности контроля. Для обеспечения высокой чувствительности контроля излучение должно быть достаточно мягким; с увеличением толщины для повышения производительности контроля энергия излучения увеличивается. В результате для данного значения толщины металла оптимален определенный энергетический диапазон излучения, удовлетворяющий указанным факторам, отчего зависит выбор радиоактивного источника (см. табл. 1.1); при рентгенографии энергия излучения определяется величиной напряжения на рентгеновской трубке.

Исходя из требуемой энергии излучения, выбирают такие рентгеновские аппараты, диапазон напряжений на рентгеновской трубке у которых перекрывает требуемое. При контроле в нестационарных условиях следует брать тот аппарат, у которого максимальное напряжение на трубке, наиболее близкое к требуемому.

Выбор рентгеновских аппаратов и источников излучения уточняется после определения ориентировочного времени просвечивания материала заданной толщины с учетом интенсивности излучения (силы тока) и конкретных радиографических пленок и экранов. Окончательный выбор делают по результатам сравнительной оценки технико-экономической

эффективности применения всех тех аппаратов, которые технически подходят для решения поставленной задачи с учетом требуемой чувствительности и производительности контроля.

При радиографии в зависимости от энергии излучения, требуемой чувствительности и производительности контроля в качестве преобразователей (детекторов) излучения обычно используют радиографическую пленку с усиливающими металлическими и флюоресцирующими экранами или без них.

При выборе преобразователя излучения следует руководствоваться следующим: если решающий фактор — получение снимка высокого качества, обеспечивающего надежное выявление мелких дефектов, то выбирают пленку высокого класса; если небольшое время просвечивания, то — пленку более низкого класса. Рентгеновскую пленку IV класса РТ-2 с флюоресцирующими экранами необходимо применять во всех случаях, когда удастся выявить недопустимые по ТУ дефекты; если же они не выявляются, применяют пленки более высокого класса — III (РТ-1), II (РТ-3, РТ-4), I (РТ-5) с металлическими экранами или без них.

Для сокращения времени просвечивания, которое в производственных условиях, как правило, не должно превышать нескольких минут, применяют усиливающие экраны в виде свинцовых, оловянных и оловянисто-свинцовых фольг и усиливающие флюоресцирующие экраны: кальциево-вольфрамовые, свинцово-баритовые, цинк-кадмий-сульфидные.

Для достижения максимального коэффициента усиления толщина металлического экрана должна быть равна длине пробега электрона в нем. В зависимости от энергии наиболее широко применяемых при радиографии источников ИИ рекомендуется следующая толщина передней и задней фольги (в мм): для рентгеновского до 100 кВ — 0—0,02; от 100 до 300 кВ — 0,05—0,09; тулий-170 — 0,09—0,16; иридий-192 — 0,16—0,20; цезий-137 — 0,20—0,50.

Коэффициент усиления металлической фольги зависит от энергии излучения; при достижении оптической плотности 1,5—1,8 и оптимальной толщине экранов он равен примерно двум.

Коэффициент усиления флюоресцирующих экранов зависит от типа экрана, нагрузки светосостава, энергии и интенсивности излучения и может меняться также от качества применяемой пленки, времени ее хранения, состава проявителя, условий фотообработки и пр., поэтому для каждого конкретного случая его рекомендуют уточнить экспериментально. Некоторые технические характеристики усиливающих флюоресцирующих экранов представлены в табл. 3.1.

В практике радиографии наиболее широко применяют следующие схемы зарядки кассет: СЭ—РП—СЭ, ФЭ—РП—ФЭ (СЭ — свинцовый экран, РП — рентгеновская пленка, ФЭ — флюоресцирующий экран). Для получения двух рентгенограмм при контроле ответственных деталей или невозможности повторения съемки заряжают по две пленки в кассету по схеме: СЭ—РП—СЭ—РП—СЭ; ФЭ—РП—ФЭ—РП—ФЭ.

Для защиты пленки от рассеянного излучения рекомендуется экранировать кассету с пленкой со стороны, противоположной источнику излучения, свинцовыми экранами. Толщина защитных экранов при

Таблица 3.1

Флуоресцирующий экран	Люминофор	Коэффициент усиления K для		Области применения	
		$E_{\text{кр}} = 50 \text{ кВ}$ ($U = 80 \text{ кВ}$)	$E_{\text{кр}} = 150 \text{ кВ}$ ($U = 180 \text{ кВ}$)	Напряжение рентгеноаппаратов, кВ	Радиоактивные источники
ЭУ-В2 («Стандарт»)	CaW_4	1	1	10—60	—
СБ(ЭУ-Б)	(Ba, Pb) SO_4	1,8	1,2	60—120	Америций-241
УС		3	1,5	120—200	Тулий-170
ЭУ-В3 (УФДМ)	CaWO_4	1,8	1,9	150—300	Селен-75
ВП-1	CaWO_4	2	3	200—400	Иридий-192
ВП-2	CaWO_4	2,5	4,4	300—1000	Цезий-137
УФД	CaWO_4	3	4,5		Co^{60}

Примечание. При использовании экрана «Стандарт» $K = 1$.

рентгеновском излучении с энергией до 200 кВ и изотопов Тулия-170 — до 1 мм; рентгеновском излучении свыше 200 кВ, изотопов Иридий-192 и Цезий-137 — от 1 до 2 мм.

Кроме жестких и гибких кассет, выпускаемых промышленностью, можно использовать конверты, приготовленные из черной неактивной бумаги или другого светонепроницаемого материала, куда помещают рентгеновские пленки или другой фотоматериал и усиливающие и защищающие от рассеянного излучения экраны. Кассеты должны обеспечивать полную светонепроницаемость и плотный прижим экранов к пленке.

Нарезать пленку и фотобумагу рекомендуют с помощью специального резака, позволяющего быстро и точно получить нужные размеры. Во время зарядки и разрядки кассет следует осторожно обращаться с пленкой, не допускать ее загрязнений, царапин и т. д. Экраны должны иметь чистую, гладкую поверхность; складки, царапины, трещины, надрывы и другие дефекты не допускаются.

После зачистки сварного соединения и устранения недопустимых наружных дефектов сварное соединение размечают на участки и маркируют. Маркировочные знаки устанавливают на контролируемом участке или на кассете с пленкой так, чтобы их изображения не накладывались на изображение сварного шва. Маркировочные знаки при сплошном контроле устанавливают на границах размеченных участков наплавленного и основного металлов. В качестве маркировочных знаков применяют свинцовые цифры, буквы и стрелки (ГОСТ 15843—79), которые крепят на контролируемом участке липкой лентой, пластилином или помещают их в специальный пенал с магнитами, а также в карманы кассеты.

Перед контролем на участке сварного соединения устанавливают эталоны чувствительности со стороны, обращенной к источнику излучения: проволоочные эталоны — непосредственно на шов с направлением проволок поперек шва, канавочные и пластинчатые — рядом со швом

с направлением эталона вдоль шва. Эталоны чувствительности можно устанавливать на сварном соединении с помощью тех же приспособлений, что и маркировочные знаки, иногда, помещая их в кармане кассеты.

Кассеты с пленкой рациональнее всего крепить на контролируемом участке шва с помощью магнитных прижимов типа МД-1; в некоторых случаях можно использовать механические прижимы, вакуумные резиновые присоски, резиновую ленту с зажимами и др.

Для быстрой и точной установки аппаратов с источниками излучения в положение просвечивания в монтажных, полевых или цеховых условиях рекомендуется использовать универсальный портативный малогабаритный складывающийся штатив, изготовленный из труб, к которым приварены планки с прорезями для крепления радиационной головки или высоковольтного рентгеновского блока; фиксирующие планки придают штативу устойчивое положение при просвечивании; шарниры позволяют быстро и удобно складывать штатив. Для надежного закрепления аппаратов на штативе необходимы лишь незначительные дополнения в их узлах крепления.

При контроле сварных соединений трубчатых и других металлоконструкций для установки аппаратов с источниками излучения в необходимом положении удобно применять специальное приспособление (подвес). На объекте контроля с помощью цепи с натяжным винтом крепят основание с кронштейном; перемещая держатель с аппаратом по кронштейну, его закрепляют в нужном положении относительно шва.

Для определения, согласно ГОСТ 7512—82, направления пучка излучения при просвечивании швов различных типов (рис. 3.1) и необходимого положения аппарата с источником излучения / относительно просвечиваемого сварного соединения рекомендуют применять специальный центратор-угломер, крепящийся на изделии с помощью магнитов. Телескопический указатель 3 с нанесенными делениями фокусного расстояния указывает расположение оси пучка излучения. Стойки 2 поворачиваются (при контроле тавровых и угловых соединений) в шарнирах планки 4, на которой перемещается, поворачивается и фиксируется указатель. На одной из стоек нанесена миллиметровая шкала, используемая при контроле соединений внахлестку и показывающая толщину наружного листа. Сменная шкала, крепящаяся на планке, позволяет учитывать изменение параметров сварных соединений. Построение шкал для каждого типового случая просвечивания осуществляют графическим и расчетным способом. Деления на шкалах наносят в значениях толщины свариваемых деталей и диаметров труб.

Применение описанных приспособлений сокращает вспомогательное время, повышает надежность и достоверность контроля.

Определение параметров радиографии включает определение чувствительности контроля, фокусного расстояния и экспозиции. Чувствительность контроля в радиографии оценивают по изображениям на снимке канавок, проволок или отверстий эталонов чувствительности в миллиметрах (или процентах).

Для выбора необходимого эталона чувствительности при радиографии ГШО в зависимости от требуемой чувствительности в соответ-

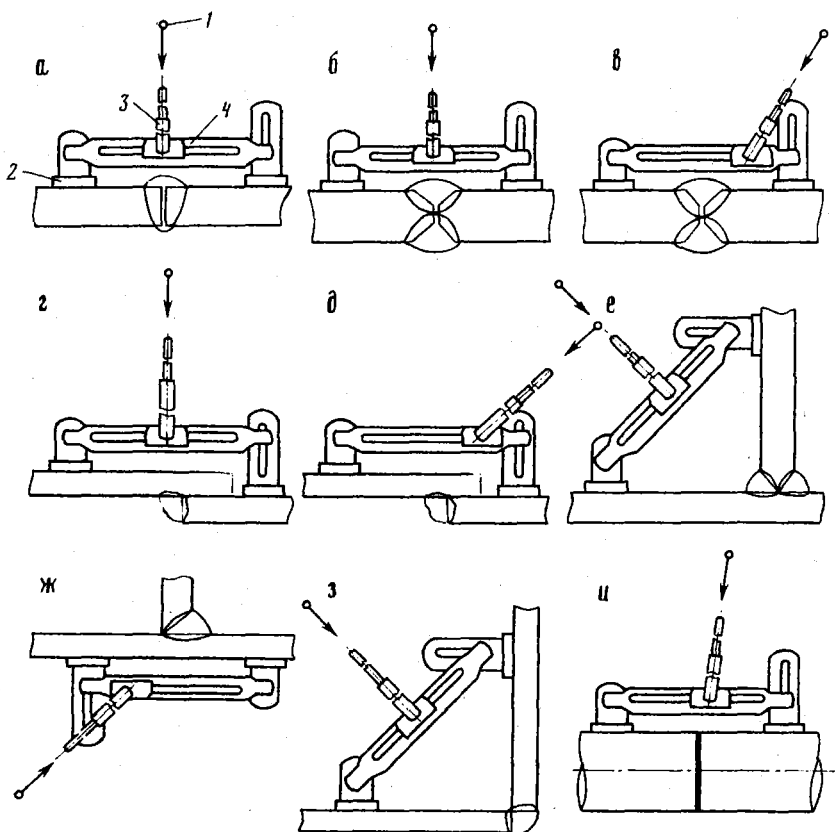


Рис. 3.1. Схемы расположения центризатора при просвечивании сварных соединений различных типов:

а, б, в — стыковых; г, д — внахлестку; е, ж — тавровых; з — угловых; и — кольцевых

ствии с ОСТ 12.44.107—79 рационально использовать данные табл. 3.2. Таблица, составленная с учетом требований ГОСТ 23055—78, 7512—82, 5264—80, 8713—79, позволяет быстро и точно, в зависимости от вида сварки, типа и толщины сварных соединений, реального размера выпуклости шва, определить требуемые чувствительности контроля и геометрическую нерезкость, выбрать эталон с необходимой глубиной канавки или диаметром проволоки, а также толщину компенсирующей подкладки под канавочный эталон. Эти данные также используют при расшифровке снимков.

Пример использования таблицы: просвечивают сварной шов, выполненный двухсторонней сваркой под флюсом; толщина свариваемых элементов 10 мм (отклонение номинальное). Согласно табл. 3.2 необходимо использовать при просвечивании канавочный эталон № 1 или проволоочный № 2; при этом под канавочный эталон требуется подкладка толщиной 2 мм. При расшифровке радиограммы значение чувствительности снимка не должно превышать значения глубины третьей канавки 0,4 мм или диаметра проволоки 0,4 мм.

Таблица 3.2

Вид сварки	Характер и условное обозначение шва	Чувствительность контроля, мм	Толщина стыкуемых элементов, мм														
			3			4			5			6			8		
			g_{min}	g	g_{max}	g_{min}	g	g_{max}	g_{min}	g	g_{max}	g_{min}	g	g_{max}	g_{min}	g	g_{max}
Ручная дуговая	Односторонний С8, С17	Глубина канавки Диаметр проволоки Толщина компенсирующей прокладки	h_5 d_4 —	h_5 d_4 —	h_5 d_4 —	h_5 d_4 —	h_5 d_4 —	h_4 d_2 —	h_5 d_2 —	h_4 d_2 —	h_4 d_2 —	h_4 d_2 —	h_4 d_2 —	h_4 d_2 —	h_4 d_2 —	h_5 d_4 —	h_4 d_2 —
	Двусторонний С12, С13, С14, С15, С21, С23, С24, С25, С39, С40, С43, С45	Глубина канавки Диаметр проволоки Толщина компенсирующей прокладки	h_5 d_4 —	h_5 d_4 —	h_4 d_2 2,0	h_5 d_4 —	h_5 d_4 —	h_4 d_2 2,0	h_5 d_4 —	h_4 d_2 —	h_5 d_4 2,0	h_4 d_2 —	h_4 d_2 —	h_4 d_2 2,0	h_4 d_2 —	h_5 d_4 —	h_4 d_2 2,0
Под флюсом	Односторонний С9, С18, С32, С36	Глубина канавки Диаметр проволоки Толщина компенсирующей прокладки	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	h_5 d_4 —	h_4 d_2 1,5	h_5 d_1 4,0
	Двусторонний С12, С25, С29	Глубина канавки Диаметр проволоки Толщина компенсирующей прокладки	h_5 d_4 —	h_4 d_2 1,0	h_4 d_2 3,0	h_5 d_4 —	h_4 d_2 2,0	h_4 d_2 4,0	h_4 d_2 —	h_5 d_4 2,0	h_4 d_2 4,0	h_4 d_2 —	h_4 d_2 2,0	h_4 d_2 4,0	h_5 d_4 —	h_4 d_2 2,0	h_3 d_1 4,0

Вид сварки	Характер и условное обозначение шва	Чувствительность контроля, мм	Толщина стыкуемых элементов, мм											
			10			12—14			16—18			20—24		
			$g_{\min}$	g	$g_{\max}$	$g_{\min}$	g	$g_{\max}$	$g_{\min}$	g	$g_{\max}$	$g_{\min}$	g	$g_{\max}$
Ручная дуговая	Односторонний С8, С17	Глубина канавки Диаметр проволоки Толщина компенсирующей прокладки	h_4 d_2 —	h_4 d_2 —	h_4 d_2 —	h_4 d_2 —	h_3 d_1 —	h_3 d_1 —	h_3 d_1 —	h_3 d_1 0,5	h_3 d_1 —	h_3 d_1 —	h_3 d_1 0,5	
	Двусторонний С12, С13, С14, С15, С21, С23, С24, С25, С39, С40, С43, С45	Глубина канавки Диаметр проволоки Толщина компенсирующей прокладки	h_4 d_2 —	h_4 d_2 —	h_4 d_2 2,0	h_4 d_2 —	h_3 d_1 —	h_3 d_1 2,0	h_3 d_1 —	h_3 d_1 —	h_3 d_1 3,0	h_3 d_1 —	h_3 d_1 3,0	
Под флюсом	Односторонний С9, С18, С32, С36	Глубина канавки Диаметр проволоки Толщина компенсирующей прокладки	h_4 d_2 —	h_3 d_1 1,5	h_3 d_1 4,0	h_3 d_1 —	h_3 d_1 2,0	h_3 d_1 4,0	h_3 d_1 —	h_3 d_1 2,5	h_3 d_1 5,0	h_3 d_1 —	h_3 d_1 2,5	h_3 d_1 5,0
	Двусторонний С12, С25, С29	Глубина канавки Диаметр проволоки Толщина компенсирующей прокладки	h_4 d_2 —	h_3 d_1 2,0	h_3 d_1 4,0	h_3 d_1 —	h_3 d_1 2,0	h_3 d_1 4,0	h_3 d_1 —	h_3 d_1 3,0	h_3 d_1 5,0	h_3 d_1 —	h_3 d_1 3,0	h_3 d_1 5,0

Примечания. 1. Радиографическая чувствительность установлена согласно ОСТ 12.4407—79, ГОСТ 7512—82, ГОСТ 23055—78.

2. Для всех видов сварки и толщин свариваемых деталей используют канавочный эталон № 1 ($h_3=0,2$ мм; $h_4=0,3$ мм; $h_5=0,4$ мм) или проволоочный эталон № 2 ($d_1=0,2$ мм; $d_2=0,32$ мм; $d_3=0,4$ мм).

3. Вид сварки, характер, условные обозначения и выпуклость сварного шва ($g_{\min}$ — минимальный, g — номинальный, $g_{\max}$ — максимальный размеры) по ГОСТ 5264—80 и ГОСТ 8713—79.

Предельную чувствительность радиографического контроля можно определить с помощью складных образцов с искусственными дефектами. Образцы изготавливают из нескольких листов металла или трубчатых отрезков, на один из которых наносят искусственные дефекты: отверстия необходимого диаметра и прорезы различной ширины, имитирующие соответственно поры и непровары. Элемент с дефектами можно устанавливать в необходимом месте по сечению. Толщину листа с дефектами рекомендуется брать равной диаметру отверстий (глубине прорези). Элементы образца соединяют с помощью болтов.

Фокусное расстояние F (от ИИ до контролируемого изделия) выбирают с учетом его влияния на чувствительность и производительность контроля. Производительность контроля определяется временем, затраченным на просвечивание, которое в свою очередь пропорционально квадрату фокусного расстояния. Фокусное расстояние принимают таким, чтобы геометрическая нерезкость изображения дефектов на снимке не превышала половины значения чувствительности контроля в миллиметрах, а относительное увеличение размеров дефектов, расположенных со стороны источника излучения по отношению к дефектам, расположенным со стороны, пленки, не превышало 25%.

Экспозицию в радиографии для непрерывного рентгеновского излучения измеряют произведением силы тока рентгеновской трубки на время просвечивания; для импульсного рентгеновского излучения — временем просвечивания; для гамма-излучения — произведением активности источника на время просвечивания [11].

Экспозиция выбирается по соответствующим номограммам (рис. 3.2) или опытным путем и зависит: от толщины контролируемого изделия, энергии излучения, фокусного расстояния, типа пленки и экрана, тока рентгеновской трубки или активности источника излучения. Экспозицию подбирают так, чтобы оптическая плотность почернения снимка (контролируемого участка шва, околшовной зоны и эталона чувствительности) составляла не менее 1,5; при этом энергия излучения должна находиться в пределах оптимального диапазона. Экспозиция может определяться просвечиванием образца, выполненного в виде клина, в диапазоне необходимых толщин, с учетом оптимального времени просвечивания и последующим фотометрированием. Для определения экспозиции делают несколько снимков образца в необходимом интервале времени просвечивания, используя выбранные источник и преобразователь излучения; затем производится фотометрирование (определение плотности почернения изображения ступенек на пленке). После этого на снимке находят участки с одинаковой оптимальной плотностью почернения, определяют толщину металла и строят номограмму для определения времени просвечивания.

Очень важно, что вместо дорогой и дефицитной рентгеновской пленки в некоторых случаях можно применять фотоматериалы с малым содержанием серебра [4], например фотобумагу (ФБ), фотокалку (ФК) с соответствующей схемой зарядки кассет: ФЭ—ФБ—ФЭ и ФЭ—ФК—ФЭ. Флюоресцирующий экран со стороны подложки фотобумаги позволяет несколько уменьшить экспозицию за счет дополнительного подсвечивания эмульсионного слоя через подложку, которая должна

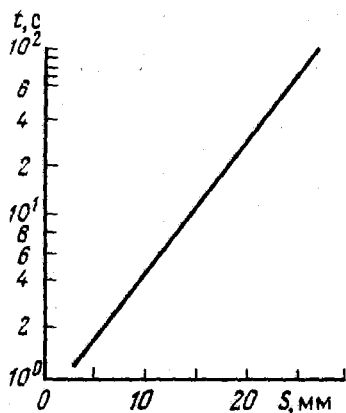


Рис. 3.2. Номограмма для определения времени просвечивания стали импульсным рентгеновским излучением (пленка РТ-2; экраны ВП-1; $D=1,5$, $F=750$ мм)

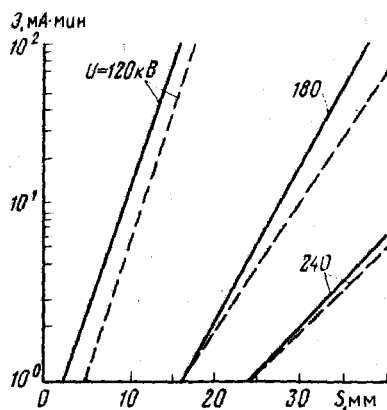


Рис. 3.3. Номограмма экспозиций Э при рентгенографии стали непрерывным излучением (фотобумага «Унибром» — сплошные линии; фотокалька ФЧ-П — штриховые линии; экраны ЭУ-В2А; $D=1,5$; $F=500$ мм)

быть тонкой. На рис. 3.3 представлена номограмма экспозиции при рентгенографии стали непрерывным излучением.

Плотность почернения снимков D на фотобумаге определяют в проходящем свете на фотоэлектрическом денситометре ДФЗ-10.

В некоторых случаях целесообразна комплексная зарядка кассет пленкой и фотобумагой (фотокалькой), например при оценке результатов, разметке и последующем исправлении дефектных участков сварного шва; при длительном хранении рентгенограмм. В этом случае по рентгенограмме на пленке проводят оценку качества и ее хранят в архиве, а рентгенограмму на фотобумаге используют в работе (при исправлении дефектов шва), так как ее удобно рассматривать в отраженном свете.

Наиболее оптимальными схемами комплексной зарядки кассет при использовании непрерывного рентгеновского излучения с напряжением на трубке до 200 кВ являются: ФЭ—ФБ—ФЭ—СЭ—РП—СЭ; ФЭ—ФК—ФЭ—СЭ—РП—СЭ. При данных схемах зарядки кассет в ряде случаев с достаточной для практики чувствительностью и производительностью можно просвечивать стали толщиной до 16 мм, используя фотобумагу типа «Унибром», «Фототелеграфная», а также фотокальку ФЧ-П, рентгенопленку РТ-1, флуоресцирующие экраны УФД, ВП-1, ЭУ-В 2А(3А) и свинцовые усиливающие экраны толщиной 0,05 мм (рис. 3.4).

Актуально применение в рентгенографии фотоматериалов с малым содержанием серебра при импульсном излучении, так как аппараты с таким излучением достаточно широко используют в угольной промышленности. В качестве источника излучения применили аппарат МИРА-2Д, а преобразователей, как и при непрерывном излучении, — фотобумагу «Унибром», «Фототелеграфная», фотокальку ФЧ-П. По аналогии с непрерывным излучением кассеты заряжали, располагая фотобумагу

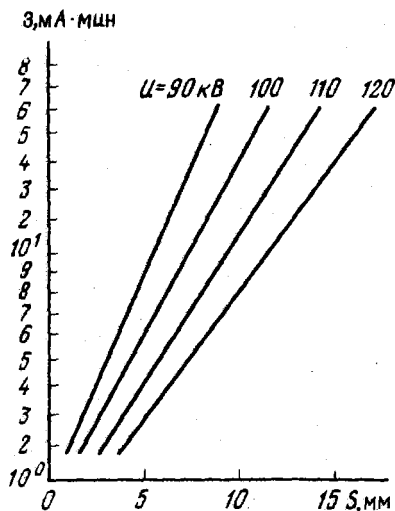


Рис. 3.4. Номограмма экспозиций Э при комплексной зарядке кассет фотобумагой «Унибром» с флюоресцирующими экранами ЭУ-В2А и рентгеновской пленкой РТ-1 со свинцовыми экранами ($D=1,5$; $F=500 \text{ мм}$)

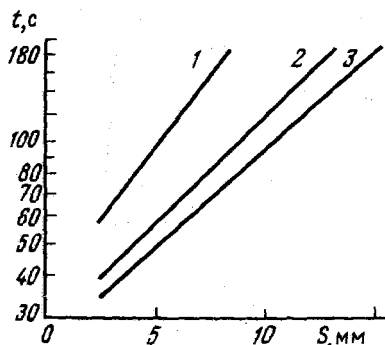


Рис. 3.5. Графики для определения времени просвечивания t стали рентгеновским аппаратом МИРА-2Д на фотобумагу «Унибром»:

1 — с флюоресцирующими экранами ЭУ-В2А; 2 — с экранами ВП-1; 3 — с экранами УФД ($D=1,5$; $F=300 \text{ мм}$)

(фотокальку) между двумя флюоресцирующими экранами (рис. 3.5). Рентгенография на материалах с незначительным содержанием серебра при использовании импульсного излучения требует сравнительно больших экспозиций, поэтому фокусное расстояние при просвечивании устанавливалось равным 300 мм. При просвечивании стали толщиной 3—8 мм рекомендуется использовать экран ЭУ-В2А, а толщиной 8—15 мм — ВП-1, УФД.

Чувствительность контроля при оптимальном выборе усиливающих экранов в зависимости от толщины контролируемого металла обеспечивает выявление, например, дефектов сварных соединений в диапазоне толщин 3—15 мм по нормам ОСТ 12.44.107—79, за исключением непроваров по сечению швов, выполненных двухсторонней или односторонней сваркой на подкладке.

Время просвечивания при использовании фотокальки определяют по графику для фотобумаги, выбирая время для соответствующих экранов и толщины металла и увеличивая его в 1,2 раза.

Оптимальные схемы комплексной зарядки кассет при использовании импульсного рентгеновского излучения: СЭ—РП—СЭ—ФЭ→ФБ—ФЭ; СЭ—РП←ФЭ→ФК←ФЭ. Направление флюоресцирующей стороны экрана к ФБ и ФК.

При комплексной зарядке кассет фотокалькой с рентгеновской пленкой время экспозиции выбирают по графику экспозиций при комплексной зарядке с фотобумагой и увеличивают в 1,2 раза.

Просвечивание проводится в соответствии с выбранными параметрами контроля при строгом соблюдении правил техники безопасности,

инструкций по эксплуатации аппаратов и выполнении мероприятий по уменьшению облучения работников.

После экспонирования фотоматериалы подвергают химико-фотографической обработке, включающей проявление, промежуточную промывку, фиксирование, окончательную промывку и сушку. Первые три операции проводятся в фотолаборатории при неактиничном освещении, источник которого должен находиться на расстоянии не менее 500 мм от фотоматериалов.

Химикаты для фотообработки используют в виде растворов, применяя в качестве растворителя дистиллированную воду (при ее отсутствии — кипяченую). Для приготовления растворов воду подогревают, но не выше 50° С (горячая вода разлагает некоторые химикаты).

Проявляют в специальных растворах-проявителях, приготовление и состав которых указывают в рецептах заводов-изготовителей.

Процесс проявления фотоматериалов заключается в том, что содержащиеся в растворе проявляющие вещества, реагируя с галогенидным серебром, превращают его в металлическое.

Промежуточную промывку проводят после проявления перед фиксированием (0,5—2 мин). Для лучшего удаления проявителя из глубоких слоев фотослоя рекомендуется рентгенограмму ополаскивать в 1%-ном растворе уксусной кислоты.

Фиксирование — процесс удаления из фотоматериалов невосстановившегося бромистого серебра — осуществляется в растворах (фиксаж), способ приготовления и состав которых указывается в рецептах заводов-изготовителей. Для предотвращения деформации эмульсионных слоев и мгновенной остановки процесса проявления рекомендуется применять кислые фиксажи.

После фиксирования снимки окончательно промывают в проточной воде в течение 30 мин удаляя остаточные продукты проявления и фиксирования, затем сушат в специальных сушильных шкафах или сухих чистых помещениях, подвешивая их на прижимах (прищепках).

При фотообработке снимки помещают в соответствующую емкость (кювету) по одному (горизонтальное проявление). Для равномерного омывания растворами пленку несколько раз переворачивают и кювету покачивают. При объеме работ, превышающем несколько десятков снимков в смену, применяют вертикальное проявление, при котором рамки с закрепленными пленками помещают в вертикальный бак с раствором. Имеющиеся в баках водяные рубашки позволяют поддерживать стабильную температуру растворов.

Для сокращения времени экспозиции применяют проявители с добавлением фенидона, фотообработки — фиксирующие проявители, т. е. растворы, в которых одновременно проявляется и фиксируется фотоматериал (добавляют тиосульфат натрия в энергично работающие проявители с едкой щелочью).

Расшифровка снимков состоит из оценки качества изображения, его анализа (отыскания на нем дефектов) и составления протокола (заключения) о качестве контролируемого сварного соединения.

Снимки не должны иметь на поверхности царапин, загрязнений, пятен, отпечатков пальцев, подтеков, полос и других дефектов, обус-

ловленных неправильной химико-фотографической обработкой. На них должны быть четко видны изображения контролируемого участка сварного соединения, эталона чувствительности, маркировочных знаков и ограничительных меток.

Снимки, выполненные на рентгенопленке и фотокальке, расшифровываются в проходящем свете с помощью специальных осветителей — негатоскопов, которые рекомендуется использовать с регулируемой яркостью и размером освещенности поля. Снимки на фотобумаге расшифровываются в отраженном свете, при этом определяется тип дефекта сварного соединения и его размеры.

За размеры дефектов принимают размеры их изображения на радиограммах. За размеры пор, включений принимают: для сферических пор и включений — диаметр; для удлиненных — длину и ширину.

За размеры непроваров и трещин — их длину; цепочки пор, включений — ее длину, измеренную по наиболее удаленным друг от друга краям дефектов в цепочке; скопления пор, включений — длину, измеренную по наиболее удаленным друг от друга краям дефектов в скоплении.

Размеры дефектов в плоскости снимка величиной до 1,5 мм определяют измерительной лупой с ценой деления 0,1 мм, а размеры дефектов более 1,5 мм — с помощью прозрачной измерительной линейки с ценой деления 1 мм.

При контроле с расположением пленки вплотную к контролируемому участку сварного соединения размеры дефектов при расшифровке снимков следует округлять до ближайших значений.

Если кассета располагалась на расстоянии H от контролируемого участка сварного соединения, размер изображения дефекта умножается на коэффициент $(F+S)/(F+S+H)$, где F — расстояние от источника излучения до поверхности соединения, мм; S — толщина контролируемого металла, мм.

