

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра технологии машиностроения

Составители
А. Н. Смирнов
Н. В. Абабков
Е. Е. Левашова
М. В. Пимонов

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ДИАГНОСТИКИ

Методические указания к лабораторным занятиям

Рекомендовано учебно-методическими комиссиями
направления подготовки 15.03.01 Машиностроение
в качестве электронного издания
для использования в образовательном процессе

Кемерово 2019

Рецензент

Клепцов А. А. – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой технологии машиностроения

Смирнов Александр Николаевич

Абабков Николай Викторович

Левашова Елена Евгеньевна

Пимонов Максим Владимирович

Теоретические основы диагностики: методические указания к лабораторным работам [Электронный ресурс] для обучающихся направления подготовки 15.03.01 Машиностроение, профиль 01 Оборудование и технология сварочного производства, всех форм обучения / сост.: А. Н. Смирнов, Н. В. Абабков, Е. Е. Левашова, М. В. Пимонов; КузГТУ. – Кемерово, 2019.

Методические указания предназначены для обучающихся по направлению 15.03.01 Машиностроение, профиль 01 Оборудование и технология сварочного производства при изучении дисциплины «Теоретические основы реновации». В методических указаниях изложены лабораторные работы и форма контроля.

© КузГТУ, 2019

© Смирнов А. Н.,
Абабков Н. В.,
Левашова Е. Е.,
Пимонов М. В.,
составление, 2019

Содержание лабораторных работ

Лабораторная работа № 1

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Цель работы – изучение основ промышленной безопасности и требований Федерального закона «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Федеральный закон определяет правовые, экономические и социальные основы обеспечения безопасной эксплуатации опасных производственных объектов и направлен на предупреждение аварий на опасных производственных объектах и обеспечение готовности организаций, эксплуатирующих опасные производственные объекты, к локализации и ликвидации последствий указанных аварий.

Положения Федерального закона распространяются на все организации независимо от их организационно-правовых форм и форм собственности, осуществляющие деятельность в области промышленной безопасности опасных производственных объектов на территории Российской Федерации.

2.1. Общие положения и основные понятия

В Федеральном законе используются следующие понятия:

промышленная безопасность опасных производственных объектов (далее – промышленная безопасность) – состояние защищенности жизненно важных интересов личности и общества от аварий на опасных производственных объектах и последствий указанных аварий;

авария – разрушение сооружений и (или) технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте, неконтролируемые взрывы и (или) выбросы опасных веществ;

инцидент – отказ или повреждение технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте, отклонение от режима технологического процесса, нарушение положений Федерального закона, других федеральных законов и иных нормативных правовых актов Российской Федерации, а также нормативных технических документов, устанавливающих правила ведения работ на опасном производственном объекте.

2.2. Опасные производственные объекты

Опасными производственными объектами в соответствии с Федеральным законом являются предприятия или их цехи, участки, площадки, а также иные производственные объекты. К опасным производственным объектам относят объекты, на которых:

1) получаются, используются, перерабатываются, образуются, хранятся, транспортируются, уничтожаются следующие опасные вещества:

а) воспламеняющиеся вещества – газы, которые при нормальном давлении и в смеси с воздухом становятся воспламеняющимися и температура кипения которых при нормальном давлении составляет 20 градусов Цельсия или ниже;

б) окисляющие вещества – вещества, поддерживающие горение, вызывающие воспламенение и (или) способствующие воспламенению других веществ в результате окислительно-восстановительной экзотермической реакции;

в) горючие вещества – жидкости, газы, пыли, способные самовозгораться, а также возгораться от источника зажигания и самостоятельно гореть после его удаления;

г) взрывчатые вещества – вещества, которые при определенных видах внешнего воздействия способны на очень быстрое самораспространяющееся химическое превращение с выделением тепла и образованием газов;

д) токсичные вещества – вещества, способные при воздействии на живые организмы приводить к их гибели и имеющие следующие характеристики:

средняя смертельная доза при введении в желудок от 15 миллиграммов на килограмм до 200 миллиграммов на килограмм включительно;

средняя смертельная доза при нанесении на кожу от 50 миллиграммов на килограмм до 400 миллиграммов на килограмм включительно;

средняя смертельная концентрация в воздухе от 0,5 миллиграмма на литр до 2 миллиграммов на литр включительно;

е) высокотоксичные вещества – вещества, способные при воздействии на живые организмы приводить к их гибели и имеющие следующие характеристики:

средняя смертельная доза при введении в желудок не более 15 миллиграммов на килограмм;

средняя смертельная доза при нанесении на кожу не более 50 миллиграммов на килограмм;

средняя смертельная концентрация в воздухе не более 0,5 миллиграмма на литр;

ж) вещества, представляющие опасность для окружающей природной среды, – вещества, характеризующиеся в водной среде следующими показателями острой токсичности:

средняя смертельная доза при ингаляционном воздействии на рыбу в течение 96 часов не более 10 миллиграммов на литр;

средняя концентрация яда, вызывающая определенный эффект при воздействии на дафнии в течение 48 часов, не более 10 миллиграммов на литр;

средняя ингибирующая концентрация при воздействии на водоросли в течение 72 часов не более 10 миллиграммов на литр;

2) используется оборудование, работающее под давлением более 0,07 мегапаскаля или при температуре нагрева воды более 115 градусов Цельсия;

3) используются стационарно установленные грузоподъемные механизмы, эскапаторы, канатные дороги, фуникулеры;

4) получают расплавы черных и цветных металлов и сплавы на основе этих расплавов;

5) ведутся горные работы, работы по обогащению полезных ископаемых, а также работы в подземных условиях.

Опасные производственные объекты подлежат регистрации в государственном реестре в порядке, устанавливаемом Правительством Российской Федерации.

2.3. Требования промышленной безопасности

Требования промышленной безопасности – условия, запреты, ограничения и другие обязательные требования, содержащиеся в настоящем Федеральном законе, других федеральных законах и иных нормативных правовых актах Российской Федерации, а также в нормативных технических документах, которые принимаются в установленном порядке и соблюдение которых обеспечивает промышленную безопасность.

Требования промышленной безопасности должны соответствовать нормам в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, санитарно-эпидемиологического благополучия населения, охраны окружающей природной среды, экологической безопасности, пожарной безопасности, охраны труда, строительства, а также требованиям государственных стандартов.

2.4. Правовое регулирование в области промышленной безопасности

Правовое регулирование в области промышленной безопасности осуществляется настоящим Федеральным законом, другими федеральными законами и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации в области промышленной безопасности.

2.5. Федеральные органы исполнительной власти в области промышленной безопасности

В целях осуществления государственной политики в области промышленной безопасности Президент Российской Федерации или по его поручению Правительство Российской Федерации определяет федеральные органы исполнительной власти в области промышленной безопасности и возлагает на них осуществление соответствующего нормативного регулирования, а также

специальных разрешительных, контрольных и надзорных функций в области промышленной безопасности. Федеральные органы исполнительной власти в области промышленной безопасности имеют подведомственные им территориальные органы, создаваемые в установленном порядке.

2.6. Основы промышленной безопасности, деятельность в области промышленной безопасности

К видам деятельности в области промышленной безопасности относятся проектирование, строительство, эксплуатация, расширение, реконструкция, техническое перевооружение, консервация и ликвидация опасного производственного объекта; изготовление, монтаж, наладка, обслуживание и ремонт технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте; проведение экспертизы промышленной безопасности; подготовка и переподготовка работников опасного производственного объекта в необразовательных учреждениях.

Отдельные виды деятельности в области промышленной безопасности подлежат лицензированию в соответствии с законодательством Российской Федерации.

2.7. Технические устройства, применяемые на опасном производственном объекте

Технические устройства, в том числе иностранного производства, применяемые на опасном производственном объекте, подлежат **сертификации** на соответствие требованиям промышленной безопасности в установленном законодательством Российской Федерации порядке. Перечень технических устройств, применяемых на опасных производственных объектах и подлежащих сертификации, разрабатывается и утверждается в порядке, определяемом Правительством Российской Федерации.

Сертификацию технических устройств, применяемых на опасных производственных объектах, проводят организации, аккредитованные федеральным органом исполнительной власти в области промышленной безопасности (пункт в редакции, введенной в действие с 1 января 2005 года).

Правила проведения **сертификации** устанавливаются федеральным органом исполнительной власти в области стандартизации, метрологии и сертификации совместно с федеральным органом исполнительной власти в области промышленной безопасности.

Технические устройства, применяемые на опасном производственном объекте, в процессе эксплуатации подлежат **экспертизе** промышленной безопасности в установленном порядке.

2.8. Требования промышленной безопасности к проектированию, строительству и приемке в эксплуатацию опасного производственного объекта

Одним из обязательных условий принятия решения о начале строительства, расширения, реконструкции, технического перевооружения, консервации и ликвидации опасного производственного объекта является наличие положительного заключения экспертизы промышленной безопасности проектной документации, утвержденного федеральным органом исполнительной власти в области промышленной безопасности, или его территориальным органом.

Отклонения от проектной документации в процессе строительства, расширения, реконструкции, технического перевооружения, консервации и ликвидации опасного производственного объекта не допускаются. Изменения, вносимые в проектную документацию на строительство, расширение, реконструкцию, техническое перевооружение, консервацию и ликвидацию опасного производственного объекта, подлежат экспертизе промышленной безопасности и согласовываются с федеральным органом исполнительной власти в области промышленной безопасности, или его территориальным органом.

В процессе строительства, расширения, реконструкции, технического перевооружения, консервации и ликвидации опасного производственного объекта организации, разработавшие проектную документацию, в установленном порядке осуществляют авторский надзор.

В процессе приемки в эксплуатацию опасного производственного объекта проверяются соответствие опасного производ-

ственного объекта проектной документации, готовность организации к эксплуатации опасного производственного объекта и к действиям по локализации и ликвидации последствий аварии.

2.9. Требования промышленной безопасности к эксплуатации опасного производственного объекта

2.9.1. Организация, эксплуатирующая опасный производственный объект, обязана:

соблюдать положения настоящего Федерального закона, других федеральных законов и иных нормативных правовых актов Российской Федерации, а также нормативных технических документов в области промышленной безопасности;

иметь лицензию на осуществление конкретного вида деятельности в области промышленной безопасности, подлежащего лицензированию в соответствии с законодательством Российской Федерации;

обеспечивать укомплектованность штата работников опасного производственного объекта в соответствии с установленными требованиями;

допускать к работе на опасном производственном объекте лиц, удовлетворяющих соответствующим квалификационным требованиям и не имеющих медицинских противопоказаний к указанной работе;

обеспечивать проведение подготовки и аттестации работников в области промышленной безопасности;

иметь на опасном производственном объекте нормативные правовые акты и нормативные технические документы, устанавливающие правила ведения работ на опасном производственном объекте;

организовывать и осуществлять производственный контроль за соблюдением требований промышленной безопасности;

обеспечивать наличие и функционирование необходимых приборов и систем контроля за производственными процессами в соответствии с установленными требованиями;

обеспечивать проведение экспертизы промышленной безопасности зданий, а также проводить диагностику, испытания, освидетельствование сооружений и технических устройств, при-

меняемых на опасном производственном объекте, в установленные сроки и по предъявляемому в установленном порядке предписанию федерального органа исполнительной власти в области промышленной безопасности, или его территориального органа;

предотвращать проникновение на опасный производственный объект посторонних лиц;

обеспечивать выполнение требований промышленной безопасности к хранению опасных веществ;

разрабатывать декларацию промышленной безопасности;

заключать договор страхования риска ответственности за причинение вреда при эксплуатации опасного производственного объекта;

выполнять распоряжения и предписания федерального органа исполнительной власти в области промышленной безопасности, его территориальных органов и должностных лиц, отдаваемые ими в соответствии с полномочиями;

приостанавливать эксплуатацию опасного производственного объекта самостоятельно или по решению суда в случае аварии или инцидента на опасном производственном объекте, а также в случае обнаружения вновь открывшихся обстоятельств, влияющих на промышленную безопасность;

осуществлять мероприятия по локализации и ликвидации последствий аварий на опасном производственном объекте, оказывать содействие государственным органам в расследовании причин аварии;

принимать участие в техническом расследовании причин аварии на опасном производственном объекте, принимать меры по устранению указанных причин и профилактике подобных аварий;

анализировать причины возникновения инцидента на опасном производственном объекте, принимать меры по устранению указанных причин и профилактике подобных инцидентов;

своевременно информировать в установленном порядке федеральный орган исполнительной власти в области промышленной безопасности, его территориальные органы, а также иные органы государственной власти, органы местного самоуправления и население об аварии на опасном производственном объекте;

принимать меры по защите жизни и здоровья работников в случае аварии на опасном производственном объекте;

вести учет аварий и инцидентов на опасном производственном объекте;

представлять в федеральный орган исполнительной власти в области промышленной безопасности, или в его территориальный орган информацию о количестве аварий и инцидентов, причинах их возникновения и принятых мерах.

2.9.2. Работники опасного производственного объекта обязаны:

соблюдать требования нормативных правовых актов и нормативных технических документов, устанавливающих правила ведения работ на опасном производственном объекте и порядок действий в случае аварии или инцидента на опасном производственном объекте;

проходить подготовку и аттестацию в области промышленной безопасности;

незамедлительно ставить в известность своего непосредственного руководителя или в установленном порядке других должностных лиц об аварии или инциденте на опасном производственном объекте;

в установленном порядке приостанавливать работу в случае аварии или инцидента на опасном производственном объекте;

в установленном порядке участвовать в проведении работ по локализации аварии на опасном производственном объекте.

2.10. Требования промышленной безопасности по готовности к действиям по локализации и ликвидации последствий

В целях обеспечения готовности к действиям по локализации и ликвидации последствий аварии организация, эксплуатирующая опасный производственный объект, обязана:

планировать и осуществлять мероприятия по локализации и ликвидации последствий аварий на опасном производственном объекте;

заключать с профессиональными аварийно-спасательными службами или с профессиональными аварийно-спасательными

формированиями договоры на обслуживание, а в случаях, предусмотренных законодательством Российской Федерации, создавать собственные профессиональные аварийно-спасательные службы или профессиональные аварийно-спасательные формирования, а также нештатные аварийно-спасательные формирования из числа работников;

иметь резервы финансовых средств и материальных ресурсов для локализации и ликвидации последствий аварий в соответствии с законодательством Российской Федерации;

обучать работников действиям в случае аварии или инцидента на опасном производственном объекте;

создавать системы наблюдения, оповещения, связи и поддержки действий в случае аварии и поддерживать указанные системы в пригодном к использованию состоянии.

2.11. Производственный контроль за соблюдением требований промышленной безопасности

Организация, эксплуатирующая опасный производственный объект, обязана организовывать и осуществлять производственный контроль за соблюдением требований промышленной безопасности в соответствии с требованиями, устанавливаемыми Правительством Российской Федерации.

Сведения об организации производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности и о работниках, уполномоченных на его осуществление, представляются в федеральный орган исполнительной власти в области промышленной безопасности, или в его территориальный орган.

2.12. Техническое расследование причин аварии

По каждому факту возникновения аварии на опасном производственном объекте проводится техническое расследование ее причин.

Техническое расследование причин аварии проводится специальной комиссией, возглавляемой представителем федерального органа исполнительной власти в области промышленной безопасности, или его территориального органа.

В состав указанной комиссии также включаются:

представители субъекта Российской Федерации и (или) органа местного самоуправления, на территории которых располагается опасный производственный объект;

представители организации, эксплуатирующей опасный производственный объект;

другие представители в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Президент Российской Федерации или Правительство Российской Федерации могут принимать решение о создании государственной комиссии по техническому расследованию причин аварии и назначать председателя указанной комиссии.

Комиссия по техническому расследованию причин аварии может привлекать к расследованию экспертные организации и специалистов в области промышленной безопасности, изысканий, проектирования, научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, страхования, изготовления оборудования и в других областях.

Организация, эксплуатирующая опасный производственный объект, и ее работники обязаны представлять комиссии по техническому расследованию причин аварии всю информацию, необходимую указанной комиссии для осуществления своих полномочий.

Результаты проведения технического расследования причин аварии заносятся в акт, в котором указываются причины и обстоятельства аварии, размер причиненного вреда, допущенные нарушения требований промышленной безопасности, работники, допустившие эти нарушения, а также меры, которые приняты для локализации и ликвидации последствий аварии, и содержатся предложения по предупреждению подобных аварий.

Материалы технического расследования причин аварии направляются в федеральный орган исполнительной власти в области промышленной безопасности, или в его территориальный орган, а также в иные заинтересованные государственные органы.

2.13. Экспертиза промышленной безопасности

1. Экспертизе промышленной безопасности подлежат:

- проектная документация на строительство, расширение, реконструкцию, техническое перевооружение, консервацию и ликвидацию опасного производственного объекта;
- технические устройства, применяемые на опасном производственном объекте;
- здания и сооружения на опасном производственном объекте;
- декларация промышленной безопасности и иные документы, связанные с эксплуатацией опасного производственного объекта. (см. «Методические указания по экспертизе промышленной безопасности»).

2.14. Разработка декларации промышленной безопасности

Разработка декларации промышленной безопасности предполагает всестороннюю оценку риска аварии и связанной с нею угрозы; анализ достаточности принятых мер по предупреждению аварий, по обеспечению готовности организации к эксплуатации опасного производственного объекта в соответствии с требованиями промышленной безопасности, а также к локализации и ликвидации последствий аварии на опасном производственном объекте; разработку мероприятий, направленных на снижение масштаба последствий аварии и размера ущерба, нанесенного в случае аварии на опасном производственном объекте.

Перечень сведений, содержащихся в декларации промышленной безопасности, и порядок ее оформления определяются федеральным органом исполнительной власти в области промышленной безопасности.

Федеральным законом устанавливается обязательность разработки деклараций промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых получают, используются, перерабатываются, образуются, хранятся, транспортируются, уничтожаются вещества в количествах, указанных в приложении 2 к Федеральному закону.

Кроме того, обязательность разработки деклараций промышленной безопасности опасных производственных объектов, может быть установлена Правительством Российской Федерации, а также в соответствии со своими полномочиями федеральным органом исполнительной власти в области промышленной безопасности.

Декларация промышленной безопасности разрабатывается в составе проектной документации на строительство, расширение, реконструкцию, техническое перевооружение, консервацию и ликвидацию опасного производственного объекта.

Декларация промышленной безопасности утверждается руководителем организации, эксплуатирующей опасный производственный объект.

Руководитель организации, эксплуатирующей опасный производственный объект, несет ответственность за полноту и достоверность сведений, содержащихся в декларации промышленной безопасности, в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Декларация промышленной безопасности проходит экспертизу промышленной безопасности в установленном порядке.

Декларацию промышленной безопасности представляют органам государственной власти, органам местного самоуправления, общественным объединениям и гражданам в порядке, который установлен Правительством Российской Федерации.

