

ВИДЫ ДЕФЕКТОВ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ СВАРКОЙ ПЛАВЛЕНИЕМ

При производстве сварных деталей и конструкций образуются дефекты различного вида, которые условно можно классифицировать на:

- дефекты подготовки и сборки;
- дефекты формы шва;
- наружные и внутренние дефекты.

Дефекты подготовки и сборки.

Характерными видами дефектов при сварке плавлением являются:

- неправильный угол скоса кромок шва с V, X и U образной разделкой;
- слишком большое или малое притупление по длине стыкуемых кромок;
- непостоянство зазора между кромками по длине стыкуемых элементов;
- несовпадение стыкуемых плоскостей, слишком большой зазор между кромками свариваемых деталей, расслоения и загрязнения кромок.

Указанные дефекты могут возникнуть из-за:

- неисправности станочного оборудования, на котором обрабатывали заготовки;
- недоброкачества исходных материалов; ошибок в чертежах;
- низкой квалификации слесарей и сборщиков.

Дефекты формы шва.

Форма и размеры сварных швов обычно задаются техническими условиями, указываются на чертежах и регламентируются стандартами. Конструктивными элементами стыковых швов (рис. 1.1) являются их ширина e , ширина зазора b , высота выпуклости q и подварки q_1 ; угловых швов тавровых (рис. 1.2) и нахлесточных соединений без скоса кромок – катет K и толщина a . Размеры швов зависят от толщины s свариваемого металла и условий эксплуатации конструкций.

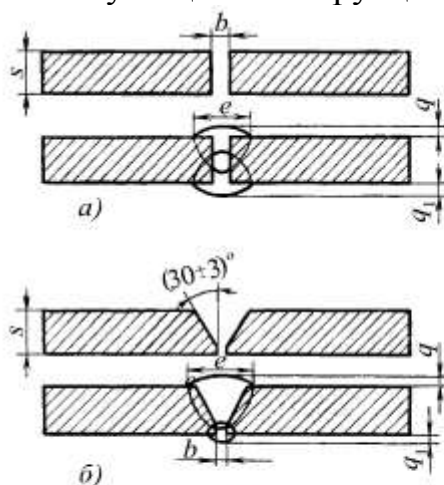


Рис. 1.1. Основные конструктивные элементы сварных швов:

a – без подготовки кромок малых толщин;
 b – с V-образной разделкой

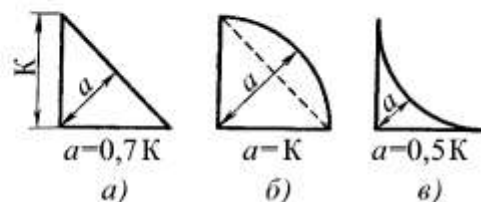


Рис. 1.2. Основные конструктивные элементы валиковых швов:

a – нормальный; b – выпуклый;
 c – вогнутый

При выполнении сварных соединений любыми методами сварки плавлением швы могут иметь неравномерную ширину и высоту, бугры, седловины, неравномерную высоту катетов в угловых швах (рис. 1.3).

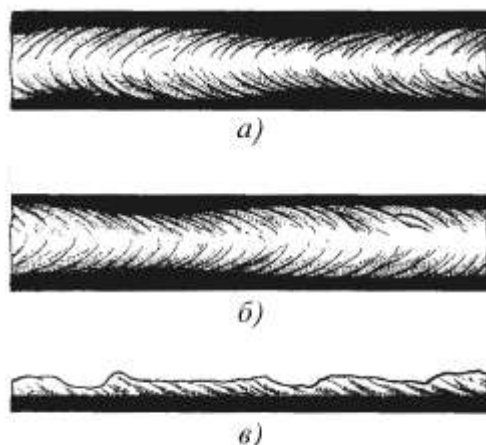


Рис. 1.3. Дефекты формы швов:
a – неравномерная ширина шва при ручной сварке; *b* – то же, при автоматической сварке;
v – неравномерная выпуклость – бугры и седловины

Неравномерная ширина швов образуется при неправильных движениях электрода, зависящих от зрительно-двигательной координации (ЗДК) сварщика, а также в результате возникших отклонений от заданного зазора кромок при сборке. При автоматической сварке причиной образования этого дефекта является нарушение скорости подачи проволоки, скорости сварки и т.д.

Неравномерность выпуклости по длине шва, местные бугры и седловины получаются при ручной сварке из-за недостаточной квалификации сварщика и, в первую очередь, объясняются особенностью ЗДК сварщика, неправильными приемами заварки прихваток, неудовлетворительным качеством электродов.

При автоматической сварке эти дефекты встречаются редко и являются следствием неполадок в механизме автомата, регулирующем скорость сварки.

Перечисленные дефекты формы шва снижают прочность соединения и косвенно указывают на возможность образования внутренних дефектов.

Наружные дефекты.