Классификация сварных соединений по результатам радиографического контроля производится согласно ГОСТ 23055—78.

Ультразвуковой контроль выполняют с целью выявления в металле шва сварных соединений дефектов типа несплошностей, описанных в разд. 1.1.

Для контроля сварных соединений применяют ультразвуковые дефектоскопы, позволяющие определять координаты расположения отражающей поверхности, выдерживать основные параметры контроля, и наклонные преобразователи на номинальные частоты 2,5 МГц и 5,0 МГц с углами ввода поперечных волн в металл 39°, 50°, 65°, 69° и 73°.

Для установки, измерения и проверки основных параметров аппаратуры и контроля (частоты УЗ колебаний, угла ввода, погрешности глубиномера, стрелы преобразователя, чувствительности) применяют стандартные и испытательные образцы.

Ультразвуковой контроль сварного соединения включает в себя следующие операции: подготовку к контролю, его проведение, оценку качества шва по результатам контроля и их оформление.

Подготовка к контролю включает: подготовку объекта и поверхностей, по которым перемещают преобразователи (см. 2.3), рабочего ме-

ста дефектоскописта и размещение аппаратуры (см. 2.1); визуальный контроль; нанесение контактной смазки; выбор основных параметров контроля; проверку работоспособности дефектоскопа с преобразователем; настройку дефектоскопа на контроль конкретного (или конкретной зоны) сварного шва.

Выбор основных параметров контроля, пределы перемещения преобразователя определяют с учетом типа и размера сварного соединения, а также вида ожидаемых дефектов.

Работоспособность дефектоскопа с преобразователем проверяют в начале рабочей смены — определяют соответствие точки выхода УЗ луча и стрелы преобразователя, угол ввода УЗ луча в металл, точность работы глубиномера, чувствительность дефектоскопа с преобразователем и, при необходимости, частоту УЗ колебаний.

Точка выхода УЗ луча проверяется по стандартному образцу № 3; положение метки, соответствующей точке выхода, не должно отличаться от действительной более чем на ± 1 мм. Стрела преобразователя не должна быть более значения, рассчитанного для конкретного сварного соединения. Угол ввода УЗ луча в металл проверяется по стандартному образцу № 2 и не должен отличаться от номинального более чем на $\pm 30^\circ$.

Точность работы глубиномера проверяют сопоставлением истинных координат искусственных отражателей в образцах с измеренными по глубиномеру и считают удовлетворительной, если погрешность измерения не превышает величины, указанной в паспорте дефектоскопа. Чувствительность дефектоскопа с преобразователем считается удовлетворительной, если обеспечивается чувствительность поиска. Частота УЗ колебаний, излучаемая преобразователем, проверяется по стандартным образцам № 3 и 4 и не должна отличаться от номинальной более чем на 10%.

Настройка дефектоскопа на контроль конкретного сварного соединения состоит из операций настройки временной селекции и чувствительности контроля. Настройка временной селекции (рабочей зоны, скорости развертки) производится для того, чтобы сигналы от дефектов располагались в определенной зоне экрана дефектоскопа, и осуществляется по испытательному образцу, с помощью глубиномера или по специальным шкалам.

Чувствительность контроля (предельная или условная) настраивается соответственно по искусственным отражателям на испытательных образцах или по стандартному образцу № 1 или 2, а также по АРД-диаграммам. Тип и размеры отражателей должны оговариваться в НТД на контроль. Наиболее часто в практике контроля сварных соединений в качестве искусственного отражателя используют угловой (зарубка) и плоскостное отверстие.

Стыковые сварные соединения контролируют эхо-методом наклонным совмещенным преобразователем в основном с одной поверхности сварного соединения и с обеих сторон шва прямым (а), и одно- (б) или одно- и двукратно (в) отраженными лучами (рис. 3.6). Схемы прозвучивания выбирают в зависимости от толщины металла, ширины шва и параметров преобразователя [5]. Угол ввода — из условия

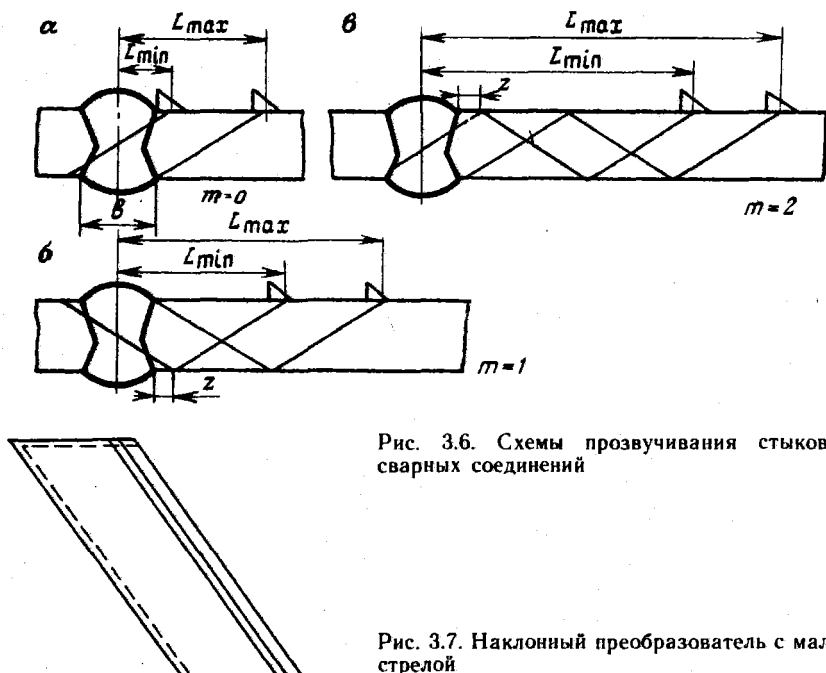


Рис. 3.6. Схемы прозвучивания стыковых сварных соединений

Рис. 3.7. Наклонный преобразователь с малой стрелой

пересечения оси симметрии шва с акустической осью УЗ пучка на половине толщины металла. Чем она меньше, тем больший угол ввода и частота УЗ необходимы. Для контроля соединений толщиной 6—8 мм используют преобразователь с углом ввода 73° на частоте 5 МГц, 10—14 мм — 69° и 5 МГц, 16—26 мм — 65° и 2,5 МГц, 30—50 мм — 50° и 2,5 МГц.

Для контроля сварных соединений малых толщин рационально применять изготовленную из оргстекла призму преобразователя (рис. 3.7) с малой стрелой (за счет использования половины пьезопластины) и углом ввода до 73° . При износе (истирании) призмы головка с пьезоэлементом перемещается по пазам призмы вверх, что позволяет ее длительно использовать.

Временную селекцию настраивают по испытательному образцу (рис. 3.8) таким образом, чтобы начало строб-импульса на развертке соответствовало положению максимума сигнала, отраженного от зарубки на прямом луче, а задний фронт строб-импульса — положению максимума сигнала от зарубки на однократно отраженном луче. Если ширина шва не удовлетворяет условиям прозвучивания или уровень шумов в начале развертки превышает уровень полезного сигнала, то контролируют одно- и двукратно отраженными лучами. В этом случае настраивают так, чтобы положение переднего фронта строб-импульса соответствовало максимуму сигнала от зарубки на однократно отраженном луче, заднего — двукратно отраженном.

Чувствительность контроля при оценке дефектов, расположенных в

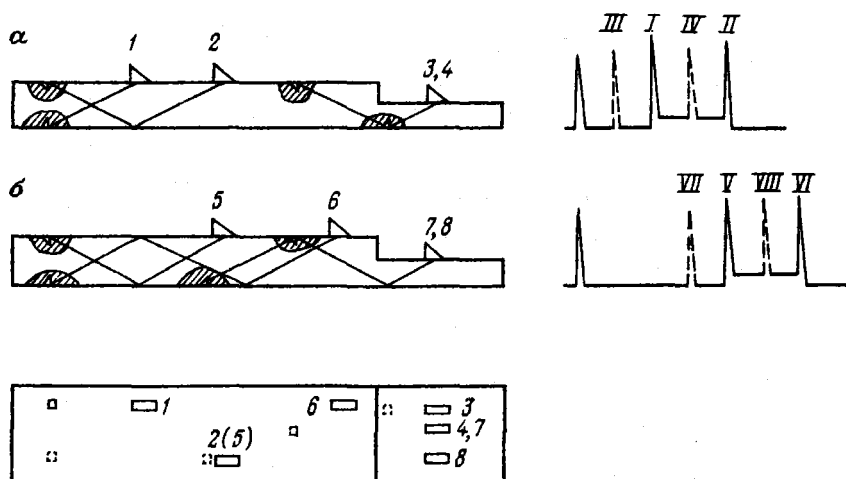


Рис. 3.8. Настройка временной селекции по испытательному образцу:

а — при прозвучивании прямым и однократно отраженным лучами; б — при прозвучивании одно- и двукратно отраженными лучами; 1—8 — положения преобразователя; I—VIII — эхо-сигналы от зарубок

различных частях шва (соединений толщиной свыше 16 мм), устанавливается: для нижней части шва — по зарубке на прямом или двукратно отраженном лучах; для верхней — по зарубке на однократно отраженном луче; при расположении дефекта в средней части шва — по зарубке, расположенной на половине глубины, прямом, одно- и двукратно отраженных лучах.

Прозвучивают сварные швы на поисковой чувствительности путем продольно-поперечного перемещения преобразователя вдоль шва в пределах, зависящих от выбранной схемы контроля (см. рис. 3.6):

$$\text{при } m=0 \quad L_{\min}=n; \quad L_{\max}=S \cdot \operatorname{tg} \alpha;$$

$$\text{при } m=1 \quad L_{\min}=Z+S \cdot \operatorname{tg} \alpha; \quad L_{\max}=2S \cdot \operatorname{tg} \alpha;$$

$$\text{при } m=2 \quad L_{\min}=Z+2S \cdot \operatorname{tg} \alpha; \quad L_{\max}=3S \cdot \operatorname{tg} \alpha;$$

где m — число отражений, $L_{\min}$, $L_{\max}$ — пределы перемещения преобразователя; n — стрела преобразователя; S — толщина основного металла; Z — 2—8 мм.

Для моделирования схем прозвучивания при УЗ контроле сварных швов и анализа полученных в каждом конкретном случае ситуаций рекомендуется применять специальную линейку, на сменной вставке которой изображаются конкретное сечение шва и околошовная зона. Перемещение УЗ луча относительно шва осуществляют смещением движка линейки относительно вставки.

Работоспособность дефектоскопа с преобразователем, чувствительность контроля, наличие акустического контакта периодически проверяют по углам, стандартным и испытательным образцам.

Контроль тавровых и угловых соединений производят эхо-методом преобразователями с углами ввода 50°, 65°, 69° и 73° на частотах 2,5 и 5,0 МГц прямым, одно- и двукратно отраженными

лучами со стороны основного листа металла. При отсутствии доступа к околошовной зоне или при небольших его размерах, допускается проведение контроля зеркально-теневым методом с наружной поверхности полки для выявления непровара в корне шва.

Настройка временной селекции и предельной чувствительности контроля производится по зарубкам испытательного образца (рис. 3.9), расположенным на глубине, соответствующей $0,5S$; S ; $1,5S$; $2S$; $S+k$; $2S+k$; $3S$; $3S+k$, где S — толщина металла; k — величина катета шва; при этом чувствительность устанавливается по зарубкам, расположенным на максимальном расстоянии, соответствующем конкретной настройке рабочей зоны при прозвучивании. При небольших толщинах (до 12 мм) допускается устанавливать одинаковую чувствительность, соответствующую максимальной для данной толщины металла.

Контроль таврового сварного соединения с полным проваром корня осуществляется: корня шва — прямым или однократно отраженным лучами, верхней части — однократно отраженным лучом, нижней — прямым или двукратно отраженным лучом, в зависимости от величины катета и стрелы преобразователя. Углы ввода и пределы перемещения преобразователей рассчитываются.

Двухсторонние швы тавровых соединений с технологическим непроваром в корне контролируют с внешней стороны полки безэталонным способом (рис. 3.10, а). При контроле используется два преобразователя с углами ввода 50° , включенных по раздельной схеме и расположенных на фиксированном расстоянии в специальном держателе. Для выявления непроваров шириной более допустимой величины используется предварительно построенная по испытательному образцу зависимость амплитуды зеркально-отраженного сигнала от моделей непроваров различной ширины.

Контроль одностороннего таврового соединения с технологическим непроваром (типа Т1) производится со стороны, противоположной непровару (см. рис. 3.10, б). Среднюю и верхнюю части шва контролируют однократно отраженным лучом. Глубину непровара определяют сравнивая амплитуды сигналов от него и пропила на испытательном образце, имитирующего предельно-допустимый непровар.

Швы угловых соединений (типа У7) контролируют так: корень и верхнюю часть прозвучивают однократно отраженным лучом (рис. 3.11, а), остальную часть — прямым (см. рис. 3.11, б). Угол ввода и пределы перемещения преобразователей рассчитывают в зависимости от параметров шва.

Швы соединений внахлестку контролируют с плоскости основного листа однократно отраженным лучом (рис. 3.12, а) с целью выявления трещин, непроваров по вертикальной кромке, одиночных дефектов и их скоплений. Непровары по горизонтальной кромке выявляют зеркально-теневым методом с включением преобразователей по раздельной схеме (см. рис. 3.12, б). Угол ввода выбирают в зависимости от соотношения катетов соединения внахлестку в пределах $39-65^\circ$.

Настраивают временную селекцию по испытательному образцу так, чтобы начало строб-импульса на развертке соответствовало положению максимума сигнала, отраженного от зарубки на однократно отра-

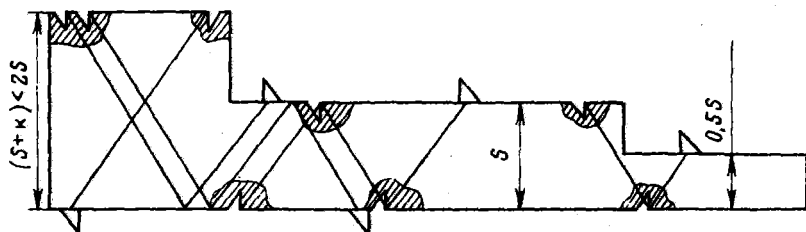


Рис. 3.9. Универсальный испытательный образец для контроля тавровых соединений

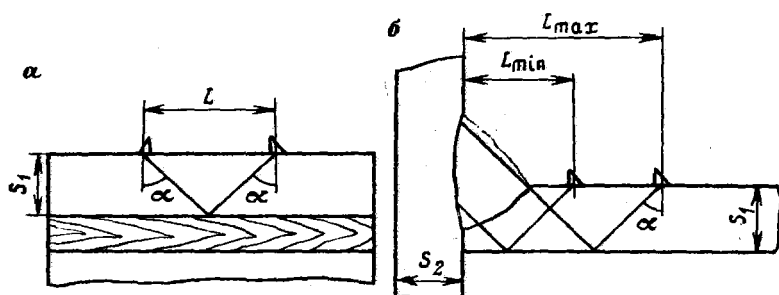


Рис. 3.10. Схемы прозвучивания таврового соединения с технологическим непроваром

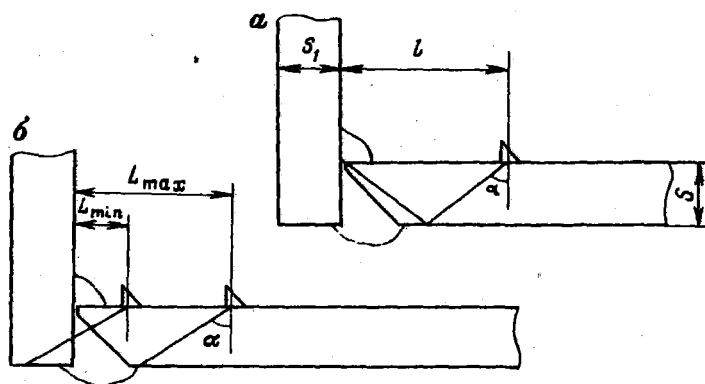


Рис. 3.11. Схемы прозвучивания углового сварного соединения типа У7

женном луче, а задний фронт строб-импульса соответствовал положению максимума сигнала, отраженного от зарубки на однократно отраженном луче при общем пути ультразвука, соответствующем толщине $2S_1 + S_2$.

Чувствительность при контроле и оценке дефектов, расположенных в различных частях шва, устанавливается: при контроле верхней части

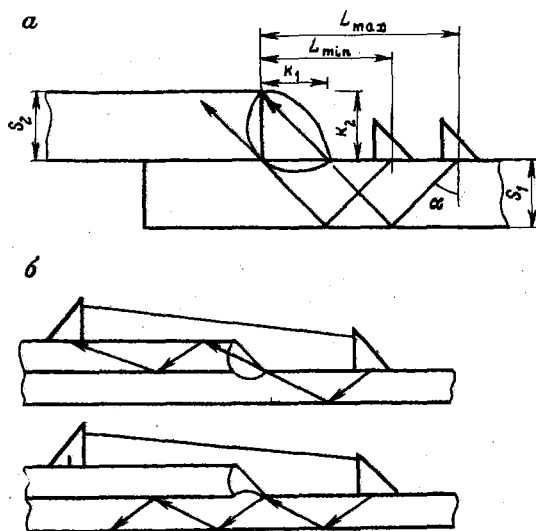


Рис. 3.12. Схемы прозвучивания сварного соединения внахлестку

шва — по зарубке на однократно отраженном луче при общем пути ультразвука, соответствующем толщине $2S_1 + S_2$; при контроле нижней части шва — по зарубке на однократно отраженном луче при общем пути ультразвука, соответствующем толщине $2S_1$.

Признак наличия дефекта, подлежащего регистрации, — появление и перемещение на экране дефектоскопа сигнала, максимум которого находится в рабочей зоне и имеет амплитуду равную и более зафиксированной при определении предельной или условной чувствительности для конкретной глубины расположения дефекта.

При контроле зеркально-теневым методом заданная высота прошедшего сигнала устанавливается по образцу сварного соединения без дефектов. Признаком наличия дефекта является исчезновение сигнала или уменьшение его амплитуды в 2 и более раза.

Качество сварного соединения оценивают по результатам УЗ контроля на основании основных измеряемых характеристик выявленных дефектов, к которым относятся: амплитуда сигнала от дефекта; условные размеры; месторасположение (координаты) дефекта в сечении шва; условное расстояние между дефектами; число дефектов на определенной длине шва.

Амплитуда сигнала от дефекта определяется при чувствительности, соответствующей предельной (условной) для конкретной глубины расположения дефекта, и сравнивается с амплитудой сигнала от искусственного отражателя в испытательном образце. Из сравнения амплитуд делают вывод о соотношении эквивалентных площадей обнаруженного и искусственного дефектов (больше или меньше). Для определения эквивалентной площади дефекта используются также АРД-диаграммы.

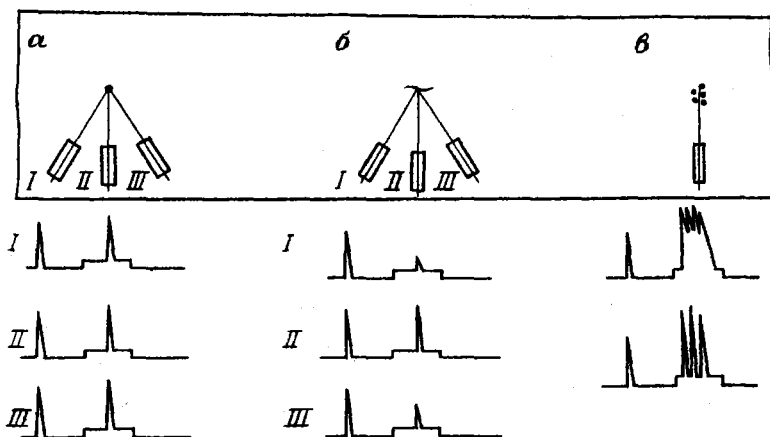


Рис. 3.13. Схема определения вида дефектов

Выявленный дефект характеризуется следующими размерами: условными протяженностью, шириной и высотой. Условная протяженность (в мм) измеряется по длине зоны между крайними положениями преобразователя, перемещаемого вдоль дефекта; крайними положениями считают те, при которых амплитуда сигнала от дефекта уменьшается до уровня 20 мм (при чувствительности, равной предельной или соответствующей условной). Условная ширина (в мм) — по длине зоны между крайними положениями преобразователя, перемещаемого перпендикулярно шву. Условная высота (в мм) — как разность значений глубины расположения дефекта в крайних положениях преобразователя, перемещаемого перпендикулярно шву. Условное расстояние между дефектами соответствует расстоянию между крайними положениями преобразователя, при котором была определена условная протяженность двух рядом расположенных дефектов.

Месторасположение дефекта в сечении шва (в верхней, нижней или средней частях) определяют по расположению сигнала от него в рабочей зоне и преобразователя относительно шва; при необходимости координаты дефектов могут быть измерены с помощью глубиномера.

При наличии точечных дефектов (рис. 3.13, а) амплитуда сигнала на экране при прозвучивании их под разными углами остается сравнительно постоянной, но резко уменьшается при перемещении преобразователя вдоль шва. При наличии протяженных дефектов (см. рис. 3.13, б) при движении преобразователя вдоль дефекта сигнал от него остается сравнительно постоянным; максимальная амплитуда сигнала получается при установке преобразователя перпендикулярно к дефекту. При наличии скопления точечных дефектов (см. рис. 3.13, в) амплитуда сигнала на экране дефектоскопа сменяется скачкообразно при перемещении преобразователя вдоль зоны дефектов; при кучном расположении дефектов на экране появляется «чastoкол» сигналов или один сигнал большой длительности с несколькими вершинами. Идентификацию вы-

наплавкой) деталях перед восстановлением и затем технологических дефектов, которые могут возникать в процессе восстановления. Так, например, шнековые валы угольных комбайнов при капитальном ремонте подвергаются дефектоскопии магнитопорошковым методом до наплавки и после нее на стационарных магнитных дефектоскопах типа УМДЭ, МДС. При контроле обнаруживают как усталостные трещины, так и трещины после наплавки, причем больше — после наплавки; наиболее часто встречаются трещины в галтели и шлицах, в галтели примерно в 2,5 раза чаще.

При контроле валов электродвигателей угольных комбайнов при их ремонте также обнаруживают усталостные трещины в галтелях. Известен опыт УЗ контроля валов электродвигателей, восстанавливаемых наплавкой, на частоте 2,5 МГц преобразователем 30° на специально изготовленном стенде. Вал проворачивается в роликах с небольшой скоростью; преобразователь перемещается возвратно-поступательно на небольшое расстояние вдоль образующей. Трещины обнаруживают по картине на экране и световой индикации соответственно настроенного дефектоскопа.

Контроль сварных соединений деталей производится при ремонте металлоконструкций кранов различного назначения, экскаваторов, транспортно-отвальных мостов, копров и пр., с помощью методов дефектоскопии, технология проведения которых описана в 3.2.

Работы с применением сварки чаще всего выполняют дипломированные сварщики, поэтому, как правило, проводят их аттестацию, включая дефектоскопию сварных образцов.

Аттестация сварщиков перед допуском их к выполнению ответственных работ проводится постоянно действующей на предприятии (организации) комиссией, в соответствии с нормативными документами.

При проверке практических навыков сварщик должен сварить контрольные соединения по указанию и в присутствии не менее двух членов комиссии. Сварку контрольных соединений следует вести в тех положениях, что и при изготовлении изделий. Число и размеры контрольных соединений, свариваемых в каждом пространственном положении, должны быть достаточными для проведения всех предусматриваемых контрольных испытаний. Контрольные соединения должны соответствовать типовым, свариваемым при изготовлении изделий. Если типовыми являются угловые или тавровые соединения, сварщик дополнительно обязан выполнить стыковые соединения. На контрольных соединениях должно быть нанесено клеймо для определения фамилии сварщика и положения шва при сварке.

ГЛАВА 4

ТОЛЩИНОМЕТРИЯ МЕТАЛЛА

Контроль механического износа, коррозии, защитных покрытий деталей и металлоконструкций оборудования в отрасли в подавляющем большинстве случаев осуществляется ультразвуковым и магнитным методами толщинометрии.

4.1. КОНТРОЛЬ ТРАНСПОРТНЫХ ТРУБ

Для транспортирования угля на поверхность и породы при закладке выработанного пространства в шахтах используют трубопроводные системы, один из основных элементов которых — труба. В процессе эксплуатации происходит неравномерное и достаточно интенсивное истирание и коррозия металла труб, что приводит к аварийным разрывам. В связи с этим во время их эксплуатации необходима профилактическая толщинометрия труб, позволяющая своевременно выявить минимально допустимую (критическую) толщину стенок, чтобы недопустить истирания до толщины менее критической. Такой контроль эффективно осуществляется УЗ методом [3] с помощью серийно выпускаемых толщиномеров. Наилучшие результаты при этом дает применение толщиномеров УТ-92П «Кварц-15», УТ-91П.

Минимально допустимая толщина стенок, труб, при которой необходима их замена, устанавливается в НТД или же первоначально определяется расчетным или опытным путем. Контролируется толщина вертикальных, горизонтальных и участков поворотов (колен) трубопроводов. Толщинометрия вертикальных участков трубопровода ввиду относительно равномерного истирания производится на концах каждой трубы в одной точке по периметру, горизонтальных участков — в нижней части на расстоянии около 100 мм от концов, колена — в нижней части на середине каждого сегмента.

При этом вначале на основе практического опыта устанавливают время проведения первичной и затем повторной толщинометрии труб, увязывающей интенсивность истирания металла со временем или количеством перемещаемой массы, прошедшей по трубам, а также расположение мест измерений. Так, например, на одной из шахт Донецкого бассейна было установлено, что первичную толщинометрию вертикальных участков трубопровода необходимо проводить после прохождения по ним около 150 тыс. тонн пульпы; горизонтальных — 25 тыс. тонн, колен — 5 тыс. тонн; повторная толщинометрия проводится по данным первичной и ориентировочного расчета, что труба истирается на один миллиметр на участках в названной последовательности после прохождения по ним около 21; 3,5 и 1 тыс. тонн пульпы соответственно. Минимально допустимая толщина стенок труб на вертикаль-

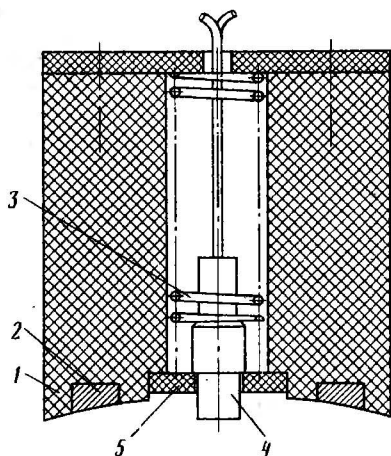


Рис. 4.1. Магнитный держатель преобразователя

ных, горизонтальных участках и коленах — 5; 4 и 5 мм. При толщине близкой к минимально допустимой труба поворачивается на 120° . Возможен и другой вариант. Вначале внедрения контроля устанавливаются ориентировочные сроки первичной и повторной толщинометрии и места расположения измерений, которые по мере накопления статистических результатов контроля уточняют.

Толщинометрия осуществляется на частоте 2,5 МГц следующим образом: преобразователь прижимают к подготовленной поверхности трубы и фиксируют показания прибора (обычно из трех показаний — среднее арифметическое с точностью до десятых долей миллиметра). Время на установку преобразователя в измеряемую точку и снятие показаний — около минуты.

Для обеспечения надежного акустического контакта, стабильных результатов, удобства в работе и сокращения времени установки преобразователя на место измерения используется магнитный держатель преобразователя (рис. 4.1). Он состоит из корпуса 1 (например, из оргстекла), с вклеенными постоянными магнитами 2, в котором помещается пружина 3 и преобразователь 4, перемещающийся в направляющей пластине 5. Контактная поверхность держателя имеет радиус, равный радиусу трубы. Во время измерений он удерживается магнитами на трубе, а пружина обеспечивает надежный прижим преобразователя.

Для повышения точности измерений расположенные на одной линии оси излучателя и приемника выставляют вдоль направляющей трубы.

4.2. КОНТРОЛЬ КОТЛОВ, СОСУДОВ И КОНСТРУКЦИЙ

Котлы. В процессе эксплуатации паровых и водогрейных котлов, достаточно широко распространенных в отрасли, вследствие абразивного износа и коррозии толщина стенок труб уменьшается, что может привести к их разрывам и авариям. Для предупреждения таких аварий необходим периодический профилактический контроль толщины труб.

Согласно НТД толщинометрии должны подвергаться трубы поверхностей нагрева котлов типа ДКВР, КЕ, ШБ, ДЕ и др., эксплуатируемых более двух лет. Контроль толщины должен производиться, как

правило, при ежегодном освидетельствовании. На предприятиях, где при длительной эксплуатации не было интенсивного износа и коррозии труб, нет необходимости ежегодно производить толщинометрию, контролировать можно их при капитальных ремонтах, но не реже одного раза в 4 года.

Измерения проводят на трубах топочных экранов и конвективного пучка, расположенных на входе и выходе газов в местах, имеющих максимальную вероятность подвергаться износу и коррозии (горизонтальные участки; участки, покрытые сажей, коксовыми и прочими отложениями).

Остаточная толщина стенки труб должна быть по прочности (данные в паспорте котла) не менее расчетной с учетом прибавки на коррозию за период дальнейшей эксплуатации до следующего освидетельствования. Так, например, расчетная толщина труб поверхностей нагрева котлоагрегатов для рабочего давления до 1,3 МПа составляет 0,8 мм, до 2,3 МПа — 1,1 мм, а прибавку на коррозию принимают по полученным результатам замеров с учетом длительности эксплуатации между освидетельствованиями.

Для контроля используют УЗ толщиномеры «Кварц-6» и «Кварц-15» на частоте 2,5 или 5 МГц.

Опыт контроля показал, что для достоверной толщинометрии экранных и кипящих труб котлов (в основном их исходная толщина 2,5 мм и диаметр 51 мм) можно использовать только ультразвуковой толщиномер «Кварц-15» с преобразователем частотой 5 МГц, так как при износе металла труб до толщины менее 2 мм показания прибора «Кварц-6» недостоверны, а прибор УТ-31МЦ для измерения толщины указанного диаметра труб непригоден.

При необходимости контроля толщины металла более 2 мм на других элементах котлоагрегатов (коллекторах, барабанах и т. д.) можно использовать все указанные типы толщиномеров как с преобразователями 5 МГц, так и 2,5 МГц.

Толщинометрии также подвергаются трубы поверхностей нагрева и коллекторы котлов типа КВ и ПТВМ не реже 1 раза в год. Контролируют в теплонепрерывных циркуляционных контурах и местах, опасных с точки зрения действия коррозии и заноса отложения. Минимально допустимая толщина стенок (в мм): коллектора — 7,7 (КВ) и 8,7 (ПТВМ), экранных труб змеевиков конвективной части — 1 мм, стояков конвективной части — 1,6 мм.