2.15. Обязательное страхование ответственности за причинение вреда при эксплуатации опасного производственного объекта

Организация, эксплуатирующая опасный производственный объект, обязана страховать ответственность за причинение вреда жизни, здоровью или имуществу других лиц и окружающей природной среде в случае аварии на опасном производственном объекте.

Минимальный размер страховой суммы страхования ответственности за причинение вреда жизни, здоровью или имуществу других лиц и окружающей природной среде в случае аварии на опасном производственном объекте составляет для опасного

производственного объекта от 100000 до 7000000 (в зависимости от объемов работ и сферы деятельности предприятия).

2.16. Федеральный надзор в области промышленной безопасности

Федеральный надзор в области промышленной безопасности организуется и осуществляется в соответствии с законодательством Российской Федерации в целях проверки выполнения организациями, эксплуатирующими опасные производственные объекты, требований промышленной безопасности.

Федеральный надзор в области промышленной безопасности осуществляется на принципах самостоятельности и независимости от поднадзорных организаций.

Федеральный надзор в области промышленной безопасности осуществляют федеральный орган исполнительной власти в области промышленной безопасности, его территориальные органы и другие федеральные органы исполнительной власти в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Должностные лица федерального органа исполнительной власти в области промышленной безопасности, при исполнении своих должностных обязанностей имеют право:

- посещать организации, эксплуатирующие опасные производственные объекты;

- знакомиться с документами, необходимыми для проверки выполнения организациями, эксплуатирующими опасные производственные объекты, требований промышленной безопасности;

- осуществлять проверку правильности проведения технических расследований инцидентов на опасных производственных объектах, а также проверку достаточности мер, принимаемых по результатам таких расследований;

- выдавать организациям, эксплуатирующим опасные производственные объекты, предписания об устранении выявленных нарушений требований промышленной безопасности;

- давать в пределах своих полномочий указания в области промышленной безопасности, в том числе о необходимости осуществления экспертизы промышленной безопасности зданий и сооружений на опасном производственном объекте и техниче-

ских устройств, применяемых на опасном производственном объекте;

давать указания о выводе людей с рабочих мест в случае угрозы жизни и здоровью работников;

привлекать к административной ответственности в порядке, установленном законодательством Российской Федерации, лиц, виновных в нарушениях требований промышленной безопасности, а также направлять в правоохранительные органы материалы о привлечении указанных лиц к уголовной ответственности;

выступать в установленном порядке в суде или в арбитражном суде представителем федерального органа исполнительной власти в области промышленной безопасности, или его территориального органа по искам о возмещении вреда, причиненного жизни, здоровью и имуществу других лиц вследствие нарушений требований промышленной безопасности;

осуществлять иные предусмотренные законодательством Российской Федерации действия, направленные на обеспечение промышленной безопасности.

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Работа выполняется в два этапа.

На первом изучаются теоретические положения, уясняются требования Федерального закона «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».

На втором этапе студент самостоятельно составляет отчет, в котором освещает требования определенного раздела Федерального закона «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (по заданию преподавателя)

4. ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по практическому занятию оформляется на листах формата А4 и должен содержать:

1. Название и цель занятия.
2. Изложение требований заданного студенту раздела Федерального закона «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. С какой целью разработан и принят Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»?
2. Что такое промышленная безопасность?
3. В чем разница между аварией и инцидентом?
4. Какие объекты называют опасными производственными?
5. Какие требования называют требованиями промышленной безопасности?
6. Какие виды деятельности относят к области промышленной безопасности?
7. Что такое сертификация технических устройств и для чего ее проводят?
8. Какие организации проводят сертификацию технических устройств?
9. Какие организации осуществляют авторский надзор в процессе строительства объектов?
10. Какие требования промышленной безопасности обязаны выполнять работники опасного производственного объекта?
11. С какой целью организуется производственный контроль за соблюдением требований промышленной безопасности?
12. Для чего проводится экспертиза промышленной безопасности?
13. С какой целью выполняют декларирование промышленной безопасности?
14. На каких принципах осуществляется Федеральный надзор в области промышленной безопасности?

6. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.1997 № 116-ФЗ.
2. Постановление правительства Российской Федерации от 17.07.1998 № 779 «О Федеральном органе исполнительной власти, специально уполномоченным в области промышленной безопасности».

3. Положением о Федеральном горном и промышленном надзоре России, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 03.12.2001 № 841 (Собрание законодательства Российской Федерации, 2001, № 50, ст. 4742).

Лабораторная работа № 2

ОСНОВЫ ЭКСПЕРТИЗЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Цель работы – изучение основ промышленной безопасности и требований Правил проведения экспертизы промышленной безопасности.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Правила проведения экспертизы промышленной безопасности (далее – Правила) устанавливают требования к порядку проведения экспертизы промышленной безопасности (далее – экспертизы) и оформлению заключения экспертизы.

Правила предназначены для организаций, осуществляющих экспертизы промышленной безопасности. Правила разработаны с учетом нормативных документов Госгортехнадзора России.

Правила обязательны при проведении экспертизы:

- проектной документации на строительство, расширение, реконструкцию, техническое перевооружение, консервацию и ликвидацию опасного производственного объекта;
- зданий и сооружений на опасном производственном объекте;
- технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте;
- деклараций промышленной безопасности и иных документов, связанных с эксплуатацией опасного производственного объекта.

2.1. Основные определения

Экспертиза промышленной безопасности (далее – экспертиза) – оценка соответствия объекта экспертизы предъявляемым к нему требованиям промышленной безопасности, результатом которой является заключение.

Объекты экспертизы – проектная документация, технические устройства, здания и сооружения на опасном производственном объекте, декларации промышленной безопасности и иные документы, связанные с эксплуатацией опасного производственного объекта.

Система экспертизы промышленной безопасности (далее – Система экспертизы) – совокупность участников экспертизы промышленной безопасности, а также норм, правил, методик, условий, критериев и процедур, в рамках которых организуется и осуществляется экспертная деятельность.

лицензия – специальное разрешение на осуществление конкретного вида деятельности при обязательном соблюдении лицензионных требований и условий, выданное лицензирующим органом юридическому лицу или индивидуальному предпринимателю.

Экспертная организация – организация, имеющая лицензию Ростехнадзора (Госгортехнадзора России) на проведение экспертизы промышленной безопасности в соответствии с действующим законодательством.

Заключение экспертизы – документ, содержащий обоснованные выводы о соответствии или несоответствии объекта экспертизы требованиям промышленной безопасности.

Эксперт – специалист, осуществляющий проведение экспертизы промышленной безопасности.

Заказчик – организация, обратившаяся с заявкой на проведение экспертизы.

2.2. Основы экспертизы промышленной безопасности

2.2.1. Правила экспертизы определяют требования к порядку проведения экспертизы, оформлению и утверждению заключения экспертизы (Приложение).

2.2.2. Экспертизу промышленной безопасности проводят организации, имеющие лицензии Ростехнадзора (Госгортехнадзора России).

2.2.3. Лицензии на проведение экспертизы промышленной безопасности выдают органы Ростехнадзора (Госгортехнадзора России) в соответствии с установленным порядком.

Контроль за соблюдением экспертными организациями лицензионных требований и условий осуществляется органами Ростехнадзора (Госгортехнадзора России) в соответствии с установленным порядком.

Наблюдательный совет формируется из представителей Ростехнадзора (Госгортехнадзора России), его территориальных органов и подведомственных ему организаций. Наблюдательный совет осуществляет контроль за деятельностью Системы экспертизы. Состав Наблюдательного совета утверждается Ростехнадзором (Госгортехнадзором России).

Консультативный совет состоит из представителей организаций, заинтересованных в деятельности Системы экспертизы, и имеет совещательную функцию. Состав Консультативного совета утверждается Наблюдательным советом.

Отраслевые комиссии создаются Наблюдательным советом и решают специфические, профессиональные задачи в областях, соответствующих их компетенции.

Координирующий орган координирует деятельность отраслевых комиссий, а также анализирует и обобщает информацию о деятельности экспертных организаций, состояние нормативно-методической базы Системы экспертизы. Функции координирующего органа выполняет государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности» (ГУП НТЦ «Промышленная безопасность»), созданный согласно распоряжению Президента Российской Федерации для координации работ и проведения независимой экспертизы (распоряжение Президента Российской Федерации от 31.12.1991 № 136-рп).

2.2.4. Функционирование Системы экспертизы определяется требованиями следующих документов, утверждаемых Наблюдательным советом Системы экспертизы:

- Положение о Наблюдательном совете;
- Положение о Консультативном совете;
- Положение об отраслевых комиссиях;
- Требования к Координирующему органу.

2.3. Порядок проведения экспертизы

Весь процесс проведения экспертизы должен быть документирован. Процесс проведения экспертизы состоит из следующих этапов:

- предварительный этап;
- заявка, план-график, договор или другие документы, устанавливающие условия проведения экспертизы;
- процесс экспертизы;
- выдача заключения экспертизы.

2.3.1. Предварительный этап.

2.3.1.1. При обращении заказчика в экспертную организацию по вопросу проведения экспертизы промышленной безопасности экспертная организация проводит предварительный этап переговоров с заказчиком.

2.3.1.2. Предварительный этап переговоров проводится для информирования заказчика о порядке проведения экспертизы, а также для обсуждения вопросов, касающихся проведения экспертизы, в том числе:

- содержание и ход экспертизы;
- подготовка к проведению экспертизы на месте (в случае необходимости);
- составление календарного плана.

2.3.1.3. Предварительные переговоры документируются экспертом, ответственным за проведение переговоров.

2.3.2. Заявка или другие документы, устанавливающие условия проведения экспертизы.

2.3.2.1. Экспертиза проводится на основании заявки заказчика или других документов в соответствии с согласованными экспертной организацией и заказчиком условиями.

2.3.2.2. Документы на проведение экспертизы составляются после проведения предварительных переговоров.

2.3.2.3. В документах:

- определяются договаривающиеся стороны;
- определяются объекты экспертизы;
- приводится перечень информации, необходимой для проведения экспертизы объекта в соответствии с действующей нормативной технической документацией;

- подтверждается заказчиком согласие выполнить требования, обязательные для проведения экспертизы, в частности по принятию эксперта или группы экспертов (в случае необходимости) и оплате расходов на проведение процесса экспертизы независимо от ее результата;

- определяются сроки проведения экспертизы.

2.3.2.4. Срок проведения экспертизы определяется сложностью объекта экспертизы, но не должен превышать трех месяцев с момента получения комплекта необходимых материалов и документов в полном объеме в соответствии с действующей нормативной технической документацией, и выполнения всех иных условий проведения экспертизы.

2.3.2.5. Экспертная организация приступает к проведению экспертизы только после получения комплекта необходимых материалов и документов в полном объеме в соответствии с требованиями действующих нормативных технических документов.

2.3.3. Процесс экспертизы.

Процесс экспертизы включает:

- подбор материалов и документации, необходимой для проведения экспертизы объекта;

- назначение экспертов;

- проведение экспертизы.

2.3.3.1. Материалы и документация, необходимые для проведения экспертизы.

Для проведения экспертизы заказчик должен представить следующие данные:

- данные о заказчике и объекте экспертизы;

- проектную, конструкторскую, эксплуатационную, ремонтную документацию, декларацию промышленной безопасности опасного производственного объекта, паспорта технических устройств, инструкции, технологические регламенты и другую документацию, имеющую шифры или другую индикацию, необходимую для идентификации (в зависимости от объекта экспертизы);

- акты испытаний, сертификаты, в том числе, если необходимо, на комплектующие изделия, прочностные расчеты и т. п. (в случае необходимости);

- образцы оборудования (в случае необходимости).

При несоответствии представленных материалов и документации установленным требованиям экспертная организация уведомляет заказчика о сроках представления материалов и документации в полном объеме в соответствии с действующей нормативной технической документацией. Срок направления экспертной организацией уведомления не должен превышать 7 дней со дня получения материалов.

При непредставлении в согласованный заказчиком и экспертной организацией срок запрашиваемых материалов и документации экспертиза не проводится, а материалы и документы возвращаются заказчику.

2.3.3.2. Назначение экспертов.

Эксперты должны быть назначены официально, полномочия их должны быть определены в порядке, установленном экспертной организацией.

Для проведения экспертизы назначается один или в случае необходимости группа квалифицированных экспертов.

В случае проведения экспертизы группой экспертов назначается ведущий эксперт, отвечающий за результаты работы группы экспертов.

2.3.3.3. Проведение экспертизы.

Проведение экспертизы заключается в установлении полноты, достоверности и правильности представленной информации, соответствия ее стандартам, нормам и правилам промышленной безопасности.

В отдельных случаях силами экспертной организации могут быть проведены испытания по согласованным с заказчиком методикам и программам.

При необходимости экспертная организация может провести экспертизу с выездом на место (к заказчику).

Экспертиза на месте состоит из следующих этапов:

- вводная часть;
- непосредственно экспертиза на месте;
- заключительная часть.

2.3.3.3.1. Вводная часть экспертизы на месте.

Задачи вводной части:

- разъяснить сотрудникам организации-заказчика цель экспертизы и задачи эксперта (группы экспертов);

- сообщить, что любые сведения и информация, полученные в ходе экспертизы, рассматриваются сотрудниками экспертной организации как конфиденциальные с учетом требований законодательства Российской Федерации;

- обсудить и определить объем работ;

- определить по согласованию с организацией-заказчиком сотрудников организации-заказчика в качестве сопровождающих для экспертов;

- разъяснить значение заключительной части;

- утвердить совместно с заказчиком календарный план проведения экспертизы на месте.

2.3.3.3.2. Непосредственно экспертиза на месте.

При экспертизе на месте эксперты наблюдают за нормальным ходом работ на объекте, а также проводят комплексную проверку:

- компетентности сотрудников и руководителей;

- пригодности помещений и приборного оборудования, а также состояния испытательных средств и приборов с точки зрения их обслуживания;

- наличия надежных систем маркировки и идентификации;

- наличия соответствующих нормативных технических, методических документов, правил, рабочих инструкций и их исполнение;

- соблюдения требований к содержанию и оформлению отчетных документов.

Экспертная группа должна по ее требованию получать в свое распоряжение все необходимые результаты анализов, документы, расчеты, протоколы и отчеты в письменном виде.

2.3.3.3.3. Заключительная часть экспертизы на месте.

Каждый эксперт дает справку по результатам оценки состояния дел в своей части экспертизы. Ведущий эксперт обобщает результаты и предлагает их для обсуждения с заказчиком. В заключительной части с заказчиком согласовываются мероприятия, необходимые для дальнейшего завершения экспертизы, а также календарный план их реализации. Упомянутые мероприятия документируются в формуляре и утверждаются подписями представителя заказчика и экспертов. Экспертиза завершается только после реализации этих мероприятий.

Мероприятия определяются в процессе экспертизы и представляют собой выполнение требований, которые заказчик обязан выполнить за определенный срок, чтобы дать возможность завершить процесс экспертизы.

Условия, подлежащие выполнению, – это положения, не препятствующие выдаче заключения экспертизы. Они формулируются ведущим экспертом в заключении и дополняются, утверждаются, ограничиваются или отменяются органами, утверждающими экспертное заключение. Проверка выполнения этих условий осуществляется экспертной организацией.

2.3.4. Выдача заключения экспертизы.

2.3.4.1. Подготовка проекта заключения экспертизы.

Результаты проведенных экспертами работ оформляются каждым членом экспертной группы в виде отчета. Экспертная организация хранит отчеты экспертов в своем архиве в течение всего срока действия лицензии.

В случае работы группы экспертов все отчеты обобщаются в проекте заключения экспертизы, составляемом ведущим экспертом по отчетам членов экспертной группы.

Проект заключения экспертизы служит основанием для консультаций и принятия решения о выдаче положительного или отрицательного заключения экспертизы.

Заказчику пересылается копия проекта заключения экспертизы. Замечания к проекту заключения экспертизы могут быть направлены заказчиком в экспертную организацию в письменной форме и не позднее чем через 14 дней после получения проекта.

2.3.4.2. Решение о выдаче положительного или отрицательного заключения экспертизы принимается на основании рассмотрения и анализа документов, полученных при экспертизе, проверке состояния объекта или проведения необходимых испытаний.

2.3.4.3. При положительном заключении экспертизы в нем перечисляются объекты, на которые распространяется действие заключения экспертизы с условиями или без них.

2.3.4.4. В случае отрицательного заключения по объекту экспертизы, находящемуся в эксплуатации, экспертная организация немедленно ставит в известность Госгортехнадзор России или его

территориальный орган для принятия оперативных мер по дальнейшей эксплуатации опасного производственного объекта.

2.3.4.5. В случае принятия решения о выдаче отрицательного заключения экспертизы заказчику должны быть представлены обоснованные выводы:

- о необходимости доработки представленных материалов по замечаниям и предложениям, изложенным в итоговом отчете эксперта (ведущего эксперта);

- о недопустимости эксплуатации объекта экспертизы ввиду необеспеченности соблюдения требований промышленной безопасности.

2.3.4.6. В случае принятия решения о выдаче отрицательного заключения экспертизы заказчик вправе представить материалы на повторную экспертизу при условии их переработки с учетом выявленных в ходе экспертизы замечаний.

2.3.5. Заключение экспертизы может быть оспорено заказчиком в установленном порядке.

2.3.6. Требования, которые должны учитываться при экспертизе промышленной безопасности различных объектов, устанавливаются Госгортехнадзором России как специально уполномоченным органом в области промышленной безопасности с учетом настоящих Правил.

2.4. Требования к оформлению заключения экспертизы

2.4.1. Заключение экспертизы должно содержать:

- наименование заключения экспертизы;
- вводную часть, включающую основание для проведения экспертизы, сведения об экспертной организации, сведения об экспертах и наличии лицензии на право проведения экспертизы промышленной безопасности;

- перечень объектов экспертизы, на которые распространяется действие заключения экспертизы;

- данные о заказчике;

- цель экспертизы;

- сведения о рассмотренных в процессе экспертизы документах (проектных, конструкторских, эксплуатационных,

ремонтных, декларации промышленной безопасности), оборудования и др. с указанием объема материалов, имеющих шифр, номер, марку или другую индикацию, необходимую для идентификации (в зависимости от объекта экспертизы);

- краткую характеристику и назначение объекта экспертизы;
- результаты проведенной экспертизы;
- заключительную часть с обоснованными выводами, а также рекомендациями по техническим решениям и проведению компенсирующих мероприятий;

- приложения, содержащие перечень использованной при экспертизе нормативной технической и методической документации, актов испытаний (при проведении их силами экспертной организации).

2.4.2. Заключение экспертизы подписывается руководителем экспертной организации, заверяется печатью экспертной организации, прошивается с указанием количества сшитых страниц и передается заказчику.

2.4.3. Заказчик передает заключение экспертизы в центральный аппарат или территориальные органы Ростехнадзора (Госгортехнадзора России) для рассмотрения и утверждения в установленном порядке.

2.4.4. Требования к утверждению заключения экспертизы устанавливаются Ростехнадзором (Госгортехнадзором России) как специально уполномоченным органом в области промышленной безопасности с учетом настоящих Правил.