К ним относят наплывы, подрезы, незаделанные кратеры, прожоги. **Наплывы** образуются в результате стекания расплавленного металла электрода на нерасплавленный основной металл или ранее выполненный валик без сплавления с ним (рис. 1.4). Наплывы могут быть местными, в виде отдельных зон, а также значительными по длине. Они возникают из-за:

- чрезмерной силы тока при длинной дуге и большой скорости сварки;
- неудобного пространственного положения (вертикальное, потолочное);
- увеличенного наклона плоскости, на которую накладывают сварной шов;
- неправильного ведения электрода или неверного смещения электродной проволоки при сварке кольцевых швов под флюсом;
- выполнения вертикальных швов снизу вверх;
- недостаточного опыта сварщика.

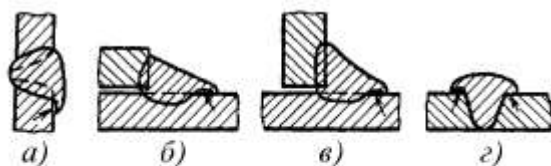


Рис. 1.4. Наплывы в швах:
a – горизонтальном; *b* – нахлесточного соединения; *v* – таврового соединения; *z* – стыкового соединения или при наплавке валиков

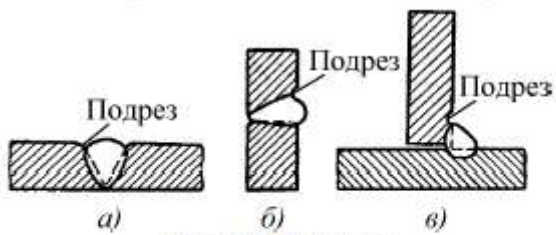


Рис. 1.5. Подрезы:

a – в стыковом шве; *б* – в горизонтальном шве, расположенном на вертикальной плоскости; *в* – в угловом шве таврового соединения

Подрезы представляют собой углубления (канавки) в основном металле, идущие по краям шва (рис. 1.5). Глубина подреза может колебаться от десятых долей миллиметра до нескольких миллиметров.

Причинами появления этого дефекта являются:

– значительной силы ток и

повышенное напряжение дуги;

- неудобное пространственное положение при сварке;
- небрежность сварщика.

Подрезы в шве уменьшают рабочую толщину металла, вызывают местную концентрацию напряжений от рабочих нагрузок и могут быть причиной разрушения швов в процессе эксплуатации.

Подрезы в стыковых и угловых швах, расположенные поперек действующих на них сил, приводят к резкому снижению вибрационной прочности; даже достаточно крупные подрезы, расположенные вдоль действующей силы, отражаются на прочности в значительно меньшей степени, чем подрезы, расположенные поперек.

Кратер – углубление, образующееся в конце шва при внезапном прекращении сварки. Особенно часто возникают кратеры при выполнении коротких швов. Размеры кратера зависят от величины сварочного тока. При ручной сварке диаметр кратера колеблется от 3 до 20 мм. При автоматической сварке он имеет удлиненную форму в виде канавки. Незаделанные кратеры неблагоприятно сказываются на прочности сварного соединения, так как являются концентраторами напряжений. При вибрационной нагрузке снижение прочности соединения из малоуглеродистой стали достигает 25 %, а из низколегированных – 50 % при наличии в шве кратера.

Прожоги – это сквозные отверстия в сварном шве, образующиеся в результате вытекания сварочной ванны; при сварке металла небольшой толщины и первого слоя в многослойных швах, а также при сварке снизу вверх вертикальных швов (рис. 1.6). Причинами прожогов служат чрезмерно высокая погонная энергия дуги, неравномерная скорость сварки, останов источника питания, увеличенный зазор между кромками свариваемых элементов.

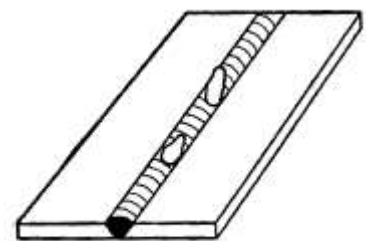


Рис. 1.6. Прожоги

Во всех случаях отверстие, возникающее при прожогах, заделывается, однако шов в этом месте получается неудовлетворительным по внешнему виду и качеству.

Поджоги возникают из-за возбуждения дуги ("чирканья электродом") на краю кромок. Этот дефект является источником концентрации напряжений, его обязательно удаляют механическим способом.

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

Поры (рис.1.7) в виде полости округлой формы, заполненной газом, образуются вследствие:

- загрязненности кромок свариваемого металла;
- использования влажного флюса или отсыревших электродов;
- недостаточной защиты шва при сварке в углекислом газе;



а)



б)



в)

Рис. 1.7. Характер пористости в наплавленном металле шва:
а – равномерная пористость;



Рис. 1.8. Свищи

– увеличенной скорости и завышенной длины дуги. При сварке в углекислом газе, а в некоторых случаях и под флюсом на больших токах возникают сквозные поры – свищи.

Размеры внутренних пор колеблются от 0,1 до 2...3 мм в диаметре, а иногда и более. Поры, выходящие на поверхность шва, могут иметь и большие размеры.