Для настройки толщиномеров применяют контрольные образцы, аналогичные применяемым при толщинометрии трубопроводов. При настройке преобразователь последовательно устанавливают на участках, толщина которых несколько менее и более измеряемой толщины элемента (например, при контроле труб диаметром 51 мм — на участках толщиной 1,2 и 5 мм), и при этом добиваются максимально возможного совпадения показаний с действительной толщиной. Проверку правильности работы и настройки прибора определяют по его показаниям при установке преобразователя на участки того же образца, значения толщины которых находятся в диапазоне измеряемой толщины и могут в данном случае отличаться друг от друга на 1,5—3 мм. В про-

цессе толщинометрии необходимо периодически проверять настройку прибора по контрольному образцу.

Для обеспечения надежного акустического контакта, стабильных результатов, сокращения времени на установку преобразователя при проведении толщинометрии также рационально использовать магнитный держатель преобразователя, аналогичный описанному выше. При проведении толщинометрии элементов котлов, установленных на шахтах, были выявлены трубы поверхностей нагрева с минимально допустимой (и менее) толщиной стенки.

В процессе длительной эксплуатации котлов наблюдается коррозионный износ металла барабанов (особенно значительный и неравномерный в нижней части), в связи с чем участки заправляют ручной электросваркой и шлифуют, затем их подвергают толщинометрии.

Анализ данных по толщинометрии позволяет оптимизировать периодичность проведения контроля, число и места измерений, а в целом своевременно проведенная профилактическая толщинометрия — избежать аварий, связанных с порывом изношенных участков труб, других элементов котлоагрегатов, что повышает надежность и безопасность их работы и экономически целесообразно.

Сосуды. Коррозионный износ сосудов, работающих под давлением, в некоторых случаях контролируется. В частности, воздухохранилища, используемые сверх нормативного срока службы на шахтных подъемных установках, подвергаются толщинометрии.

Подготовка поверхности и замеры проводятся в следующих местах: на днище — в 4-х диаметрально расположенных точках: на обечайке — в 2-х или 3-х сечениях (в зависимости от емкости воздухохранилища) в 4-х диаметрально расположенных точках. Кроме того, контролируют места наиболее корродированные, указываемые представителем заказчика.

Металлоконструкции. Рациональна и производительна УЗ толщинометрия металлоконструкций различного назначения. Перед ее проведением дефектоскописту следует установить основные данные по эксплуатации объекта, первоначальную и минимально допустимую толщину металла контролируемых конструкций, определяемую из расчета на прочность и возможно зафиксированную в документации на оборудование. Периодичность контроля металлоконструкций объектов должна устанавливаться НТД с учетом скорости коррозионного износа.

В отрасли используют подъемное оборудование на заводах, в ЦЭММ (краны различной грузоподъемности и назначения), на шахтах (козловые краны), металлоконструкции которых подвергаются со временем коррозионному износу, особенно из-за атмосферных воздействий.

Технология толщинометрии ответственных элементов и в первую очередь с односторонним доступом к таким конструкциям — аналогична вышеописанной, контролируют, как правило, на частоте 2,5 МГц.

Эффективна ультразвуковая толщинометрия металлических проводников и металлоконструкций расстрелов вертикальных стволов шахт.

Проводники, обеспечивающие направленное движение подъемных сосудов, представляют собой непрерывные плети, состоящие из отдель-

ных звеньев, вертикально укрепленных на горизонтальных балках — расстрелах. В качестве проводников жестких армировок применяют железнодорожные рельсы, различные профили стального проката прямоугольного очертания рабочих граней (преимущественно коробчатого), а расстрелов — различные профили стального проката (в основном двутавровый, швеллеры и сварные прямоугольные коробчатые балки, составленные из уголков или швеллеров).

Технология толщинометрии не имеет существенных особенностей, затруднены лишь условия ее проведения: стесненность, работа на высоте, при периодическом передвижении клетки (сосуда), нередко значительная влажность (вода), поэтому при проведении толщинометрии следует четко придерживаться всех требований техники безопасности.

Проведение периодической профилактической толщинометрии металлоконструкций названного оборудования повышает безопасность работ на ответственных участках технологической цепочки, связанной прямо или косвенно с добычей угля, позволяет своевременно включить в планово-предупредительный ремонт мероприятия по усилению (ремонту) изношенных участков и элементов.

4.3. КОНТРОЛЬ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ

Наиболее важные и распространенные виды защиты деталей от разрушения — антикоррозионные и износостойкие покрытия, повышающие надежность и долговечность работы оборудования.

Качество и надежность покрытий определяются рядом факторов, среди которых важную роль играет толщина и равномерность распределения покрытия по поверхности детали. Поэтому толщинометрия покрытий должна быть неотъемлемой частью общего технологического процесса.

В отрасли проводят измерение толщины хромового защитного (износостойкого антикоррозионного, с высокой твердостью и большим сопротивлением механическому износу) покрытия плунжеров и штоков силовых гидроцилиндров крепи на заводах-изготовителях и ремонтных предприятиях, а также при входном контроле. Контроль толщины хромового покрытия проводится магнитным методом с помощью приборов МТ-20Н, МТ-30Н, МТ-40НЦ (допускается применять и прибор МИП-10, имеющий несколько большую погрешность) и магнитных толщиномеров МТА-2 отрывного типа.

Прибор для измерений в определенном диапазоне толщин покрытия калибруют в тех же условиях (температура, влажность), в каких будут проводить измерения, по комплекту аттестованных рабочих мер толщины покрытия (образцов). Радиус кривизны должен быть равен (или близок) радиусу кривизны контролируемой детали. Приложенные к прибору пленки и фольга служат лишь для проверки работоспособности прибора.

После визуального осмотра покрытия измерения проводят в двух сечениях штока и плунжера, отстоящих от концов не менее 100 мм, в четырех (по периметру) диаметрально расположенных точках. Каж-

дое измерение повторяют 3 раза, за результат принимают среднее арифметическое. Калибровку прибора необходимо периодически проверять.

Результаты замеров толщины хромового покрытия указанных деталей на некоторых типах гидрокомплексов, проведенных вначале внедрения толщинометрии при входном контроле, показали значительную неравномерность нанесения покрытия, а число забракованных деталей достигало 50%, затем технологию нанесения покрытий на заводах-изготовителях откорректировали и брак значительно уменьшился.

Анализ результатов замеров толщины покрытий помогает выявить причины и скорректировать технологию нанесения покрытий на заводах-изготовителях для повышения качества и надежности выпускаемых изделий, а также недопустить простои горной техники в лавах из-за отказов некачественно изготовленных деталей.

ГЛАВА 5

ДЕФЕКТОСКОПИЯ ШАХТНЫХ ПОДЪЕМНЫХ УСТАНОВОК

Шахтные подъемные установки предназначены для подъема из шахты полезного ископаемого, спуска — подъема материалов, оборудования и людей. В большинстве случаев подъемные установки — это основной или единственный вид транспорта, связывающий подземные выработки с поверхностью. Шахты имеют по несколько подъемных установок, каждая из которых выполняет свои функции: основные людские и грузолюдские, спускают и поднимают людей, материалы, оборудование; основные грузовые, выдают полезные ископаемые и породу; фланговые (вспомогательные, инспекторские, аварийные) — для ревизии ствола и подъема людей в аварийной ситуации; подземные людские и грузолюдские, подземные грузовые. По углу наклона ствола подъемные установки разделяют на вертикальные и наклонные; по типу подъемных сосудов — на скиповые, клетевые, скипо-клетевые, бадьевые и наклонные, оборудованные вагонетками; по конструкции органов навивки подъемного каната: с цилиндрическими барабанами, шкивами трения, с разрезными бицилиндрическими барабанами; по числу подъемных канатов: на одноканатные и многоканатные.

Шахтная подъемная установка состоит из подъемной машины, канатов, копровых шкивов, копра и подъемных сосудов, крепящихся к канатам с помощью подвесных устройств и парашютов.

В процессе достаточно длительной и интенсивной эксплуатации ответственные детали и металлоконструкции шахтных подъемных установок подвергаются воздействию знакопеременных циклических нагрузок,

а также иногда испытывают значительные перегрузки, связанные с неправильным монтажом и установкой некачественных деталей, что может привести к возникновению усталостных трещин и, как следствие, усталостному разрушению. Кроме того, в ряде случаев этому способствует также достаточно интенсивный коррозионный износ. Поэтому важное условие надежной и безопасной работы установок — профилактическая дефектоскопия их деталей и конструкций.

5.1. КОНТРОЛЬ ТОРМОЗНЫХ СИСТЕМ ПОДЪЕМНЫХ МАШИН

Шахтные подъемные машины (ШПМ) предназначены для оборудования подъемных установок вертикальных и наклонных стволов шахт, рудников, а также их проходки. Подъемная машина состоит из коренной части (основания), органов навивки, представляющих собой коренные валы с укрепленными на них барабанами, привода тормозных устройств, пультов управления и контрольно-измерительной аппаратуры.

В зависимости от диаметра барабана и особенностей компоновки подъемные машины разделяют на: малые, с диаметром 1,2; 1,6 и 2 м, средние, с диаметрами 2,5; 3 и 3,5 м и крупные. Малые подъемные машины обычно применяют на наклонных подъемных в подземных горных выработках или на небольших вертикальных подъемах; средние — на поверхности и в подземных горных выработках на вертикальных и наклонных подъемах; подъемные машины с диаметром барабана 3,5 м и выше в подземных условиях не используются из-за больших габаритов.

Тормозное устройство подъемной машины состоит из исполнительного органа и привода тормоза, который может быть грузовым, грузогидравлическим, грузопневматическим, пружинным гидравлическим, пружинным пневматическим и пружинно-грузовым пневматическим. Грузовым приводом тормоза оборудованы подъемные машины типа ПМ, БЛ, ТЛ и ПЛ, грузогидравлическим — БМ и 2БМ (рис. 5.1).

Грузопневматический привод тормоза применяется на всех крупных барабанных подъемных машинах НКМЗ с диаметром барабана 4 м и более (рис. 5.2).

Подъемные машины с диаметром барабана 1,2; 1,6 и 2 м, выпускаемые Донецким машиностроительным заводом им. Ленинского комсомола, снабжены пружинно-гидравлическими приводами тормоза. Каждый исполнительный орган имеет отдельный привод.

Пружинно-пневматические приводы выпускают двух типов с тормозными грузами (пружинно-грузовой пневматический) и без грузов (пружинно-пневматический). Первыми оснащены подъемные машины с диаметрами барабанов 3,5 м (Ц-3,5×2А, 2Ц-3,5×1,7А), а также многоканатные подъемные машины, например, МК 2,25×4, МК 3,25×4, МК 4×4, ЦШ 2,1×4, ЦШ 4×4, ЦШ 3,25×4, ЦШ 5×4 (рис. 5.3); вторые устанавливают на подъемных машинах с диаметром барабана 2,5 и 3,0 м новой конструкции, а также некоторых многоканатных.

В угольной промышленности находится в эксплуатации несколько тысяч подъемных машин, в том числе и устаревших конструкций.

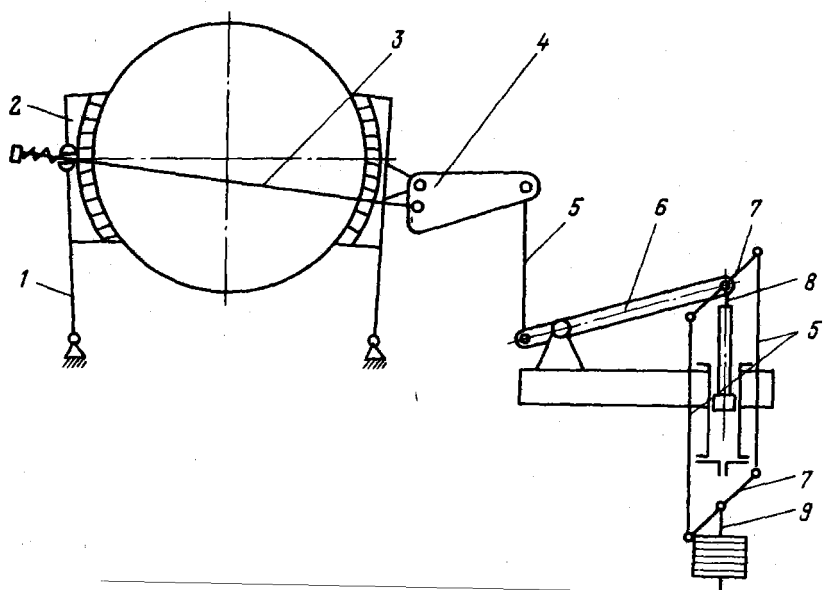


Рис. 5.1. Схема тормоза с грузогидравлическим приводом малых подъемных машин БМ-2500, 2БМ-2500, БМ-3000, 2БМ-3000:

1 — стойка; 2 — тормозная балка; 3 — горизонтальная тяга; 4 — угловой рычаг; 5 — вертикальная тяга; 6 — дифференциальный рычаг; 7 — траверса; 8 — шток; 9 — тяга подвески грузов

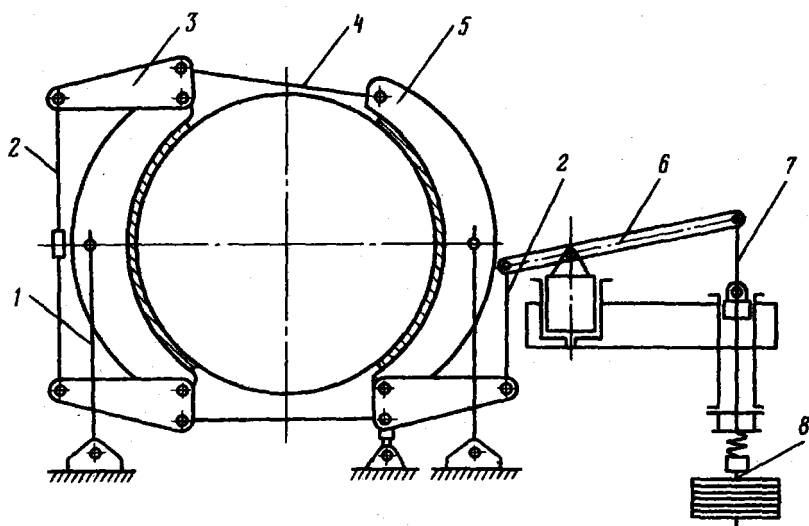


Рис. 5.2. Схема тормоза с грузопневматическим приводом крупных подъемных машин НКМЗ

1 — стойка; 2 — вертикальная тяга; 3 — угловой рычаг; 4 — горизонтальная тяга; 5 — тормозная балка; 6 — дифференциальный рычаг; 7 — шток; 8 — тяга грузов

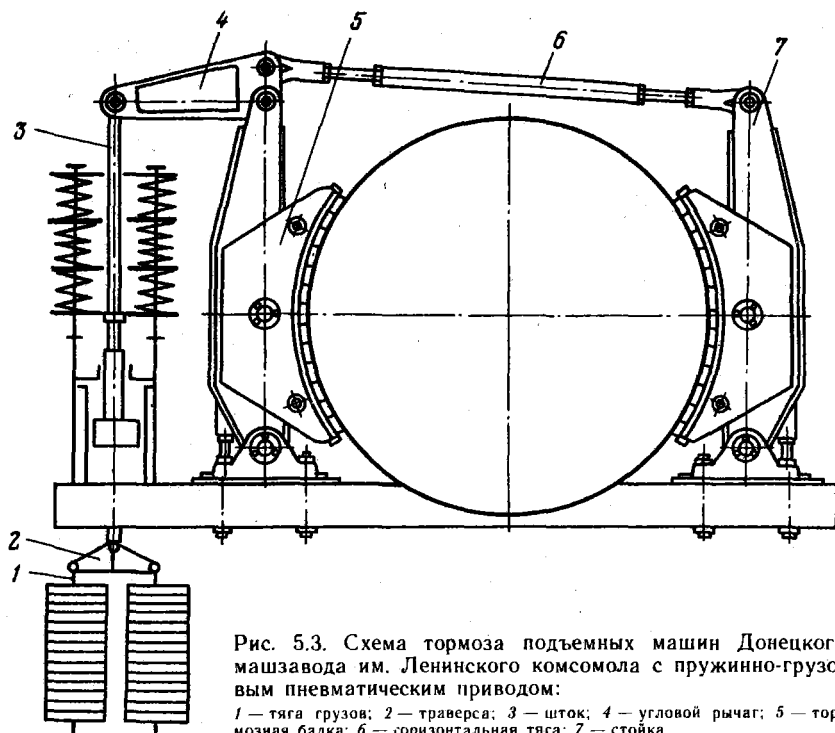


Рис. 5.3. Схема тормоза подъемных машин Донецкого машзавода им. Ленинского комсомола с пружинно-грузовым пневматическим приводом:

1 — тяга грузов; 2 — траверса; 3 — шток; 4 — угловой рычаг; 5 — тормозная балка; 6 — горизонтальная тяга; 7 — стойка

Срок службы машины определяется сроком службы ее ответственных элементов, в том числе тормозной системы, и определен: 15 лет для машин с барабанами диаметром 1,2 и 1,6 м; 20 лет для машин с диаметром барабана от 2 до 3,5 м; 25 лет для машин с диаметром барабана 4 и более метров, а также многоканатных.

В соответствии с НТД элементы деталей тормозной системы необходимо ежедневно осматривать для определения их пригодности при дальнейшей эксплуатации. Однако такой контроль проводится без разборки и не позволяет осмотреть все поверхности деталей. Следует также отметить, что визуальный контроль даже всей поверхности деталей не позволяет сделать достоверный вывод о качестве и их пригодности. В связи с этим установлен инструментальный контроль определенной номенклатуры деталей тормозного устройства ШПМ.

Перед вводом подъемной машины в эксплуатацию (если детали не подвергались дефектоскопии на заводе-изготовителе) и после истечения срока службы механической части машины проверяют следующие детали: в исполнительном органе — горизонтальные и вертикальные тяги по всей длине и в зоне отверстий; головки, вилки шарнирные в зоне отверстий; в приводах тормоза — тяги, штоки поршней рабочих цилиндров и штанги по всей длине, а также головки, вилки, дифференциальные рычаги (кроме сварных) в зоне отверстий и мест

изменения сечения; в подвеске грузов — тяги по всей длине, траверсы в зоне отверстий (цилиндрических хвостовиков); во всех указанных узлах — валики, демонтированные при контроле деталей. При всех остальных проверках контролируют следующие детали: в исполнительном органе — горизонтальные и вертикальные тяги на участках резьбы, проточек для сбегая резьбы и в зоне отверстий; в приводах тормоза — тяги на участках резьбы и в зоне отверстий, штанги — в зоне отверстий; в подвеске грузов — тяги на участках резьбы, проточек для сбегая резьбы и в зоне отверстий, а также траверсы в зоне отверстий или цилиндрических хвостовиков. На всех деталях контролируют также места выборки дефектов.

Усталостные дефекты в рычагах, стойках, балках встречаются редко и развиваются в течение длительного времени, поэтому, учитывая их недефектоскопичность, можно ограничиться визуальным (визуально-оптическим) контролем в зоне шарнирных отверстий.

Периодичность дефектоскопии деталей тормозных устройств ШПМ следующая: поверхностных и подземных машин людских, грузолудских и грузовых подъемов — перед вводом их в эксплуатацию (кроме тех, детали которых подвергались дефектоскопии на заводе-изготовителе с соответствующей отметкой в паспорте машины); поверхностных и подземных подъемных машин людских, грузолудских и грузовых подъемов — после истечения назначенного заводом-изготовителем срока службы до первого капитального ремонта машин; в случае необходимости их дальнейшей эксплуатации — после истечения срока службы механической части машин, а затем для поверхностных и подземных машин людских и грузолудских подъемов через каждые 3 года, а машин грузовых подъемов через каждые 5 лет; поверхностных подъемных машин подъемов, имеющих до 20 циклов в сутки и предназначенных только для осмотра ствола, спуска-подъема груза и подъема людей в аварийных случаях, а также подземных подъемных машин грузовых подъемов с числом циклов до 20 в сутки при необходимости их дальнейшей эксплуатации — после истечения срока службы механической части машины, а затем через каждые 6 лет.

Дефектоскопия деталей тормозных систем производится с целью выявления в них внутренних и поверхностных дефектов эксплуатационного и технологического характера. Контролируют детали двумя методами: ультразвуковым и магнитопорошковым.

При визуальном осмотре и проведении дефектоскопии детали укладывают на изготовленные из легкого металла (например, алюминия), складывающиеся подставки, обеспечивающие всесторонний осмотр и удобство в работе.

Ультразвуковой контроль выполняют с целью выявления внутренних и поверхностных дефектов в тягах, головках, вилках шарнирных, штангах, рычагах, штоках валиках. При обнаружении поверхностного дефекта УЗ контроль дублируется магнитопорошковым.

Ультразвуковой контроль производится серийными дефектоскопами ДУК-66ПМ, УД-11ПУ, УД2-12 и т. п., причем предпочтение следует отдавать переносным, легким дефектоскопам с автономным питанием.

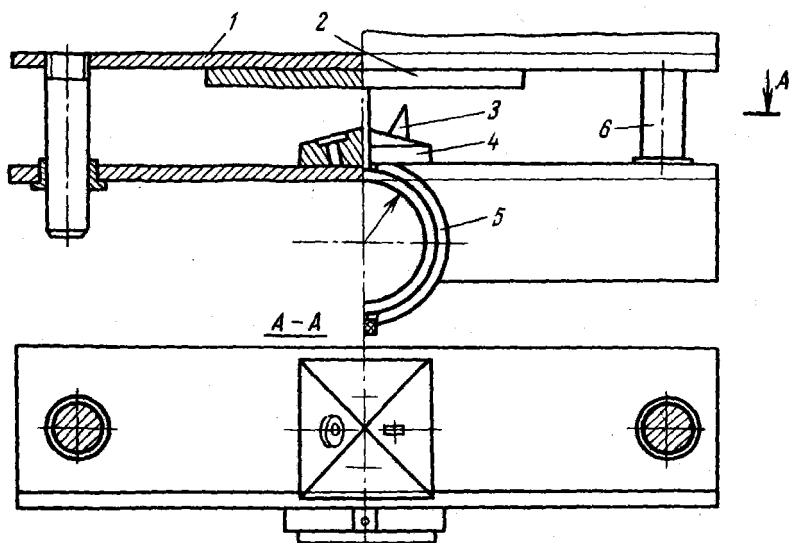


Рис. 5.6. Приспособление для нанесения зарубки способом вдавливания:
1 — уголок; 2 — образец; 3 — боек; 4 — патрон; 5 — индикатор; 6 — направляющая

Рабочую зону настраивают для того, чтобы она занимала большую часть экрана и сигналы от дефектов в контролируемом участке детали находились в пределах этой зоны и могли вызвать срабатывание дополнительных индикаторов. Устанавливают ее с помощью настроенного глубиномера или соответствующего испытательного образца (рис. 5.5) таким образом, чтобы участок развертки, заключенный в строб-импульсе, соответствовал участку пути УЗ луча в металле от 2—5 мм (для устранения влияния шумов преобразователя) до предельного размера детали по толщине (диаметру). Допускается установка рабочей зоны по углам или отражающим поверхностям, расположенным от места установки преобразователя на расстоянии, равном толщине контролируемой детали.

Чувствительность контроля настраивают по испытательным образцам, изготавливаемым из металла, по акустическим свойствам соответствующего контролируемому и не имеющего естественных дефектов. Контактная поверхность образца должна соответствовать конфигурации контактной поверхности контролируемого изделия, шероховатость ее не должна превышать $R_z = 80$ мкм. Высота образца должна быть равна толщине (диаметру) детали. Предельную чувствительность при контроле деталей определенной толщины устанавливают по зарубке (угловому отражателю), соответствующего испытательного образца так, чтобы амплитуда сигнала от нее на экране дефектоскопа была равной отсчетному уровню (например 20 мм). Размеры зарубки определены ТУ на контроль и равны $2 \times 1,5$ мм.

Зарубки изготавливают с помощью специальных зубил из инструментальной стали. Рубящий конец затачивают таким образом, чтобы передняя отражающая грань углубления была перпендикулярна к по-

Рис. 5.4. Ультразвуковая насадка

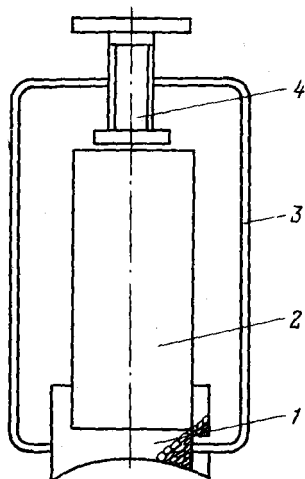
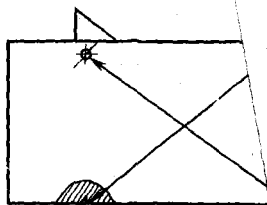


Рис. 5.5. Испытательный образец



При проведении контроля дефектоскопы удобно установить на передвижающемся штативе, изготовленном для удобства транспортировки из нескольких разборных частей.

Исследование и практический опыт показали, что для обеспечения необходимой чувствительности контроля деталей тормозных шасси шероховатостью поверхности $R_z \leq 80$ мкм, оптимальными являются рабочая частота 2,5 МГц и угол ввода УЗ луча в металл 40° , т. е. использовать серийные преобразователи. При контроле цилиндрических деталей по образующей поверхности для предотвращения поломки призмы преобразователя и стабилизации акустического контакта рекомендуется применять сменные насадки (рис. 5.4), поверхность которых должна соответствовать форме поверхности детали. Насадка 1 крепится к призме 2 преобразователя с помощью скобы 3 и винта 4, между призмой и насадкой обязателен слой смазки. Использование насадок с криволинейной контактной поверхностью позволяет устанавливать условную чувствительность контроля стандартному образцу № 1 или № 2 при снятой насадке, при этом требуется поправка, связанная с толщиной насадки.

При подготовке к контролю проверяют работоспособность дефектоскопа с преобразователем: проверяют чувствительность, правильность работы глубиномера и угол ввода. Чувствительность дефектоскопа с преобразователем должна быть не менее чувствительности поиска; угол ввода ультразвукового луча в металл проверяют по стандартному образцу № 2, отклонение его от номинального не должно превышать величин, указанных в техническом паспорте прибора; правильность работы глубиномера проверяют по стандартному образцу № 1 или № 2 прямым преобразователем, измеряя временной интервал до припола или дна.

Настраивают дефектоскоп на контроль конкретной детали непосредственно на рабочем месте: настраивают рабочую зону и чувствительность контроля.

верхности образца. Глубину зарубок измеряют штангенциркулем с глубиномером или с помощью несложного приспособления с индикатором. Зарубки можно изготавливать также с помощью устройства УНЭД-Ц2 из комплекта эталонных и вспомогательных устройств КЭУ-1; для увеличения стойкости бойков рекомендуется наносить зарубки способом вдавливания с помощью специального приспособления (рис. 5.6). Приспособление устанавливают в обычные слесарные тиски, глубину зарубок контролируют индикатором, закрепленным в оправке.

Практика показала, что стойкость бойков, как правило, невелика; вследствие деформации их рабочих граней изменяется угол заточки и в дальнейшем использование такого бойка невозможно. Для увеличения срока службы бойков и повышения точности изготовления зарубок необходимо периодически затачивать рабочие грани бойков, шлифуя их на станке с небольшой подачей в специальном приспособлении.

Предельную чувствительность при контроле деталей различной толщины и диаметра (мм) рационально перевести в условную по стандартному образцу № 1 (мм), при этом амплитуда сигнала от соответствующего отверстия образца должна быть равной отсчетному уровню и преобразователь находится в положении, при котором эхо-сигнал достигает максимальной величины.

Толщина, мм	10—20	30—50	50—80	80—100	100—120
Условная толщина, мм	20	30	35	40	50
Диаметр, мм	10—30	30—50	50—80	80—100	120
Условный диаметр, мм	25	35	40	45	55

Качество акустического контакта можно оценить двумя путями: косвенным, проверяя наличие контактирующей среды, и непосредственным, оценивая интенсивность прохождения ультразвука в изделие. Непосредственно контролировать можно следующими способами: измерением амплитуды донного сигнала, излучаемого специальной дополнительной пьезопластиной в изделие; используя в качестве контрольного сигнала амплитуду эхо-сигнала от отражателя в призме преобразователя; определяя амплитуду прошедшего сигнала дополнительной преобразователем.

Преобразователь с контролем акустического контакта, работающий по первому способу, несложно изготовить из серийных, входящих в комплект приборов преобразователей 30°, вклеивая дополнительную пьезопластину в выбранный паз в призме.

Контролировать вторым способом качество акустического контакта можно, изготовив в определенном месте призмы преобразователя отверстие или площадку, от которой отраженный сигнал при нарушении контакта увеличивается.

Прозвучивают детали (поиск дефектов) прямым лучом путем продольно-поперечного перемещения преобразователя по поверхности детали при чувствительности поиска, которая превышает предельную или соответствующую ей условную на 2—6 дБ. Величина поперечного перемещения преобразователя должна быть не более половины его ши-

рины, продольного 30—80 мм, с поворотом на 5—15°. Контакт преобразователя с поверхностью контролируемой детали обеспечивают через контактную среду легким нажатием руки.

Детали прямоугольного сечения контролируются перемещением преобразователя в двух противоположных направлениях по всей поверхности (кроме резьбы) с двух больших противоположных сторон, а для деталей круглого сечения — по всей поверхности.

Зоны вокруг отверстий контролируют УЗ с двух противоположных сторон, обводя преобразователь вокруг отверстия так, чтобы направление акустической оси было перпендикулярно расположению наиболее вероятных дефектов-трещин, а именно — по касательной к образующей поверхности отверстия. Исходя из параметров контролируемого участка детали (диаметр отверстия, толщина), установлено, что начальный радиус окружности, по которой должна перемещаться точка выхода луча, определяется по формуле $R = \sqrt{h^2 \operatorname{tg}^2 \alpha + r^2}$, где h — толщина детали в месте контроля; r — радиус отверстия; α — угол ввода ультразвукового луча в металл.

Для соблюдения постоянства положения преобразователя относительно отверстия, а также расстояния от его края до преобразователя рекомендуется использовать специальное приспособление. Оно состоит из основания, трех роликов, один из которых может перемещаться и фиксироваться в лапу основания. Обойма с преобразователем, позволяющая поворачивать его при контроле на 5—15°, закрепляется в зажимах, на которые нанесена шкала толщины деталей. Контроль осуществляется путем поворота приспособления вокруг отверстия, по внутренней поверхности которого перемещаются ролики.

Признак наличия дефекта при УЗ контроле — срабатывание дополнительных индикаторов (при настроенном автоматическом сигнализаторе дефектов), а также появление и перемещение на экране сигнала, максимум которого располагается в рабочей зоне и имеет амплитуду, равную или более отсчетного уровня, при чувствительности, соответствующей предельной или условной для данной глубины расположения дефекта. Затем определяют его координаты и условную протяженность.

Магнитопорошковый контроль производится при повторной дефектоскопии для выявления поверхностных дефектов в наружных резьбовых соединениях, проточках на выходе резьбы, а также после ультразвукового для получения более полной информации о поверхностных дефектах.

Контроль осуществляется серийными магнитными дефектоскопами ПМД-70; индикаторами дефектов служат магнитные порошки (например, порошок магнитный черный ТУ 6-14-1009—74) в виде суспензии на жидкой основе, в качестве которой применяется масло РМ (трансформаторное) или смесь масла с керосином (по объему 50/50%). Концентрация магнитного порошка в суспензии составляет 20 ± 5 г/л; при контроле резьбовых соединений с малым шагом с целью уменьшения оседания порошка в основании канавок рекомендуется несколько снижать концентрацию порошка в суспензии.