2.5. Порядок ведения учета экспертных организаций и экспертов

2.5.1. Учет ведется с целью накопления и анализа официальной информации по экспертизе промышленной безопасности.

2.5.2. Учетные данные используются для предоставления в установленном порядке информации заинтересованным федеральным органам исполнительной власти, другим юридическим, а также физическим лицам.

2.5.3. Ведение учета предусматривает проведение следующих операций:

- проверку полноты и соответствия установленным требованиям поступивших материалов;
- внесение регистрационных записей и присвоение регистрационных номеров;
- ведение архивного фонда представленных на регистрацию документов;
- подготовку учетных материалов к изданию;
- информационное обслуживание заинтересованных юридических и физических лиц.

2.5.4. Координирующий орган Системы экспертизы ведет учет:

- нормативных технических документов Системы экспертизы;
- экспертных организаций;
- экспертов.

Учетные формы определяются Наблюдательным советом.

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Работа выполняется в два этапа.

На первом изучаются теоретические положения, уясняются требования.

Правил проведения экспертизы промышленной безопасности (ПБ 03-246-98).

На втором этапе студент самостоятельно составляет отчет, в котором освещает по заданию преподавателя требования определенного раздела Правил проведения экспертизы промышленной безопасности (ПБ 03-246-98).

4. ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по практическому занятию оформляется на листах формата А4 и должен содержать:

1. Название и цель занятия.
2. Изложение требований заданного студенту раздела Правил проведения экспертизы промышленной безопасности (ПБ 03-246-98).

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое экспертиза промышленной безопасности?
2. На какие виды работ обязательно проводится экспертиза?
3. Что такое система экспертизы промышленной безопасности?
4. Какая организация может называться экспертной?
5. Какой орган контролирует деятельность экспертных организаций?
6. Что такое Наблюдательный и Консультативный советы?
7. Какие функции выполняет Координирующий орган?
8. Из каких этапов состоит процесс проведения экспертизы?
9. Какие работы выполняют на предварительном этапе проведения экспертизы?
10. Какие работы выполняют в процессе проведения экспертизы?
11. Какие функции осуществляют экспертные организации при выдаче заключения экспертизы?
12. Какие разделы должно содержать заключение экспертизы?
13. Какие органы рассматривают и утверждают заключения экспертизы?
14. Проведение каких операций предусматривает ведение учета?

6. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

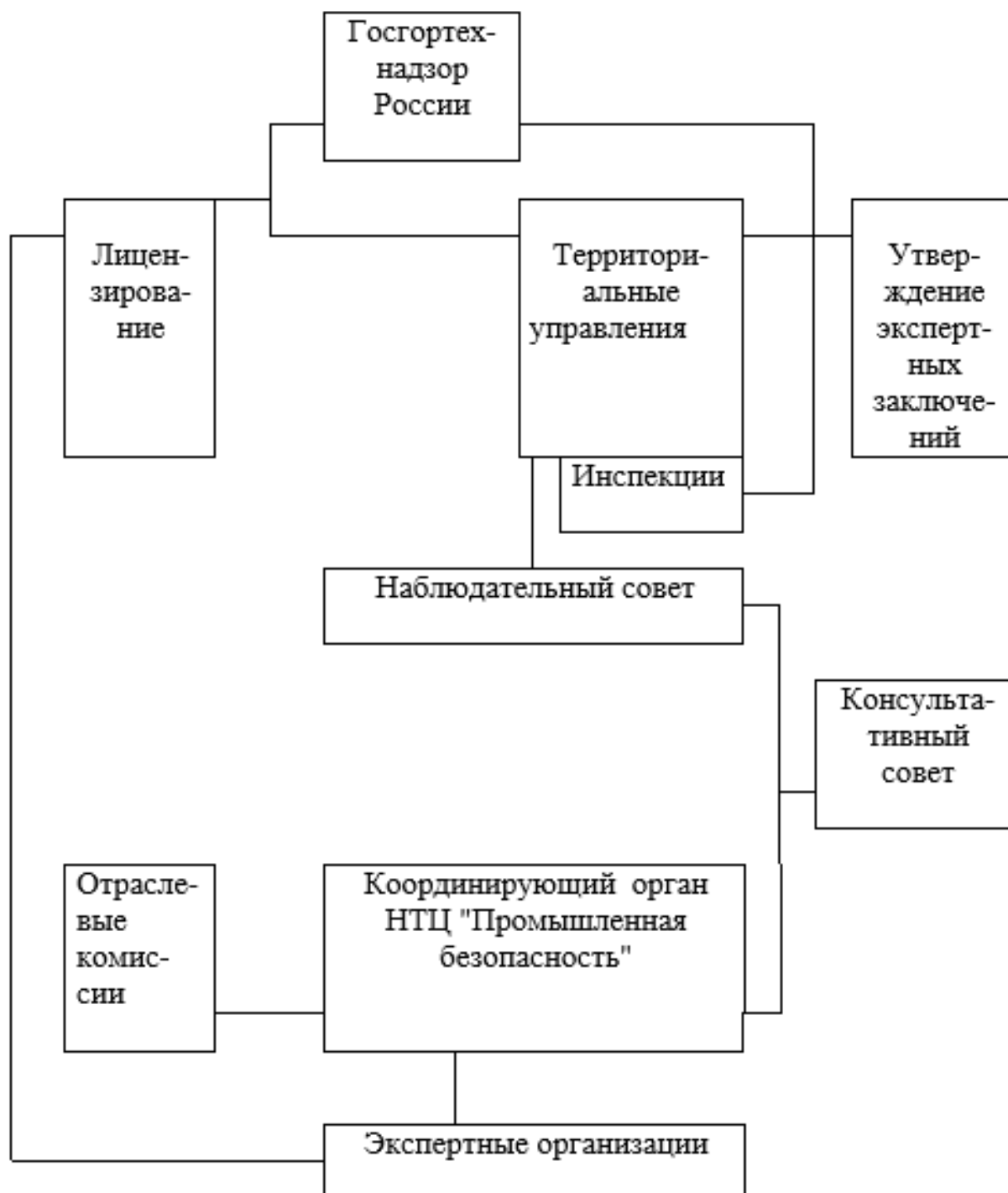
1. Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.1997 № 116-ФЗ.
2. Постановление правительства Российской Федерации от 17.07.1998 № 779 «О Федеральном органе исполнительной власти, специально уполномоченным в области промышленной безопасности».
3. Гражданский кодекс Российской Федерации (Собрание законодательства Российской Федерации, 1994, № 32, ст. 3301 и 3302).
- Постановление Правительства Российской Федерации от 28 марта 2001 года № 241 «О мерах по обеспечению промыш-

ленной безопасности опасных промышленных объектов на территории Российской Федерации».

5. Постановлением Правительства Российской Федерации от 27 декабря 2000 года № 1008 «О порядке проведения государственной экспертизы и утверждения градостроительной, предпроектной и проектной документации».

6. Распоряжение Президента Российской Федерации от 31 декабря 1991 года № 136-рп «Вопросы Государственного комитета по надзору за безопасным ведением работ в промышленности и горному надзору при Президенте Российской Федерации».

**Принципиальная схема организации
экспертизы промышленной безопасности**



□

Лабораторная работа № 3

РАЗРУШАЮЩИЕ МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью работы является изучение основных требований к методам разрушающих испытаний сварных соединений, условиям проведения испытаний и оценке их результатов.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В настоящих методических указаниях изложены методы определения механических свойств сварного соединения в целом и его отдельных участков, а также наплавленного металла при всех видах сварки металлов и их сплавов.

2.1. Виды испытаний и их область применения

Согласно ГОСТ 6996-66 механические свойства сварных соединений определяют при следующих видах испытаний: а) испытании металла различных участков сварного соединения и наплавленного металла на статическое (кратковременное) растяжение; б) испытании металла различных участков сварного соединения и наплавленного металла на ударный изгиб (на надрезанных образцах); в) испытании металла различных участков сварного соединения на стойкость против механического старения; г) измерении твердости металла различных участков сварного соединения и наплавленного металла; д) испытании сварного соединения на статическое растяжение; е) испытании сварного соединения на статический изгиб (загиб); ж) испытании сварного соединения на ударный разрыв.

Испытания проводятся при определении качества продукции и сварочных материалов, пригодности способов и режимов сварки, при установлении квалификации сварщиков и показателей свариваемости металлов и сплавов.

Виды испытаний и типы образцов предусматриваются в стандартах и технических условиях на продукцию. Допускается применять образцы и методы испытаний по международным стандартам ИСО 4136, ИСО 5173, ИСО 5177.

2.2. Отбор образцов

Образцы для испытаний отбирают из проб, вырезанных непосредственно из контролируемой конструкции или от специально сваренных для проведения испытаний контрольных соединений.

При выполнении контрольных соединений характер подготовки под сварку, марка и толщина основного металла, марки сварочных материалов, положение шва в пространстве, начальная температура основного металла, режим сварки и термической обработки должны полностью отвечать условиям изготовления контролируемого изделия или особому назначению испытания.

Для контрольных соединений, выполняемых дуговой, электрошлаковой и газовой сваркой из плоских элементов, ширина каждой свариваемой пластины, если нет иных указаний в стандартах или другой технической документации, должна быть не менее:

50 мм	–	при толщине металла до 4 мм;
70 мм	"	" " св. 4 до 10 мм;
100 мм	"	" " " 10 " 20 мм;
150 мм	"	" " " 20 " 50 мм;
200 мм	"	" " " 50 " 100 мм;
250 мм	"	" " " 100 мм.

Ширина контрольного соединения, выполненного из круглого или фасонного проката, должна быть не менее двух диаметров или ширин элементов.

Вырезку заготовок для образцов из проб и контрольных соединений рекомендуется выполнять на металлорежущих станках. Допускается вырезать заготовки на ножницах, штампах, кислородной, плазменной, анодно-механической и другими методами резки.

Правка контрольного соединения или пробы, отбираемой от контролируемой конструкции, не допускается. Разрешается пра-

вить готовые образцы вне их рабочей части. При испытании сварных соединений из труб допустимость правки образцов оговаривается стандартами или другой технической документацией.

Если нет иных указаний в стандартах или другой технической документации, то стрела прогиба f на длине 200 мм (рис. 1) не должна превышать 10 % от толщины металла, но не более 4 мм.

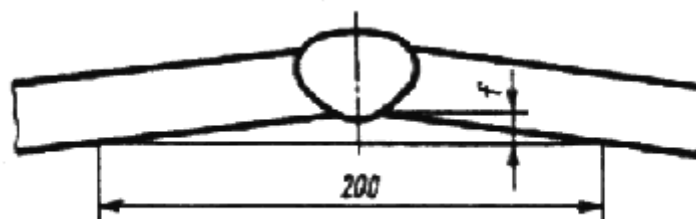


Рис. 1. Стрела пригиба

Несовпадение плоскости листов h в стыковых соединениях (рис. 2) не должно превышать 15 % от толщины листа, но не более 4 мм.

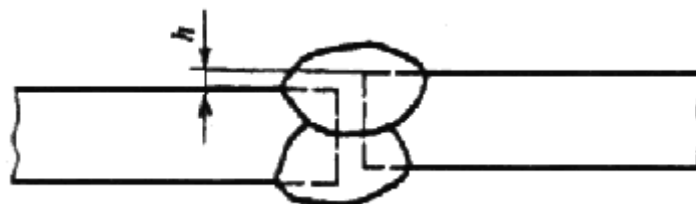


Рис. 2. Несовпадение плоскости листов

Термическую обработку, если она оговорена НТД, проводят до чистовой обработки образцов. Термической обработке могут подвергаться пробы, контрольные соединения или вырезанные из них заготовки для образцов. В случае нормализации или закалки термическая обработка заготовок для образцов не допускается.

2.3. Условия проведения испытаний и оценка их результатов

Если нет других указаний в стандартах или другой технической документации, то испытания на статическое (кратковременное) растяжение и статический изгиб проводят не менее чем на двух образцах; на ударный изгиб, на стойкость против механиче-

ского старения и ударный разрыв – не менее чем на трех образцах; измерение твердости – не менее чем на четырех точках для каждого участка сварного соединения. Если размеры сварного соединения исключают возможность размещения четырех точек, то допускается уменьшить их количество в соответствии с реальными возможностями.

Результаты по всем видам испытаний определяют как среднее арифметическое результатов, полученных при испытании всех образцов. Если нет указаний в соответствующих стандартах или другой технической документации, то для всех видов испытаний, кроме испытаний на статический изгиб и измерения твердости, допускается снижение результатов испытаний для одного образца на 10 % ниже нормативного требования, если средний арифметический результат отвечает нормативным требованиям. Допускаемое снижение результатов испытания образцов на статический изгиб и при измерении твердости должно оговариваться в соответствующих стандартах или другой технической документации. При испытании на ударный изгиб допускаемое снижение ниже нормативных требований устанавливается не более 5 Дж/см^2 ($0,5 \text{ кгс} \cdot \text{м/см}^2$).

Результаты испытаний считают неудовлетворительными, если не выполняются вышеуказанные требования или в изломе образца, или на его поверхности выявлены кристаллизационные или холодные трещины (кроме случаев, когда наличие трещин допускается соответствующей НТД). При неудовлетворительных результатах испытания повторяют на удвоенном количестве образцов. Если в изломе образца, результаты испытания которого считают неудовлетворительными, обнаружены дефекты основного металла или сварного соединения (кроме трещин), его исключают из оценки и заменяют одним новым образцом.

Общие результаты испытаний определяют по показаниям, полученным при повторных испытаниях. Результаты повторных испытаний являются окончательными.

2.4. Испытание металла различных участков сварного соединения и наплавленного металла на статическое (кратковременное) растяжение

При испытании металла на статическое (кратковременное) растяжение определяют следующие характеристики механических свойств:

- предел текучести физический Q_T , МПа (кгс/мм²) или предел текучести условный $Q_{0,2}$, МПа (кгс/мм²);
- временное сопротивление Q_E , МПа (кгс/мм²);
- относительное удлинение после разрыва (на пятикратных образцах) Q_5 , %;
- относительное сужение после разрыва, φ , %.

Испытания проводят для металла шва, металла различных участков зоны термического влияния наплавленного металла при всех видах сварки плавлением.

Форма и размеры образцов, применяемых для испытания, должны соответствовать рис. 3 или рис. 4. и табл.1.

Допускается увеличение размера диаметра образца и его высоты.

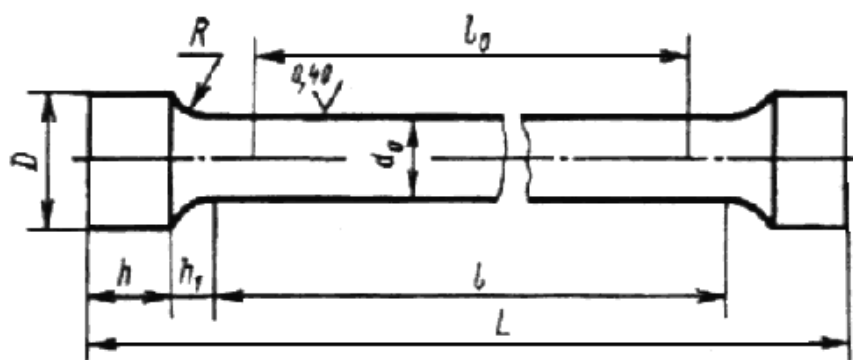


Рис. 3. Образцы I, II, III типа

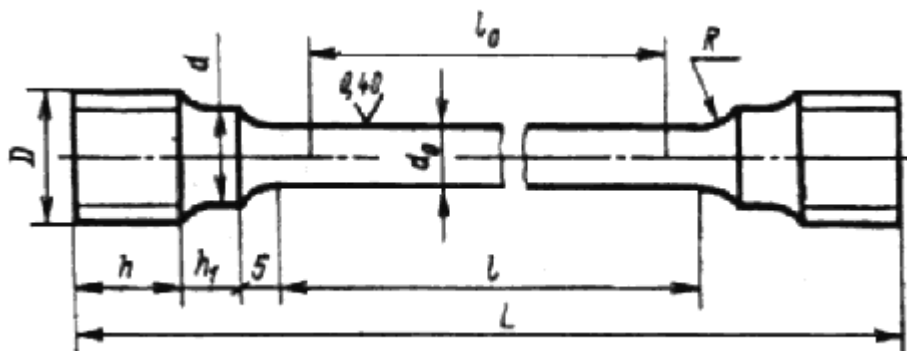


Рис. 4. Образцы IV, V типа

Таблица 1

Размеры образцов в мм

Тип образца	d_0	d	K	D	h	h_1	R	l_0	l	$L \pm 1$
I	$3 \pm 0,1$	-	0,03	6	4	2	1	15	18	30
II	$6 \pm 0,1$	-	0,03	12	10	2,5	1,5	30	36	61
III	$10 \pm 0,2$	-	0,04	16	10	3	3	50	60	86
IV	$6 \pm 0,1$	10	0,03	M12	15	5	5	30	36	86
V	$10 \pm 0,2$	12	0,04	M16	15	5	5	50	60	110

Примечание: K – допускаемая разность наибольшего и наименьшего диаметров на длине рабочей части образца.

Для испытаний, проводимых при нормальной или пониженной температуре, применяют образцы всех типов. При испытании при повышенной температуре применяют образцы типов IV и V.

Рабочее сечение образцов всех типов должно полностью состоять из металла испытываемого участка. В головках образца допускается наличие металла других участков сварного соединения.

При односторонних швах образцы, вырезаемые из различных участков шва, имеют практически одинаковые механические свойства. При многосторонних швах характеристики механических свойств в различных участках шва различны. Место вырезки образцов из многосторонних швов оговаривается стандартами или другой технической документацией. При отсутствии специальных указаний образцы вырезают у поверхности шва.