Можно также использовать суспензии на водной основе следующего

состава: вода — 1 л, хромпик калиевый — 5 г, сода кальцинированная — 10 г, эмульгатор ОП-7 (ОП-10) — 5 г, порошок магнитный черный — 10—15 г. В состав суспензий рекомендуется вводить анти-вспениватель, например, типа ПМС-1000 А.

При приготовлении суспензии необходимо вначале магнитный порошок тщательно растереть в небольшом количестве жидкости — основы суспензии до получения однородного состава, а затем полученный состав размешать во всем объеме жидкой основы суспензии.

При многократном использовании суспензии концентрация порошка в ней может измениться; в этом случае ее необходимо довести до нужного уровня. Концентрация порошка может быть определена с помощью анализатора концентрации суспензии АКС-1 или методом отстоя с помощью несложного прибора состоящего из алюминиевого сосуда, переходной втулки, стеклянной трубки, закрытой пробкой. Прибор проградуирован в г/л. Для определения концентрации порошка в прибор заливается определенное количество тщательно перемешанной суспензии и после отстоя по толщине осевшего слоя порошка определяется концентрация суспензии.

Применяют также магнитолюминесцентную суспензию МЛ-1, МЛ-2, которую приготавливают на основе воды (чтобы исключить свечение жидкости в УФС) с добавлением смачивающих веществ; концентрация — 4 г/л. Технология контроля отличается только тем, что осмотр проводят и при УФС.

Магнитопорошковый контроль включает в себя следующие операции: проверку чувствительности контроля, намагничивание детали, нанесение на деталь суспензии, осмотр и разбраковку деталей, размагничивание.

Для обеспечения надежности и достоверности контроля, проверки работоспособности аппаратуры, а также качества суспензии необходимо периодически проверять чувствительность контроля. Для элементов тормозных систем чувствительность контроля должна быть не ниже условного уровня чувствительности В.

Чувствительность контроля проверяют с помощью контрольных образцов, которыми могут служить отрезки деталей, имеющих естественные дефекты, а также с изготовленными искусственными дефектами, или специальные образцы.

В качестве контрольного образца используют образец из магнитомягкой стали толщиной 1 мм с дефектом размерами $6 \times 0,5$ мм. Образец накладывается на деталь стороной, на которую нанесен дефект, так, чтобы направление его совпадало с направлением возможных реальных дефектов, и намагничивается совместно с деталью. По осаждению порошка над дефектом можно определить оптимальный режим намагничивания и чувствительность контроля.

Контрольный образец можно изготовить также следующим способом: в металле выбирают каким-либо методом (например, электроэрозионным) паз в направлении вероятного расположения дефекта, длиной и глубиной равной искусственному дефекту, характеризующего чувствительность контроля. Затем паз запрессовывают (забивают) брусочком из такого же материала, и поверхностные части его

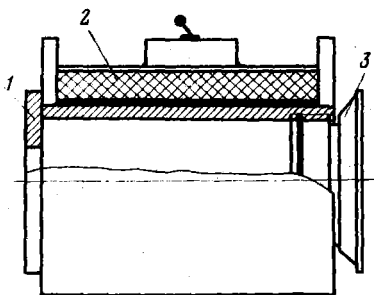


Рис. 5.7. Электромагнит для намагничивания деталей способом магнитного контакта

совместно с деталью шлифуют до необходимых размеров. Раскрытие (ширина) каждого из двух получающихся параллельно расположенных дефектов зависит от плотности забивки и может составлять 15—50 мкм.

Большинство деталей тормозных систем изготавливают из магнитомягких сталей (Ст. 3, Ст. 5, Сталь 20), поэтому контроль производится СПП. При проведении контроля применяют продольное (полюсное) намагничивание электромагнитом, соленоидом или гибким кабелем так, чтобы направление магнитного поля было перпендикулярно вероятной ориентации дефекта. Оптимальная напряженность намагничивающего поля составляет 1100—2400 А/м в зависимости от материала детали.

Контроль зон вокруг отверстий на деталях производится СПП с помощью гибкого кабеля, пропущенного через отверстия или электромагнитом, устанавливая его вокруг отверстий. Зоны вокруг отверстий деталей сложной формы, а также при ограниченном доступе к контролируемой зоне рационально проверять способом однополюсного контактного намагничивания с помощью электромагнита (рис. 5.7), состоящего из соленоида 2 с вставленным в него сердечником. Сердечник изготавливается сборным и состоит из полого (для уменьшения веса) основания 1 и сменных наконечников 3, ввинчивающихся в него, геометрия которых выбирается в зависимости от конфигурации деталей и доступности к месту контроля. Намагничивание осуществляется постоянным и переменным током, при этом рабочую поверхность наконечника сердечника приставляют к детали, вводя магнитный поток.

Во время намагничивания деталь должна быть равномерно и обильно обработана струей суспензии со слабым напором. Перед поливом магнитную суспензию необходимо тщательно перемешать. При контроле соленоидом и гибким кабелем магнитная суспензия наносится на расстоянии не более 250 мм от соленоида, электромагнитом — между полюсами.

Признак наличия дефекта — осаждение над ним порошка. По осаждению порошка определяется местоположение и конфигурация дефекта, а иногда и его характер.

При нечетком осаждении порошка и в других сомнительных случаях намагничивают и осматривают повторно. Если при этом осаждение порошка остается нечетким деталь тщательно размагничивают и контроль повторяют. Детали, прошедшие магнитопорошковый контроль, должны быть размагничены.

При необходимости изготовления дефектограмм деталь в приложенном поле поливается клеевой суспензией следующего состава: ацетон — 700 мл, спирт — 300 мл, целлулойд — 20 г, магнитный порошок — 20 г. После ее высыхания (3—5 мин) на валик осевшего порошка накладывается прозрачная липкая лента, на которой и остается изображение. При невозможности использования этого способа (в местах переходов, резьбе и т. п.) применяется фотография. Для контроля могут быть разработаны операционные карты дефектоскопии.

Детали, в которых обнаружены недопустимые и неустраняемые дефекты к дальнейшей эксплуатации, как правило, непригодны и должны быть заменены бездефектными. Забракованные детали или вырезанные дефектные участки должны быть переданы в подразделение дефектоскопии (для использования в качестве испытательных образцов, образцов для обучения и проверки навыков контроля дефектоскопистов).

На проконтролированных деталях (участках) в регламентированных НТД местах должно быть проставлено клеймо, закрепленное за бригадой дефектоскопистов: клеймо ставится в зоне шарнирного отверстия и выхода резьбы, на валиках и осях копровых шкивов — на торце. На забракованных деталях клеймо проставляется дважды (рядом) в регламентированных местах и, если возможно, в зоне дефекта.

5.2. КОНТРОЛЬ ПОДВЕСНЫХ УСТРОЙСТВ И ПАРАШЮТОВ ПОДЪЕМНЫХ СОСУДОВ

Подвесное устройство, предназначенное для присоединения канатов к шахтным подъемным сосудам (клетям, скипам и т. п.), состоит из прицепного устройства (коуша) и деталей конструкции подвески. Коуш служит для соединения подъемного каната с подвеской, связывающей коуш с неразборной грузонесущей конструкцией (подъемным сосудом).

Подвесные устройства применяют в наклонных и вертикальных стволах. Они делятся на одноканатные эксплуатационного подъема для грузовых сосудов (скипы, грузовые клетки), грузолюдских и людских клеток.

Все подъемные сосуды одноканатных подъемов, предназначенные для перемещения людей в вертикальных и наклонных выработках шахт, оборудуют устройствами (парашютами) для плавной остановки и удержания клетки или вагонетки с людьми при обрыве подъемного каната или подвесного устройства.

Используются подвесные устройства различных типов (УП, ПУС, ПКН, ПКР, ПУМ, ПМ, ПМУ и др.) с коушами (КРГ, ККБ, КД) и парашюты (ПТК, ПТКП, ПКЛ и др.).

На эксплуатируемых подъемно-транспортных установках срок службы подвесных и прицепных устройств и парашютов должен быть не более 5 лет. Допускают продление срока службы на 2 года, решение об этом принимает комиссия, возглавляемая главным механиком шахты, при условии получения положительных результатов дефектоскопии и допустимом износе шарнирных соединений, не превышающем указанных в НТД.

Дефектоскопии подлежат наиболее ответственные детали подвесных устройств и парашютов: тяги, штанги, серьги, вилки, планки, траверсы, коуши, щеки, звенья, проушины, штоки, рычаги, оси, валики. Зоны контроля этих деталей — участки вокруг отверстий, места изменения сечения, резьба, несущая нагрузку, цилиндрическая поверхность валиков, осей, тяг, штоков, а также пазы листов (щеки) коушей ККБ и КД.

Исследования и опыт дефектоскопии показали, что состояние поверхности деталей позволяет для поиска усталостных поверхностных трещин в качестве основного метода использовать магнитопорошковый; дополнительного — в случае затруднительной разборки — ультразвуковой: для контроля внутренних поверхностей пазов коушей КРГ, ККБ и КД. При магнитопорошковом контроле применяют дефектоскоп ПМД-70, ультразвуковым — ДУК-66ПМ, УД-11ПУ, УД2-12.

Чувствительность применяемых методов дефектоскопии обеспечивает обнаружение искусственных дефектов размерами (длиной, глубиной) $6 \times 0,5$ мм — для магнитопорошкового и $2 \times 1,5$ мм — ультразвукового методов.

Снятые детали подготавливают к контролю, как и детали тормозных систем. Технология магнитопорошкового контроля отличается от описанной, применяемой при контроле деталей тормозных систем, способами намагничивания. Для большинства элементов подвесных устройств и парашютов, изготовленных из стали 45, 40Х используется СОН.

Способ приложенного магнитного поля может применяться для любых деталей; для деталей подвесных устройств ПКН и ПКР, изготовленных из сталей 35, Ст. 3, Ст. 5, он единственно возможный. Намагничивание зон вокруг отверстий, мест переходов, пазов щеки ККБ, осуществляется СОН с помощью гибкого кабеля (рис. 5.8, а, б). При намагничивании пазов, мест переходов необходимо использовать планку из магнитомягкой стали, накладываемую на паз (переход). В этом случае магнитный поток замыкается через планку. Контроль подобных зон на деталях из магнитомягких сталей производится СПП с помощью электромагнита (см. рис. 5.8, в).

Валики (оси) можно контролировать как СОН с помощью соленоида или гибкого кабеля, так и в приложенном поле способом магнитного контакта (см. рис. 5.8, г).

Намагничивание деталей, изготовленных из сталей: Ст. 3, сталь 35 осуществляется СПП с помощью соленоида и электромагнита.

Зоны вокруг отверстий удобно намагничивать с помощью специального приспособления — соединителя, исключающего трудоемкий и неудобный процесс навивки кабеля в отверстие. Соединитель состоит из закрепленных на ручках 4-х штырьковых вилки и розетки, к контактам которых припаян гибкий кабель таким образом, что при замыкании образуется несколько витков кабеля. Для намагничивания достаточно вставить приспособление в отверстие и пропустить ток.

Ультразвуковым методом контролируют только коуши КРГ, ККБ и КД в сборе: на коуше КРГ — корпус в зоне прямоугольных отверстий, на коушах ККБ и КД — паз листа (щека). Для контроля используют наклонный преобразователь 30° на частоту 2,5 МГц. Условную чувстви-

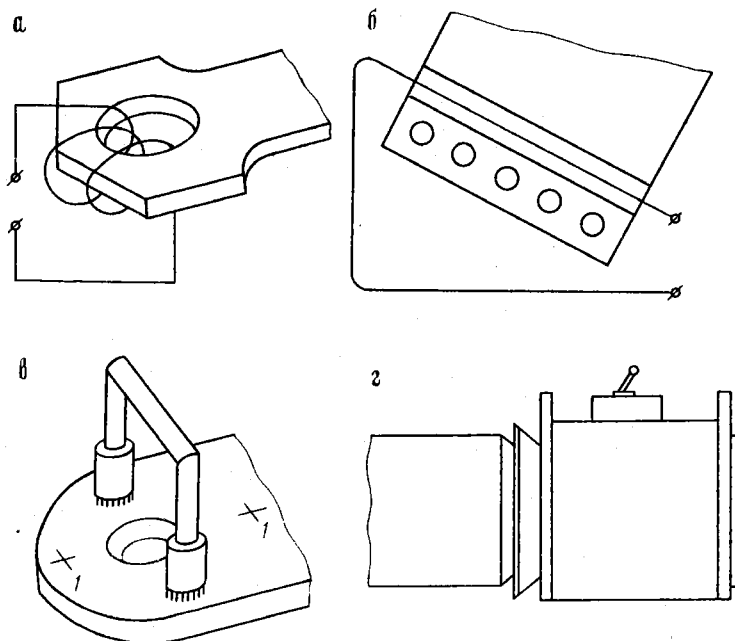


Рис. 5.8. Схемы намагничивания деталей подвесных устройств

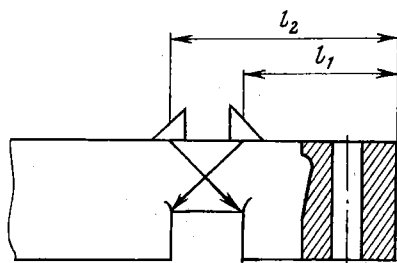


Рис. 5.9. Схема ультразвукового контроля коуша с пазом

тельность контроля выбирают в зависимости от типоразмера (толщины металла) коуша.

Перед прозвучиванием паза коуша преобразователь устанавливают так, чтобы точка выхода располагалась на определяемые расчетом расстояния l_1 и l_2 от края листа, как указано на рис. 5.9. Затем прозвучивают перемещая преобразователь последовательно в обе стороны от этих положений на 5 мм.

5.3. КОНТРОЛЬ ОСЕЙ КОПРОВЫХ ШКИВОВ

Ось — одна из наиболее нагруженных и ответственных деталей копрового шкива. Дефектоскопия осей проводится после 8 лет их

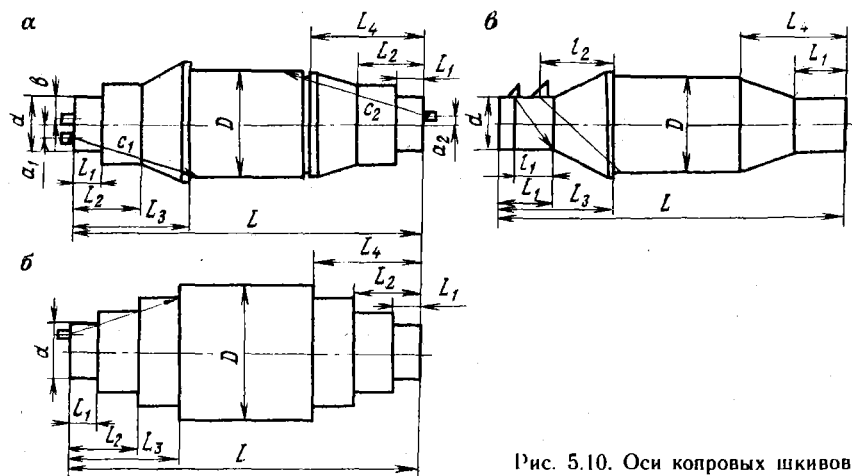


Рис. 5.10. Оси копровых шкивов

эксплуатации, а затем через каждые 3 года с целью выявления в них усталостных трещин, которые могут возникать в галтелях и крайних участках подступичной части. В зависимости от геометрической формы

Таблица 5.1

Шкив	Геометрическая форма оси	Длина оси L , мм	Расстояние (мм) от торца до				Расстояние от образующей шейки оси до центра преобразователя b , мм
			галтели I L_1	галтели II L_2	начала подступичной части L_3	начала подступичной части L_4	
ШККЗ	Цилиндроконическая (подшипники качения)	1034	83	158	315	300	23
ШККЗА		1050	99	174	323	308	27
ШКК4А		1159	111	186	348	344	30
ШКК4Б		1148	117	195	351	328	32
Ш5А		1140	115	210	324	316	31
Ш6	»	1290	134	225	345	315	35
Ш6*, 0101		1320	160	252	360	330	43
НЗ36		1675	305	447	537	537	78
ШКФЗБ	Цилиндрическая (подшипники качения)	1068	117	220	335	336	32
Ш4А		1148	117	220	349	349	32
ШКФ4А		1159	133	225	356	356	35
Ш5		1163	133	225	336	336	35
НЗ36, 1		1345	170	—	425	425	44
Ш6*, 0101Н	»	1320	160	252	364	364	43
НЗ36, 2		1465	170	342	435	435	44
ШКЗ	Цилиндроконическая (подшипники скольжения)	1190	232	—	395	398	—
ШК4Б		1415	370	—	477	480	—
М8012		1330	300	—	415	415	—
Г8017		1335	300	—	417	387	—
Г8015		1405	370	—	477	447	—
Г8013	»	1530	370	—	465	465	—
Г8020		1535	370	—	467	467	—

и типа подшипников оси делят на три группы (рис. 5.10): цилиндрические с подшипниками качения (а), цилиндрические с подшипниками качения (б), цилиндрические с подшипниками скольжения (в). Номенклатура и основные данные, необходимые для проведения контроля приведены в табл. 5.1.

Дефектоскопия осуществляется УЗ методом с помощью дефектоскопов ДУК-66ПМ, УД-11ПУ, УД2-12 несколькими преобразователями: типовыми нормальными на частоту 2,5 МГц или 1,25 МГц для контроля галтелей первой (I) и второй (II); специальными наклонными с углом призмы 10°, 13° на частоту 2,5 МГц для контроля подступичной части осей с подшипниками качения; типовыми наклонными с углом призмы 30° (40°, 50°) на частоту 2,5 МГц для контроля подступичной части цилиндрических осей с подшипниками качения и с подшипниками скольжения; типовыми раздельно-совмещенными малогабаритными на частоту 5 МГц для контроля подступичной части цилиндрических осей с подшипниками качения.

Для удобства в работе и повышения достоверности контроля дефектоскопистам следует пользоваться складным стульчиком, тубусом и простым индивидуальным изготовлением штативом к дефектоскопу, позволяющим устанавливать его в необходимое положение.

Чувствительность контроля должна обеспечивать обнаружение иску-

Расстояние от центра осевого отверстия до точки выхода акустической оси преобразователя, мм				Расстояние от точки выхода акустической оси преобразователя до начала контролируемого участка, мм				Расстояние от точки выхода акустической оси преобразователя до галтели I l_1 , мм	Расстояние от точки выхода акустической оси преобразователя до начала подступичной части l_2 , мм	По шкале прибора H , мм	Диаметр подшипниковой шейки оси d , мм
преобразователь 13°		преобразователь 10°		преобразователь 13°		преобразователь 10°					
a_1	a_2	a_1	a_2	c_1	c_2	c_1	c_2				
—	—	30	33	—	—	342	329	—	—	—	120
—	—	19	25	—	—	350	340	—	—	—	140
68	—	—	18	402	—	—	369	—	—	—	160
60	68	—	—	402	385	—	—	—	—	—	170
30	26	—	—	378	370	—	—	—	—	—	170
33	23	—	—	398	362	—	—	—	—	—	200
—	—	30	33	—	—	373	355	—	—	—	260
105	105	—	—	760	760	—	—	—	—	—	260
65	65	—	—	388	388	—	—	—	—	—	170
75	75	—	—	403	403	—	—	—	—	—	170
64	64	—	—	414	414	—	—	—	—	—	200
48	48	—	—	390	390	—	—	—	—	—	200
69	69	—	—	492	492	—	—	—	—	—	280
53	53	—	—	424	424	—	—	—	—	—	260
64	64	—	—	510	510	—	—	—	—	—	280
—	—	—	—	—	—	—	—	149	191	205	160
—	—	—	—	—	—	—	—	224	262	220	240
—	—	—	—	—	—	—	—	187	234	250	200
—	—	—	—	—	—	—	—	187	234	250	200
—	—	—	—	—	—	—	—	224	262	280	240
—	—	—	—	—	—	—	—	224	270	290	240
—	—	—	—	—	—	—	—	242	294	315	260

ственных отражателей площадью 15 мм^2 на минимальном расстоянии 83 мм (минимальное расстояние до галтели I) и площадью 325 мм^2 на максимальном расстоянии 537 мм (максимальное расстояние до контролируемой зоны подступичной части).

Для приобретения навыков по обнаружению дефектов на оси в местах их возможного возникновения рекомендуется в качестве испытательного образца использовать отслужившую свой срок или забракованную ось. В соответствующих местах контролируемых зон оси, перпендикулярно образующей поверхности наносятся фрезерованием (или выпиливанием ножовкой) искусственные отражатели площадью, соответствующей предельной чувствительности контроля.

Используя такую ось, можно устанавливать предельную чувствительность и рабочую зону, а также отбатывать приемы дефектоскопии контролируемых зон. Перед проведением дефектоскопии необходимо убедиться в соответствии типоразмера оси данным, указанным в паспорте копроового шкива.

Подготавливают оси к контролю в последовательности, описанной в 1.2 и 2.3. Настройка временной селекции, чувствительности и схемы прозвучивания контроля имеют свои особенности при использовании вышеназванных преобразователей для контроля осей различного типа.

Дефектоскопия осей с подшипниками качения (см. рис. 5.10, а и б). Для контроля галтелей I и II нормальными преобразователями с торца оси настраивают временную селекцию следующим образом. Передний фронт строб-импульса глубиномера выставляют на отметку на 10 мм меньше расстояния до соответствующей галтели, а задний фронт — на отметку, равную расстоянию до галтели (см. табл. 5.1).

Для контроля с торца мест наиболее вероятного возникновения дефектов в подступичной части осей применяют специальные наклонные преобразователи с углом призмы 10° и 13° (рис. 5.11). Корпус 2 и призму 5 преобразователя изготавливают из оргстекла, но можно и из других материалов (например, алюминий). Демпфер 3 — из эпоксидной смолы с наполнителем — порошком вольфрама (соотношение 1 : 9 весовых частей). Используют стандартную пьезопластину 1 из ЦТС диаметром 12 мм. Электроды из медной фольги толщиной 0,1 мм приклеивают эпоксидной смолой к пьезоэлементу, который так же крепят к демпферу и призме. Отверждение смолы происходит в течение 24 часов при комнатной температуре под небольшой нагрузкой. После этого к электродам припаивают кабель с разъемом 4 и всю сборку устанавливают в корпусе преобразователя, заливая эпоксидным клеем. При этом особенно внимательно необходимо устанавливать призмы по отношению к корпусу. После изготовления преобразователя определяют чувствительность, точку выхода и угол ввода. Если корпус изготавливают из оргстекла, то для сохранения стабильности угла ввода на него крепят металлическое кольцо.

Для контроля крайних участков подступичной части преобразователями 10° или 13° в зависимости от типоразмера шкива временную селекцию настраивают следующим образом. Передний фронт строб-импульса устанавливают на отметку, соответствующую расстоянию s_1 или s_2 (см. табл. 5.1), а задний фронт так, чтобы размер строб-импульса по развертке составлял 5 мм. При настройке дефектоскопа для

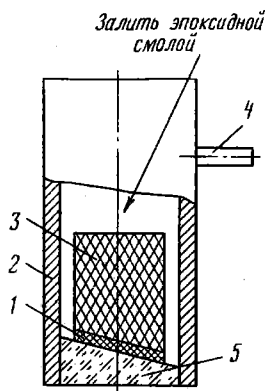


Рис. 5.11. Наклонный совмещенный преобразователь с углом призмы 10° (13°)

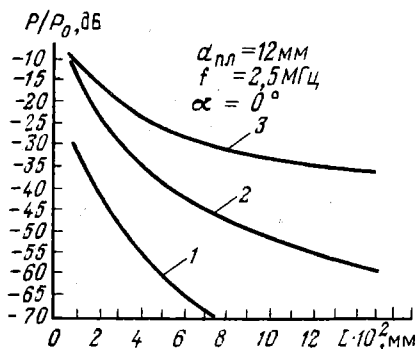


Рис. 5.12. АРД-диаграмма

работы с этими преобразователями следует пользоваться той же шкалой, что и для нормальных преобразователей.

Чувствительность контроля устанавливается с использованием АРД-диаграммы (рис. 5.12). По оси ординат отложена относительная амплитуда P/P_0 отраженного от дефекта (плоскодонного отражателя) сигнала в отрицательных децибеллах, а по оси абсцисс — расстояние до дефекта. С помощью АРД-диаграммы можно определять и эквивалентную площадь обнаруженных дефектов.

Для установления чувствительности контроля при дефектоскопии подступичной части необходимо: поставить преобразователь 0° (2,5 МГц) на торец оси, получить отраженный от противоположного торца сигнал и довести его амплитуду до отсчетного уровня; по АРД-диаграмме (см. рис. 5.12) определить разность амплитуд по кривым «донный сигнал» 3, и «диаметр дефекта» 1, 2 для расстояния, равного расстоянию от торца до подступичной части оси (c_1 или c_2 , см. табл. 5.1), причем для расстояний до дефекта 50—300 мм используется кривая «диаметр дефекта» 1 — 4 мм, а более 300 мм кривая 2 — 12 мм; увеличить усиление прибора на разность амплитуд, определенных по АРД-диаграмме; не изменяя настройки прибора перевести полученную чувствительность в условную по стандартному образцу № 1; установить полученную условную чувствительность для работы с преобразователем 10° (13°).

Для установления чувствительности контроля при дефектоскопии галтелей I необходимо: установить преобразователь 0° (2,5 МГц) на шейку вала, где расположена галтель II, получить отраженный от образующей шейки сигнал и довести его амплитуду до отсчетного уровня; по АРД-диаграмме определить разность амплитуд по кривым 1 и 3 для расстояния, равного расстоянию от торца до галтели I; увеличить усиление прибора на разность амплитуд, определенную по АРД-диаграмме. Полученная чувствительность считается предельной для галтели I. Чувствительность контроля при дефектоскопии галтелей II устанавливается аналогично.

Пример установления чувствительности контроля с использованием АРД-диаграммы при дефектоскопии оси копрового шкива ШКК-3 (длина 1034 мм).

Установить нормальный преобразователь на торец оси и получить донный сигнал. Довести его до отсчетного уровня; снять показания по прибору; ослабление сигнала равно 19 дБ. Расстояние до подступичной части $s_1 = 342$ мм. По АРД-диаграмме ослабление сигнала при этом расстоянии равно $31 - 21 = 10$ дБ. Увеличим чувствительность дефектоскопа на 10 дБ. Предельная чувствительность контроля обеспечивается при ослаблении сигнала $19 - 10 = 9$ дБ. Переведем ее в условную чувствительность по стандартному образцу № 1; она составляет 70 мм (при установке преобразователя на торцевую поверхность образца).

Для контроля подступичной части необходим преобразователь 10° (см. табл. 5.1), поэтому устанавливаем условную чувствительность контроля для данного преобразователя 70 мм, снимая показания аттенюатора (5 дБ). Следовательно, искать дефекты необходимо при ослаблении сигнала до $2 - 3$ дБ (поисковая чувствительность), а оценивать — при ослаблении до 5 дБ.

После проведения контроля подступичной части установить нормальный преобразователь на образующую второй шейки вала. Получить донный сигнал и довести его до отсчетного уровня. Полученное ослабление сигнала на аттенюаторе равно 47 дБ.

Расстояние до галтели I равно 83 мм. По АРД-диаграмме ослабление сигнала для расстояния 83 мм равно $31 - 10 = 21$ дБ.

Увеличим чувствительность дефектоскопа на 21 дБ. Предельная чувствительность контроля равна $47 - 21 = 26$ дБ. Затем для расстояния до галтели II (158 мм) по АРД-диаграмме определяем ослабление сигнала: $38,0 - 15 = 23$ дБ. Предельная чувствительность при контроле галтели II равна $47 - 23 = 24$ дБ.

Все операции повторяют при контроле оси с противоположного торца.

Если ось не прозвучивается на частоте 2,5 МГц, то контроль проводится на частоте 1,25 МГц. Последовательность контроля в этом случае следующая. Получить донный сигнал и довести его до отсчетного уровня, затем этим же преобразователем при той же чувствительности произвести контроль галтели I и II. Если же ось не прозвучивается и на частоте 1,25 МГц, то ось не контролируют, о чем записывают в паспорте на шкив копровой.

Контролируют ось на поисковой чувствительности с помощью специального приспособления (рис. 5.13), которое предназначено для фиксации и перемещения преобразователей по торцу контролируемой оси с постоянным прижимом и по заданным траекториям так, чтобы прозвучивались места наиболее вероятного расположения трещин.

На основании 3 (материал — листовый дюралюминий толщиной 5—7 мм) приспособления устанавливают в держателях 2 два преобразователя: нормальный — для контроля галтелей I и II и наклонный (угол призмы 10° или 13°) — для контроля участков подступичной части. Постоянный прижим преобразователей к торцу оси создается с помощью двух пружин.

Держатели, изготовленные из легкого сплава, с преобразователями перемещаются в пазах основания и фиксируются с помощью винтов 1. Кроме того, винт-фиксатор указывает расстояние от центра оси до точки ввода преобразователя.

Приспособление удерживается на оси четырьмя магнитами 4 и перемещается по торцу внутренней обоймы подшипника с помощью двух ручек 5. Можно применять два магнита, но при этом для устранения перекоса основания необходимо тщательно подбирать пружины в держателях преобразователя.

Удерживающие магниты (используются равные части из одного

сплава, например, серийно выпускаемые магнитные держатели типа МД-1), приклеиваемые к планкам, удерживают друг от друга на расстоянии, равном диаметру внутренней обоймы подшипника. Магниты фиксируют с помощью четырех специальных винтов, двух гаек-барашков. На поверхности магнитов, прилегающих к обойме подшипника, наносят слой упомянутого клея (до 3 мм) для уменьшения силы взаимодействия настолько, чтобы удерживать приспособление на торце и не создавать слишком большое усилие для прокручивания приспособления.

Центрируют приспособление на торце оси при вращении с помощью центратора 6, состоящего из двух соединенных частей: магнитной — для крепления его на торце и немагнитной — для вращения вокруг нее.

Для контроля галтелей осей с подшипниками качения необходимо установить нормальный преобразователь на край торца оси, а для контроля крайних участков подступичной части (рис. 5.14) — наклонный преобразователь на расстоянии $a_1(a_2)$ от центра оси (см. табл. 5.1) и, медленно поворачивая (со скоростью около 1 мин^{-1}) приспособление вокруг центратора сначала в одну сторону, а затем в другую, прозвучить металл, для повышения надежности контроля рекомендуется приспособления поворачивать в обе стороны 2—3 раза.

При контроле галтели 1 в случае появления сигналов необходимо произвести прозвучивание, отступая от края окружности торца оси на определенное расстояние b (см. табл. 5.1). Отсутствие сигналов при этом показывает, что отражение УЗ луча было от обоймы подшипника; наличие его — признак дефекта.