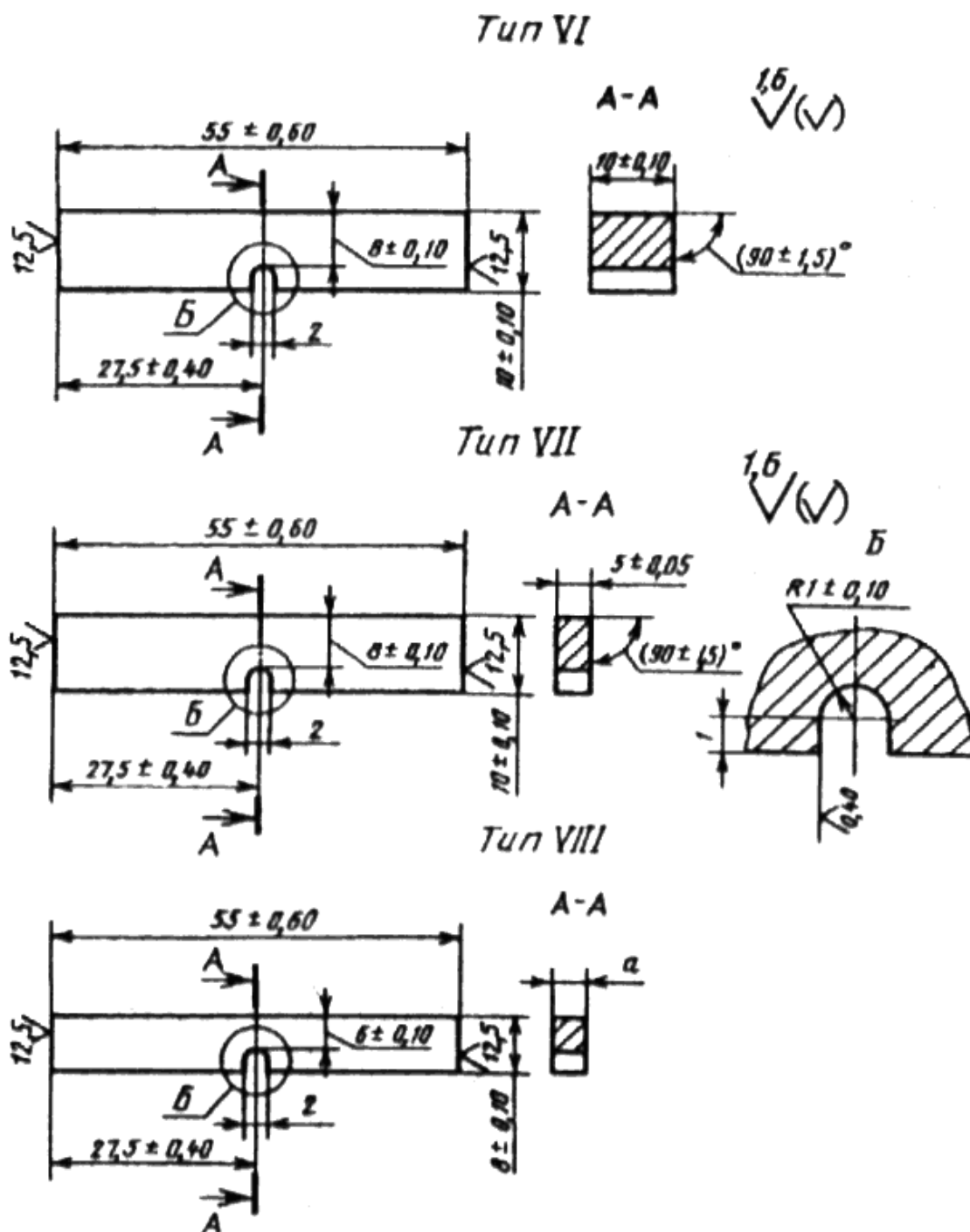
Для испытаний стыковых сварных соединений выполненных из листовых материалов ГОСТом предусмотрены плоские образцы нескольких типов. При испытании определяют прочность наиболее слабого участка стыкового или нахлесточного соединения или прочность металла шва в стыковом соединении.

2.5. Испытания металла различных участков сварного соединения и наплавленного металла на ударный изгиб (на надрезанных образцах)

При испытании на ударный изгиб определяют ударную вязкость или работу удара, или процентное соотношение хрупкой и вязкой составляющих поверхности излома для металла шва, наплавленного металла, зоны сплавления и различных участков околошовной зоны при толщине основного металла 2 мм и более.

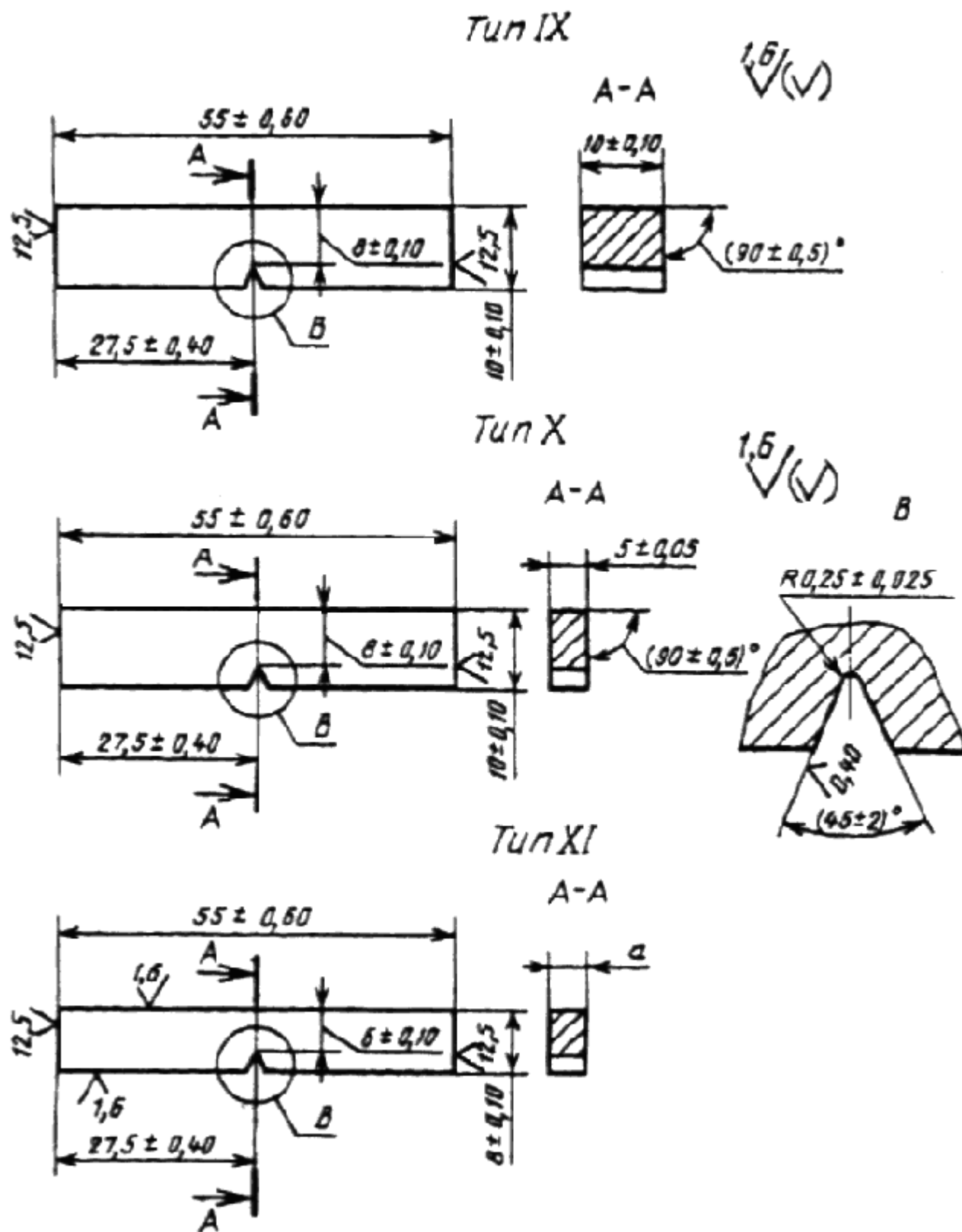
Ударную вязкость определяют в Дж/см² (кгс·м/см²), если нет указаний в соответствующих стандартах или другой НТД.

Для испытания применяют образцы, форма, размер и качество поверхности которых соответствуют указанным на рис.5 (образцы с U-образным надрезом) или рис.6 (образцы с V-образным надрезом). Предпочтительными являются образцы с V-образным надрезом.



a — толщина основного металла, мм

Рис. 5. Образцы с U-образным надрезом



a – толщина основного металла, мм
Рис. 6. Образцы с V-образным надрезом

Условное обозначение ударной вязкости или работы удара включает: символ ударной вязкости (КС) или работы удара (К); вид надреза (концентратора) (U, V); температуру испытания (температуру 20 °С не проставляют); максимальную энергию удара маятника (максимальную энергию 300 Дж не проставляют); тип образца (типы образцов VI и IX не проставляют); место расположения надреза (Ш – шов, ЗС – зона сплавления, ЗТВ – зона термического влияния, t – расстояние от границы сплавления до оси надреза). Значение t оговаривают в стандартах или другой технической документации. При расположении надреза поперек металла шва, зоны сплавления или зоны термического влияния в конце обозначения ставят букву П.

Примеры условных обозначений:

- Ударная вязкость, определяемая на образце типа VII, при температуре 100 °С, при максимальной энергии удара маятника 150 Дж, с надрезом вида U, расположенным по зоне сплавления:

КСU⁺¹⁰⁰150 УПЗС.

- Ударная вязкость, определяемая на образце типа XI, при температуре минус 40 °С, при максимальной энергии удара маятника 50 Дж, с надрезом вида V, расположенным по зоне термического влияния на расстоянии (t мм) от границы сплавления до оси надреза:

КСV⁻⁴⁰50 XI ЗТВt.

- Ударная вязкость, определяемая на образце типа VI, при температуре 20 °С, при максимальной энергии удара маятника 300 Дж, с надрезом вида U, расположенным по металлу шва:

КСUШ.

- Ударная вязкость на образце типа IX, при температуре 20 °С, при максимальной энергии удара маятника 300 Дж, с надрезом вида V, расположенным поперек металла шва:

КСVШ П.

Образцы различных типов дают несравнимые между собой результаты испытаний. Для отдельных случаев могут быть экспериментально установлены частные переводные коэффициенты.

В зависимости от цели испытания надрез располагают по металлу шва, по зоне сплавления и в различных участках металла околошовной зоны на расстоянии t от границы сплавления. Место расположения надреза и расстояние t от границы сплавления до оси надреза оговаривают в НТД.

При однослойных швах образцы, вырезаемые из различных участков, имеют практически одинаковую ударную вязкость. При многослойных швах ударная вязкость металла различных участков отличается друг от друга. Место вырезки образцов оговаривается стандартами или другой технической документацией. При отсутствии таких указаний образцы вырезают у поверхности шва.

2.6. Испытания металла различных участков сварного соединения на стойкость против механического старения

Стойкость против механического старения характеризуется изменением ударной вязкости металла, подвергнутого старению по сравнению с ударной вязкостью его в исходном состоянии. О стойкости металла против механического старения судят по выраженному в процентах отношению этих величин или по абсолютному (нормативному) значению ударной вязкости после старения. Испытания проводят для металла шва и различных участков металла околошовной зоны.

Заготовки подвергают искусственному старению по методике: деформация растяжением из расчета получения $(10 \pm 0,5) \%$ остаточного удлинения в пределах расчетной длины l , ограниченной кернами или рисками. Рекомендуется на поверхности образцов через каждые 10 мм наносить риски для проверки равномерности деформации по длине расчетной части.

После удлинения заготовку подвергают равномерному нагреву в течение 1 ч при температуре $250\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($523\text{ }^{\circ}\text{K}$) с последующим охлаждением на воздухе. Из рабочей части заготовок отбирают образцы типа VI или IX, типа VII или X. Ось надреза должна совпадать с осью симметрии шва.

Предусмотренную данным пунктом методику старения применяют для сварных соединений из сталей. Методику старения для других металлов и сплавов, а также иную температуру нагрева или величину деформации для соединений из стали оговаривают стандартами или другой технической документацией.

2.7. Измерение твердости металла различных участков сварного соединения и наплавленного металла.

Твердость измеряют в поперечном сечении сварного соединения в соответствии с рис. 7, 8, 9. Твердость измеряют по Виккерсу (HV), Бринеллю (HB) и по Роквеллу – шкалам А, В и С (HRA, HRB и HRC), отдавая предпочтение замеру по Виккерсу.

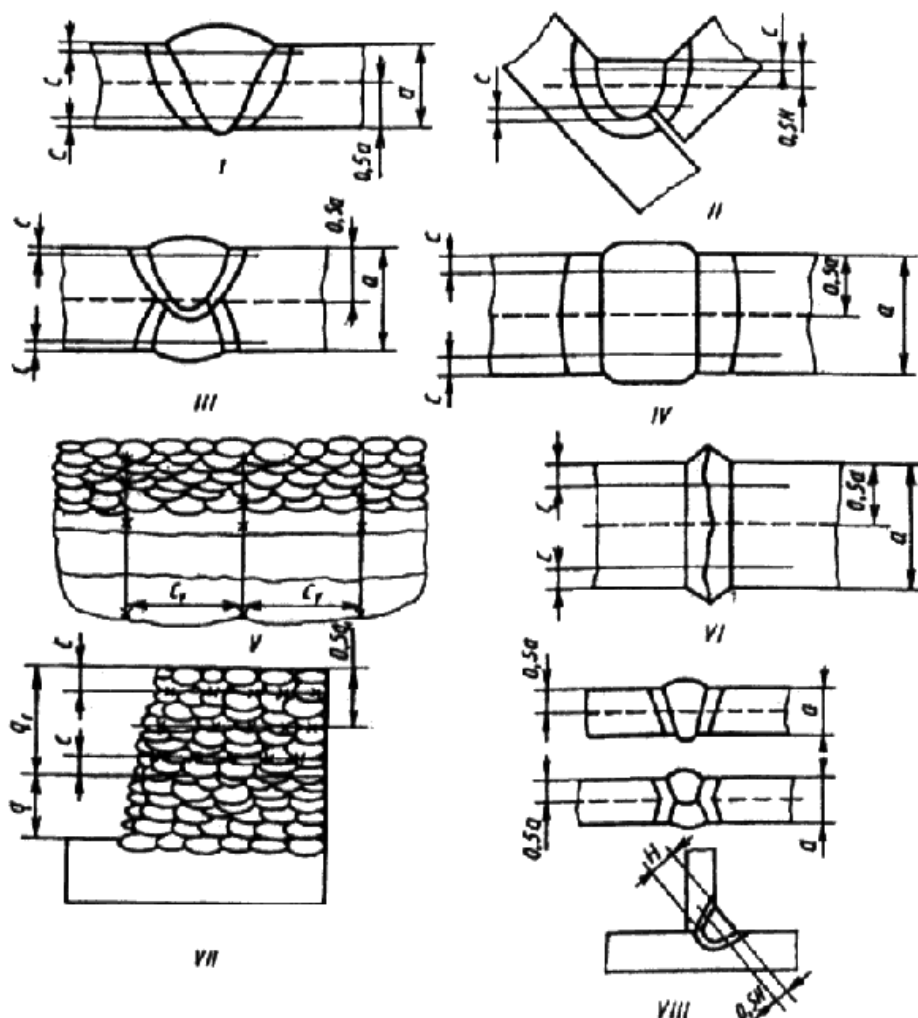


Рис. 7. Схема измерения твердости

Примечание. Линии измерения твердости во всех случаях, кроме позиции УП, проходят через все участки сварного соединения. C – от 2 до 4 мм, C_1 – от 10 до 15 мм; a – толщина основного металла, мм; H – толщина углового шва, мм; q – подготовительный участок толщиной не менее пяти слоев; q_1 – участок измерения твердости толщиной не менее шести слоев. Для угловых швов, имеющих вогнутую или выпуклую поверхность, величину C отсчитывают от места максимальной вогнутости или выпуклости.

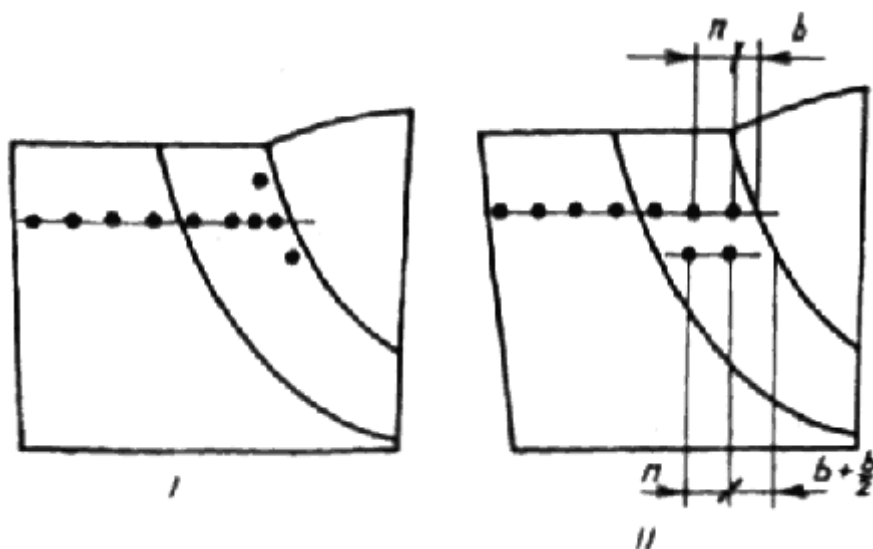


Рис. 8. Схема измерения твердости в непосредственной близости от линии сплавления

При измерении твердости по Виккерсу нагрузка на индентор в зависимости от прочности металла участков сварного соединения и ширины зоны термического влияния должна составлять 98 Н (HV10) или 49Н (HV50). При наличии в стандартах или другой технической документации соответствующих указаний, измеряют твердость по Виккерсу. Нагрузка на индентор при таких замерах может меняться от 0,04 до 4,9 Н. Твердость по Бринеллю и Роквеллу измеряется в соответствии с действующими стандартами.

Твердость определяют для соединений, полученных сваркой плавлением или давлением из сталей различных марок и других металлических конструкционных материалов толщиной не менее 1,5 мм.

При измерениях, выполняемых в непосредственной близости от границы сплавления, рекомендуется проводить 2-3 измерения в соответствии с рис. 8.

Твердость по Виккерсу измеряют на микрошлифах или образцах с полированной поверхностью, если очертания шва видны без травления. Шероховатость поверхности таких образцов должна быть от 0,40 до 0,63 мкм. Твердость по Бринеллю или Роквеллу измеряют на макрошлифах или на образцах с шлифованной поверхностью, если очертания шва видны без травления. Шероховатость поверхности таких образцов должна быть от 1,25 до 2,00 мкм. В образцах должна быть соблюдена параллельность рабочей и опорной поверхностей.

2.8. Испытание сварного соединения на статически изгиб

Испытания проводят для стыковых соединений. При испытании определяют способность соединения принимать заданный по размеру и форме изгиб. Эта способность характеризуется углом изгиба α (рис.9), при котором в растянутой зоне образца образуется первая трещина, развивающаяся в процессе испытания. Если длина трещин, возникающих в процессе испытания в растянутой зоне образца, не превышает 20 % его ширины, но не более 5 мм, то они не являются браковочным признаком. Определяют также место образования трещины или разрушения (по металлу шва, металлу околошовной зоны или основному металлу).

В зависимости от требований, установленных соответствующей НТД, испытания проводят до достижения нормируемого угла изгиба или угла изгиба, при котором образуется первая являющаяся браковочным признаком трещина, до параллельности или соприкосновения сторон образца. Угол изгиба при испытании до образования первой трещины замеряют в ненапряженном состоянии с погрешностью до $\pm 2^\circ$.