При контроле крайних участков подступичной части в некоторых случаях могут возникнуть сигналы от буртика или проточки. Для более точной расшифровки сигнала необходимо увеличить разрешающую спо-

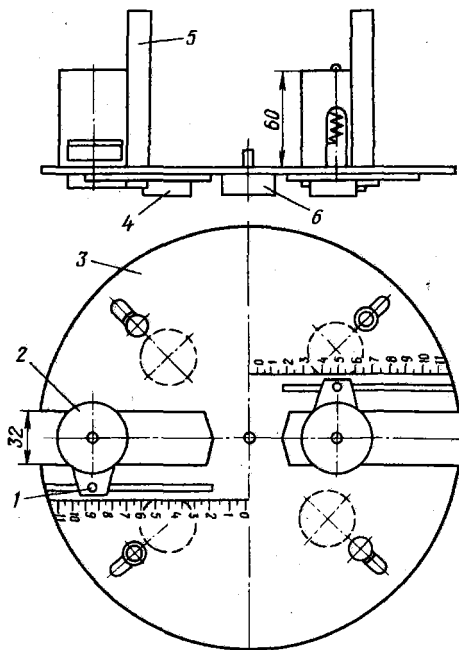


Рис. 5.13. Приспособление для контроля оси

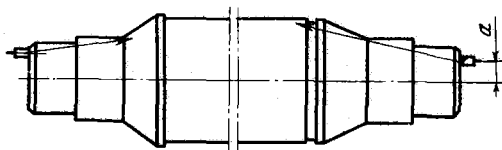


Рис. 5.14. Схема контролирования галтелей и подступичной части оси

способность дефектоскопа. При перемещении преобразователя по окружности этот сигнал почти не изменяется по амплитуде и остается на том же расстоянии (в том же положении на экране дефектоскопа). Сигнал же от дефекта будет изменяться от максимальной амплитуды до нуля при перемещении преобразователя по окружности и его смещении к центру торца оси.

Крайние участки подступичной части цилиндроконических осей могут быть проконтролированы наклонным преобразователем с конической поверхности. Такой контроль рекомендуется применять в качестве дополнительного при обнаружении дефекта в подступичной части оси, а также в том случае, если размеры контролируемой оси не совпадают с размерами, указанными в табл. 5.1 для данного типа оси. Оптимальный угол призмы преобразователя — 50° . При конусности оси, отличающейся от данных, указанных в таблице, для получения максимальной амплитуды отраженного сигнала от бурта (или проточки) необходимо выбрать один из преобразователей с углом призмы в пределах 30° — 50° . Если коническая часть оси имеет большую шероховатость поверхности, то для улучшения акустического контакта рекомендуется применять специальные методы и материалы, описанные ранее. Перемещая преобразователь вниз по образующей конической части оси до исчезновения сигнала от бурта или проточки, а затем от этих положений в зоне шириной до 10 мм ищут дефекты. В поперечном направлении преобразователь перемещается с шагом 5—10 мм.

При контроле крайних участков подступичной части скорость развертки настраивают следующим образом. Получив сигнал от бурта (проточки), преобразователь перемещают вниз по конусной части оси до исчезновения сигнала. Передний фронт строб-импульса глубиномера устанавливают в точке, где сигнал от бурта (проточки) исчезает, а задний фронт строб-импульса отодвигают на 20 мм по развертке.

Для настройки чувствительности необходимо: получить максимальный сигнал от бурта (проточки) и уменьшить амплитуду сигнала до отчетного уровня; предельную чувствительность установить, повышая на 12 дБ; контролировать на поисковой чувствительности, повышая чувствительность на 4—5 дБ по сравнению с предельной.

Контроль подступичной части цилиндрических осей возможен раздельно-совмещенным малогабаритным преобразователем на частоту 5 МГц, если крепление ступицы шкива к оси выполнено с помощью съемных сегментов. При этом преобразователь устанавливают на торец ступицы оси. Контролируют подступичную часть перемещая преобразователь по торцу подступичной части оси. Условная чувствительность — 35 мм.

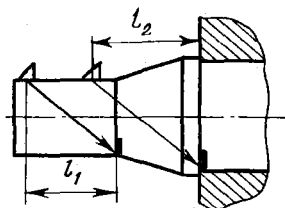


Рис. 5.15. Схема контролирования цилиндрической оси с подшипниками скольжения

Для настройки скорости развертки при дефектоскопии осей с подшипниками скольжения преобразователем 30° необходимо: при контроле подшипниковой галтели (рис. 5.15) передний фронт строб-импульса установить на расстояние, соответствующее диаметру шейки оси (см. табл. 5.1), а задний фронт отодвинуть на 5 мм по развертке; при контроле подступичной части (см. рис. 5.15) передний фронт строб-импульса установить на расстоянии H (см. табл. 5.1), а задний — так, чтобы длина строб-импульса была равна 5 мм. Условная чувствительность контроля — 60 мм.

Преобразователь устанавливают на образующей шейки оси на расстоянии (см. табл. 5.1) $l_1 = 0,93d$ (диаметра шейки оси) и продольно-поперечными перемещениями с шагом 30—50 мм на поисковой чувствительности проводят контроль нижней половины шейки оси. Затем преобразователь устанавливают на расстояние $l_2 = 0,46(D + d)$ мм, где D — диаметр подступичной части оси (см. рис. 5.10), и контролируется нижняя половина подступичной части оси. После этого ось поворачивают на 180° , и аналогично контролируют вторую половину шейки и подступичной части оси.

5.4. КОНТРОЛЬ КОРЕННЫХ ВАЛОВ ПОДЪЕМНЫХ МАШИН

Коренной (главный) вал шахтной подъемной машины воспринимает всю внешнюю нагрузку и передает ее через подшипники на фундамент. В процессе эксплуатации на коренном валу создаются внезапные нагрузки, возникающие при срабатывании аварийного тормоза, во время загрузки подъемных сосудов на весу и резком снятии их с посадочных мест и т. д. Особенно опасны аварийные нагрузки из-за переподъемов и ударов сосудов, вышедших из направляющих проводников, об армировку и расстрелы ствола.

Усталостные трещины обычно зарождаются в галтелях, местах прессовой посадки, шпоночных соединений, у отверстий под смазку. На рис. 5.16 показано расположение этих участков на коренных валах некоторых шипов ШПМ. С целью выявления трещин производится профилактическая дефектоскопия валов.

Дефектоскопию рекомендуется производить при капитальном ремонте подъемной машины и после истечения срока службы, установленного заводом-изготовителем, а также в случае нарушения правил эксплуатации оборудования, когда вал был подвержен непредусмотренным нагрузкам. Дефектоскопии подвергаются коренные валы ШПМ с диаметром барабана от 1,2 м до 9 м.

Технология контроля предусматривает применение ультразвукового и магнитопорошкового методов дефектоскопии. Ультразвуковой метод 1 применяют для контроля галтелей подступичной части и мест прессовой посадки (в трубчатых валах). Магнитопорошковый 2 — для контроля зон у выхода шпоночных канавок напряженных соединений, вокруг отверстий для подачи смазки и при необходимости для уточнения параметров дефектов, выявленных УЗ методом, при обеспечении доступа к контролируемой поверхности.

Контроль производится с помощью дефектоскопов УД-11ПУ, УД-2-

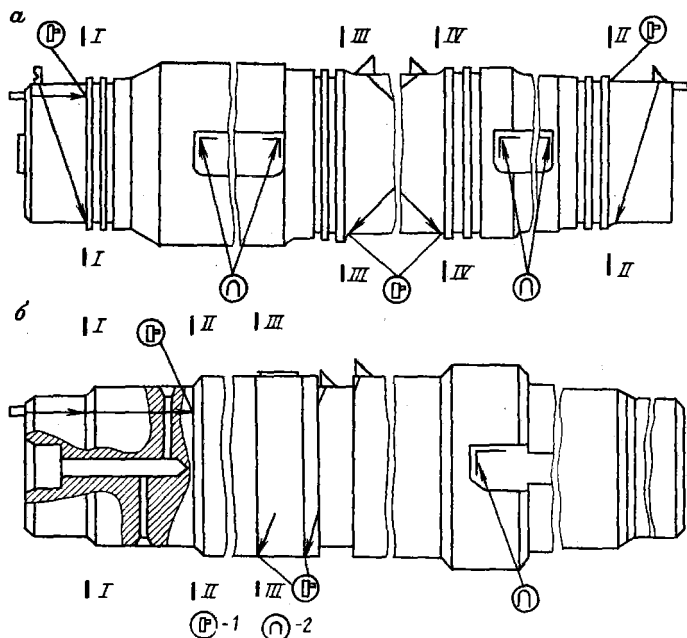


Рис. 5.16. Расположение контролируемых участков на коренных валах ШПМ:
а — ТЛ-7/9 — трехопорном с подшипниками скольжения; б — 2Ц-3×1,5 — двухопорном с подшипниками качения

12, ДУК-66ПМ (технические возможности которого позволяют провести контроль не на всех типах валов) и ПМД-70.

При УЗ контроле используются типовые преобразователи на частоту 2,5 МГц с углами ввода 0°, 41°, 50° и раздельно-совмещенные применяемые в зависимости от возможности доступа к различным зонам контроля и типа (размеров) вала.

Чувствительность контроля зависит от удаленности контролируемой зоны от точки ввода УЗ колебаний и должна обеспечивать обнаружение искусственных дефектов площадью (диаметр плоскостного отверстия): до 100 мм — 7 мм² (3 мм), от 100 до 400 мм — 50 мм² (8 мм), от 400 до 700 мм — 80 мм² (10 мм), от 700 мм и более — 700 мм² (30 мм).

Чувствительность магнитопорошкового метода контроля должна соответствовать условному уровню чувствительности В. Чувствительность настраивают безэталоным методом по рассчитанным АРД-диаграммам. Применение АРД-диаграмм для настройки чувствительности контроля и оценки размеров дефектов связано с необходимостью отказаться от изготовления и использования при контроле громоздких и неудобных в практике испытательных образцов, учитывая размеры и широкую номенклатуру валов. Кроме того, при такой настройке исключается ошибка из-за возможного различия акустических характеристик материала образца и изделия. Методика расчета АРД-диаграмм из-

ложена в специальной литературе, порядок их применения — в 3,2, а в данном случае необходимо отметить следующий важный момент. Обычно для получения «опорной» кривой «донного сигнала» необходимо получить отраженный эхо-сигнал от бесконечно протяженной плоскости, расположенной на необходимом расстоянии (от точки ввода УЗ колебаний до контролируемой зоны). В описанной методике используют «опорный» эхо-сигнал от цилиндрической поверхности самого вала (можно получить сигнал в нескольких точках на разных диаметрах цилиндрической поверхности вместо эхо-сигнала от бесконечно протяженных плоскостей). Такое решение возможно для расстояния от точки ввода до отражающей плоскости более 80 мм, и поэтому приемлемо для контроля коренных валов (минимальное расстояние от точки ввода УЗ колебаний до контролируемой зоны равно 90 мм). На рис. 5.17 приведены АРД-диаграммы, используемые при настройке чувствительности контроля различными преобразователями.

При использовании дефектоскопов УД-11ПУ, УД2-12 временную селекцию, длительность развертки зоны автоматического сигнализатора дефектов, глубиномер настраивают также безэталоном методом с помощью имеющегося в приборе блока цифровой обработки импульсных сигналов.

УЗ контроль галтелей валов с подшипниками качения возможен только прямыми преобразователями с торца вала, с подшипниками скольжения — так же (за исключением средней шейки трехопорных валов) и наклонными с поверхности шейки вала по образующей. Контроль подступичных частей вала и мест прессовой посадки (для трубчатых валов) производится наклонным преобразователем с поверхности вала по образующей.

При обнаружении дефекта определяют его координаты, эквивалентную площадь и условную протяженность.

Магнитопорошковый контроль производится СОН, так как валы, как правило, изготовлены из стали 45 по схемам, описанным ранее. Для намагничивания применяют электроконтакты и гибкий кабель из комплекта дефектоскопа ПМД-70.

Для определения направления магнитных силовых линий намагничивающего поля и оценки чувствительности контроля применяют специальное приспособление (рис. 5.18), основной элемент которого — контрольный образец 2, представляющий собой стальной диск, состоящий из семи сегментов, плотно подогнанных друг к другу и соединенных между собой пайкой. На одном из сегментов наносится дефект длиной 3 мм, служащий для оценки чувствительности контроля, с помощью зубила или бойка из комплекта УНЭД-Ц2 с обратной стороны сегмента так, чтобы на верхней поверхности образовался четкий след режущей кромки. Затем эту поверхность шлифуют до образования ровной (без выступов) плоскости с видимой тонкой полостью на месте следа от зубила (бойка); покрывают слоем светлой нитрозмали в несколько приемов после высыхания каждого предыдущего слоя краски. Образец вклеивают в оправку 1 из немагнитного материала, в которой сделаны отверстия для слива суспензии; оправку крепят в проволочной рамке 3 с трубчатой ручкой 4, в которой она может вращаться.

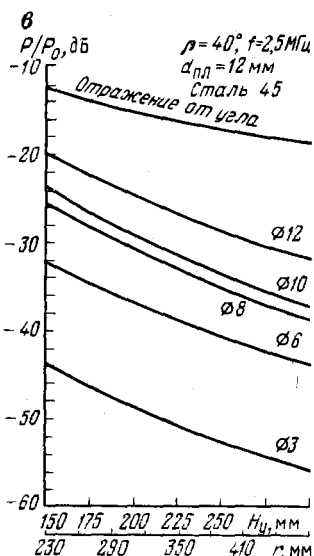
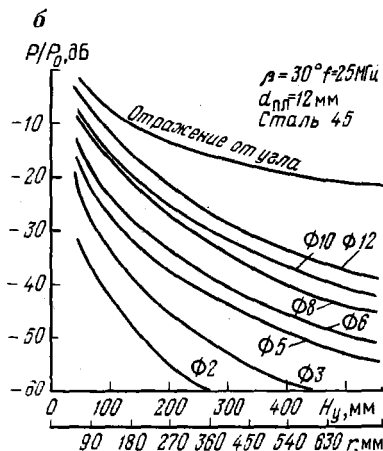
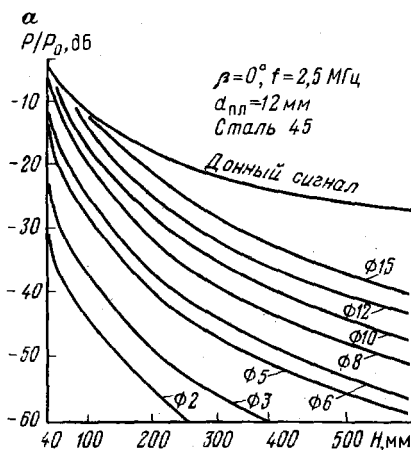


Рис. 5.17. АРД-диаграммы для настройки чувствительности и оценки эквивалентных размеров дефектов:

а — для преобразователей 0° ; б — для преобразователей 30° ; в — для преобразователей 40°

Контролируемые участки подшипниковых шеек вала размагничивают. Применять профилактическую дефектоскопию коренных валов целесообразно для повышения надежности работы и продления срока службы подъемной установки, в случаях аварийных нагрузок или

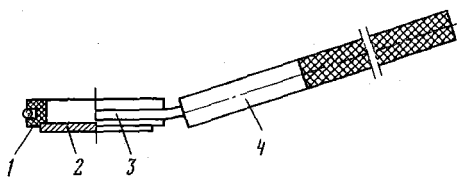


Рис. 5.18. Приспособление для определения направления намагничивающего поля и чувствительности контроля

низкого качества монтажа и ремонта дефектоскопия вала способствует прогнозированию дальнейшей безопасной эксплуатации подъемной установки.

5.5. КОНТРОЛЬ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ КОПРОВ

Один из важнейших элементов подъемной установки — надшахтный копер, несущий направляющие шкивы и воспринимающий нагрузки от шахтного подъема (шкивов, подъемных сосудов, канатов, собственного веса металлоконструкций), ветра. Кроме того, металл конструкции копра подвергается интенсивному воздействию окружающей среды, что ведет к его значительному коррозионному износу. В результате всех этих воздействий возможно снижение прочности несущих конструкций копра и возникновение усталостных повреждений в сварных соединениях элементов.

При реконструкции копров (в случаях углубления шахтных стволов, несоответствия высоты переподъема сосудов требованиям НТД) металлоконструкции наращивают с помощью сварочных работ.

С целью своевременного обнаружения уменьшения сечения ответственных элементов, дефектов в сварных швах для выполнения мероприятий по обеспечению надежной и долговечной работы копров при продлении срока службы и реконструкции необходимо проводить неразрушающий инструментальный контроль. В первую очередь необходим контроль копров с превышенным сроком службы.

На основании прочностных расчетов и анализа повреждений конструкций эксплуатируемых копров определен перечень контролируемых узлов, элементов и сварных швов. Для контроля применяют ультразвуковые методы и средства дефектоскопии и толщинометрии.

Толщинометрии подвергают наиболее ответственные элементы и узлы конструкции копра, при этом в первую очередь те, доступ к которым возможен только с одной стороны. Толщинометрии подлежат (рис. 5.19) главные и второстепенные балки подкопровой рамы (1Т); узлы опирания стоек станка на подкопровую раму (2Т); узлы опирания ветвей укосины на фундаменты (3Т); главная балка укосины (4Т); детали соединительной решетки станка (5Т); верхние пояса подшкивных ферм (6Т); ветви укосины (7Т); металл обшивки копра в местах с односторонним доступом.

Толщину металлоконструкций измеряют портативным ультразвуковым толщиномером УТ-91П «Кварц-15» (возможно также применение толщиномеров типа УТ-31МЦ, «Кварц-6» и др.).

Для проведения толщинометрии используются типовые преобразователи и образцы для настройки, входящие в комплект прибора. Толщину измеряют не менее чем в трех точках контролируемого элемента; в каждой точке — три замера, за результат принимают среднее арифметическое значение.

Ультразвуковую дефектоскопию ответственных сварных швов выполняют для выявления в металле шва различных технологических и эксплуатационных дефектов типа несплошностей (для поиска усталостных трещин возможно также применение магнитных методов).

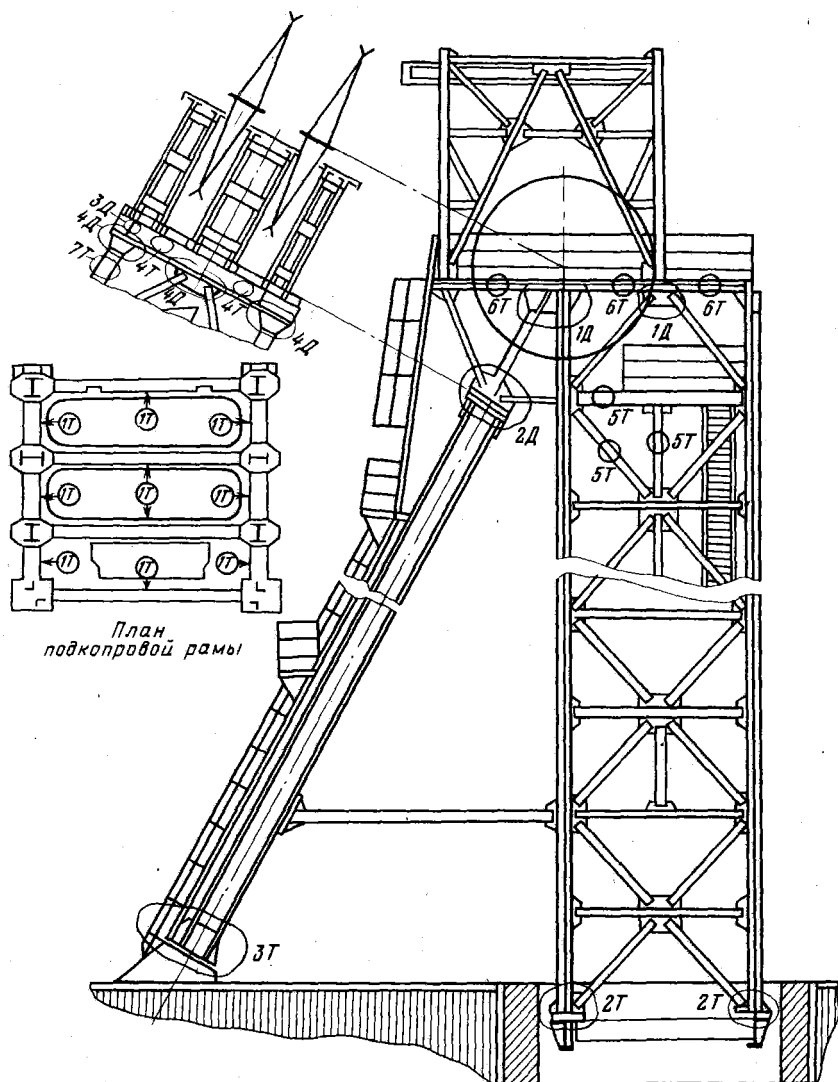


Рис. 5.19. Расположение участков контроля толщины и дефектоскопии сварных швов на элементах копра

Контролируют сварные соединения (см. рис. 5.19) фасонки узлов опирания копровых шкивов (1Д); подшивных ферм главной балки укосины (2Д); ребер жесткости главной балки укосины (3Д); главной балки укосины с ветвями и опорными подкосами (4Д). Дефектоскопию осуществляют серийными дефектоскопами с автономным питанием, которые наиболее приемлемы для проведения контроля; при этом используют типовые преобразователи, входящие в комплект аппаратуры.

Для повышения достоверности и оперативности контроля применяют приспособления: при толщинометрии для стабилизации акустического контакта преобразователя с металлом; при УЗ дефектоскопии для настройки временной селекции — специальные шкалы, для моделирования схем прозвучивания — специальная линейка.

Качество сварных швов (нормы браковки) регламентируется ОСТ 12.44.107—79 и соответствующими СНиП.

Неразрушающий контроль копров проводится при техническом или очередном профилактическом обследовании, но не реже одного раза в пять лет.

Целесообразность контроля копров иллюстрируется следующим примером: при контроле всего десяти копров были выявлены элементы, имеющие значительный износ металла (на одном из копров остаточная толщина главной балки подкопровой рамы составила 2,0 мм при первоначальной — 10 мм, на другой — 3—5 мм).

Использование результатов неразрушающего контроля при оценке повреждений элементов и степени их влияния на несущую способность копра позволяет более оперативно и достоверно определить мероприятия по продлению безаварийного срока его службы. Так, согласно данным Макеевского инженерно-строительного института, можно в 1,5—2 раза продлить срок службы копров по сравнению с расчетным сроком эксплуатации.

Для более эффективного проведения контроля копров необходимы малогабаритные приборы, менее чувствительные к шероховатости поверхности металла.

5.6. РЕЗУЛЬТАТЫ ВНЕДРЕНИЯ ДЕФЕКТОСКОПИИ

В отрасли внедрена дефектоскопия деталей тормозных систем ШПМ, которая для многих машин проведена второй раз; выполняется также дефектоскопия наиболее ответственных деталей подвесных устройств и парашютов подъемных сосудов, осей копровых шкивов шахтных подъемных установок.

Анализ результатов дефектоскопии был проведен в начале внедрения ее на шахтах Украины и показал следующее.

В результате первичной дефектоскопии деталей тормозной системы 320 ШПМ с одним приводом тормоза доля дефектных машин (отношение дефектных единиц изделий к общему числу проконтролированных изделий) составила 34%. Всего было проконтролировано 1526 деталей, из которых забраковано 138 шт. (8,8%). Самая высокая доля дефектных деталей у группы машин устаревшей конструкции: ТЛ (17%), ПМ (12%), БМ (8,4%), БЛ и ШТ (по 5%).

Доля дефектных единиц по типам деталей следующая: тяги — 11,5% (горизонтальные — 19%, вертикальные — 11%, контргрузов — 4,5%); рычаги дифференциальные — 3,5%, траверсы — 0,7%.

Самые распространенные дефекты — поверхностные трещины (49,7%), чаще всего встречаются в теле элементов (44%), затем в резьбе (3,2%) и в проточке на выходе резьбы (2,5%). Поверхностные трещины в теле плоских элементов, как правило, поперечные, рас-

полагаются на больших плоскостях в различных местах с отклонением от продольной оси до 45°; протяженность их составляет от 10 мм до размера всей ширины тяги. В глубь металла они распространяются от десятых долей до 5 мм. На тягах круглого сечения трещины также поперечные, протяженность их от 10 мм до кольцевой. Число трещин на тягах — до десятка, расстояние между ними от нескольких до сотен миллиметров.

Трещины в резьбе располагаются чаще всего на первых от выхода пяти-шести витках в глубине канавок и имеют протяженность от нескольких миллиметров до кольцевой. Встречаются трещины на нескольких рядом расположенных витках. Распространение их в глубь металла до 3—5 мм.

В проточке на выходе резьбы трещин меньше, чем в самой резьбе, их характеристики аналогичны.

Заковы начинаются с поверхности кованных элементов и распространяются на глубину до 5 мм. Площадь заковов составляет от нескольких до десятков квадратных миллиметров, они располагаются преимущественно на больших плоскостях в различных местах тяг.

На кованных дифференциальных рычагах дефекты обнаружены на больших плоскостях в местах переходов от шарниров к телу (изменение сечения); протяженность от нескольких и более десятка миллиметров. В ряде случаев визуально отличить заковы от трещин сложно.

Двухприводных машин проконтролировано всего 54. Дефекты обнаружены только на тягах (горизонтальных, вертикальных, контргрузов); самые распространенные — трещины усталостного характера в резьбовых частях указанных деталей и в проточках на выходе резьбы. Многие дефекты выявлены ультразвуковым (73%) и магнитопорошковым (26%) методами, на долю электромагнитного приходится 1%.

Дальнейший (второй) более полный анализ результатов дефектоскопии ГШО был проведен по данным всех подразделений дефектоскопии, выполняющих контроль в угледобывающих регионах Минуглепрома СССР.

Наибольший интерес представляют данные по усталостным трещинам при вторичной дефектоскопии, так как по ним можно судить о повреждаемости ШПМ в зависимости от нагруженности. Поэтому все

Таблица 5.2

Группа ШПМ по назначению	Последовательность контроля	Число проконтролированных машин	Доля дефектных машин, %
Основные людские и грузолюдские	I	644	19,2
	II	120	10,8
Основные грузовые	I	874	16,2
	II	98	10,2
Подземные людские и грузолюдские	I	269	12,1
	II	71	4,2
Подземные грузовые	I	342	8,6
	II	42	2,4
Фланговые	I	426	7,5
	II	49	2,0

машины в зависимости от назначения были разбиты на пять групп: основные людские и грузолюдские; основные грузовые; подземные людские и грузолюдские; подземные грузовые; фланговые. С учетом этого число проконтролированных и доля дефектных машин при первичном (I) и вторичном (II) контроле представлены в табл. 5.2.

Как следует из таблицы, доля дефектных машин зависит от принадлежности ее к той или иной группе.

При первичном (I) контроле вывод о зависимости доли дефектных деталей от нагруженности мог быть искажен относительно большим числом технологических дефектов, а при вторичном (II) контроле доля дефектных машин определялась только наличием усталостных трещин, что подтверждают данные табл. 5.3.

Так, если после первичного контроля штанга по доле дефектных деталей занимала среди проконтролированных деталей второе место, то после вторичного — четвертое. Это объясняется отсутствием на ней резьбы и галтели, в которых наиболее вероятно возникновение усталостных трещин. О том, что при повторном контроле основной вклад в дефектность вносят усталостные трещины, говорит и распределение дефектов по участкам деталей: около 80% дефектов располагалось во впадине резьбы и проточке, остальные — трещины или заковы (закаты) — в теле деталей. Выявление дефектов типа заков (закат) объясняют рядом причин: пропуском этих дефектов при первичном УЗ контроле из-за неблагоприятной ориентировки их относительно направления прозвучивания; отсутствием данных по удалению дефектов, допускаемому НТД; некоторой недостоверностью данных, зависящей от не всегда достаточной квалификации и добросовестности дефектоскопистов.

Доля дефектных по группам машин, разделенных по конструктивным признакам с учетом времени выпуска, при первичном контроле следующая: ШТ, АЕГ, СКМЗ — 19,3%; ШПМ НКМЗ — 17,2%, БМ, 2БМ, БЛ, ТЛ — 12,8%; Ц, 2Ц, ЛГЛ, 2ЛГЛ, — 8,4 %; ЦШ, МК — 7%; при повторном — БМ и другие из этой группы (см. текст выше) — 14%; ШПМ НКМЗ — 9,2%; в деталях ШПМ остальных групп дефекты не обнаружены.

При первичном контроле проверили 35 172 детали, из них выявили 344 (0,97%) дефектных; при вторичной дефектоскопии из 7057 элемен-

Таблица 5.3

Детали ШПМ	Доля дефектных деталей при контроле, %	
	первичном	вторичном
Тяга грузов	4,94	3,4
Штанга	3,13	1,15
Тяга горизонтальная	2,14	1,98
Тяга вертикальная	1,41	2,55
Шток поршня	0,92	1,08
Рычаг дифференциальный	0,44	0,56
Вилка (головка) шарнира	0,27	0,17
Траверса	0,17	0
Валик	0,08	0

тов — 70 (0,99%) дефектных. При первичном контроле выявлено магнитопорошковым методом 283 дефекта (88,1%), ультразвуковым — 61 (11,9%). По сравнению с данными впервые проведенного анализа изменение соотношения в пользу магнитопорошкового метода, видимо, связано с ростом обеспеченности подразделений соответствующей аппаратурой.

Анализ результатов дефектоскопии осей копровых шкивов и подвесных устройств шахтных сосудов показал следующее. Проконтролировано при первичном контроле 1928 осей, выявлено 7 дефектных (0,36%). Распределение дефектов по участкам осей: первая галтель — 5; вторая — 1; подступичная часть — 1. При вторичном контроле проверили 140 осей: на трех осях подтвердился результат первичного контроля (дефекты — в первой галтели).

Необходимо отметить, что оценка развития дефекта во времени представляет значительную трудность, методически не отработана и сложна при использовании серийной аппаратуры, поэтому эксплуатация осей с дефектами — необоснованный риск. Замена дефектных новыми осями позволила бы дефектоскопистам повысить безопасность, проанализировать повреждения, уточнить методику контроля.

Подвесных устройств шахтных сосудов проконтролировано 159 шт., из них обнаружено дефектных — 4; прицепных — 62, дефектных — 14; парашютов — 11, дефектных — 2. Обнаружено дефектных деталей: тяг — 2; щек — 3; штанг — 1; грушевидных коушей — 14.

Анализ также показал, что по разным причинам целесообразна дефектоскопия тормозных балок, стоек, сварных дифференциальных и литых угловых рычагов [1].

На основании проведенного анализа более достоверно установлены номенклатура контролируемых деталей шахтных подъемных установок и периодичность дефектоскопии.

ГЛАВА 6

ДЕФЕКТОСКОПИЯ КОМПРЕССОРНЫХ УСТАНОВОК

Шахтные компрессорные установки предназначены для выработки сжатого воздуха, служащего для питания различного оборудования: пневмоприводов комбайнов, породопогрузочных и закладочных машин, эрлифтных установок, кондиционирования воздуха, устройств пневмоавтоматики и др.

В процессе эксплуатации различные детали компрессоров подвергаются значительным статическим и динамическим нагрузкам; кроме того, часть компрессоров, например, на шахтах Донбасса, проработала дольше нормативного срока службы. В результате этого в деталях возникают усталостные трещины, развитие которых может

привести к разрушению деталей и выходу из строя всей компрессорной установки. Возникновению усталостных дефектов способствуют также технологические дефекты. В связи с этим необходима профилактическая дефектоскопия.

Дефектоскопию ответственных деталей компрессоров в процессе их изготовления для замены вышедших из строя или отслуживших свой срок, например заготовок зубчатых втулок и муфт турбокомпрессоров, при ремонте на заводах осуществляют УЗ методом с целью выявления внутренних и поверхностных дефектов [1]. Также необходима дефектоскопия валов, зубчатых втулок и муфт, штоков поршней в период ежегодной ревизии или ППР. Контролируют магнитопорошковым методом или комплексным — УЗ, цветным и электромагнитным. Ультразвуковой контроль используют для проверки галтелей подшипниковых шеек; цветной — при необходимости уточнения результатов УЗ контроля; электромагнитный — для контроля резьбовых соединений.

Чувствительность контроля должна обеспечивать обнаружение дефектов размерами: при магнитопорошковом методе — соответствующих условному уровню чувствительности «В», при УЗ — площадью 2 мм^2 ; при использовании цветного метода — соответствующих III классу чувствительности по ГОСТ 18442—80; при электромагнитном методе — размером $10 \times 2 \text{ мм}$.

Компрессоры и подвергаемые дефектоскопии детали подготавливают, как описано в разд. 2.3, последовательность операций при контроле различными методами — в разд. 1.2.

6.1. КОНТРОЛЬ ПОРШНЕВЫХ КОМПРЕССОРОВ

Дефектоскопии подвергают валы на участках галтелей подшипниковых шеек и штоки поршней на участках резьбовых соединений с крещкопфом компрессоров следующих типов: 5Г-100/8, 55-ВК, 4М, 2М, 2ВГ, 55В, В-300-2К, ВП-50, ВП-30, ВП-28, ВП-10. Расположение участков контроля на валах в зависимости от их типа показано на рис. 6.1.

Контроль валов проводится СОН, при этом применяют импульсное циркулярное намагничивание с помощью гибкого кабеля, накладываемого на контролируемый участок так, чтобы направление витков кабеля совпадало с вероятным направлением дефектов (рис. 6.2, а); число импульсов тока — не менее трех, а также пропускание импульсов тока по контролируемому участку детали с помощью электроконтактов I (см. рис. 6.2, б).

Стекающую суспензию собирают в специальные небольшие емкости (из алюминия или пластмассы) с приклеенными к одной из больших сторон полосками магнитной резины (или магнитов), что дает возможность надежно крепить и плотно прижать емкости к поверхности вала; в остальном технология контроля без особенностей.

Для выявления поверхностных усталостных трещин в резьбовых частях штоков поршней применяют магнитопорошковый или электромагнитный метод.

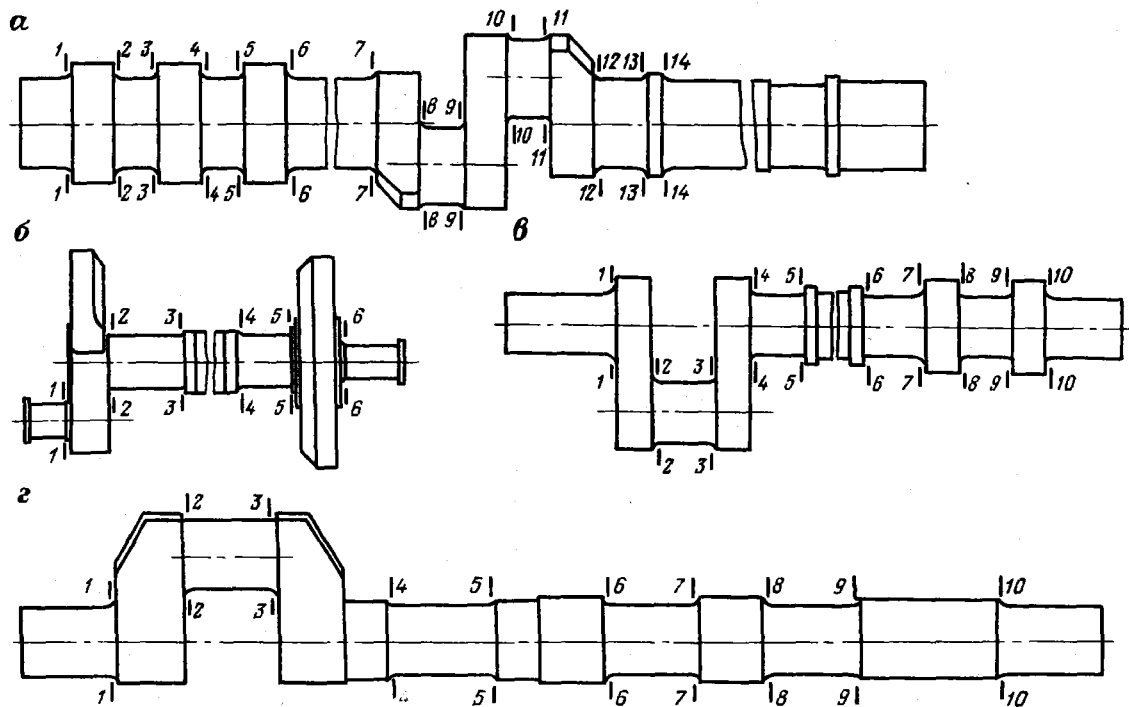
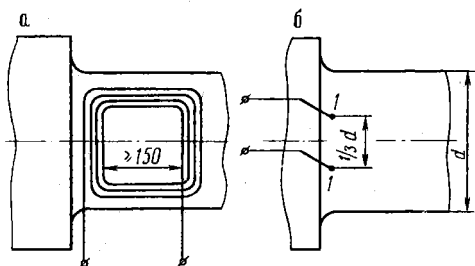


Рис. 6.1. Расположение контролируемых участков на подшипниковых шейках валов поршневых компрессоров:
 а — 2М, 4М; б — 55ВМ, 5Г; в — 55В, 2ВГ; г — В=300-2К; 1—1, 2—2, 14—14 — расположение участков контроля

Рис. 6.2. Схемы намагничивания галтелей подшипниковых шеек:
 d — диаметр шейки



Резьбовую часть штоков поршней контролируют СПП с помощью соленоида или электромагнита постоянным током, или СОН.

Участки валов, прошедшие контроль, должны быть размагничены по обычным схемам. Размагничивание контролируемых участков штоков необязательно.

Ультразвуковой контроль подшипниковых шеек валов можно осуществлять, применяя серийные дефектоскопы на частоте 2,5 МГц наклонным совмещенным преобразователем поверхностных волн. Для уменьшения износа призмы преобразователя и лучшего контакта с поверхностью рекомендуется применять насадки к преобразователям, аналогичные описанным ранее. Чтобы было удобнее контролировать рекомендуется удлинить соединительный кабель (от преобразователя до дефектоскопа) до 2—2,5 м.

Для настройки предельной чувствительности контроля применяют малогабаритный универсальный испытательный образец (рис. 6.3). Его изготавливают из однородного стального бруска размером не менее 30×20 мм, обладающего таким же акустическим сопротивлением, что и контролируемая деталь; образец не должен иметь внутренних и поверхностных дефектов. На его поверхность наносят зарубку (дефект) необходимого размера (2×1 мм), при этом ее глубина должна быть не более глубины проникновения поверхностной волны в металл на заданной частоте. Образец устанавливают на контролируемую поверхность в галтели подшипниковой шейки, на соответствующем расстоянии располагают преобразователь так, чтобы его ось была перпендикулярна отражающей плоскости дефекта.

Акустический контакт между образцом и поверхностью обеспе-

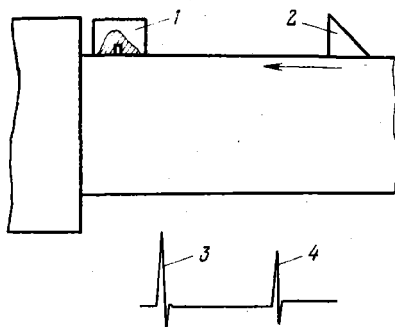


Рис. 6.3. Схема настройки и проверки предельной чувствительности контроля:
 1 — испытательный образец; 2 — преобразователь; 3 — зондирующий импульс; 4 — сигнал от дефекта

чивается за счет контактной смазки; для предотвращения попадания смазки в полость дефекта, его заливают имеющим малую плотность составом, например, эпоксидным компаундом.

Скорость развертки настраивают также по испытательному образцу так, чтобы сигнал от зарубки при определенном расстоянии от нее до передней грани преобразователя располагался в правой части экрана дефектоскопа; это положение (конец рабочей зоны) фиксируется передним фронтом строб-импульса. Чтобы убедиться в том, что сигнал получен от зарубки, необходимо пальцем, смоченным маслом, прощупать поверхность перед дефектом и за ним; в момент прикосновения к поверхности перед дефектом амплитуда сигнала на экране резко уменьшается, при прикосновении за ним — сигнал остается постоянным.

Для контроля контактная среда наносится на поверхность шейки вала на определенном расстоянии от контролируемого участка; при попадании ее на контролируемый участок, она тщательно удаляется ветошью. Рекомендуется также устанавливать ограничитель, отмечающий границу перемещения преобразователя.

Прозвучивание галтели проводится на чувствительности поиска путем продольно-поперечного перемещения преобразователя в отмеченной зоне. Продольное смещение преобразователя составляет 20—25 мм от границы перемещения, а поперечное должно быть не более половины ширины его, при этом он поворачивается вокруг своей оси на 5—15°.

Признак наличия дефекта — появление и перемещение сигнала на экране дефектоскопа в рабочей зоне. При перемещении преобразователя к галтели и от нее сигнал соответственно перемещается к началу и в конец развертки на экране.

При обнаружении дефекта определяют его основные характеристики: местоположение, амплитуду сигнала и условную протяженность. Амплитуду сигнала измеряют на предельной чувствительности при нахождении преобразователя на определенном расстоянии от дефекта, равном расстоянию при установке предельной чувствительности контроля.

6.2. КОНТРОЛЬ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ КОМПРЕССОРОВ

Дефектоскопии подвергают валы, в зонах галтелей шеек опорных подшипников, зубчатые втулки и муфты в межзубных впадинах компрессоров (рис. 6.4) типа К-250, К-500 (а); ОК-500 (б); ЦК-135 (в).

Ультразвуковой контроль валов, изготовленных из стали 45(40), проводят на частоте 2,5 МГц поверхностными волнами, во время капитального ремонта компрессоров; ввиду ограниченного места для перемещения преобразователя необходимо изготовить малогабаритный разъем, завинчивающийся во втулку головки типового преобразователя.

Предельную чувствительность контроля устанавливают по испытательному образцу с зарубкой размером 2×1 мм, изготовленному из листовой стали; при контроле участка, расположенного в проточке, — по зарубке того же размера, которая наносится в проточке образца.

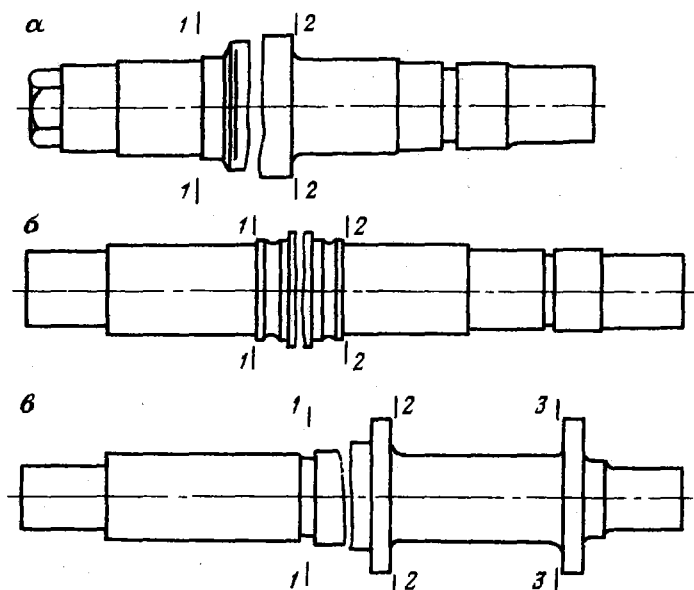


Рис. 6.4. Расположение контролируемых участков на валах центробежных компрессоров:

1—1, 2—2, 3—3 — расположение участков контроля

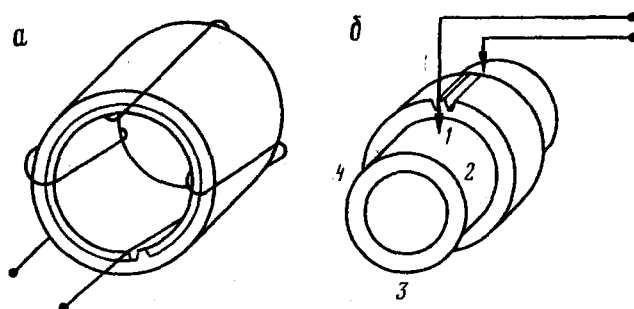


Рис. 6.5. Схема контроля соединительных муфт и зубчатых втулок

Зубчатые втулки и муфты, изготовленные из сталей 45, 40Х или 35ХМ, контролируют магнитопорошковым методом СОН циркулярным магнитным полем, создаваемым гибким кабелем (рис. 6.5, а), который помещается в отверстие и межзубные впадины детали, или электроконтактами 1, 2, 3, 4 (см. рис. 6.5, б) при пропускании импульсов тока по контролируемой части детали. Намагничивать удобно с помощью приспособления (разъема), описанного ранее. Для обеспечения надежности и достоверности контроля необходимо использовать в работе контрольные образцы.

ГЛАВА 7

ДЕФЕКТОСКОПИЯ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ, ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ МЕХАНИЗМОВ, БУРОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

7.1. КОНТРОЛЬ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ

Зубчатые зацепления широко применяются в механизмах, где требуется осуществить передачу вращательного движения с одного вала на другой (в редукторах, компрессорах, экскаваторах, отвальных мостах и др.).

Выход из строя зубчатых передач чаще всего обусловлен возникновением усталостных трещин в межзубной впадине. Обычно трещины образуются у основания зуба и распространяются под острым углом к его поверхности, отсекая зуб от тела колеса, а иногда — во впадине, распространяясь радиально; трещины на рабочей поверхности зуба встречаются редко. Поломка зубчатого колеса (чаще всего зуба), например, редуктора, выводит из строя на длительный срок механизм или машину и требует значительных затрат на восстановление работоспособности редуктора; кроме того, в ряде случаев такие поломки опасны для людей.

Шестерни зубчатых передач изготавливают из сталей 40Х, 45 или малоуглеродистых, которые затем подвергают цементации и последующей термической обработке.

Для проверки состояния зубчатых колес наиболее эффективны магнитопорошковый, ультразвуковой и электромагнитный методы контроля. Применение капиллярных методов затруднительно, так как необходимо тщательно очищать контролируемую поверхность от масла, что в ряде случаев весьма неудобно.

Ультразвуковой метод контроля чаще всего используют при проверке крупномодульных шестерен и осуществляют с помощью серийных дефектоскопов. При этом в зависимости от расположения трещин в шестернях для поиска применяют различные типы и углы ввода УЗ волн. Так, продольные колебания могут подаваться в зависимости от типоразмеров (модуля) шестерни, под углом 10—15° со стороны вершины зуба (рис. 7.1), а; при этом угол ввода должен обеспечивать прохождение ультразвука в металле зуба по касательной к межзубной впадине. Практика показала, что этими преобразователями на частоте 2,5 МГц можно выявить трещины у основания зуба глубиной не менее 1,5 мм, но невозможно обнаружить радиальные трещины, располагающиеся на поверхности торцев шестерен, их выявляют с помощью поверхностных волн, которые вводят в металл с торца (см. рис. 7.1), б. Этим способом на частоте 2,5 МГц выявляют трещины размером 3×1 мм и более. Однако производительность контроля невысокая из-за необходимости тщательного наблюдения за направлением прозвучивания и отраженными от краев детали сигналами.

Применение сдвоенных УЗ преобразователей поверхностных волн на частоте 2,5 МГц показало возможность их использования для обнаружения усталостных трещин глубиной 1,5 мм и более. При этом необ-

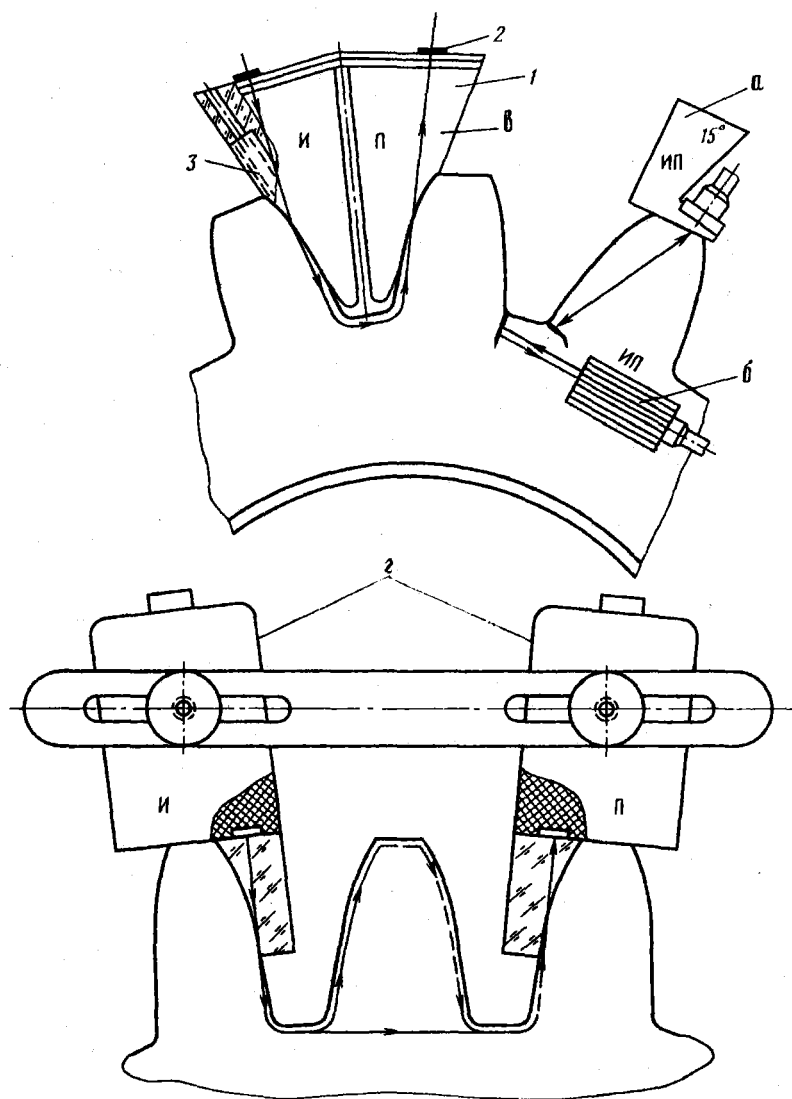


Рис. 7.1. Схема ультразвукового контроля крупномодульных шестерен:
И — излучатель; П — приемник

ходимо тщательно следить за надежностью акустического контакта. В целях улучшения акустического контакта преобразователя с поверхностью зубьев рекомендуют использовать сдвоенный преобразователь поверхностных волн с локально-иммерсионными ваннами (см. рис. 7.1), в. В пазах корпуса 1 закреплены разъемы с пьезоэлементами 2, возбуждающими в детали поверхностную волну. Локально-иммерсионные ванны 3 образованы полостями в корпусе преобразователя и

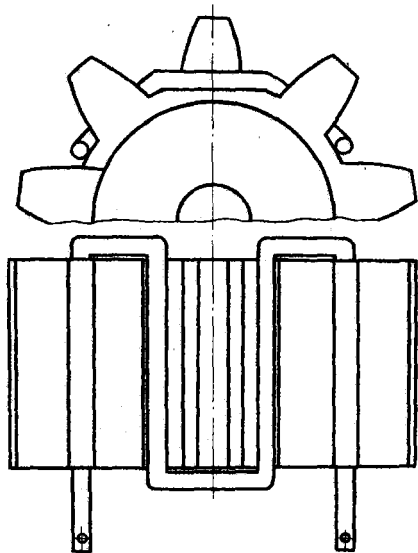
акустически прозрачной пленкой (например, полиуретановой), приклеенной к корпусу. Однако эти преобразователи не обеспечивают контроль верхней части зуба. Для проверки зубьев по всему профилю и контроля акустического контакта излучающий и приемный преобразователи следует размещать на соседних с контролируемым зубьях (см. рис. 7.1), г. По амплитуде волны, прошедшей под основанием зуба, можно судить о качестве акустического контакта. При наличии трещины сигнал на экране дефектоскопа исчезает или значительно уменьшается.

Для настройки чувствительности и проверки работоспособности приборов и преобразователей используют испытательные образцы — часть нового или малоизношенного колеса, или специально изготовленный сектор колеса с несколькими зубьями, на которые наносятся искусственные дефекты (зарубки, пропилы, пазы). Глубину дефектов в межзубной впадине измеряют приспособлением, аналогичным описанному в гл. 5, с соответствующими направляющими.

Магнитопорошковый контроль осуществляется с помощью магнитного дефектоскопа ПМД-70, как правило, СОН.

На демонтированных зубчатых колесах намагничивание производится гибким кабелем или приспособлением с разъемом, или с помощью электроконтактов, которые прикладывают к проверяемому зубу с торцов так, чтобы их направление совпало с осью впадины зуба; затем на 2—3 с включают ток. Таким образом намагничивают все впадины и боковые поверхности зубьев шестерни.

Зубчатые колеса без полной разборки агрегата можно контролировать также гибким кабелем, электроконтактами или с помощью приспособления из медного проводника (рис. 7.2) сечением не менее 10 мм^2 ,



изогнутым так, чтобы он входил в три или более межзубные впадины. При необходимости получения большего намагничивающего поля рекомендуется соединить вершины двух или более зубьев полосками из магнитомягкой стали, что способствует замыканию магнитного потока и препятствует растеканию его по окончании намагничивания. Таким образом могут быть проконтролированы зубчатые передачи редукторов типа ЦО-140 и 2ЦОН-22 и др., используемых на подъемных установках. Например, на склиповом подъеме одной из шахт ПО «Донецк-уголь» при выборочном контроле зубьев шестерни редуктора 2ЦОН-22 были обнаружены усталостные трещины длиной от 10 до 60 мм в межзубной

Рис. 7.2. Приспособление для намагничивания крупномодульных шестерен

впадине, на боковой поверхности (и даже вершине зуба) различной глубины и раскрытия.

В качестве контрольных используют образцы, изготавливаемые из полосок магнитомягкой стали толщиной 1 мм, выгнутые по профилю зуба. На стороне, прилегающей к впадине, наносится искусственный дефект, направленный вдоль зубьев. При контроле образец вкладывается в межзубную впадину, намагничивается и обрабатывается суспензией совместно с деталью. В остальном порядок контроля обычный.

Электромагнитный метод реализуется с помощью магнитных дефектоскопов МД-41К, МД-42КО₂, МД-42КО₃, предназначенных для выявления поверхностных трещин в прямозубых и косозубых цилиндрических колесах. Приборы оснащены четырьмя преобразователями, контрольными образцами и выносной индикацией.

Контролируемый участок зуба локально намагничивается переменным полем, а о дефекте судят по изменению поперечной тангенциальной составляющей магнитного поля. Локальное намагничивание осуществляется синусоидальным током промышленной частоты 50 Гц и амплитудой до 5 А, подводимым к контролируемой поверхности с помощью двух токовых электродов, таким образом, чтобы прямая, проходящая через точки касания этих электродов, составляла некоторый угол с вероятным направлением распространения усталостной трещины по витку зуба.

Преобразователь выполнен в виде корпуса, в котором размещены подпружиненные токовые электроды, ферроэлемент с механизмом перестройки ориентации его оси относительно линии, соединяющей точки касания с металлом токовых электродов. В преобразователе предусмотрены направляющие, обеспечивающие фиксацию его во впадине зуба между зубьями заданного модуля. Токовые электроды при этом фиксируются на смежных поверхностях профиля зуба выше средней линии на 1—2 мм. При прохождении преобразователя над трещиной, расположенной вдоль впадины у ножки зуба, результирующее магнитное поле деформируется, появляется поперечная тангенциальная составляющая, воздействующая на сердечник ферроэлемента. Критерии оценки состояния поверхности зуба шестерни — амплитуда и фаза огибающей, которая детектируется, усиливается и сравнивается с опорным сигналом. При незначительном изменении сигнала отклоняется стрелка микроамперметра и включается световой индикатор. На результаты контроля не оказывает влияния смазка, однако окалина, ржавчина и краска должны быть удалены с поверхности изделия. Глубина и ширина дефекта определяются как среднеарифметическое значение результатов трех измерений. Обнаруживаются трещины длиной от 20 мм, глубиной от 0,5 мм до сквозных, выходящих на противоположную поверхность зуба. За один проход вручную контролируется вся поверхность впадины зуба, ограниченная линиями, образуемыми точками касания токовых электродов.

Своевременное обнаружение усталостных трещин делает возможным предупреждение аварийных ситуаций, путем снижения передаваемой мощности, разгрузки поврежденной части зуба опилкой профиля или удаления поврежденного участка вырубкой.

7.2. КОНТРОЛЬ ПОДЪЕМНЫХ МЕХАНИЗМОВ

Грузоподъемные механизмы (машины) достаточно широко используют в угольной промышленности. Ответственные и нагруженные детали — грузозахватные органы (крюки) и элементы подвески (траверса-вилка, ось), в которых в процессе эксплуатации возможно возникновение поверхностных усталостных трещин. Для своевременного обнаружения этих дефектов необходима профилактическая дефектоскопия. Так, на литейных кранах дефектоскопии должны подвергаться следующие детали: пластинчатые крюки, оси с резьбой, резьбовая часть вилок пластинчатых крюков, хвостовиков и вилок штампованных или кованых крюков; балансиры и оси балансиров, оси блочных подвесок, оси и валы барабанов, несущие элементы металлоконструкций кранов. Крюки грузоподъемных машин, транспортирующих расплавленный металл и жидкий шлак, контролируют не реже одного раза в год. Необходимость и периодичность проверки других деталей подвески устанавливает администрация предприятия.

Наиболее часто встречающиеся в крюках дефекты (рис. 7.3) — поперечные трещины в хвостовой части (во впадинах резьбы, а также в проточке) и зеве крюка.

Практика дефектоскопии крюков показала, что наилучшие результаты дает магнитопорошковая дефектоскопия или комплексная — сочетание ультразвукового и магнитопорошкового (электромагнитного) методов контроля.

Магнитопорошковый контроль всех поверхностей крюка осуществляют с предварительной покраской поверхности белой нитроэмалью, и технология его не отличается от описанной выше, используемой при контроле деталей с подобной геометрией. Чувствительность контроля устанавливают и проверяют по контрольным образцам, она должна быть не ниже условного уровня чувствительности «В».

Ультразвуковой контроль обычно проводят на частоте 2,5 МГц наклонным преобразователем 30°, 40°, 50° или 55° в зависимости от толщины (и площади) металла крюка по совмещенной схеме; прозвучивают по двум направлениям с противоположных поверхностей несущей части, а при контроле гладких цилиндрических поверхностей — по их образующей. Для улучшения акустического контакта преобразователей с поверхностью металла рекомендуется применять соответствующие приемы и материалы, описанные ранее в разд. 1.2.

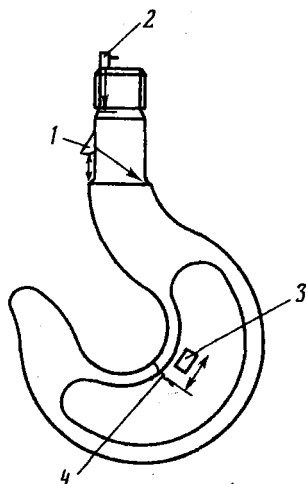


Рис. 7.3. Схема ультразвукового контроля крюка:

1, 3 — наклонный преобразователь; 2 — прямой преобразователь; 4 — трещина

Чувствительность контроля — предельная — устанавливается по зарубкам ($2 \times 1,5$ мм) на испытательных образцах (например, на крюке, геометрические и акустические параметры которого аналогичны контролируемому) или же условная (соответствующая предельной) по стандартным образцам № 1 или № 2. Настройку скорости разверки осуществляют на испытательном образце либо непосредственно на контролируемых участках крюка по отражающим плоскостям.

Резьбовую часть крюка можно контролировать ультразвуковым методом с торца прямым преобразователем на частоте 5 МГц, перемещая его по всей поверхности торца (см. рис. 7.3). При этом прозвучивают металл по всей длине хвостовика (прямой части крюка); в положении искателя на крае торца крюка выявляют дефекты и в проточке. Для повышения чувствительности и надежности контроля резьбовую часть рекомендуют проверять электромагнитным или магнитопорошковым методом; при этом используют технологию и контрольные образцы, описанные ранее.

Правильное применение описанной технологии дефектоскопии деталей грузоподъемных механизмов позволяет их надежно эксплуатировать.

7.3. КОНТРОЛЬ БУРОВЫХ УСТАНОВОК

Для бурения с поверхности технических скважин различного назначения (водоотливных, пульпопроводных, дегазационных, лесоспускных, для гидродинамического воздействия на пласт и др.) на угольных шахтах используют буровые установки типа УБВ-600 (А-50У). При работе такой установки воздействие знакопеременных нагрузок, ударов, вибрации может привести к возникновению и развитию усталостных трещин и отказам отдельных ее деталей (узлов), что небезопасно и влечет за собой простои.

Чаще всего дефекты образуются в деталях грузоподъемного механизма в наиболее нагруженных сечениях и местах концентрации напряжений, а также при рихтовке деталей в процессе монтажа, и могут развиваться в процессе эксплуатации.

В связи с этим необходим профилактический неразрушающий контроль таких деталей при капитальном и текущем ремонтах в эксплуатации непосредственно на буровой установке. Выбор метода и аппаратуры обусловлен условиями контроля разнообразных по форме, размерам и материалу деталей, а также расположением дефектов, возникающих в процессе эксплуатации. Контролируют следующие узлы и детали (рис. 7.4) буровой установки: талевый блок — ствол (при разборке блока (а), ось (б)); вертлюг (при разборке узла) — корпус (в), ствол (г); серьгу (д); траверсу (е); штропы (ж); ось кронблока (при разборке блока) (з); палец (и); элеваторы (к).

В качестве основного метода контроля применяют магнитопорошковый, УЗ метод используют для контроля некоторых деталей (оси талевого блока, проушины траверсы) и узлов, которые сложно разобрать.