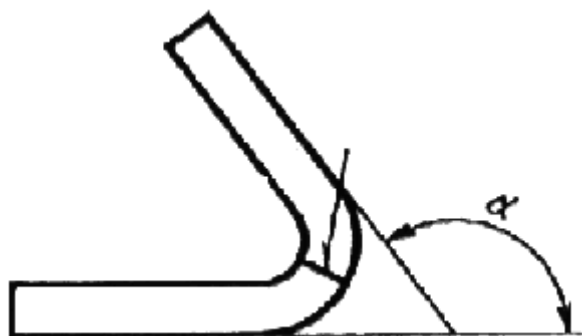


Рис. 9. Схема испытаний на угол загиба

Форма и размеры плоских образцов должны соответствовать указанным на рис. 10, 11, 12 и в табл.2.

Толщина образцов типов XXVI, XXVII и XXVIII при толщине основного металла ≤ 50 мм должна равняться толщине основного металла. При толщине металла более 50 мм толщину образца устанавливают в НТД. Образцы типов XXVIa, XXVIIa и XXVIIIa, толщина которых меньше толщины основного металла, допускается вырезать в различных участках поперечного сечения сварного соединения. К результатам испытания образцов разных типов устанавливают различные нормативные требования.

Выпуклость шва по обеим сторонам образца снимают механическим способом до уровня основного металла с шероховатостью до 6,3 мкм. В процессе удаления утолщения, если в НТД нет иных указаний, удаляют и подрезы основного металла.

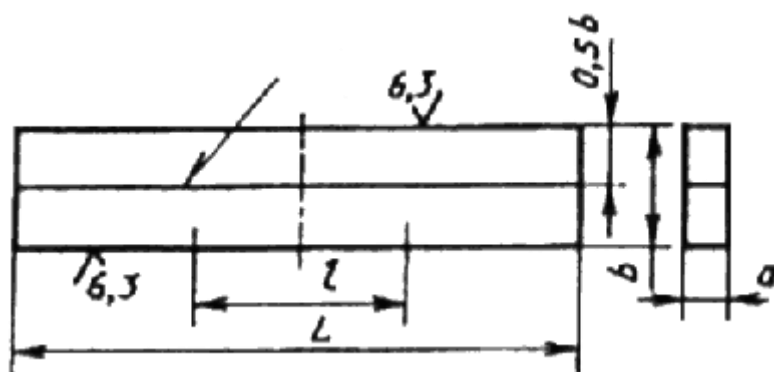


Рис. 10. образцы типов XXVI, XXVIa

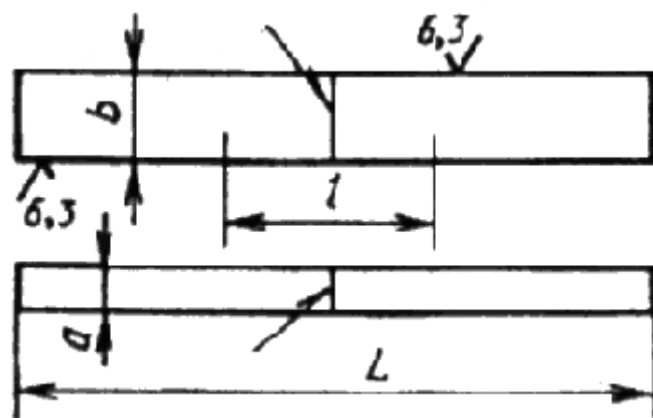


Рис. 11. Образцы типов Типы XXVII, XXVIIa, XXVIII

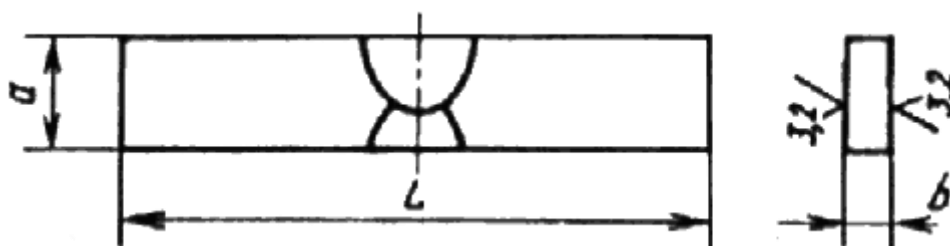


Рис. 12. Образец типа Тип XXVIIa

Ось, расположенного поперек сварного шва образца, после окончательной обработки должна находиться на его середине.

Таблица 2

Размеры образцов на изгиб в мм

Тип образца	Толщина основного металла и образца a	Ширина образца b	Общая дли- на образца L	Длина рабо- чей части образца l	Номер черте- жа
XXVI	5	$a+15$	2,5 $D+80$	0,33 L	37
	Св. 5 до 50	$a+20$			
XXVIa	До 25	$l_{ш}+10$, но не менее 20	Не более 250	Не установ- ливается	38
XXVII	До 50	1,5 a , н о не менее 10	2,5 $D+80$	0,33 L	
XXVIIa	До 25	Не менее 1,5 a , но не менее 20 и не более 50	Не более 250	Не установ- ливается	
XXVIII	До 10	20	3,0 $D+80$	0,33 L	
	Св. 10 до 45	30			
XXVIIIa	До 40	0,7 a , но не более 15	Не более 250	Не установ- ливается	38а

Примечания:

1. D – диаметр оправки; $l_{ш}$ – максимальная ширина шва.
2. Общая длина образцов типов XXVI, XXVII и XXVIII принята равной не менее указанной величины.

Испытание образцов типов XXVI и XXVIa проводят, как указано на рис. 13, типов XXVIIa и XXVIII – на рис. 14, типа XXVIIIa – на рис. 15. Обязательным условием проведения испытаний является плавность возрастания нагрузки на образец. Испытания проводят со скоростью не более 15 мм/мин на испытательных машинах или прессах с использованием опорных роликов.

Диаметр оправки D может изменяться в зависимости от марки стали, толщины листов, способа термообработки и должен оговариваться в соответствующей НТД. При отсутствии специальных указаний диаметр оправки принимают равным двум толщинам основного металла.

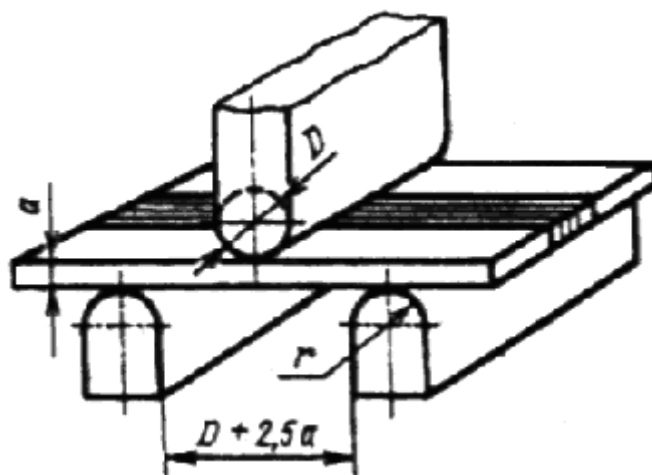


Рис. 13. Схема испытаний образцов типов XXVI и XXVIa

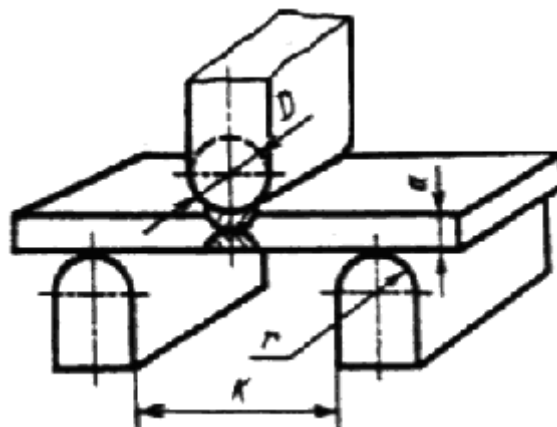


Рис. 14. Схема испытаний образцов типов XXVIIa и XXVIII

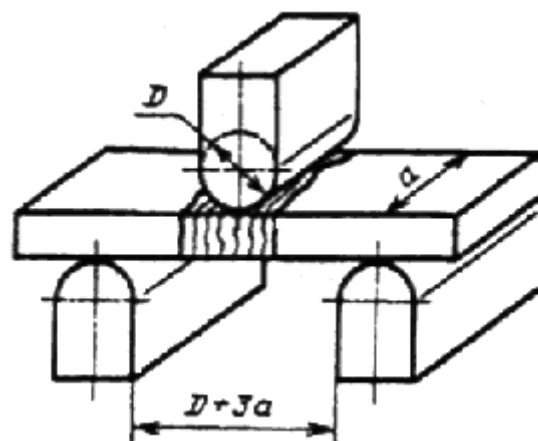


Рис. 15. Схема испытаний образцов типа XXVIIIa

Если заданный угол изгиба превышает 150° , то, изгиб можно продолжать между двумя параллельными нажимными плитами.

Испытания стыковых соединений труб на изгиб при поперечном (круговом) расположении шва проводят на образцах со снятым с наружной стороны утолщением.

При диаметре трубы ≤ 20 мм применяют образцы в виде отрезков трубы.

При диаметре трубы св. 20 до 45 мм применяют образцы в виде отрезка труб или плоские (сегментные) образцы.

Испытание труб диаметром 60 мм и менее с поперечным (круговым) и продольным швами можно проводить на образцах, приведенных на рис.16. Утолщение шва с наружной стороны трубы механическим путем снимают до уровня основного металла.

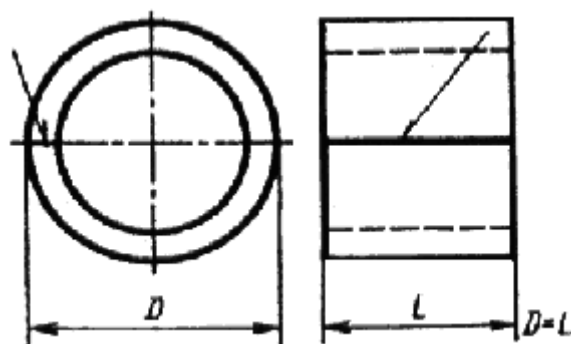


Рис. 16. Образцы на изгиб (сплющивание) типа XXIX

Результаты испытания образцов типов XXIX определяют величиной b (рис.17) при появлении на поверхности образца трещины. Если трещина не образуется, то испытание проводят до соприкосновения сторон.

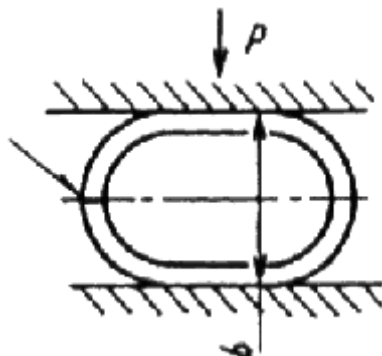
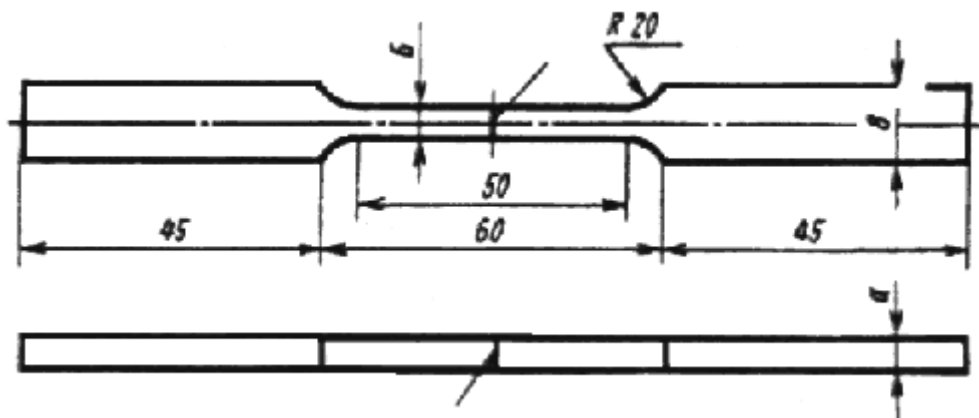


Рис. 17. Схема испытания отрезков труб на изгиб (сплющивание)

Испытание проводят путем деформации образца под прессом сжимающей нагрузкой.

2.9. Испытания сварного соединения на ударный разрыв

Испытание на сопротивление ударному разрыву проводят для сварных стыковых соединений листов толщиной до 2 мм. Форма и размеры образца должны соответствовать рис. 18. При испытании материалов высокой прочности разрешается изменять конструкцию захватной части образца.



a — толщина основного металла в мм

Рис. 18. Образец для испытания на ударный разрыв (тип Тип XXXI)

Испытание проводят на маятниковых копрах с приспособлением для закрепления плоских образцов. Удельную ударную работу a_y определяют по формуле

$$a_y = \frac{A_y}{V},$$

где A_y – работа удара, затраченная на разрыв образца, Дж (кгс·м); V – объем расчетной части образца, равный произведению толщины основного металла (a) на расчетную длину и ширину образца, см³ (м³).

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Работа выполняется в два этапа.

На первом изучаются теоретические положения, уясняются методы разрушающих испытаний, требования к образцам и условиям испытаний.

На втором этапе студент самостоятельно составляет отчет, в котором освещает требования определенного раздела настоящих методических указаний.

4. ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по практическому занятию оформляется на листах формата А4 и должен содержать:

Название и цель занятия.

Изложение требований заданного студенту раздела настоящих методических указаний.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. При каких видах испытаний определяют механические свойства сварных соединений?
2. С какой целью проводятся механические испытания?
3. Какие сварные соединения называются контрольными?
4. При каких условиях разрешается правка образцов для механических испытаний?

5. В каких случаях допускается термическая обработка образцов?
6. Сколько образцов необходимо испытать на ударный разрыв?
7. В каких случаях результаты испытаний считаются неудовлетворительными?
8. Какие характеристики металла определяются при статическом растяжении?
9. Какие виды образцов предусмотрены для сварных соединений, выполненных из листов малой толщины?
10. Какие характеристики определяются при испытании на ударный изгиб?
11. Какие типы надрезов выполняют на образцах для испытания на ударный изгиб?
12. Укажите примеры условных обозначений ударной вязкости.
13. Опишите методику искусственного старения металла.
14. Каким образом определяют стойкость металла сварных соединений против механического старения?
15. Какими методами измеряют твердость сварных соединений, какому методу следует отдавать предпочтение и почему?
16. На каких образцах необходимо измерять твердость по Виккерсу?
17. Какие характеристики определяют при испытании сварных соединений на статический изгиб?
18. На каких образцах проводят испытания труб диаметром менее 20 мм на статический изгиб?
19. На каком оборудовании проводят испытания сварных соединений на ударный разрыв?

6. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 6996-66. «Сварные соединения. Методы определения механических свойств» (с изменениями).
2. ИСО 4136-89 «Соединения стыковые стальные, выполненные сваркой плавлением. Испытания на растяжение образцов, вырезанных поперек шва».

3. ИСО 5173-81 «Соединения стыковые стальные, выполненные сваркой плавлением. Испытания на изгиб корнем шва или его лицевой поверхностью наружу образцов, вырезанных поперек шва».

4. ИСО 5177-81 «Соединения стыковые стальные, выполненные сваркой плавлением. Испытание на боковой изгиб образцов, вырезанных поперек шва».

5. Металловедение и термическая обработка стали: Справ, изд. – 3-е изд., перераб. и доп. В 3-х т. Т. 1. Методы испытаний и исследования / под ред. Бернштейна М. Л. Рахштадта А. Г. Москва: Металлургия, 1993. – 352 с.

6. Иванова В. С. Разрушение металлов. Серия «Достижения отечественного металловедения. – Москва: Металлургия, 1999. – 168 с.

7. Справочник по сварке / А. В. Смирнова, Г. А. Кокорин, С. М. Полонская и др. – Москва: Металлургия, 1985. – 192 с.

Лабораторная работа № 4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕТАЛЛА ПО МЕТОДУ БРИНЕЛЯ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Измерение твердости металлов и сплавов, ознакомление с методами определения твердости и приобретение навыков в работе с приборами типа Бриннель [1, 2].

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Твердость – одна из наиболее распространенных характеристик, определяющих качество металлов, их пригодность для того или иного назначения. Под твердостью металла понимают сопротивление металла деформации на поверхности при установленном механическом воздействии на него другого, более твердого тела заданной формы и размера, не изменяемых во время испытаний.

Методика определения проста и дает возможность быстро оценить качество изделий независимо от формы и размеров, не разрушая металл.

По твердости аналитическим путем можно определить предел прочности и текучести.

Часто только по твердости определяют качество полуфабрикатов и готовых изделий. Все виды режущего, измерительного инструмента, цементованные, цианированные, азотированные детали контролируют только на твердость.

Существуют следующие методы определения твердости:

- вдавливания;
- отскокивания бойка;
- царапания;
- затухающего качания маятника.

Наиболее широко распространен метод вдавливания, который изучается в данной работе.

Определение твердости по Бриннелю. Испытание на твердость по Бриннелю производится вдавливанием в испытуемый образец стального шарика определенного диаметра под действием заданной нагрузки в течение определенного времени. Схема испытания на твердость представлена на рис. 1.1.

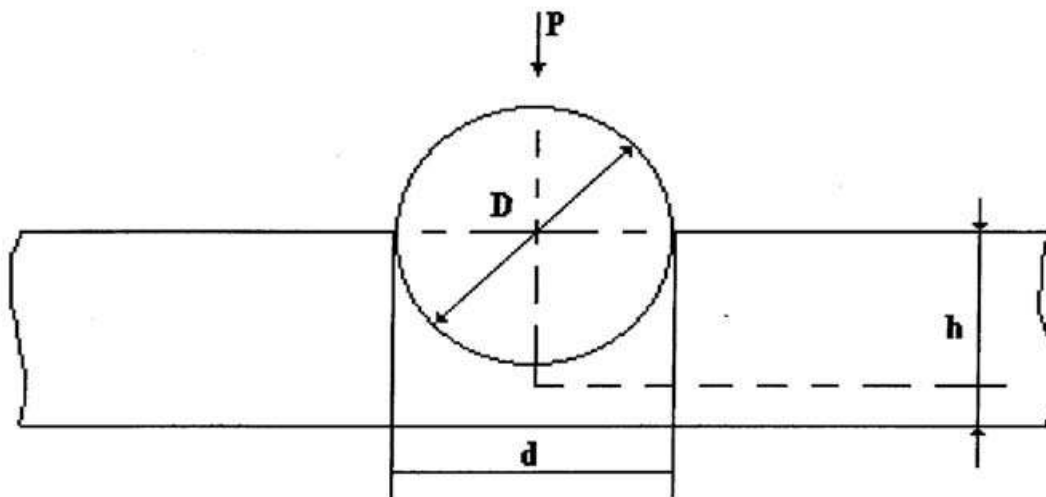


Рис. 1.1. Схема испытания твердости по способу Бриннеля

В результате вдавливания шарика в испытуемую поверхность на ней остается отпечаток (лунка) по глубине которого судят о твердости материала (см. рис. 1.1).