Магнитопорошковый контроль производится с помощью переносного магнитного дефектоскопа ПМД-70—СПП, а для деталей из стали

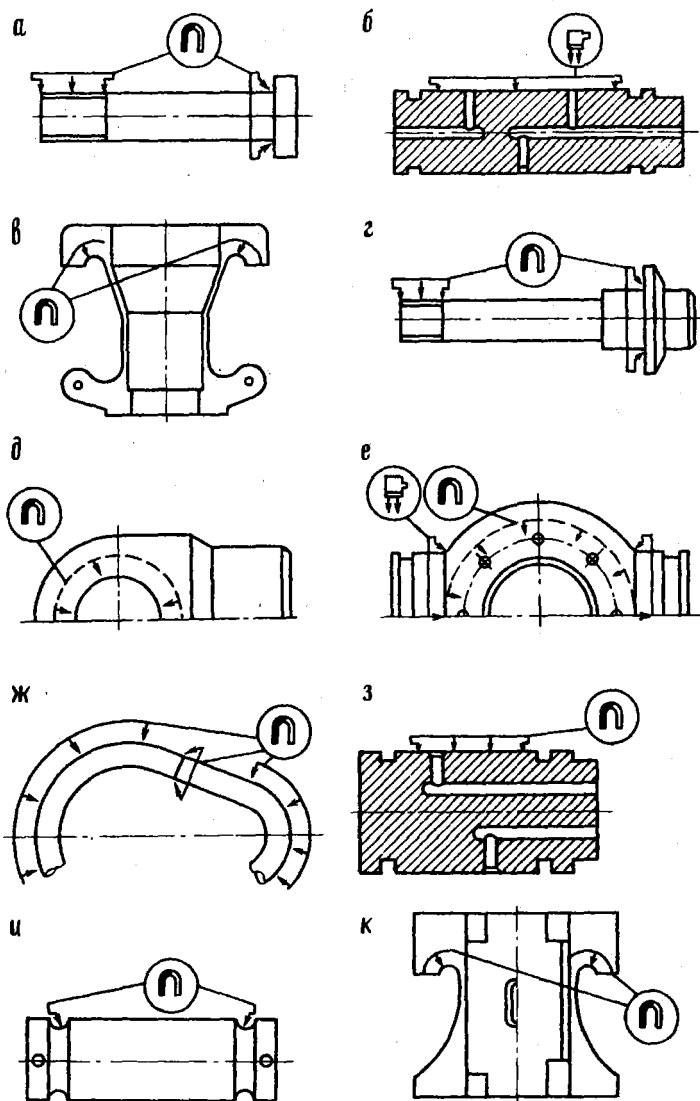


Рис. 7.4. Контролируемые детали буровой установки УВВ-50У

40Х — способом остаточной намагниченности. Чувствительность контроля должна соответствовать условному уровню чувствительности «В». Детали намагничиваются с помощью электромагнита или соленоида со вставным полюсным наконечником. Проконтролированные детали, кроме оси кронблока, ствола талевого блока и ствола вертлюга, не размагничиваются.

Ультразвуковой контроль производится на частоте 2,5 МГц с торца

деталей преобразователями с углами ввода 0° , 23° и 40° . Преобразователи с углами ввода 0° и 23° используют для контроля поверхности оси талевого блока под средним и крайним роликами соответственно. Преобразователь с углом ввода 23° представляет собой серийный — с углом ввода 0° , на который крепится с помощью скобы и винта призматическая насадка из оргстекла; акустический контакт между насадкой и преобразователем осуществляется через слой контактной смазки.

Настройка предельной чувствительности контроля осуществляется по искусственным отражателям на соответствующих испытательных образцах, а условная, соответствующая предельной, — по стандартным образцам № 1 или № 2. Чувствительность УЗ контроля должна обеспечивать обнаружение искусственных дефектов размерами: в виде сегментного отражателя (пропила, перпендикулярного образующей) площадью 28 мм^2 , расположенного на расстоянии 75 мм от торца, при контроле проушин талевого блока; в виде сегментного отражателя площадью 60 мм^2 , расположенного на расстоянии 110 мм от торца (минимальное расстояние) для преобразователя 0° и 120 мм^2 на расстоянии 220 мм от торца (максимальное расстояние) для преобразователя с углом ввода 23° при контроле оси талевого блока; в виде углового отражателя площадью 3 мм^2 ($2 \times 1,5 \text{ мм}$) при контроле серьги талевого блока преобразователем с углом ввода 40° ; в виде сегментного отражателя площадью 28 мм^2 на расстоянии 74 мм при контроле траверсы талевого блока преобразователем с углом призмы 30° . Настройка временной селекции — без особенностей.

Для удобства подготовки поверхностей деталей и контроля рекомендуется использовать специальную подставку, а для защиты места проведения дефектоскопии от порывов ветра — переносную ширму (каркас из металлических трубок с натянутой полиэтиленовой пленкой).

Работы по неразрушающему контролю деталей бурового оборудования совмещаются с графиками ППР, что позволяет сократить потери рабочего времени буровой бригады. При этом следует учитывать, что дефектоскопия должна проводиться в теплое время года.

В качестве примера практических результатов работы отметим, что только при экспериментальной отработке технологии контроля деталей буровых установок в полевых условиях были обнаружены трещины на нескольких штропах, а в ПО «Укруглегеология» из проверенных 60 установок на семи обнаружены детали с усталостными трещинами в проушинах вертлюга, элеватора, на штропах.

Профилактический неразрушающий контроль деталей бурового оборудования сокращает простои, связанные с отказами ответственных деталей, и повышает безопасность работ.

ГЛАВА 8

ДЕФЕКТОСКОПИЯ РЕЗИНОТРОСОВЫХ ЛЕНТ КОНВЕЙЕРОВ

Одно из основных направлений в техническом перевооружении подземного транспорта в угольной промышленности — его конвейеризация. На шахтах в качестве транспортирующих лент на конвейерах используются, в частности, резинотросовые ленты (РТЛ) отечественного производства и, кроме того, импортные. Тяжелые условия эксплуатации конвейеров предъявляют высокие требования к качеству ленты и особенно к качеству ее стыковых соединений. Аварии, связанные с разрушениями РТЛ, приводят к значительным потерям рабочего времени и добычи угольной массы. Поэтому необходим объективный и надежный профилактический контроль сплошности тросов и состояния стыковых соединений РТЛ как при изготовлении, так и при эксплуатации, что дает возможность заблаговременно проводить мероприятия по предотвращению порывов.

8.1. КОНТРОЛЬ ТРОСОВ

Для профилактического контроля целостности РТЛ конвейеров применяют устройство типа УКПЛ-1. Контроль осуществляют при профилактических осмотрах и ремонтах установок.

Устройство обеспечивает: обнаружение поврежденных тросов в поперечном сечении ленты, движущейся с рабочей скоростью; автоматическое суммирование повреждений тросовой основы по длине ленты с учетом их взаимного влияния на прочность движущейся с рабочей скоростью ленты; выдачу команды на отключение привода конвейера и подачу светового сигнала при обнаружении повреждений тросов, превышающих установленный предел в поперечном сечении или по длине ленты; непрерывную регистрацию показаний (запись самопишущим прибором выходных сигналов с интегратора или детектора); возможность определения на неподвижной ленте числа поврежденных тросов на обнаруженных дефектных участках.

Устройство применяют для контроля всех типов конвейерных лент со стальной тросовой основой шириной до 1200 мм, эксплуатируемых в шахтах, опасных по газу и пыли, и других промышленных условиях.

В основу действия устройства УКПЛ-1 положен магнитный метод дефектоскопии. Предварительно намагниченные в продольном направлении тросы ленты обладают остаточной намагниченностью, которая сохраняется несколько месяцев. В местах повреждения тросов возникают магнитные поля рассеяния.

Топография магнитного поля над дефектом зависит от геометрии дефекта и числа порванных тросов. Информация о наличии повреж-

дения тросовой основы заключена в выходном электрическом сигнале феррозонда.

Для намагничивания тросов используется собранное из постоянных магнитов намагничивающее устройство, а для измерения напряженности магнитного поля рассеяния поврежденных тросов — феррозондовые датчики: МДИ-1 (для измерения горизонтальной составляющей) и ММД-2 (для измерения горизонтальной и вертикальной составляющих).

Датчик МДИ-1 предназначен для обнаружения повреждения тросовой основы одновременно по всей ширине движущейся ленты. В его корпусе расположены 11 феррозондов. При обнаружении датчиком МДИ-1 повреждения тросов, превышающего установленный предел в поперечном сечении или по длине ленты, выходное реле устройства срабатывает, зажигается красная лампа и выдается сигнал для отключения привода конвейера.

Датчик ММД-2 предназначен для точного определения места и величины повреждений на неподвижной ленте. При одном положении датчик измеряет горизонтальную составляющую напряженности поля дефекта. При этом в центре дефекта получают максимальный сигнал. Зона максимального сигнала — это зона порыва. По ширине зоны устанавливают число порванных тросов. При другом положении датчик измеряет вертикальную составляющую напряженности поля дефекта.

Намагничивающее устройство предназначено для продольного намагничивания тросов в ленте. Представляет собой сборную алюминиевую кассету, куда помещены постоянные магниты, расположенные одноименными полюсами в одну сторону.

Устройство монтируют в соответствии со схемой внешних соединений у приводной станции, чтобы датчики работали в местах наибольшего натяжения ленты и минимума вибрации. Контролируют ленту после удаления с конвейера груза и перевода его на местное управление.

8.2. КОНТРОЛЬ СТЫКОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Анализ дефектов (повреждений) стыковых соединений РТЛ, возникающих в процессе изготовления и эксплуатации, показал, что основную информацию о качестве стыка может дать контроль расположения и состояния тросов. Исходя из этого, приняты оценочные характеристики состояния качества стыков: расстояния между концами тросов, параллельно расположенными тросами; наличие повреждения вследствие коррозии или порывов.

Исследование возможности применения для контроля стыков ультразвукового, магнитного и радиографического методов дефектоскопии, выполняемого с помощью серийной аппаратуры, показало, что наиболее приемлемые результаты дает радиографический метод, достоинство которого — наглядное представление информации в виде снимка, дающего реальную картину расположения тросов, расстояний между ними и их сплошности.

В качестве источников гамма-излучения использовались радионуклиды Америций-241 и Цезий-137 [2]. Анализ результатов (снимков) показал, что для просвечивания снимков РТЛ с целью достижения оптимальной экспозиции активность первого радионуклида должна быть в 2—3 раза больше, чем использовалась, и что предпочтительно низкоэнергетическое гамма-излучение, дающее более четкую теневую картину и требующее меньшую толщину радиационной защиты, в результате чего облегчается конструкция дефектоскопа, соответственно транспортировка и работа в условиях шахт. Однако малая активность выпускаемых источников с радионуклидом Америций-241 и очень высокая их стоимость не позволяют широко использовать их для дефектоскопии стыковых соединений РТЛ. Можно также применять источники с радионуклидами Тулий-170 и Селен-75, имеющих небольшой период полураспада, что вызывает необходимость частой их смены и создает дополнительные трудности в работе.

В качестве источников рентгеновского излучения использовались серийные аппараты непрерывного и импульсного действия. Наиболее качественные снимки получают при использовании излучения с энергией в диапазоне 60—90 кэВ.

Проведенные исследования установили, что и гамма- и рентгенографический методы приемлемы для дефектоскопии стыков РТЛ. При этом необходимо отметить, что аппараты с изотопными источниками излучения взрывобезопасны, а рентгеновские аппараты безопасны при транспортировке, не требуют специальной защиты при хранении и дают сокращение времени просвечивания. Поэтому для дефектоскопии РТЛ в условиях шахт используют рентгенографический метод контроля. Тип аппарата для просвечивания выбирался с учетом ряда факторов: энергии излучения, угла раствора рабочего пучка излучения, габаритов, удобства при транспортировке и возможности приобретения для широкого применения в промышленных условиях. Наиболее полно перечисленным условиям удовлетворяет малогабаритный импульсный рентгеновский аппарат МИРА-2Д.

Для обеспечения возможности применения рентгеновского аппарата МИРА-2Д в условиях шахт, опасных по газу и пыли, в принципиальную электрическую схему его внесены следующие изменения (согласованные с МакНИИ): исключены разъем подключения сетевого кабеля, предохранители, кнопка включения сетевого питания, цепь индикации сетевого напряжения, цепь индикации режима «Пуск», реле времени с соответствующими элементами; дополнительно установлен в блок пульта управления автотрансформатор (200—300 В·А), преобразующий электрический ток напряжением 127 В, используемый на большинстве шахт в осветительной сети подземных выработок, в ток напряжением 220 В для питания рентгеновского аппарата; непосредственно на выводах автотрансформатора распаивается кабель сетевого питания.

При работе с аппаратом необходимо использовать прилагаемую к нему инструкцию, а также дополнительные указания, изложенные в настоящем тексте.

Для контроля за изменением оценочных характеристик состояния

стыковых соединений РТЛ и одновременно сокращения расхода фотоматериалов рекомендуется выбрать наиболее характерные участки стыка, число которых изменяется в зависимости от выбранной схемы укладки тросов в соединении. При одноступенчатой схеме выделяют два участка на стыковом соединении, двухступенчатой — три, трехступенчатой — четыре. Кроме того, рекомендуется проводить просвечивание участков стыка (и ленты), имеющих обнаруживаемые при визуальном осмотре повреждения.

Исходя из этого, определяется схема укладки кассет. При этом необходимо учесть и объем просвечивания, который может потребоваться в связи с результатами предыдущего контроля. На рис. 8.1 представлена схема расположения наиболее характерных участков контроля (I, II, III) на стыковом соединении, выполненном по двухступенчатой схеме.

С целью сокращения расхода широко применяемых в радиографии рентгеновских пленок типа РТ-2 и РМ-1 исследовали возможность замены их другими фотоматериалами, более дешевыми, менее дефицитными и содержащими меньшее количество серебра. Удовлетворительное качество снимков при дефектоскопии стыков получено на фотобумаге «Унибром», «Фотобром», «Фототелеграфная БС», фотокальке ФЧ-П. Для этих же фотоматериалов исследовалась эффективность различных усиливающих флюоресцирующих экранов и схем зарядки кассет. Наиболее эффективными оказались экраны усиливающие флюоресцирующие медицинские ЭУИ-1 и ЭУ-В2А. С несколько худшими результатами, но

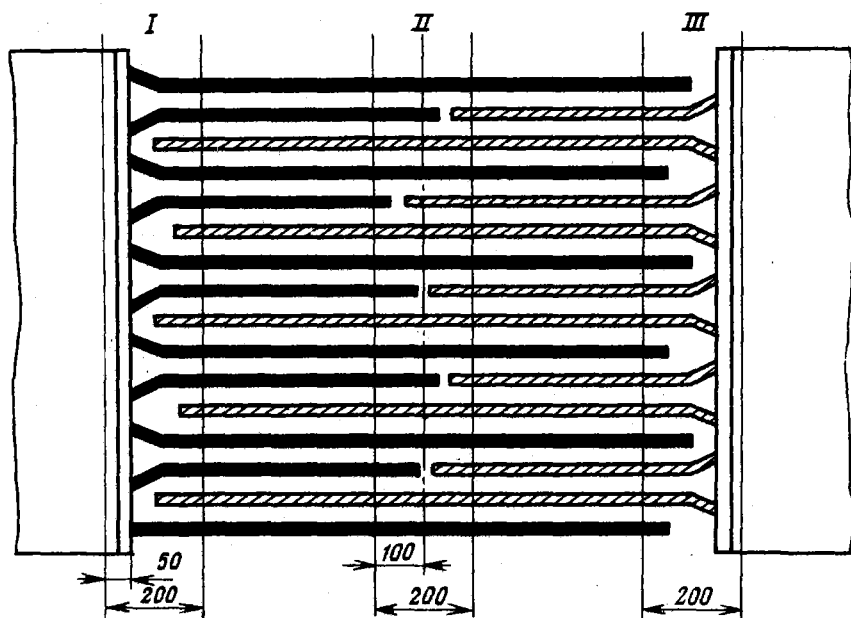


Рис. 8.1. Схема расположения участков контроля на стыковом соединении РТЛ

также возможно применение усиливающих флюоресцирующих экранов и других типов (при этом необходимо пользоваться соответствующими коэффициентами пересчета времени экспозиции).

Для всех типов преобразователей излучения принята наиболее оптимальная схема зарядки кассет: экран усиливающий — фотобумага — экран усиливающий — экран свинцовый защитный (от рассеянного излучения).

Просвечивать каждый участок стыкового соединения можно отдельно, но для сокращения времени контроля стыков (простая конвейера) за одну экспозицию просвечивают все стыковое соединение или большую его часть, при этом снимки, удаленные от оси пучка рентгеновского излучения, и снимки, расположенные в центральной части стыка, будут иметь различную плотность почернения. Для выравнивания дозовой нагрузки снимков, расположенных на разном расстоянии от оси пучка излучения, необходимо использовать специальной конфигурации съемный нивелирующий экран из свинца 1 (рис. 8.2), наклеиваемый на тонкое основание 2 из материала, слабо поглощающего рентгеновское излучение, например гетинакса, текстолита, полиуретана, экран вставляется в защищающий рентгеновскую трубку от поврежденных съемный цилиндр. Для изготовления нивелирующего экрана используют специальное приспособление, состоящее из матрицы и пуансона. Заготовку для изготовления экрана вырезают из листового свинца толщиной 2,5 мм, формируют экран с помощью тисков, пресса или удара.

Подготовка к контролю начинается с выбора основных параметров просвечивания: чувствительности, фокусного расстояния, времени экспозиции. Чувствительность контроля по проволочным эталонам чувствительности должна быть не менее значения диаметра отдельной проволоки троса в зависимости от типа РТЛ.

Фокусное расстояние F выбирают в зависимости от конкретных условий доступа к соединению и его площади. При этом за одну экспозицию можно проконтролировать все соединение или его часть при обязательном соблюдении условия $F \geq R$, где R — максимальное расстояние от центра до края контролируемого участка.

Время экспозиции зависит от фокусного расстояния и типа применяемых фотоматериалов и усиливающих экранов. На рис. 8.3 представлены графики для определения времени просвечивания стыковых соединений размером не более $1,5 \times 1,5$ м с использованием нивелирующего экрана. В зависимости от объема контроля подготавливают соответствующее количество фотоматериалов, усиливающих и защитных экранов, укладываемых в кассеты по принятой схеме. В специальные карманы кассет укладывают маркировочные знаки с учетом схемы разбивки стыка на участки контроля и эталоны чувствительности, располагаемые с направлением проволок перпендикулярно к оси тросов. Для повышения оперативности контроля рекомендуется применять специальные кассеты, имеющие, расположенные напротив просвечиваемых участков соединения, карманы для помещения светонепроницаемых конвертов с преобразователями излучения. Кассету закрепляют на ленте с помощью эластичной резины с крючками на концах так, чтобы фотоматериал располагался на контролируемых участках согласно разметке.

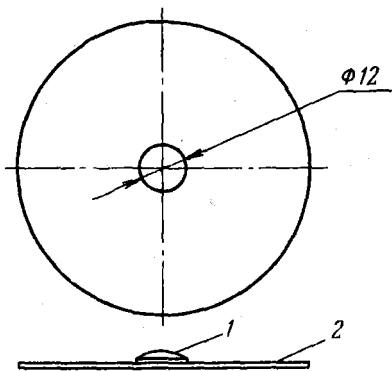


Рис. 8.2. Нивелирующий экран

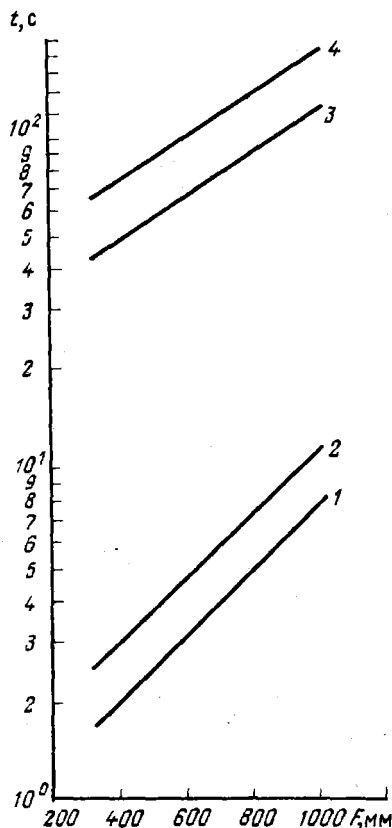


Рис. 8.3. Графики для определения времени просвечивания стыковых соединений:

1 — пленка РТ-2 (экраны ЭУИ-1); 2 — пленка РТ-2 (экраны ЭУ-В2А); 3 — фотобумага «Унибром», фотокалька ФЧ-П (экраны ЭУИ-1); 4 — фотобумага «Унибром», фотокалька ФЧ-П (экраны ЭУ-В2А)

При просвечивании контролируемое соединение должно находиться в таком месте конвейера, чтобы можно было обеспечить надежную установку аппарата и соблюдение основных параметров контроля. Предпочтительное место контроля — вблизи приводной головки конвейера. После подготовки стыкового соединения РТЛ и выполнения мероприятий по технике безопасности проводится просвечивание.

В связи с исключением из схемы рентгеновского аппарата цепей индикации для контроля его работоспособности используют флюоресцирующий экран типа ЭРС, который располагается вблизи рентгеновского блока (не более 2 м). Признак работоспособности аппарата — быстрочередующиеся вспышки экрана, видимые в затемненных горных выработках с рабочего места дефектоскописта. Возможно также использование в качестве индикатора неоновой лампочки, соединенной с катушкой, навитой на высоковольтный блок рентгеновского аппарата.

В зависимости от условий доступа к контролируемому соединению просвечивание можно проводить по двум схемам (рис. 8.4): рентгеновский аппарат устанавливают на почву и рабочую часть пучка рентгеновского излучения направляют вверх — соединение находится на нижней ветви

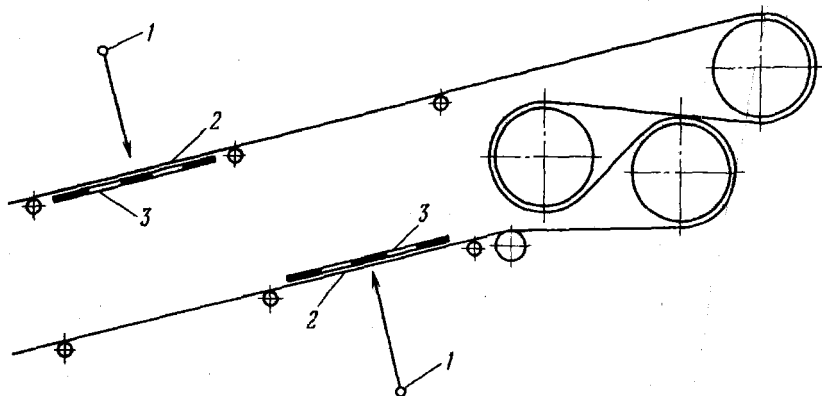


Рис. 8.4. Схемы просвечивания стыковых соединений РТЛ:

1 — рентгеновский аппарат; 2 — стыковое соединение; 3 — кассета. Стрелками показано направление рентгеновского излучения

РТЛ; рентгеновский аппарат закрепляют над соединением и излучение направляют вниз — соединение находится на верхней ветви ленты. В обоих случаях надежная фиксация аппарата производится с помощью специально изготовленных приспособлений, а точное направление оси пучка излучения к центру поля облучения — с помощью телескопического центрактора.

Пульт управления располагают от рентгеновского блока на максимальном расстоянии (до 20 м). После установки рентгеновского блока и пульта управления в необходимое положение сетевой кабель питания вводят в пусковой агрегат и подсоединяют к клеммам соответствующего контактора. Включают и выключают рентгеновский аппарат рукояткой контактора пускового агрегата или кнопкой дистанционного управления.

Экспонированные фотоматериалы подвергают химико-фотографической обработке. Затем снимки расшифровывают и оценивают состояние стыковых соединений. После исправления дефектов соединение подвергают повторному рентгенографическому контролю.

При выполнении рентгенографического контроля стыковых соединений РТЛ конвейеров необходимо строго соблюдать требования электрической и радиационной безопасности. Пульт управления аппаратом должен находиться за пределами зоны, радиус которой не менее 20 м от места установки рентгеновского блока. Защитную зону ограждают и обозначают предупреждающими знаками, которые рекомендуется изготавливать из флюоресцирующих или световозвращающих составов, что позволяет увидеть их в затемненных выработках при освещении индивидуальными светильниками.

В месте проведения рентгенографического контроля стыковых соединений РТЛ должен проводиться радиационный контроль за мощностью дозы излучения на рабочем месте и на границе защитной зоны, индивидуально за дозой внешнего излучения.

В шахтных условиях измеряли мощности дозы рентгеновского излу-

чения на рабочем месте дефектоскописта и рассчитывали годовую суммарную дозу. Мощность дозы определяли на уровне стоп, таза и головы.

При максимальном числе рабочих дней в году индивидуальная эквивалентная доза за год не превысит 5мЗв, что на порядок меньше допустимой дозы для персонала категории А.

Применение профилактического неразрушающего контроля стыковых соединений РТЛ способствует ликвидации убытков, связанных с порывами лент.

Перспективным следует считать применение рентгенографического метода с использованием более малогабаритной взрывозащищенной аппаратуры, а также метод рентгеноинтроскопии с применением малогабаритного взрывобезопасного комплекта аппаратуры, что требует дальнейшей разработки. Приемлемым может быть гаммаграфический метод с использованием радионуклидов низкоэнергетического излучения с достаточно большим периодом полураспада оптимальной активности. В связи с большими просвечиваемыми площадями ленты перспективен также подбор более дешевых фотоматериалов.

ГЛАВА 9

ДЕФЕКТОСКОПИЯ ОБОРУДОВАНИЯ УГОЛЬНЫХ РАЗРЕЗОВ

В настоящее время в угольной промышленности для мощных и неглубоких залегающих пластов широко распространен открытый способ разработки.

К основному оборудованию, используемому на угольных разрезах отрасли, относятся транспортно-отвальные мосты, экскаваторы.

Повреждения деталей и конструкций оборудования в процессе работы возникают вследствие продолжительного воздействия знакопеременных нагрузок, а также недопустимых перегрузок; механических воздействий, в частности износа; недопустимой коррозии металла [12]. При многократно приложенных растягивающих усилиях в болтах и заклепках также наблюдаются усталостные повреждения, а в зонах наибольших напряжений клепанных соединений от заклепочных отверстий могут развиваться усталостные трещины.

Анализ разрушений (аварий) показал, что их основная причина — некачественное выполнение сварных швов как на заводах, так и в монтажных условиях, особенно в узлах, от которых зависит надежность и долговечность всей конструкции. Возможны также и хрупкие разрушения металла, зависящие от отрицательной окружающей температуры, что значительно чаще отмечается в период первой зимы эксплуатации оборудования в северных и восточных районах страны.

Один из наиболее эффективных путей сокращения простоев такого оборудования — оценка технического состояния ответственных узлов

и деталей с использованием методов и средств дефектоскопии в процессе изготовления, эксплуатации и ремонта. Объем и метод контроля регламентируются соответствующей НТД.

Несущие металлоконструкции оборудования разрезом — сварные и клепаные, изготовлены в большинстве случаев из низколегированных сталей.

При подготовке и проведении дефектоскопии следует учесть, что работы выполняются на высоте, в труднодоступных местах, поэтому предусмотреть строгое соблюдение правил ТБ; дефектоскопистам необходимо выделить вспомогательный персонал. Подготовить оборудование и контролируемые места, как описано в 2.3. Перед проведением дефектоскопии провести тщательный визуальный контроль с использованием при необходимости оптических приборов, в том числе и с волоконной оптикой.

Организация работ при проведении дефектоскопии в условиях эксплуатации и монтажа предполагает использование передвижных дефектоскопических лабораторий.

9.1. КОНТРОЛЬ ТРАНСПОРТНО-ОТВАЛЬНЫХ МОСТОВ

Основная часть горнотранспортных машин непрерывного действия — транспортно-отвальных мостов — несущие металлические конструкции. Как показала практика, поломки этого оборудования случаются в металлоконструкциях, сварных, заклепочных и болтовых соединениях. Значительное число повреждений имеет оборудование, находящееся в эксплуатации после истечения срока службы в течение 10—40 лет.

Кроме ежемесячного обследования два раза в год специальная комиссия должна контролировать техническое состояние оборудования транспортно-отвальных комплексов с использованием методов и средств дефектоскопии.

Дефектоскопии подвергаются опорные узлы и узлы подвески металлоконструкций; элементы и узлы, на которых проводились ремонтно-восстановительные работы, в том числе и сварной; участки металлоконструкций с обнаруженными при визуальном осмотре дефектами, по которым необходима дополнительная информация; узлы, подвергшиеся перегрузке при аварийных поломках.

При ремонте и эксплуатации транспортно-отвальных мостов проверяют качество заготовок, металлоконструкций, сварных и заклепочных соединений для выявления технологических и эксплуатационных (усталостных) дефектов и прогрессирующего износа радиографическим, ультразвуковым, магнитным и в отдельных случаях капиллярным методами серийными дефектоскопами.

Контролируют заготовки УЗ методом, сварные соединения — ультразвуковым или радиографическим, восстанавливаемые детали — магнитопорошковым или ультразвуковым.

Усталостные трещины в металлоконструкциях и сварных швах находят магнитопорошковым или УЗ методами; износ контролируют ультразвуковой толщинометрией. Технология контроля этими методами изложена в предыдущих главах.

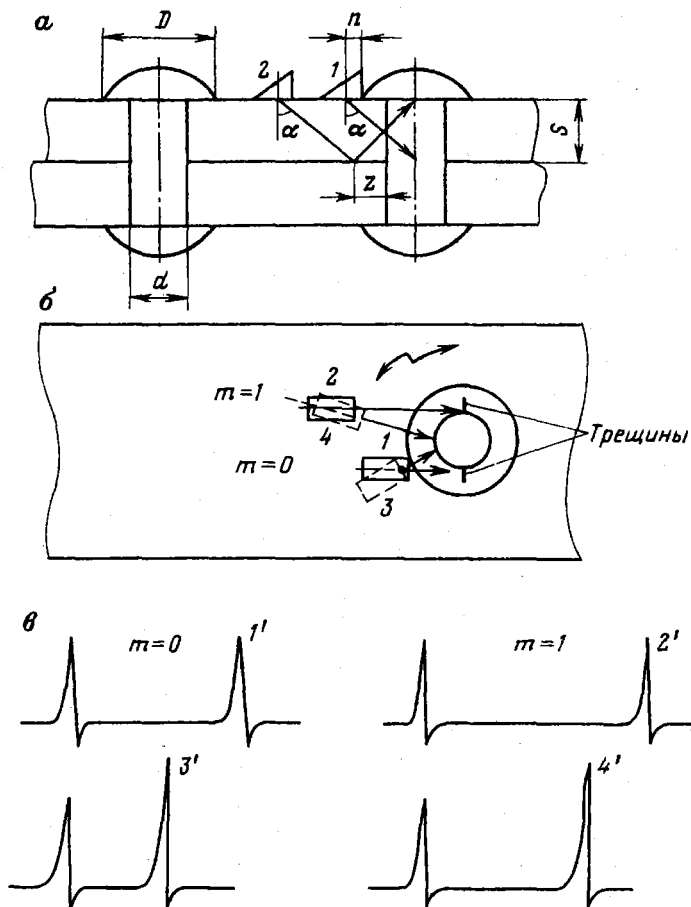


Рис. 9.1. Контроль металла вокруг заклепочных отверстий:

1', 3', 2', 4' — сигналы на экране дефектоскопа при соответствующих положениях преобразователя

Качество металла заклепок проверяется простукиванием в разных направлениях обеих головок заклепки контрольным молотком; при необходимости инструментального контроля отдельные заклепки можно проверить УЗ методом с помощью специально изготовленных преобразователей.

Усталостные трещины в металле стыкуемых элементов, расположенных под головками заклепок (радиально от отверстий), обнаруживают УЗ методом. Такие трещины начинаются обычно от заклепочных отверстий первого, второго, реже третьего ряда заклепок: эти трещины при их развитии могут распространяться до заклепочных отверстий следующего ряда, не выходя на наружную сторону.

Клепанные соединения контролируют на частоте 2,5 МГц с поверхности обеих листов; нижней части металла — прямым лучом (рис. 9.1, а положение преобразователя — 1), верхней части — однократно

отраженным (положение преобразователя — 2). Параметры контроля зависят от толщины металла, размеров заклепки и, в частности, угол ввода УЗ колебаний α определяют из выражений:

$$m=0; \operatorname{tg} \alpha=(n+0,5D)/S; m=1; \operatorname{tg} \alpha=(z+0,5D)/S,$$

где m — число отражений; n — длина стрелы преобразователя; $z = 2-8$ мм; S — толщина металла; D и d — диаметры головки и тела заклепки.

Контролируют, перемещая преобразователь вокруг головки заклепки с направлением УЗ луча по касательной к заклепочному отверстию с одновременным поворотом его вправо и влево в пределах угла до 15° . О наличии акустического контакта судят по появлению сигнала, отраженного от края отверстия при установке преобразователя перпендикулярно касательной к нему (см. рис. 9.1, б, положения преобразователя — 3, 4).

Признак наличия трещины, начинающейся с поверхности, — появление сигнала, максимум которого находится в рабочей зоне экрана дефектоскопа, соответствующей одной (при $m=0$) или двойной (при $m=1$) толщине металла при ориентации акустической оси луча по касательной к заклепочному отверстию (рис. 9.1, б, положения преобразователя — 1, 2).

Чтобы убедиться в том, что отраженный сигнал обусловлен отражением от трещины, а не от кромки отверстия, следует, запомнив положение его на экране, повернуть преобразователь так, чтобы ось его была направлена к центру отверстия (центру головки заклепки); если при повороте преобразователя сигнал уменьшится до исчезновения (см. рис. 9.1, в), а ближе к зондирующему появится сигнал от отверстия, то первый сигнал следует считать сигналом от трещины; если второй сигнал появляется при повороте преобразователя, то следует считать его положение неправильным.

После обнаружения трещины можно определить ее условную протяженность и эквивалентную площадь. Для определения эквивалентной площади используют отношение амплитуды эхо-сигнала от трещины к амплитуде эхо-сигнала от кромки отверстия (строятся специальные графики) или испытательные образцы, на которых нанесены искусственные дефекты различной площади. Эти же образцы служат для настройки чувствительности контроля и рабочей зоны на экране дефектоскопа.

9.2. КОНТРОЛЬ ЭКСКАВАТОРОВ

Выемку и погрузку угля и породы на разрезах осуществляют одноковшовыми и многоковшовыми экскаваторами.

По конструкции одноковшовые экскаваторы разделяются на прямую и обратную механические лопаты, драглайны. Одноковшовый экскаватор состоит из ходовой части и поворотной платформы, на которой установлены рабочие (стрела, рукоять, ковш, подвеска) и силовые механизмы систем управления.

Многоковшовые экскаваторы осуществляют непрерывную выемку горной массы с помощью ковшей, расположенных на бесконечной цепи

(цепные) или колесе (роторные). Состоят из ходовой части и рабочего органа.

Для обеспечения безотказной работы и заданной производительности необходимо проводить дефектоскопию наиболее напряженных мест деталей, узлов и конструкций этих экскаваторов. На одноковшовых экскаваторах типов ЭШ, ЭКГ, ЭВГ дефектоскопии подлежат сварные соединения стрелы (верхнего и нижнего поясов), надстройки стрелы, вантовых ферм, балок; металл подвески стрелы (серег, осей, проушин); валы механизмов поворота. На многоковшовых экскаваторах контролируют сварные соединения стрелы, надстройки, рамы; шаровые опоры поворотной платформы, детали рабочего органа (оси и звенья ковшовой цепи), шестерни главного привода, износ металлоконструкций.

Дефектоскопия проводится в период капитального ремонта, после аварийных поломок и других необходимых случаях (монтаж, текущий ремонт).

Контроль сварных соединений можно проводить магнитопорошковым, ультразвуковым и радиационным методами; металла деталей — магнитопорошковым или ультразвуковым методами; износа — ультразвуковой толщинометрией, методики проведения которых аналогичны изложенным в предыдущих главах.

ГЛАВА 10

БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ДЕФЕКТΟΣКОПИИ

10.1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ И ПРАВИЛА ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ

Требования безопасности при дефектоскопии (и толщинометрии) оборудования определяются условиями проведения работ: на предприятиях-заводах, центральных электромеханических мастерских — при изготовлении или ремонте оборудования, на шахтах — при эксплуатации подъемных и конвейерных установок, трубопроводов и проводников и пр.; на высоте — при эксплуатации осей шкивов и металлоконструкций копров, кранов и пр.; в полевых условиях — при эксплуатации оборудования открытых разрезов и т. д., а также спецификой применяемых методов и средств дефектоскопии.

При проведении дефектоскопии широко используют электроустановки (дефектоскопы, приспособления, осветители), применяют легковоспламеняющиеся растворители, керосин, масла, которые при неосторожном обращении могут стать причиной травматизма, пожара, взрыва.

Для предотвращения вредного воздействия дефектоскопических материалов и процессов на организм человека, предупреждения травма-

тизма, профессиональных заболеваний и отравлений должны осуществляться организационные, технические и санитарно-гигиенические мероприятия по охране труда.

Организационные мероприятия направлены на соблюдение трудового законодательства в отношении охраны труда, обеспечение правильной организации работ и точного выполнения требований техники безопасности. Они включают в себя работы по оптимальной планировке лаборатории (участка) дефектоскопии, выделению особо вредных и пожароопасных устройств и оборудования в отдельные помещения; предварительный и периодический инструктаж по технике безопасности; обучение безопасным приемам работы; изучение правил применения средств защиты, правил пользования средствами пожаротушения, обучение приемам оказания первой медицинской помощи.

Мероприятия технического характера направлены на разработку приемов работы и создание средств, обеспечивающих безопасные условия труда. Дефектоскопия чаще всего проводится в помещениях (цехах, зданиях подъемов шахт), соответствующих действующим нормам, правилам проектирования промышленных предприятий и санитарным правилам, и в полевых условиях, например открытых угольных разрезов.

Разбирают оборудование, подготавливают, поднимают и перемещают детали, исключая возможность травм. В процессе проведения контроля должны быть обеспечены устойчивое положение контролируемых изделий, дефектоскопического оборудования и удобные условия работы дефектоскописта.

При работе на высоте и в труднодоступных местах должны соблюдаться правила безопасности и инструкции, действующие на данном предприятии при соответствующих работах. На рабочем месте необходимо сооружать мостки или леса, использовать подвесные люльки, обеспечивающие удобный доступ к нужной зоне контролируемой детали. Дефектоскопист должен работать в каске и пользоваться предохранительным поясом (в стволе, на копрах, транспортно-отвальных мостах и т. п.).

При работе в условиях шахты необходимо выполнять требования правил безопасности [9], соблюдать инструкции по охране труда, устанавливающие правила выполнения работ и поведения в горных выработках, производственных помещениях и на стройплощадках. Для выполнения длительных (более одной смены) работ по дефектоскопии работники этих подразделений допускаются в подземные выработки по разрешению главного инженера шахты после вводного инструктажа по пятидневной программе и первичного инструктажа на рабочем месте. Лица, имеющие удостоверения о сдаче экзаменов на знание «Правил безопасности...», проходят вводный инструктаж по однодневной программе. Продолжительность предварительного обучения по дефектоскопии шахтной поверхности для лиц, не работавших ранее на шахте, — три дня, для ранее работавших — один день.

Применение электрооборудования общего назначения в шахтах, опасных по газу или пыли, к которому относятся используемые при контроле дефектоскопы, допускается в каждом отдельном случае только с разрешения технического директора ПО, при этом необходимо их

проветривать свежей струей и контролировать содержание метана. Электрооборудование выключается при концентрации метана свыше 0,5%.

Безопасность при работе с электроустановками обеспечивается соблюдением «Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей» (ПТЭ) и «Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей» (ПТБ). Применяемые средства дефектоскопии, приборы, некоторые приспособления находятся во время работы под напряжением. Работа с оборудованием, в котором используется напряжение свыше 1000 В, относится к группе наиболее опасных работ. Это — обслуживание рентгеновских аппаратов, у которых на рентгеновскую трубку подается напряжение до нескольких сотен киловольт, УЗ дефектоскопов, у которых напряжение на осциллографических индикаторах достигает нескольких киловольт.

Электрический ток при прохождении через тело человека вызывает электрический удар, который может сопровождаться шоком, расстройством дыхания, кровообращения, а также ушибами при падении.

Электросхемы и токоведущие части в аппаратах ограждаются корпусами, которые в процессе работы могут оказаться под напряжением из-за нарушения изоляции или снижения ее сопротивления от сырости.

Основное мероприятие, направленное на то, чтобы избежать поражения электрическим током, — защитное заземление, которое шунтирует человека весьма малым сопротивлением. В связи с этим все дефектоскопы должны быть заземлены с помощью заземляющего кабеля или трехгнездовой розетки с заземленным гнездом.

Наряду с защитным заземлением работа с дефектоскопами в некоторых случаях (при большом напряжении) должна проводиться с использованием средств личной защиты от поражения электрическим током (резиновые перчатки, галоши, коврики).

Для понижения напряжения не допускается использовать реостаты, добавочные резисторы и автотрансформаторы. Можно использовать только понижающие трансформаторы, у которых вторичная обмотка не имеет электрической связи с сетевой. Корпус трансформатора и один конец вторичной обмотки заземляются.

Если произошло поражение электрическим током, то следует немедленно обесточить линию и освободить пострадавшего от тока, при необходимости оказать ему первую помощь (искусственное дыхание, непрямой массаж сердца, а в случае ранения — перевязку, наложение шин т. д.).

Электроустановки могут быть причиной пожара вследствие перегрева проводников, искрения при различных повреждениях. Тушить пожар необходимо при отключенной линии. Наибольшие пожары могут быть ликвидированы с помощью углекислотных огнетушителей, так как углекислота не проводит ток, и поэтому можно тушить установки, находящиеся под напряжением. Пожарная безопасность обеспечивается системами предотвращения пожара и противопожарной защиты в соответствии с ГОСТ 12.1.004—85 и отраслевыми правилами по пожарной безопасности.

Противопожарная защита обеспечивается применением соответ-

ствующих средств и видов пожарной техники; автоматических установок пожарной сигнализации и пожаротушения; устройствами, обеспечивающими ограничение распространения пожара; организацией своевременной эвакуации людей.

Санитарно-гигиенические мероприятия направлены на создания здоровых условий труда во время проведения контроля, а также на предотвращение загрязнения окружающей среды.

Важное место занимают мероприятия, обеспечивающие предупреждение профессиональных заболеваний дефектоскопистов: предварительные и периодические медицинские осмотры, в которых обязаны принимать участие невропатолог, терапевт, дерматолог, окулист, отоларинголог.

Дефектоскопистов необходимо обеспечить спецодеждой, защитными средствами, вентиляцией и т. д., а также кожаной спецобувью, непромокаемыми нарукавниками и фартуками, средствами индивидуальной защиты рук.

Уровень шума, создаваемого на рабочем месте оператора, не должен превышать допустимый по ГОСТ 12.1.003—83, в противном случае следует применять противозумные средства (например «Беруши»).

10.2. РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ДОЗИМЕТРИЯ

Радиационная дефектоскопия связана с применением источников ионизирующих излучений, которые оказывают вредное биологическое воздействие на организм человека, поскольку поглощенная тканями энергия вызывает ионизацию атомов и молекул. Ионизирующие излучения оказывают на живую ткань двоякое действие: прямое, при котором ионизация и возбуждение происходят в молекуле живой ткани, в результате чего она разрушается и изменяется ее биологический и химический состав; не прямое, при котором ионизация и возбуждение происходят в молекуле растворителя — воды жидкой среды тканей и органов. Вызванные излучением изменения в организме могут быть обратимыми и необратимыми (при больших поглощенных дозах), причем они происходят как во всем организме, так и в отдельных органах, при этом возникают генетические и соматические поражения.

При проведении дефектоскопии используются закрытые источники ионизирующих излучений, исключающие попадание радиоактивных веществ внутрь человека, поэтому рабочий персонал подвергается только внешнему облучению.

Радиационная безопасность обеспечивается безусловным соблюдением «Основных санитарных правил работы с радиоактивными веществами и источниками ионизирующих излучений» (ОСП-72/87), «Норм радиационной безопасности» (НРБ-76/87), «Санитарных правил по радиоизотопной дефектоскопии» (СПРД-75), «Правил устройства и эксплуатации рентгеновских кабинетов и аппаратов при дефектоскопии», «Правил безопасности при транспортировании радиоактивных веществ» (ПБТРВ-73).

Согласно НРБ-76/87 по допустимым основным дозовым пределам

установлены следующие категории облучаемых лиц: категория А — персонал; категория Б — ограниченная часть населения; категория В — население области, края, республики, страны.

Основная задача защиты человека от ионизирующих излучений — не допустить возникновения соматических и генетических поражений, что обеспечивается соблюдением предельно допустимой дозы (ПДД) и предела дозы (ПД).

ПДД — максимальное значение индивидуальной эквивалентной дозы за год, которое при равномерном воздействии в течение 50 лет не вызовет в состоянии здоровья персонала неблагоприятных изменений, обнаруживаемых современными методами; ПДД — основной дозовый предел для лиц категории А.

ПД — предельная эквивалентная доза за год для ограниченной части населения, контролируемой по усредненной для критической группы органов дозе внешнего излучения и уровню радиоактивных выбросов и радиоактивного загрязнения объектов внешней среды; ПД — основной дозовый предел для лиц категории Б.

Значения ПДД и ПД внешнего облучения установлены для трех групп критических органов: I — все тело, гонады и красный костный мозг; II — мышцы, щитовидная железа, внутренние органы, хрусталик глаза; III — кожный покров, костная ткань, кисти, предплечья, лодыжки и стопы. В зависимости от группы критических органов для категории А устанавливается ПДД за год, для категории Б — ПД за год.

Дозовые пределы облучения (10^{-2} , Зв/год) для групп критических органов: ПДД для категории А — I—5, II—15, III—30; ПД для категории Б — соответственно на порядок меньше.

Эквивалентная доза H (зиверт), накопленная в критическом органе за время T (лет) с начала профессиональной работы, не должна превышать значения $H = \text{ПДД} \cdot T$. В любом случае доза, накопленная к 30 годам, не должна превышать 12 ПДД. В исключительных случаях (аварийная ситуация) допускается облучение свыше 2 ПДД или 5 ПДД, которое следует так скомпенсировать в последующие пять или десять лет, чтобы накопленная доза не превышала значения, определяемого вышеприведенной формулой.

Для защиты от ионизирующего излучения применяют стационарные (стены, перекрытия потолков и полов, защита дверей, дверных проемов, смотровых окон) и передвижные (защитные кожухи, контейнеры для перевозки и хранения радиоактивных веществ, защитные кабины, стенки) устройства.

Мощность дозы излучения на наружных поверхностях здания, где проводят работы по просвечиванию, в том числе и в проемах (окон, дверей и др.), а также поверхностях временного хранилища или его ограждения, не должна превышать $0,7 \cdot 10^{-7}$ Кл/(кг·ч). Мощность дозы излучения в любых помещениях и на территории в пределах наблюдаемой зоны не должна превышать $0,07 \cdot 10^{-7}$ Кл/(кг·ч). Для переносных, передвижных и стационарных дефектоскопов мощность экспозиционной дозы гамма-излучения от источника, находящегося в положении хранения, не должна превышать 7 Кл/(кг·ч) на расстоянии 1 м от поверхности радиационной головки.

При проведении дефектоскопических работ в цехах на открытых площадках и полевых условиях следует устанавливать размеры и маркировать знаками радиационной опасности и предупреждающими знаками радиационно-опасную зону, в пределах которой мощность дозы излучения превышает $0,7 \cdot 10^{-7}$ Кл/(кг·ч).

Кроме того, при использовании источников излучений вне помещений или в общих производственных помещениях должны предусматриваться следующие мероприятия: предпочтительное направление излучений в сторону земли или в сторону, где отсутствуют люди; максимальное удаление источников от обслуживающего персонала и других лиц (защита расстоянием); ограничение пребывания людей вблизи источников (защита временем); вывешивание плакатов, предупреждающих об опасности, отчетливо видимых с расстояния не менее 3 м.

В учреждениях, где работают с применением радиоактивных веществ и других источников ионизирующих излучений, необходимо осуществлять радиационный контроль, цель которого — соблюдение норм радиационной безопасности, санитарных правил и получение информации о дозе облучения персонала.

Радиационный контроль осуществляется с помощью специальных приборов. Промышленностью выпускаются дозиметрические приборы трех классов: первый класс — дозиметры для измерения экспозиционных или поглощенных доз или мощностей доз; второй — радиометры для измерения активности изотопов и интенсивности ионизирующих излучений; третий — спектрометры для измерения энергии и определения спектрального состава излучения. По своему конструктивному исполнению приборы подразделяются на индивидуальные, носимые, переносные и стационарные.

Дефектоскописты, работающие с источниками ионизирующих излучений, должны пользоваться индивидуальными фотопленочными дозиметрами типа ИФКУ и прямопоказывающими, например, КИД-2.

Дозиметрические службы предприятия (или специально выделенное компетентное лицо) должны осуществлять радиационный контроль (систематический или периодический) в зависимости от конкретных условий работы. При этом используются приборы ПМР-1, МРМ-2, СРП-2, СРП-68, ДГРЗ-02, ДГРЗ-03 и др.

Транспортировать рентгеновские дефектоскопы можно на любом транспорте при условии их надежной сохранности; с источниками гамма-излучения — только на специально оборудованных автомобилях в сопровождении двух сотрудников. Допускается перевозка на автомобилях без специального оборудования, при этом мощность дозы в кабине водителя не должна превышать $0,2 \cdot 10^{-2}$ Зв/ч.

10.3. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ, МАГНИТНОЙ И КАПИЛЛЯРНОЙ ДЕФЕКТΟΣКОПИИ

При работе с дефектоскопами, приборами и установками необходимо соблюдать все правила электробезопасности и строго выполнять требования, изложенные в 10.1.

Дефектоскопы следует подключать к малонагруженным электролиниям (осветительным сетям) либо через стабилизатор. При отсутствии на рабочем месте розеток подключать (и отключать) дефектоскопы должны электрики.

Контроль внутри сосудов проводится только дефектоскопами с напряжением питания 12 В.

Место, на котором проводится УЗ контроль, должно быть защищено от попадания лучистой энергии (солнечной, от дуги электросварки и т. п.).

На контролируемой конструкции во время дефектоскопии не должны проводиться механические работы, вызывающие вибрацию. Температура поверхности контролируемой детали не должна превышать 60° С.

Для изоляции от избыточной энергии УЗ, достигающей при работе с акустическим преобразователем 0,01 Вт/м, дефектоскописту рекомендуется пользоваться защитными перчатками.

С целью уменьшения нагрузок, связанных с напряжением зрения при расшифровке сигналов на экране дефектоскопа, необходимы перерывы в работе на 10—15 мин через каждый час.

При намагничивании электроконтактами следует использовать защитные очки для предохранения глаз от разбрызгиваемого расплавленного свинца, применяемого в контактных наконечниках.

При намагничивании мелких деталей в приставных соленоидах рекомендуется сначала поместить деталь в соленоид, а затем во избежание выбрасывания ее включить намагничивающий ток.

Все работы, связанные с применением растворителей, проникающих жидкостей, проявляющих красок, порошков, суспензий, должны выполняться на рабочих местах, имеющих воздухоприемники вытяжной вентиляции. При выполнении работ оператор обязан находиться в потоке поступающего чистого воздуха.

Освещение должно быть комбинированным: общее, создающее равномерное распределение яркостей в поле зрения, и местное — на рабочих местах. Величину освещения выбирают в соответствии с действующими нормами.

При осмотре контролируемой поверхности в УФС следует применять средства защиты органов зрения со стеклами ЖС-4 толщиной не менее 3,5 мм, прозрачными в видимой области спектра, поглощающими УФ излучение.

Для снижения утомляемости зрения дефектоскописту, осматривающему детали, рекомендуется делать перерыв на 10—15 мин через каждый час работы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для более эффективного внедрения современных методов и средств дефектоскопии и толщинометрии в отрасли необходимо осуществить следующие мероприятия. Прежде всего шире использовать эти методы и средства на различных этапах проектирования, изготовления и доводки экспериментально-опытных образцов оборудования и для отработки дефектоскопической технологичности ответственных элементов, обеспечивающей возможность проведения дефектоскопии при производстве, испытании, эксплуатации и ремонте; разработать обоснованные нормы оценки качества этих элементов с учетом возможностей конкретных методов дефектоскопии на всех этапах контроля оборудования, чтобы ликвидировать трудовые и материальные потери, практически возможные при перебраковке и недобраковке. В связи с этим следует доработать НТД для различных деталей, узлов и конструкций оборудования.

Широкое и ускоренное внедрение основных методов и средств дефектоскопии и толщинометрии для контроля наиболее ответственного оборудования возможно, если в первую очередь использовать серийную аппаратуру. При этом рекомендуется чаще использовать универсальные возможности комплексной дефектоскопии.

В отрасли необходим Координационный центр (Отраслевой учебно-методический и аттестационный), решающий вопросы методических разработок и внедрения дефектоскопии оборудования на основе последних достижений науки, техники и дефектоскопии; по апробированию новых разработок и аппаратуры; выдаче рекомендации по использованию серийной и другой аппаратуры; оказанию консультативной технической помощи предприятиям; подготовке и аттестации специалистов по дефектоскопии, а также региональные учебные и аттестационные пункты.

Необходимо разработать отраслевой нормативный документ о службах дефектоскопического контроля на предприятиях и организациях, так как отсутствие его сдерживает организацию таких служб.

Один из важнейших факторов успешного применения дефектоскопии для решения упомянутых выше задач — качественная подготовка и аттестация специалистов-дефектоскопистов высшего, среднего и низшего квалификационных звеньев, а также полная укомплектованность ими подразделений дефектоскопии.

Необходимо повысить уровень знаний в области дефектоскопии широкой номенклатуры инженерно-технических работников, связанных с изготовлением, ремонтом и эксплуатацией оборудования. Для этого целесообразно ввести в учебные программы соответствующих специальностей горных высших и средних учебных заведений курс «Дефектоскопия горно-шахтного оборудования и оборудования угольных разрезов», который должен систематически пересматриваться с учетом

последних достижений науки и техники; организовать специализацию по дефектоскопии ГШО и оборудования угольных разрезов в ПТУ, техникумах отраслевого подчинения и централизованную подготовку (переподготовку) на курсах специалистов различного уровня.

Для работы в условиях шахт, опасных по газу или пыли, необходима малогабаритная дефектоскопическая и дозиметрическая аппаратура во взрывобезопасном исполнении, которая позволит оптимизировать процесс дефектоскопии в шахтах.

Эффективному внедрению методов дефектоскопии в отрасли будет способствовать централизованный ремонт и поверка дефектоскопической аппаратуры, а также централизованное изготовление некоторых преобразователей и приспособлений для контроля.

Для выполнения полного объема дефектоскопии деталей и узлов оборудования должны быть организованы новые и реконструированы уже имеющиеся стационарные лаборатории, подразделения дефектоскопии — оснащены универсальными подвижными дефектоскопическими лабораториями, в первую очередь легкого типа.

Необходимо предусмотреть более действенные стимулы за качественное выполнение дефектоскопии, ее рациональное внедрение при изготовлении, ремонте и эксплуатации оборудования. При выработке надлежащего отношения к качеству выпускаемой продукции входной контроль должен сокращаться, а превалировать будет выходной.

Для облегчения условий труда дефектоскопистов, повышения достоверности и производительности дефектоскопии (особенно при сплошном контроле) трудоемкие процессы ее следует механизировать и автоматизировать.

Используя микроЭВМ и микропроцессоры, встроенные непосредственно в приборы дефектоскопии, можно будет решить многие задачи: расширить функциональные возможности приборов и сократить время на их настройку, калибровку и перестройку режимов работы; повысить достоверность и точность контроля благодаря самодиагностике по специальным тестам и переходу к многопараметровым измерениям; повысить производительность контроля сокращением времени измерений; получить документ контроля с результатами статистического анализа; обслуживать приборы низкоквалифицированным персоналом с перспективой полной автоматизации контроля через автоматическую систему управления технологическими процессами.

Перспективно использовать для контроля по грубой поверхности специальные и электромагнитно-акустические преобразователи. Следует более широко применять магнито- и капиллярно-аэрозольные способы контроля; ксерорадиографию и другие способы, позволяющие ликвидировать (уменьшить) расход серебра для приемников ионизирующих излучений.

Осуществление описанных выше мероприятий значительно повысит резерв надежности, долговечности, безопасности работы оборудования, сократит потери добычи угля и даст существенный экономический эффект, что будет способствовать выполнению задач, поставленных перед угольной промышленностью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вайнштейн И. Б., Матангин К. М., Ревякин Н. М. Дефектоскопия элементов компрессорных установок.— Уголь Украины, 1987, № 4, с. 28—29.
2. Вайнштейн И. Б., Шарапов А. В. Неразрушающий контроль стыковых сварных соединений резинотросовых лент конвейеров в условиях шахт.— Уголь, 1985, № 11, с. 36—39.
3. Вайнштейн И. Б., Матангин К. М., Поволоцкий И. А. Измерение толщины стенок шахтных транспортных труб.— Уголь, 1982, № 8, с. 37—39.
4. Гончаров И. Б., Матангин К. М., Шарапов А. В. Рентгенография с использованием фотоматериалов с малым содержанием серебра.— Уголь Украины, 1987, № 12, с. 21—22.
5. Гурвич А. К., Ермолов И. Н. Ультразвуковой контроль сварных швов. Киев, Техника, 1982.
6. Краткий справочник горного инженера угольной шахты/Под ред. А. С. Бурчакова и др. М., Недра, 1982.
7. Опыт дефектоскопии элементов подъемных установок. Экспресс-информация. М., ЦНИЭИуголь, 1982.
8. Положение о планово-предупредительной системе технического обслуживания и ремонта оборудования угольных и сланцевых шахт Министерства угольной промышленности СССР. М., ИГД им. А. А. Скочинского, 1981.
9. Правила безопасности в угольных и сланцевых шахтах. М., Недра, 1986.
10. Приборы для неразрушающего контроля материалов и изделий. Справочник (в двух книгах)/Под ред. В. В. Клюева. М., Машиностроение, 1986, с. 876.
11. Румянцев С. В., Штань А. С., Гольцев В. А. Справочник по радиационным методам неразрушающего контроля/Под ред. С. В. Румянцева. М., Энергоиздат. 1982.
12. Техническое состояние и контроль металлоконструкций горно-транспортных машин, М., ЦНИЭИуголь, 1986.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Глава 1. Дефекты металла, методы и средства дефектоскопии	4
1.1. Дефекты типа несплошностей	4
1.2. Основные методы и средства дефектоскопии и толщинометрии	10
Глава 2. Организация работ по дефектоскопии	37
2.1. Дефектоскопия на этапах производства и эксплуатации оборудо- вания	37
2.2. Особенности организации участков и подразделений дефектоскопии	39
2.3. Подготовка оборудования и деталей к дефектоскопии	48
2.4. Документация по дефектоскопии	51
Глава 3. Технология дефектоскопии	52
3.1. Контроль заготовок	53
3.2. Контроль сварных соединений	56
3.3. Контроль деталей при ремонте	77
Глава 4. Толщинометрия металла	79
4.1. Контроль транспортных труб	79
4.2. Контроль котлов, сосудов и конструкций	80
4.3. Контроль защитных покрытий	83
Глава 5. Дефектоскопия шахтных подъемных установок	84
5.1. Контроль тормозных систем подъемных машин	85
5.2. Контроль подвесных устройств и парашютов подъемных сосудов	95
5.3. Контроль осей копровых шкивов	97
5.4. Контроль коренных валов подъемных машин	105
5.5. Контроль металлоконструкций копров	109
5.6. Результаты внедрения дефектоскопии	111
Глава 6. Дефектоскопия компрессорных установок	114
6.1. Контроль поршневых компрессоров	115
6.2. Контроль центробежных компрессоров	118
Глава 7. Дефектоскопия зубчатых передач, грузоподъемных механизмов, бурового оборудования	120
7.1. Контроль зубчатых передач	120
7.2. Контроль подъемных механизмов	124
7.3. Контроль буровых установок	125
Глава 8. Дефектоскопия резиновых лент конвейеров	128
8.1. Контроль тросов	128
8.2. Контроль стыковых соединений	129
	149

Глава 9. Дефектоскопия оборудования угольных разрезов	135
9.1. Контроль транспортно-отвальных мостов	136
9.2. Контроль экскаваторов	138
Глава 10. Безопасность труда при проведении дефектоскопии	139
10.1. Общие требования и правила электробезопасности	139
10.2. Радиационная безопасность и дозиметрия	142
10.3. Требования безопасности при ультразвуковой, магнитопорошковой и капиллярной дефектоскопии	144
Заключение	146
Список литературы	148

Гончаров И. Б., Матангин К. М.

Г 65 Дефектоскопия оборудования в угольной промышленности: Справочное пособ.— М.: Недра, 1990.— 150 с.: ил.
ISBN 5—247—00524—4

Рассмотрены дефекты металла оборудования, технология его дефектоскопии и толщинометрии; приспособления, повышающие надежность, достоверность и производительность дефектоскопии. Описаны основы визуального, визуально-оптического, радиационного, ультразвукового, магнитного и капиллярного методов дефектоскопии и аппаратура, применяемая в горной промышленности. Освещены наиболее важные способы организации работ и техника безопасности при проведении дефектоскопии.

Для специалистов подразделений дефектоскопии и инженерно-технических работников, занятых эксплуатацией, ремонтом и изготовлением горно-шахтного оборудования и оборудования угольных разрезов.

Г 2501000000—076 166—90
043(01)—90

ББК 33.1

СПРАВОЧНОЕ ИЗДАНИЕ

Гончаров Игорь Борисович
Матангин Константин Михайлович

ДЕФЕКТОСКОПИЯ ОБОРУДОВАНИЯ В УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Заведующий редакцией *Е. Г. Вороновская*
Редактор издательства *Н. К. Дворникова*
Технический редактор *Н. В. Жидкова*
Корректор *Е. М. Одабашиян*
ИБ № 7028

Сдано в набор 03.08.89. Подписано в печать 21.12.89. Т—18484. Формат 60×90¹/₁₆. Бумага офсетная № 2. Гарнитура Литературная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 9,5. Усл. кр.-отт. 9,75. Уч.-изд. л. 11,68. Тираж 2100 экз. Заказ 834 /1328—6. Цена 60 коп.

Ордена «Знак Почета» издательство «Недра», 125047 Москва, пл. Белорусского вокзала, 3

Набрано в ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени МПО «Первой Образцовой типографии» Государственного комитета СССР по печати. 113054, Москва, Вадовая, 28
Отпечатано в московской типографии № 6 Государственного комитета СССР по печати. 109088, Москва, Ж-88, Южнопортовая ул., 24.