Числом твердости по Бриннелю называют отношение нагрузки (P), передаваемой через шарик на образец, к поверхности образовавшейся при этом лунки, и обозначают число твердости по Бриннелю через HB , т. е. $HB = P/F$. Площадь поверхности отпечатка (мм^2) можно выразить через диаметр шарика D и диаметр отпечатка d :

$$HB = 2 \times P / (\pi \times D) \times \left[1 / (D - \sqrt{D^2 - d^2}) \right]$$

На практике этих вычислений не делают, а пользуются таблицей, составленной для установленных диаметров шариков и нагрузок. Выбор величин нагрузки, диаметра шарика и времени выдержки под нагрузкой определяется согласно табл. 1.1.

Предел прочности при растяжении определяется исходя из данных табл. 1.2.

Таблица 1.1

**Выбор величин нагрузки, диаметра шарика
и времени выдержки под нагрузкой**

Материалы	Интервалы твердости в числах Бриннеля	Минимальная толщина h на испытуемом образце, мм	P/D , кгс/мм ²	Диаметр шарика, мм $\pm 0,01$	Нагрузка P , кгс	Выдержка под нагрузкой, с
Черные материалы	140-150	От 6 до 3	30	10,0	3000	10
		От 4 до 2		5,0	750	
		Менее 2		2,5	187,5	
Черные материалы	<140	Более 6	10	10,0	1000	10
		От 6 до 3		5,0	250	
		Менее 3		2,5	62,5	
Цветные материалы	> 130	От 6 до 3	30	10,0	3000	30
		От 4 до 2		5,0	750	
		Менее 2		2,5	187,5	
	35-130	От 9 до 3	10	10,0	1000	30
		От 6 до 3		5,0	250	
		Менее 3		2,5	62,5	
	8-35	Более 6	2,5	10,0	250	60
		От 6 до 3		5,0	62,6	
		Менее 3		2,5	15,6	

Таблица 1.2

**Зависимость предела прочности
при растяжении от числа твердости материала**

Материал	Значение твердости, HB	Формула определения предела прочности на разрыв $G_{вр}$.
Сталь	125–175	$G_{вр} = 0,343 \times HB$
Сталь	175 и более	$G_{вр} = 0,362 \times HB$
Алюминиевое литье, серый чугун	-	$G_{вр} = 0,26 \times HB$

3. МАТЕРИАЛЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

1. Приборы типа ТК-2М, 7-4 шт.
2. Приборы типа ТШ, 7-4 шт.
3. Шлифовальная бумага.
4. Лупа для измерения диаметра отпечатка, 4-5 шт.
5. Образцы: сталь 40, ст. 3, сталь У7, 20-30 шт.
6. Таблицы перевода твердости, 5 шт.
7. Вата.

4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Пользуясь табл. 1.1 определить нагрузку и диаметр шарика в зависимости от толщины испытуемого образца.

2. Испытуемую поверхность образцов размерами $10 \times 20 \times 20$ мм из материалов сталь 10, сталь 40, стали У8, сталь У10 и латуни зачистить на шкурке.

3. Установить образец на столик 4 (рис. 1.2) зачищенной поверхностью кверху. Центр отпечатка должен находиться от края образца на расстоянии не менее диаметра шарика, а от центра соседнего отпечатка на расстоянии двух диаметров шарика.

4. Довести образец до соприкосновения с шариком 5 вращением маховика 3 по часовой стрелке до полного упора.

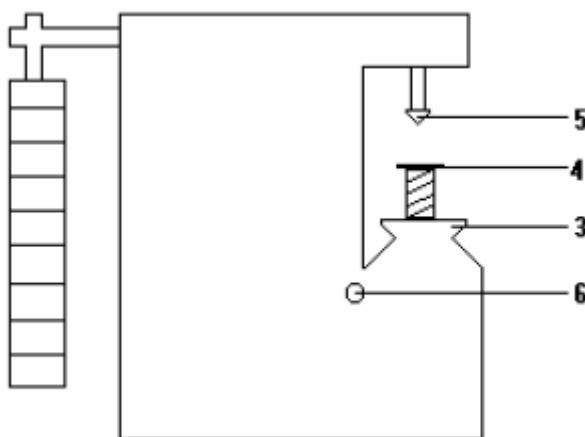


Рис. 1.2. Схема установки образца при испытании на твердость

5. Включить электродвигатель нажатием кнопки 6 пускателя мотора и следить за ходом испытания нагрузки на образец.

Включение мотора и освобождение образца от нагрузки и выдержки сигнализируется зажиганием лампочки.

6. Опустить столик с испытуемым образцом вращением маховика против часовой стрелки.

7. Получить на том же образце еще один отпечаток.

8. Диаметры отпечатков измеряют при помощи лупы Бринеля в двух взаимоперпендикулярных направлениях (рис. 1.3) и берут среднеарифметическое из двух измерений. При замерах диаметров отпечатков ноль шкалы совмещают с краем лунки и замеры ведут до сотых долей миллиметра (рис. 1.4).

Лупа (рис. 1.4) имеет шкалу, малое деление которой равно 0,1 мм.

Лупу нижней опорной частью плотно устанавливают на испытываемую поверхность образца над отпечатком (рис. 1.3, а.). При этом окно в нижней части лупы обратить к свету. Поворачивая окуляр 1 надо добиться, чтобы края отпечатка были резко очерчены и затем, передвигая лупу, совместить один край отпечатка с началом шкалы (рис. 1.4).

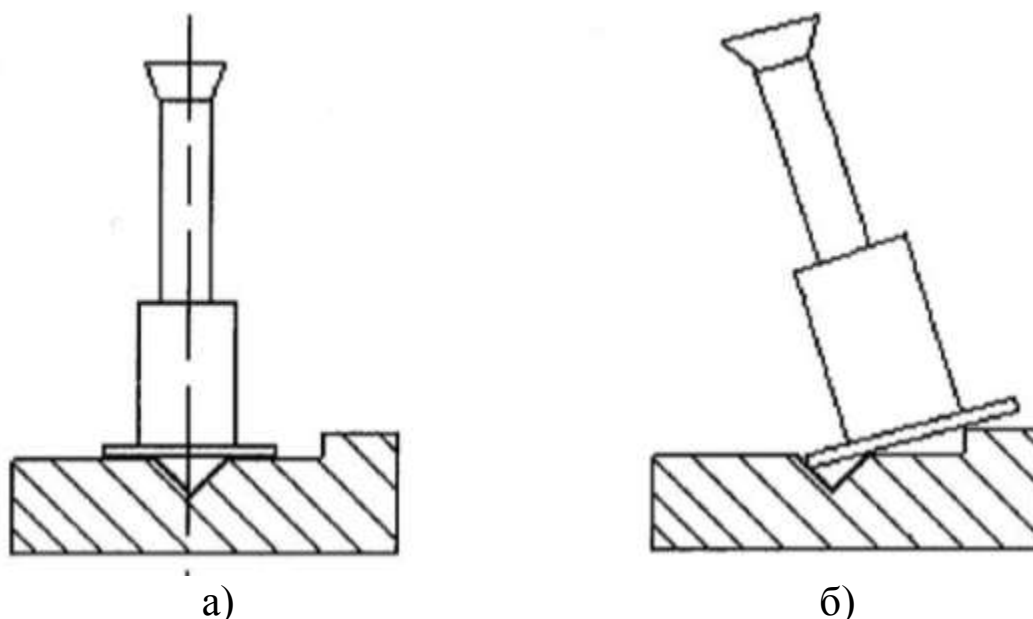


Рис. 1.3. Положение лупы при измерении отпечатка
а) правильное расположение лупы,
б) неправильное расположение лупы.

Пример измерений приведен на рис. 1.4.

Прочитать деление шкалы: отсчет берется от 0, с которым совпадает край отпечатка, до противоположного края. На рис. 1.4, например, диаметр отпечатка (d) равен 7,00 мм. Затем лупу повернуть на 90° и измерить диаметр отпечатка второй раз.

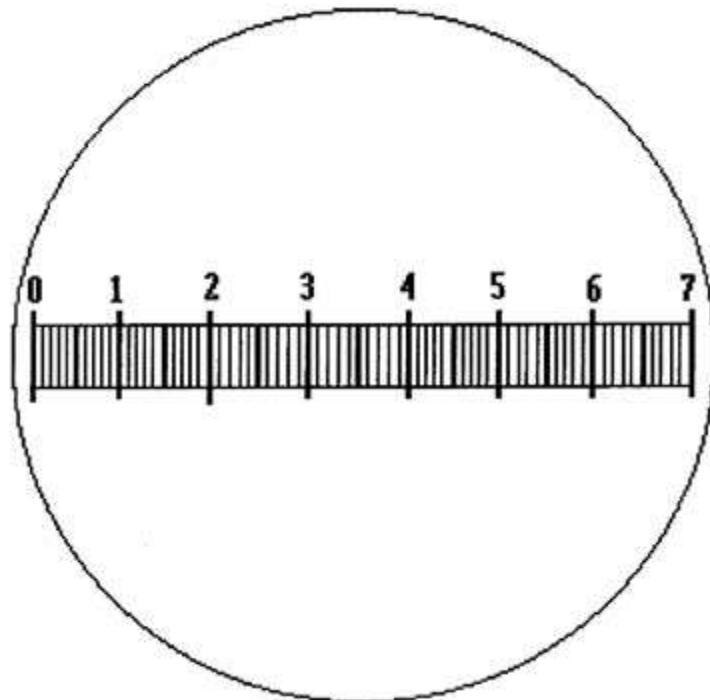


Рис. 1.4. Отсчет по шкале лупы

9. Результаты замеров твердости по Бриннелю записывают в табл. 1.3.

10. По данным твердости, пользуясь табл. 1.2, вычислить предел прочности при растяжении для каждого образца, результат записать в табл. 1.3.

11. Образцы, испытанные по методу Бринеля, испытать на твердость по методу Роквелла. При помощи (приложения А) перевести полученные данные из единиц Роквелла в единицы Бриннеля и записать в графу 9 табл. 1.3. Расхождение в данных граф 8 и 9 не должно превышать 5 единиц.

Таблица 1.3

Результаты испытаний твердости по Бриннелю

Толщина образца, мм	Нагрузка, кг	Диаметр отпечатков, мм			НВ		Перевод <i>НВ</i> в Роквелл	$G_{\text{вр}}$, МПа
		1	2	средний	По отпечатку	Вычисленное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9

12. Построить кривые изменения твердости по Бринелю и предела прочности при растяжении в зависимости от состава стали. Сделать вывод.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как записать твердость материала по полученным данным твердости.

2. Твердость детали из стали 40, *HB* 380, определить предел прочности при растяжении.

3. Определить твердость стали, если известно, что $G_{\text{вр}} = 880$ МПа.

4. Определить прочность стали ($G_{\text{вр}}$), если известно, что деталь имеет твердость *HB* 380-400.

5. Какова зависимость между числом твердости углеродистой стали по Бринелю и пределом прочности на разрыв.

6. Какие существуют методы определения твердости материала.

7. В чем сущность определения твердости по методу Бринелля.

Лабораторная работа № 5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТВЕРДОСТИ ПО МЕТОДУ РОКВЕЛЛА

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучение приборов твердомеров. Определение механических характеристик металла [3, 4, 5, 6].

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Определение твердости по методу Роквелла. При испытании по методу Роквелла в испытуемый образец вдавливается либо стальной шарик диаметром 1,59 мм, либо алмазный конус с углом при вершине 120, под действием двух последовательных нагрузок предварительной и окончательной. Предварительная нагрузка составляет 10 кг и окончательная (общая) – 60 кг (шкала А), 100 кг (шкала В) и 150 кг (шкала С).

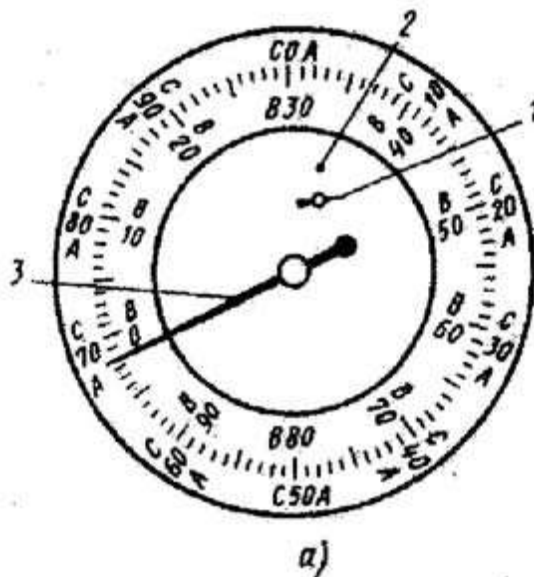


Рис. 1. Выбор нагрузки и наконечника

О твердости металла судят по глубине вдавливания конуса или шарика, т. е. по разности глубин вдавливания, на которые проникает алмазный конус или стальной шарик под действием двух последовательно приложенных нагрузок. Эта разность характеризует твердость испытуемого металла по Роквеллу.

Толщина образца при испытании по методу Роквелла должна быть не менее 1,5 мм.

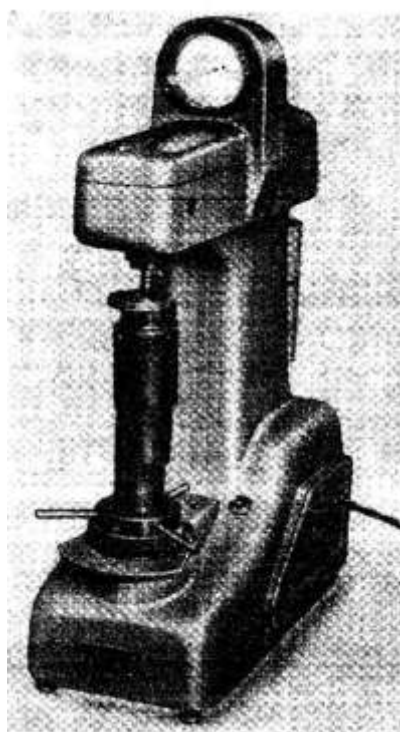
Число твердости по Роквеллу – число отвлеченное, выражается в условных единицах. В зависимости от того, какой наконечник используют при испытаниях – шарик или алмазный конус, и от нагрузки, при которой проводят испытания число, твердости обозначают *HRA*, *HRB*, *HRC*.

Определение твердости на приборе типа Роквелл имеет широкое применение, так как этот прибор дает возможность испытывать мягкие, твердые, а также тонкие материалы. Отпечатки от конуса или шарика столь малы, что можно испытания проводить на уже готовых деталях.

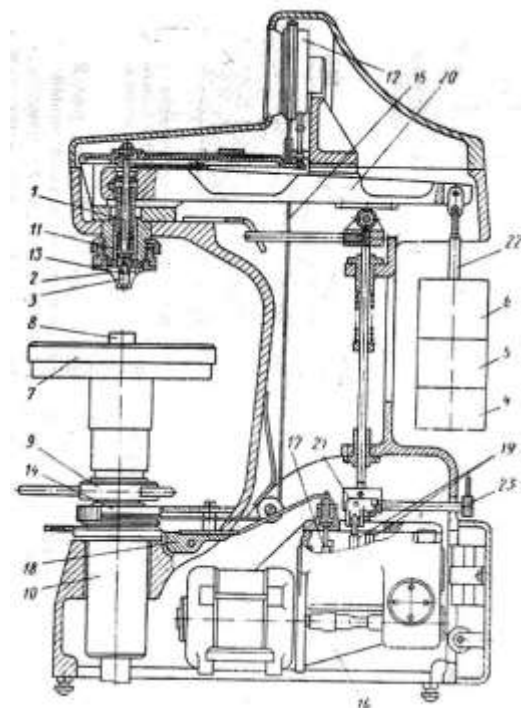
Испытания занимают мало времени (несколько секунд) и число твердости читается прямо на шкале прибора. Значения твердости Роквелла переводится в твердость Бринеля по специальным таблицам (приложение 1).

Прибор типа Роквелл ТК-2.

Общий вид и схема прибора ТК-2 показана на рис. 2.



а)



б)

Рис. 2. Порядок измерения твердости по Роквеллу.
а – прибор ТК-2; б – схема прибора ТК-2.

Необходимо отметить, что общая нагрузка при испытаниях на приборе Роквелл состоит из основной нагрузки, которая образуется за счет грузов 17, 18, 19 (рис. 2) и предварительной, которая постоянна и равна 100 Н.

Шпиндель 1 прибора (рис. 2) служит для закрепления на его конце с помощью винта 4 оправки 5 с шариком или алмазным (из твердого сплава) конусом. Постоянный груз 17 создает основную нагрузку 500 Н, если на постоянный груз 17 установлен груз 18 (400 Н), то создается нагрузка 900 Н; а если установлен груз 19, то создается нагрузка 1400 Н. Стол 7 служит для установки на нем испытываемого образца 6. При вращении по часовой стрелке маховика 8 сжимается пружина 2, шарик или алмазный конус начинает внедряться в испытываемый образец 6, а стрелки поворачиваются по шкале индикатора 23. При вращении маховика 8 до тех пор, пока образец не упрется в ограничительный чехол 3, малая стрелка 1 (рис. 1) индикатора дойдет до красной точки 2, а большая стрелка 3 установится (с погрешностью ± 5 делений) в вертикальном положении (рис. 1), создается предварительная нагрузка 100 Н. Точную установку индикатора на нуль (рис. 1) устанавливают тросиком 22, закрепленном на ранте индикатора.

Циферблат имеет две шкалы: красную В (для мягких материалов) и черную А (для упрочненных материалов). Независимо оттого, что вдавливается в испытываемый образец – алмаз или шарик, с большой стрелкой индикатора всегда совмещается нуль черной шкалы.

Большую стрелку с нулевым штрихом красной шкалы не совмещают ни в коем случае.

Приведение в действие основной нагрузки осуществляется с помощью привода 12 от электродвигателя, который включается тумблером 13. Нажатием на клавишу 10 приводится в действие кулачковый блок 16, подвеска 20 с грузами 17-19 опускается и создается общая нагрузка (предварительная и основная). При этом большая стрелка индикатора перемещается по часовой стрелке и указывает на шкале индикатора число твердости по Роквеллу (рис. 1).

При испытании алмазным конусом отсчет производят по черной шкале, при испытаниях шариком отсчет производят по красной шкале.

По окончании испытания образец 6 освобождается от нагрузки вращением маховика против часовой стрелки.

При испытаниях твердости по Роквеллу необходимо определиться с выбором шкалы, так как прибор имеет три шкалы:

в) Шкала А.

При пользовании этой шкалой применяют общую нагрузку 60 кг, конус алмазный с углом при вершине равным 120. Показания снимаются по черной шкале. Интервал замеров от 70 до 100. Шкала А применяется для испытания металлов твердостью выше 70, например, сверхтвердых сплавов, карбидов вольфрама, для тонкого листового материала, а также для определения тонкого поверхностного слоя.

б) Шкала В.

При пользовании этой шкалой нагрузка общая равна 100 кг, используется шариковый наконечник диаметром 1,59. Показания снимаются по красной шкале индикатора. Обычно по этой шкале измеряют мягкие материалы: сталь, чугун, цветные сплавы, не подвергнутые упрочняющей обработке. Область применения шкалы В от 25 до 100.

в) Шкала С.

При замерах по этой шкале применяется общая нагрузка 150 кг, алмазный конус с углом при вершине 120. Отчет показаний снимается по черной шкале индикатора. Область применения шкалы С начинается с 20 и кончается 67. По шкале С измеряют обычно твердость термически обработанных сплавов: стали, чугуна, цветных металлов.

Нагрузку и наконечник выбирают в зависимости от предполагаемой твердости материала (табл. 1.4).

Таблица 1.4

Выбор нагрузки и наконечника для испытания

Примерная твердость по Бриннелю	Обозначение шкал	Вид наконечника	Нагрузка, кг	Обозначение твердости по Роквеллу	Пределы измерений шкалы
60-230 HB: отожженная сталь, цветные металлы.	В	Стальной шарик	100	HRB_3	25-100
230-700 HB: термообработанная сталь	С	Конус алмазный	150	HRC_3	20-67
>700 HB: твердые сплавы	А	Конус алмазный	60	HRA_3	70

Порядок работы с прибором ТК-2.

1. Определить необходимую нагрузку и вид наконечника (табл. 1.4).
2. Установить на подвеску выбранную нагрузку (рис. 2, б), и установить наконечник.
3. Установить образец б на столике прибора, предварительно очистив образец шкуркой с обеих сторон.
4. Вращением маховика 8 по часовой стрелке довести образец до соприкосновения с наконечником 3.
5. Создать предварительную нагрузку в 100 Н, для чего вращением маховика продолжают подъем столика до тех пор, пока малая стрелка 1 (рис. 1) индикатора не окажется против красной точки 2 на шкале, а большая займет примерно вертикальное положение (рис. 1).
6. Вращать ободок индикатора, или барабан 9 (рис. 1) до тех пор, пока нуль черной шкалы не совпадет с большой стрелкой. Это относится ко всем случаям испытаний, независимо от того, по какой шкале снимают показания.
7. Включить основную нагрузку, для чего нажать на педаль. Время приложения основной нагрузки 2-3 сек.
8. Записать число твердости по Роквеллу, т. е. цифру, на которую указывает на шкале циферблата большая стрелка. Отсчет делают по черной шкале, если наконечник конус. Если наконечником является шарик, отсчет берется по красной шкале индикатора.
9. Снять основную нагрузку, для чего маховиком плавно вернуть столик в исходное положение.
10. Разгрузить образец полностью, для чего вращением маховика против часовой стрелки опустить столик прибора с образцом.
11. Испытание повторить на одном образце 4 раза. За число твердости принимают среднее из трех последних. Полученные значения занести в табл. 1.5.

Таблица 1.5

Результаты замера твердости по Роквеллу

№ обр.	Материал образца	Шкала	Нагрузка	Тип индикатора	Число твердости			Среднее число твердости	Перевод твердости Роквелла в число ед. Бриннеля	$\sigma_{\text{в}}$ аналитическое
					1	2	3			

3. МАТЕРИАЛЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

1. Приборы типа ТК-2М, 7-4 шт.
2. Приборы типа ТШ, 7-4 шт.
3. Шлифовальная бумага.
4. Лупа для измерения диаметра отпечатка, 4-5 шт.
5. Образцы: сталь 40, ст. 3, сталь У7, 20-30 шт.
6. Таблицы перевода твердости, 5 шт.
7. Вата.

4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с приборами, изучить порядок проведения измерений на данных приборах.
2. Полученные образцы из стали 20, стали 40, стали У8, стали У10 и латуни зачистить с двух взаимно параллельных сторон наждачной бумагой.
3. Провести по три замера твердости по Роквеллу, записать в табл. 1.5 и эти же образцы проверить на твердость по Бриннелю, данные занести в табл. 1.5.
4. Построить кривую изменения твердости по Бриннелю и предела прочности в зависимости от состава стали.
5. Вычислить значение предела прочности материала при растяжении ($G_{\text{вр}}$) по формулам, табл. 1.6.
6. Сделать выводы о влиянии содержания углерода на механические свойства стали (на твердость и $G_{\text{вр}}$).

Таблица 1.6.

Зависимость предела прочности
при растяжении от числа твердости материала

Материал	Значение твердости. HB	Формула для определения предела прочности $\sigma_{\text{вр}}$ (МПа)
Сталь отожженная	125–175	$\sigma_{\text{вр}} = 0,343 \times HB$
Сталь закаленная	175 и более	$\sigma_{\text{вр}} = 0,362 \times HB$
Алюминиевое литье. Серый чугун	—	$\sigma_{\text{вр}} = 0,26 \times HB$

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как правильно выбирается нагрузка и наконечник для испытания?
2. Какие виды наконечника применяются для испытания на приборе Роквелл?
3. Какова нагрузка в (кг) по шкале: А, В, С?
4. Каковы допускаемые пределы измерений шкалы: С, В?
5. Как обозначается число твердости по шкале: А, В, С?
6. Как записать твердость материала по полученным данным твердости?
7. Твердость детали из стали 40, *HB* 380, определить предел прочности при растяжении.
8. Определить твердость стали, если известно, что $G_{\text{вр}} = 880$ МПа.
9. Определить прочность стали ($G_{\text{вр}}$), если известно, что деталь имеет твердость *HRC*, 38-40.
10. Какова зависимость между числом твердости углеродистой стали по Бринеллю и пределом прочности на разрыв?

Лабораторная работа № 6

ФРАКТОГРАФИЯ – ОСНОВА ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью работы является изучение методик фрактографического исследования для оценки надежности металла потенциально-опасного оборудования.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

При техническом диагностировании основной целью применения *фрактографии* является анализ эксплуатационных повреждений металла объектов повышенной опасности – определение причины или причин, вызвавших повреждение узла или детали, для того чтобы можно было провести соответствующую корректировку обработки других узлов или деталей во избежание подобного рода повреждений.

Поскольку вид излома в определенной мере представляет собой своеобразную фотографию процессов, которые происходили при разрушении объекта, фрактография является одним из основных источников информации о причинах и характере разрушения детали.

При изучении поверхности излома можно получить следующую информацию о процессе разрушения:

- оценить уровень разрушающего усилия;
- определить степень деформации при разрушении;
- установить причины, вызывающие ослабление материала на пути распространения разрушения.

Пути разрушения изучаются двумя способами. Первый – исследование поверхности излома при различных увеличениях с использованием различных фрактографических приемов и исследованием возможно большей площади. Второй способ – изучение поперечных сечений, перпендикулярных к направлению остановок трещины или ко всей поверхности разрушения. Хотя второй

способ дает информацию лишь об ограниченном участке поверхности излома, он имеет большое значение при исследовании взаимосвязи микроструктуры и направлением развития трещины.

Основы анализа эксплуатационных повреждений и рекомендации по методике диагностирования разрушенных деталей.

Основной причиной любого разрушения являются напряжения, величина которых превышает предельную несущую способность детали. Эти напряжения могут возникать из-за большого числа разнообразных факторов, каждый из которых необходимо учитывать для однозначной оценки и установления причины повреждения. Поэтому при анализе разрушения рекомендуется выполнять ряд последовательных операций, приведенных ниже.

Исследование разрушенных деталей необходимо начинать с тщательного осмотра всей детали, особенно поверхностей, примыкающих к излому, и изучению вида излома (визуально, на оптическом, либо при необходимости на растровом микроскопе). При этом устанавливают наличие механических повреждений, коррозии, деформации детали, вторичного разрушения. Определяют фокус излома и очаг разрушения, направление распространения трещины. Эти данные позволяют сделать вывод относительно существующих условий эксплуатации до и в процессе разрушения.

Анализ напряженного состояния. Необходимо определить соответствие характера, скорости и величины приложенной нагрузки расчетным характеристикам для данной детали. Оценить направление главного напряжения по отношению к общей конфигурации детали, оценить зоны наибольшей опасности остаточных напряжений.

Материал. Определить соответствие примененного материала требованиям НТД. Оценить прочностные характеристики и наличие поверхностных либо внутренних несплошностей, способствующих разрушению. При обнаружении отклонений в качестве материала от заданных ГОСТ или ТУ норм необходимо определить степень влияния обнаруженной аномалии с учетом свойств материала и характера разрушения данной детали. Большое внимание следует уделять очагу разрушения, проверив наличие вблизи него металлургических пороков, старых трещин, конструктивных и технологических концентраторов. Судя по кон-

тактированию начального очага с выявленными дефектами, определяется их роль в разрушении. Оценивают характер микроструктуры и микротвердость вблизи очага разрушения.

Форма. Проверяют соответствие детали требованиям технической документации и рабочим чертежам, а также достаточность поперечного сечения для противостояния локальным перегрузкам. Определяют и измеряют радиусы галтелей, оценивают их достаточность. Выявляют наличие деформации каких – либо контуров детали, полученной в процессе эксплуатации, особенно следует обратить внимание на механические повреждения поверхности. Оценивают достаточность зазора между взаимодействующими деталями.

Рабочая среда. Выясняют возможность эксплуатации детали в агрессивных средах, при пониженных, либо повышенных температурах, оценивают наличие необходимой защиты поверхности детали. Выявляют возможность взаимодействия (например, гальванического) между материалом детали и материалом соседних узлов конструкции.

Изучение поверхностей изломов породило свою терминологическую систему для описания рельефов, которые образуются при различных условиях нагружения. Рассмотрим характерные детали строения изломов гладких образцов, испытанных на растяжение.

Для таких образцов характерны три зоны:

- а) волокнистая;
- б) радиальная;
- в) зона среза.

Эти зоны показаны схематично на рис. 1. Изломы, имеющие только одну зону, образуются только при условии либо большой вязкости, либо большой хрупкости. На большинстве изломов различают две или три зоны в одной из следующих последовательностей:

1. Волокнистая зона и зона среза (рис. 1);
2. Волокнистая и радиальная зона и зона среза (рис. 2);
3. Радиальная зона и зона среза.

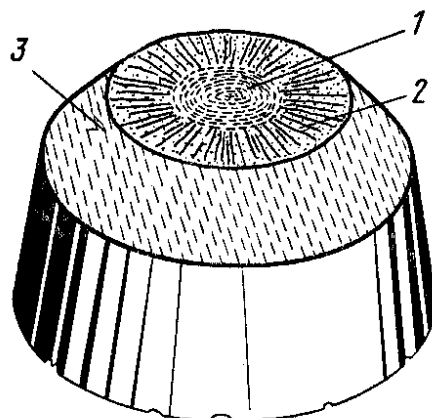


Рис. 1. Схематическое изображение зон типичного излома, образующегося при растяжении цилиндрического гладкого образца.

Поверхности волокнистой и радиальной зон обычно перпендикулярны к оси растяжения. Поверхность зоны среза всегда находится под углом $\sim 45^\circ$ к оси растяжения: 1 — волокнистая зона; 2 — радиальная зона; 3 — зона среза

Волокнистая зона. Эта зона соответствует области медленного роста трещины. Расположена она в центре излома и окружает очаг разрушения, который обычно находится на оси растяжения. Волокнистая зона состоит из области случайно расположенных волокон (рис. 2, а) или серий тонких круговых борозд (рис. 2, б). Борозды перпендикулярны к направлению распространения трещины и развиваются от очага к периферии образца. Области случайно расположенных волокон типичны для углеродистых сталей.

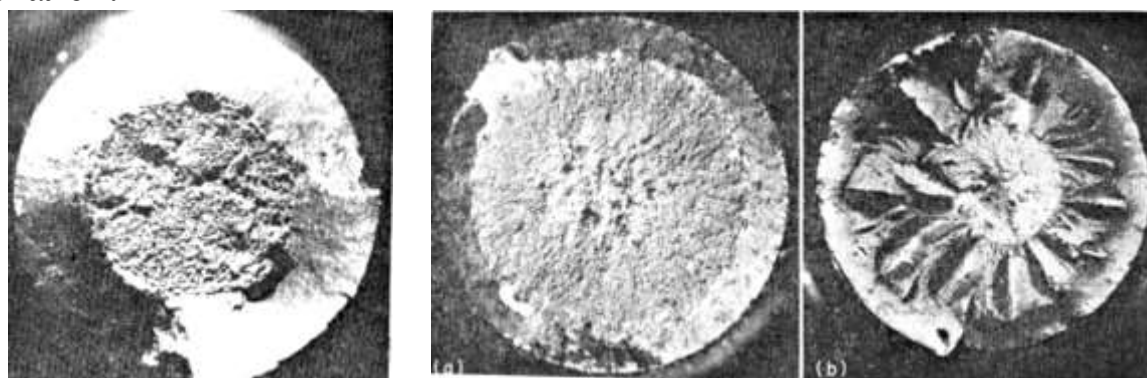


Рис. 2. Излом образца из высокоуглеродистой стали после испытания на растяжение при 120°C ; состоит из волокнистой зоны и зоны среза.

Структура стали — отпущенный мартенсит; твердость HRC 46. Излом начался в центре волокнистой зоны, которая имеет четкую границу, очерчивающую эту зону по периферии. Внешнее кольцо — зона среза. $\times 11$

Радиальная зона. При переходе трещины от медленного роста к быстрому или нестабильному ее распространению образуются радиальные рубцы, которые совпадают с общим направлением развития трещины. Эти рубцы начинаются либо от периферии волокнистой зоны (рис. 2), либо от самого очага разрушения. Точка, в которой сходятся рубцы, является *очагом* излома. Рубцы, в зависимости от характера микроструктуры, могут быть тонкими или грубыми. Изломы сталей средней прочности со структурой мартенсита отпуска имеют грубые радиальные рубцы, высокопрочные стали имеют тонкие радиальные рубцы.

В ряде случаев радиальная зона составляет полную поверхность излома, такой вид указывает на чрезвычайную хрупкость материала.

Зона среза. Эта зона состоит из ровного кольцеобразного участка, смежного со свободной поверхностью детали или образца. Зона среза зависит от напряженного состояния и свойств материала. Возможны четыре типа образования зон среза, три из которых переходные:

1. Зона среза;
2. Волокнистая зона, переходящая в зону среза;
3. Волокнистая зона, переходящая в радиальную, которая в свою очередь переходит в зону среза;
4. Радиальная зона, переходящая в зону среза.

Размеры и форма образцов для испытаний или деталей оказывают большое влияние на вид поверхности излома. Так как от формы детали или образца зависит напряженное состояние, соотношение зон излома у квадратных и прямоугольных образцов отличное от образцов с круглым поперечным сечением.

Шевронные узоры. Радиальная зона изломов прямоугольных деталей или образцов, ширина которых значительно больше толщины, имеет вид шеврона или «елочки», как показано на рис. 3. Эти узоры часто связаны с нестабильным, относительно быстрым развитием трещины, и их появление связано с несовпадением общего направления распространения трещины и кратчайшего направления от фронта трещины до свободной поверхности.

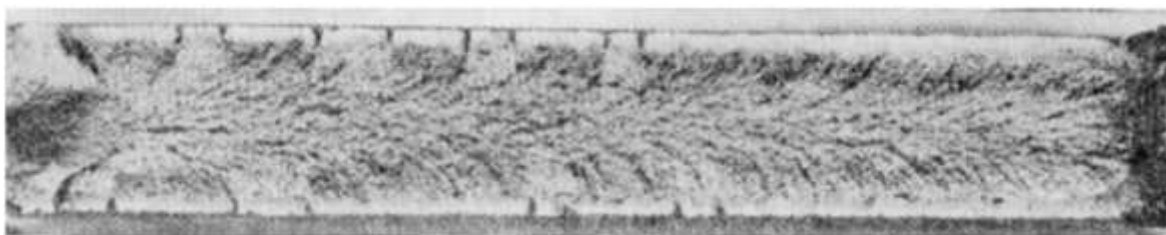


Рис. 3. Шевронный узор на поверхности разрушения плоского стального образца, происшедшего с высокой скоростью.

Очаг разрушения расположен на левом конце образца и граничит с небольшой волокнистой зоной.

Остальная поверхность излома – шевронные узоры, или «елочка».

Вершины V-образных шевронов направлены от очага разрушения

В прямоугольных образцах либо деталях, ширина которых больше толщины, более короткое расстояние до свободных поверхностей в направлении толщины достаточно для изменения направления распространения каждого участка фронта трещины. Очевидно, имеется критическое отношение ширины к толщине деталей или образцов, необходимое для образования шевронных узоров. Как показано на рис. 4, рубцы и шевронные узоры развиваются от предварительно нанесенной усталостной трещины – очага разрушения.

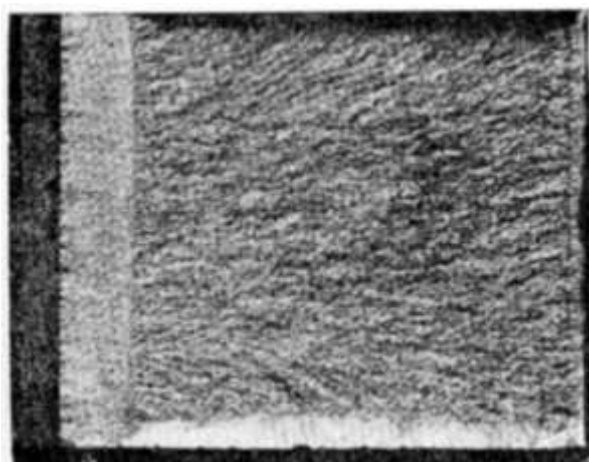


Рис. 4. Радиальные рубцы, идущие от предварительно нанесенной усталостной трещины, расположенные на поверхности излома образца для определения вязкости разрушения при испытании на изгиб. Сталь 3 % Ni-Cr-Mo. Структура – отпущенный мартенсит, твердость HRC 52,5. Слева на световой фрактограмме виден надрез, который наносили на образец сначала режущим инструментом, а затем увеличивали его остроту электроэрозионной обработкой. От этого надреза была выращена усталостная трещина. Температура испытаний -73°C . $\times 3(1/3)$

Древовидные изломы. На характер излома, кроме размеров и формы образцов, значительное влияние оказывает микроструктура металла. Особенно это относится к металлам, обладающим анизотропией. Кроме того, на характер поверхностей изломов влияет пористость, включения, вторичные фазы или сегрегации легирующих элементов, которые располагаются в виде прожилок, полосок или строчек, вытянутых при прокатке либо ковке. Такие изломы называют *древовидными, полосчатыми или слоистыми* из-за грубого рельефа.

Усталостные изломы. Для зоны усталости в усталостных изломах характерно несколько типов деталей рельефа. К ним относят *линии остановки фронта трещины – линии усталости, бороздки и храповый узор.*

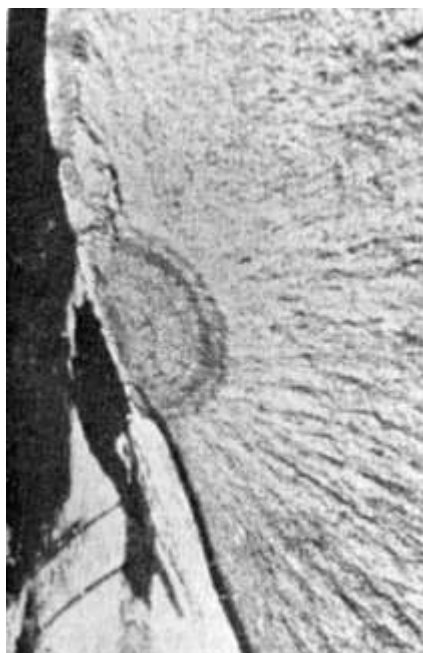


Рис. 5. Линии остановки фронта трещины на детали из стали 4340, вызванные коррозией под напряжением. Временное сопротивление стали 1780–1903 МПа. Эти линии обусловлены различной скоростью коррозии на поверхности трещины. Они не должны быть отнесены к линиям усталости. $\times 4$

Линии остановки фронта трещины используют для описания макроскопических особенностей усталостных изломов, которые представлены на рис. 5. Рассматриваемые линии наиболее часто связаны с распространением усталостных трещин, отсутствие линий усталости еще не свидетельствует о том, что излом

не является усталостным. Отдельные линии характеризуют последовательное расположение фронта трещины, где происходят задержки при ее развитии в металле. Линии остановки фронта трещины могут образоваться в результате:

- а) изменения величины циклических нагрузок;
- б) избирательного окисления или коррозии отдельных зон поверхности излома;
- в) небольшой местной пластической деформации в области высокой концентрации напряжений у вершины трещины.

По расположению линий усталости и величине промежутков между ними можно качественно оценить скорость распространения трещины и установить предысторию циклического нагружения детали. Тонкие линии усталости, расположенные с одинаковыми интервалами, свидетельствуют об относительно низкой скорости роста трещины, линии усталости, пересекающие основную часть излома, свидетельствуют о низких циклических нагрузках, либо о перераспределении напряжений, если существует другой путь развития трещины.

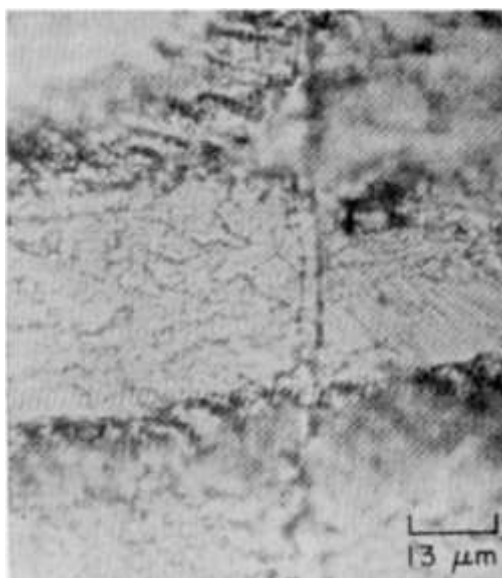


Рис. 6. Усталостные бороздки в изломе образца из алюминиевого сплава 7075-T651. Тонкие, близко расположенные друг к другу вертикальные бороздки заметны слева от вертикальной ступеньки. $\times 750$

Бороздки. Данный термин применяют обычно только для специфических рельефов, которые являются результатом распростра-

нения усталостных трещин. Бороздки могут быть как макроскопические, так и микроскопические, вторые встречаются чаще и могут быть обнаружены в тонкой структуре отдельных линий усталости. Примеры усталостных бороздок проведены на рис. 6. Наличие бороздок – подтверждение усталостного характера развития трещин, но отсутствие их не является достаточным доказательством противоположного. Установлено, что одна бороздка образуется за один цикл изменения нагрузки и по числу бороздок можно ориентировочно оценить долговечность деталей в части распространения усталостной трещины. Однако при сложных условиях нагружения бороздка может не образоваться за один цикл.

Различают хрупкие и вязкие бороздки, которые можно наблюдать даже в соседних областях одного и того же сплава.

Храповый узор. Данный узор – макроскопическая особенность усталостных изломов. Он наблюдается преимущественно, на усталостных изломах валов и плоских пружин, а так же встречается в вязких изломах, образующихся в деталях при однократном нагружении при кручении. Показано, что при соединении двух соседних трещин образуется маленькая ступенька. Серия таких ступенек на наружной поверхности дает *храповый узор*.

Отсюда, для возникновения храпового узора требуется одновременное зарождение нескольких усталостных трещин, чему способствуют высокие напряжения, а также наличие концентраторов напряжений, таких как коррозионные питтинги или шлифовочные прижоги (рис. 7).

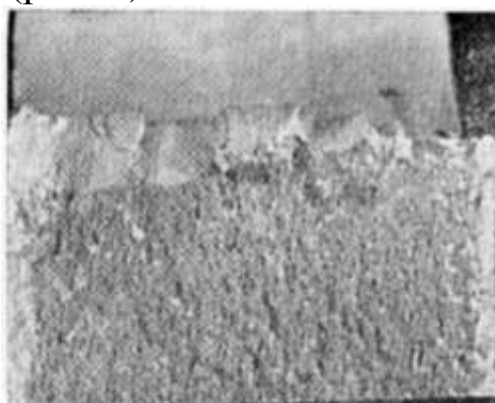


Рис. 7. Храповый узор в изломе плоского образца из алюминиевого сплава 7075-T6. Образование ступенек свидетельствует о том, что усталостные трещины возникли в нескольких центрах и затем соединились, образуя один фронт магистральной трещины. $\times 7(1/2)$

Фасетки межзеренного разрушения и ямки. Фасетки представляют собой поверхности отдельных зерен на поверхности разрушения, часто наблюдаемые на фрактограммах, полученных с помощью светового микроскопа при любом увеличении. В большинстве случаев из-за случайной ориентации зерен и шероховатости излома довольно трудно найти достаточную поверхность зерна, перпендикулярную оптической оси микроскопа. На фрактограммах межзеренных изломов крупнозернистых материалов при достаточно низком увеличении, обеспечивающем хорошую глубину резкости можно наблюдать фасетки межзеренного разрушения (рис. 8).

Одним из основных элементов вязкого разрушения являются *ямки*. Их образование вызвано слиянием микропор. Поскольку ямки очень малы и требуют для своего обнаружения большого увеличения, их трудно выявить методами световой микроскопии.

В прямой связи с первоначальным разрушением находится *вторичное растрескивание*, которое может быть трех типов: к первому относят те трещины, которые не отличаются от магистральной и развиваются по тому же механизму, этот тип растрескивания рассматривается как ветвление трещины; второй тип – результат действия того же механизма разрушения, но трещины развиваются от отдельных центров; третий тип связан с первичным разрушением, но трещины являются поперечными по отношению к плоскости первичного излома, эти трещины возникают при большой поперечной пластической деформации, сопутствующей первичному разрушению.

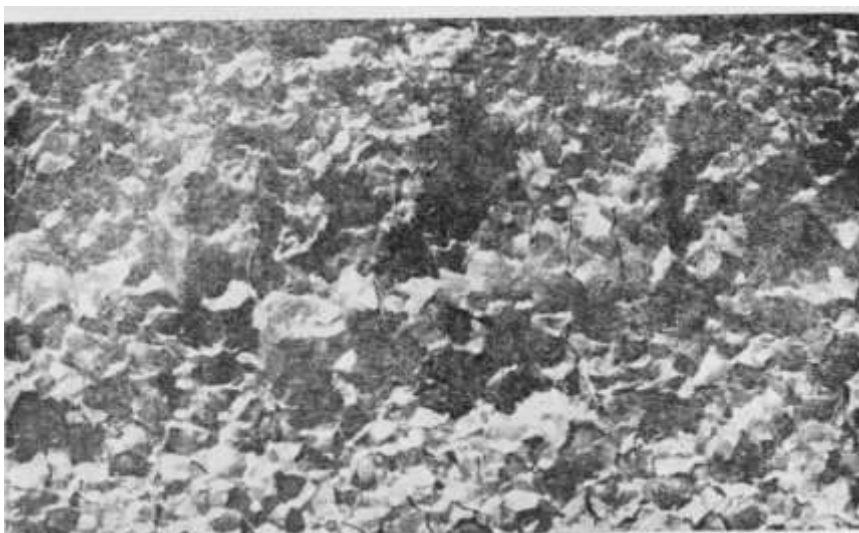


Рис.8. Фасетки разрушения. Излом при большем увеличении. Блюм разрушился во время прокатки, при этом он раскололся на части и закрутился вокруг вала. Деформация зерен отсутствует (очистка H_2SO_4 , осветление HNO_3/HF). $\times 1(1/2)$

Довольно часто разрушение начинается от различных нарушений сплошности металла. К таким нарушениям относят: *закаты, волосовины, питтинги, усадочные раковины и газовые пузыри, горячие трещины, дефекты сварки, неметаллические включения и ликваши*. Эти дефекты преимущественно и становятся очагами разрушений объектов в процессе эксплуатации.

Поскольку в большинстве исследовательских лабораторий при анализе разрушенных деталей применяют в основном методы световой микроскопии, то и в настоящей работе рассмотрены характерные элементы разрушения, которые четко наблюдаются лишь при небольших увеличениях.

Первоначальное исследование изломов направлено главным образом на выявление всех особенностей рельефа, которые могут указать на месторасположение *очага разрушения*. Некоторые данные о направлении развития трещины можно получить при внешнем осмотре сломанной детали, а также можно восстановить и последовательность разрушения, при этом учитывается следующее:

1) направление, в котором расположено начало трещины, всегда противоположно направлению ее разветвления;

2) если трещина встречается с другой трещиной под углом примерно 90° , то это свидетельствует о том, что она возникла позже и очаг разрушения следует искать не на ней, а на образовавшейся ранее трещине.

Обычно область очага разрушения плоская, без боковых скосов, которые появляются лишь на некотором расстоянии от очага разрушения и становятся больше при увеличении этого расстояния.

Как правило, очаги разрушения находятся на свободных поверхностях детали, чему способствует наличие концентраторов напряжений, изгибающие или крутящие нагрузки, а также агрессивная среда.

Характерный пример разрушения при *ударном нагружении* приведен на рис. 9. Здесь показан излом надрезанного прутка из хромистой стали, по которому наносили удары молотком.

Для полного разрушения потребовалось два удара. Рубцы на изломе радиальные. Так как они не пересекают все сечение, то это свидетельствует о об остановке трещины на линиях А и В после первого удара.

Линии остановки показывают положение фронта трещины; перпендикуляры, проведенные к ним, должны пересечься в очаге разрушения либо вблизи него. Радиальные рубцы в зоне долома (С и D) также указывают на положение общего очага разрушения.

В сталях различной твердости изломы, образовавшиеся при ударном однократном нагружении – различны. Трещины, распространяющиеся с поверхности в твердых высокопрочных сталях, часто имеют узкие зоны среза, которые начинаются с обеих сторон от очага разрушения.

В низкоуглеродистых сталях шевроны часто сходятся в области чуть ниже зон среза. Рельеф излома в области очага разрушения в среднеуглеродистых и высокоуглеродистых сталях с высокой твердостью обычно мелкофасеточный и может быть преимущественно межзеренным. По мере удаления от очага разрушения фасетки в изломе постепенно сменяются ямками. Обычно переход к темной зоне ямок бывает резким. В иных случаях наблюдают смешанные межзеренные и ямочные изломы.



Рис. 9. Определение очага разрушения в изломе надрезанного прутка из стали с 12% Cr. Разрушение произошло в результате двух ударов молотка. Очаг разрушения может быть определен тремя способами: а) продолжением радиальных рубцов до их пересечения в нижней части излома (стрелки пакиривых указывают направление распространения трещины); б) построением нормалей к фронтам остановки трещины (отмечены А и В); в) проведением касательных к окончательным радиальным рубцам в С и D и проектированием их в направлении нижней части фрактограммы. Трещина остановилась на линиях А и В при первом ударе молотка и возобновила движение при втором ударе молотка. $\times 3$

Внешний вид радиальных рубцов частично зависит от того, больше или меньше скорость роста трещины на поверхности, чем в подповерхностных областях. Если эта скорость максимальна на поверхности, то радиальные рубцы будут веерообразны, если максимальна в подповерхностных областях, то выявляются шевронные узоры. Узоры обоих видов радиально расходятся от очага разрушения.

Большинство эксплуатационных изломов образуются в результате разрушения, протекающего в следующей последовательности: зарождение трещины, субкритическое ее подрастание и быстрый долом, когда несущая способность оставшегося попе-

речного сечения перестает соответствовать приложенной нагрузке.

Как уже отмечалось, всегда на изломе определяют число очагов разрушения. Многоочаговое разрушение, выявляемое по храповому узору, свидетельствует о высоком уровне напряжений или наличии нескольких отдельных концентраторов напряжений в области очага разрушения. Развитие трещины от одного очага разрушения говорит о более низком уровне приложенных напряжений и слабой концентрации напряжений. Далее оценивают форму и расположение фронта растущей трещины и определяют тип нагружения и концентрацию напряжений по факту опережения или отставания продвижения фронта трещины вблизи поверхности по сравнению с центром детали. И наконец, по расположению и величине зоны долома судят об уровне номинальных напряжений.

На развитие трещины влияет несколько факторов, вызывающих изменение механизма ее распространения. К ним можно отнести: местные различия в микроструктуре; изменение коэффициента интенсивности напряжений; изменение температуры или химического состава окружающей среды; изменение напряженного состояния. Тип нагружения, один из главных факторов, влияющий на характер разрушения. При разработке конструкции детали заранее предвидят конкретный тип нагружения в процессе эксплуатации. Поэтому в первую очередь при анализе разрушения необходимо определить соответствие фактического нагружения расчетному. Из результатов фрактографического исследования можно получить информацию о характере и величине приложенного напряжения.

В характерном примере показано, как резонансная вибрация, возникающая в автомобилях во время движения с нормальной скоростью, вызывает усталостное разрушение трубки тормозного цилиндра.

Фрактографическое исследование разрушенной трубки тормозного цилиндра грузового автомобиля, изготовленной из низкоуглеродистой стали (рис. 10), показало, что разрушение произошло по усталостному механизму, хотя при макрообследовании признаков усталости выявлено не было.

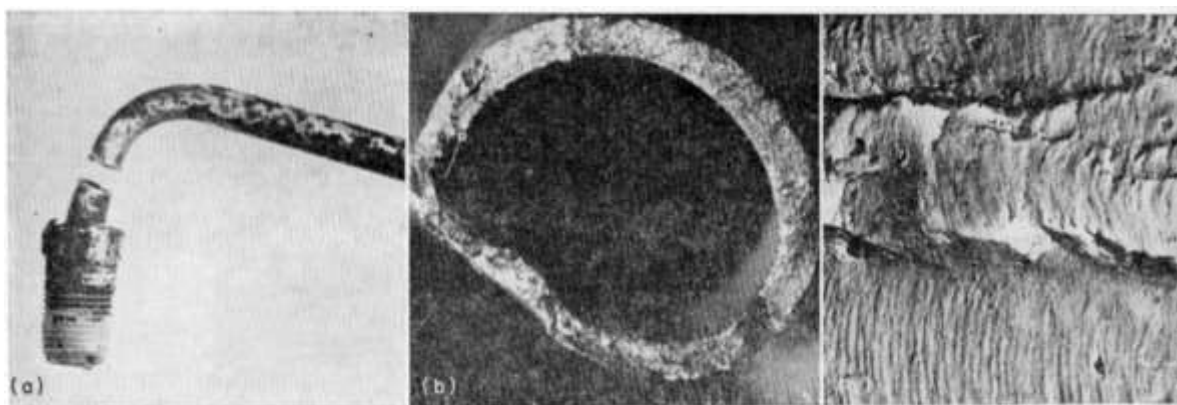


Рис. 10. Трубка тормозного автомобильного цилиндра из низкоуглеродистой стали, разрушившаяся в результате резонансной вибрации: а – общий вид разрушенного изделия. $\times 0,9$; б — поверхность разрушения. $\times 9$; с — усталостные бороздки на поверхности разрушения. ПЭМ, пластиково-угольная реплика. $\times 6000$

Изучение причин возникновения циклического нагружения показало, что резонансная вибрация трубки возникает при частотах около 240 Гц и максимальная амплитуда вибрации возникает при нормальной скорости автомобиля. Избежать таких повреждений можно при изменении конструкции крепления трубки.

Усталостные разрушения, наиболее часто встречающиеся в деталях машин и механизмов, реализуются при постепенном подрастании одной или нескольких усталостных трещин. Как уже отмечалось важно определить очаг разрушения. В результате циклических нагрузок усталостная трещина подрастает ступенчато, образуя, так называемые бороздки, а их наличие служит прямым доказательством цикличности нагружения.

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Работа выполняется в два этапа.

На первом изучаются теоретические положения, уясняются основные способы оценки состояния поверхностей изломов, изучаются виды изломов.

На втором этапе студент самостоятельно составляет отчет, в котором освещает по заданию преподавателя требования определенного раздела МУ.

4. ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по лабораторной работе оформляется на листах формата А4 и должен содержать:

1. Название и цель занятия.
2. Изложение требований заданного студенту раздела МУ.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое фрактография изломов?
2. Какую информацию можно получить при изучении поверхности излома?
3. Опишите последовательность операций при анализе излома.
4. С чего начинать анализ поверхности излома?
5. Какие области характерны для изломов гладких образцов?
6. Опишите радиальную зону излома.
7. Что такое зона среза?
8. Опишите шевронный излом.
9. Что такое древовидный излом?
10. Опишите усталостные изломы.
11. На каких изломах встречаются бороздки?
12. Опишите храповый узор.
13. Что такое фасетки на изломе, что они характеризуют?
14. Опишите излом ударного нагружения.

6. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Смирнов А. Н. Диагностирование технических устройств опасных производственных объектов / А. Н. Смирнов, Б. Л. Герике, В. В. Муравьев. – Новосибирск: Наука, 2003. – 244с.

2. Смирнов, А. Н. Теоретические основы надежности и ресурса сварных конструкций [Электронный ресурс] учебное пособие для студентов направления подготовки 150700.68 «Машиностроение», профиль «Оборудование и технология сварочного производства» А. Н. Смирнов, Н. В. Абабков; ФГБОУ ВПО

«Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева», Каф. технологии машиностроения. Кемерово, 2013.

<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=91150&type=utchposob:common>

3. Металловедение и термическая обработка стали: справ, изд. – 3-е изд., перераб. и доп. В 3-х т. Т. 1. Методы испытаний и исследования / под ред. М. Л. Бернштейна, А. Г. Рахштадта. – Москва: Металлургия, 1983. – 352 с.

Содержание

Содержание лабораторных работ	3
Лабораторная работа №1. Основные требования промышленной безопасности	3
Лабораторная работа №2. Основы экспертизы промышленной безопасности	19
Лабораторная работа №3. Разрушающие методы испытаний контроля качества сварных соединений	34
Лабораторная работа №4. Определение статических характеристик металла по методу Бринелля	55
Лабораторная работа №5. Определение твердости по методу Роквелла	62
Лабораторная работа №6. Фрактография – основа оценки надежности технических устройств	69