Свищи при сварке под флюсом и в углекислом газе на больших токах могут быть диаметром до 6...8 мм (рис. 1.8). Так называемые "червеобразные" поры имеют длину до нескольких сантиметров.

Равномерная пористость (см. рис. 1.7, а) обычно возникает при постоянно действующих факторах: загрязненности основного металла по свариваемым поверхностям (ржавчина, масло и т.п.), непостоянной толщине покрытия электродов и т.д. Скопление пор (см. рис. 1.7, б) наблюдается при местных загрязнениях или отклонениях от установленного режима сварки, а также при нарушении сплошности покрытия электрода, сварке в начале шва, обрыве дуги или при случайных изменениях ее длины.

Цепочки пор (см. рис. 1.7, в) образуются в условиях, когда газообразные продукты проникают в металл по оси шва на всем его протяжении (при сварке по ржавчине, при подсосе воздуха через зазор между кромками, при подварке корня шва некачественными электродами). Одиночные поры появляются от действия случайных факторов (колебания напряжения в сети и т.д.). Наиболее вероятно возникновение пор при сварке алюминиевых и титановых сплавов, в меньшей степени при сварке сталей.

Шлаковые включения в металле сварного шва – это небольшие объемы, заполненные неметаллическими веществами (шлаками, оксидами). Вероятность образования шлаковых включений в значительной мере

определяется маркой сварочного электрода. При сварке электродами с тонким покрытием вероятность образования шлаковых включений очень велика.

При сварке качественными электродами, дающими много шлака, расплавленный металл дольше находится в жидком состоянии и неметаллические включения успевают всплыть на его поверхность, в результате чего шов засоряется шлаковыми включениями незначительно.

Шлаковые включения можно разделить на макро- и микроскопические. Макроскопические включения имеют сферическую и продолговатую форму в виде вытянутых "хвостов". Эти включения образуются в шве из-за плохой

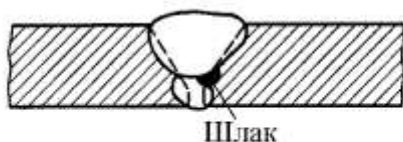


Рис. 1.9. Шлаковые включения по подрезу кромки в многослойном шве

очистки свариваемых кромок от окалины и других загрязнений и чаще всего вследствие внутренних подрезов и плохой зачистки от шлака поверхности первых слоев многослойных швов перед заваркой последующих (рис. 1.9).

Микроскопические шлаковые включения возникают в результате образования в процессе плавления некоторых химических соединений, остающихся в шве при кристаллизации.

Шлаковые включения могут иметь различную форму: круглую, шарообразную, плоскую в виде пленки или продолговатую как вытянутые "хвосты". По сравнению с порами шлаковым включениям присущи более вытянутая форма и большие размеры, благодаря чему они лучше обнаруживаются при ультразвуковом и магнитном методах контроля (рис. 1.10).

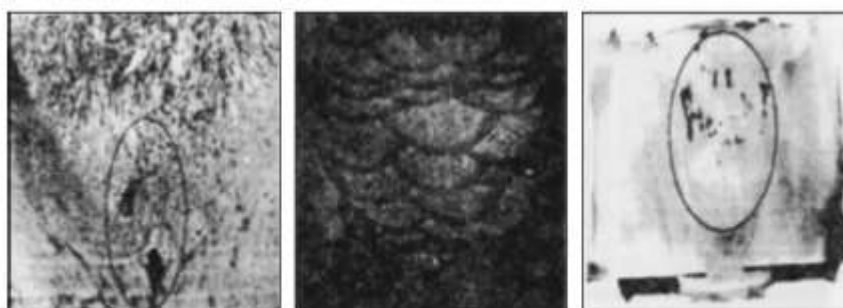
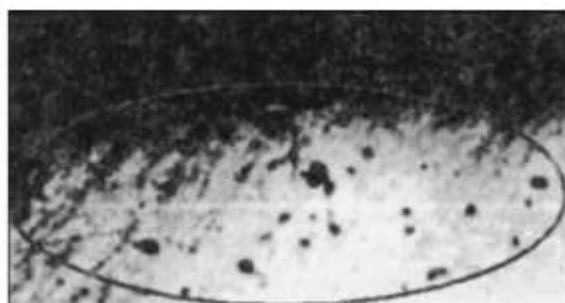


Рис. 1.10. Шлаковые включения

Оксидные пленки могут возникать при всех видах сварки. Причины их образования такие же, как и шлаковых включений:

- загрязненность поверхностей свариваемых элементов;

- плохая зачистка от шлака поверхности слоев шва при многослойной сварке;
- неудовлетворительное качество электродного покрытия или флюса;
- низкая квалификация сварщика и т.п.

Непровары и несплавления – это дефекты в виде местного несплавления в сварном соединении вследствие неполного расплавления кромок или поверхностей ранее выполненных валиков. Морфологическое различие между ними практически отсутствует. Поэтому по международной классификации [стандарт ISO 6520–1982 (E/F)] разделение терминов проводится по местоположению дефекта. Если не проварен корень одностороннего или двустороннего шва, то это называется непроваром (рис.1.11).

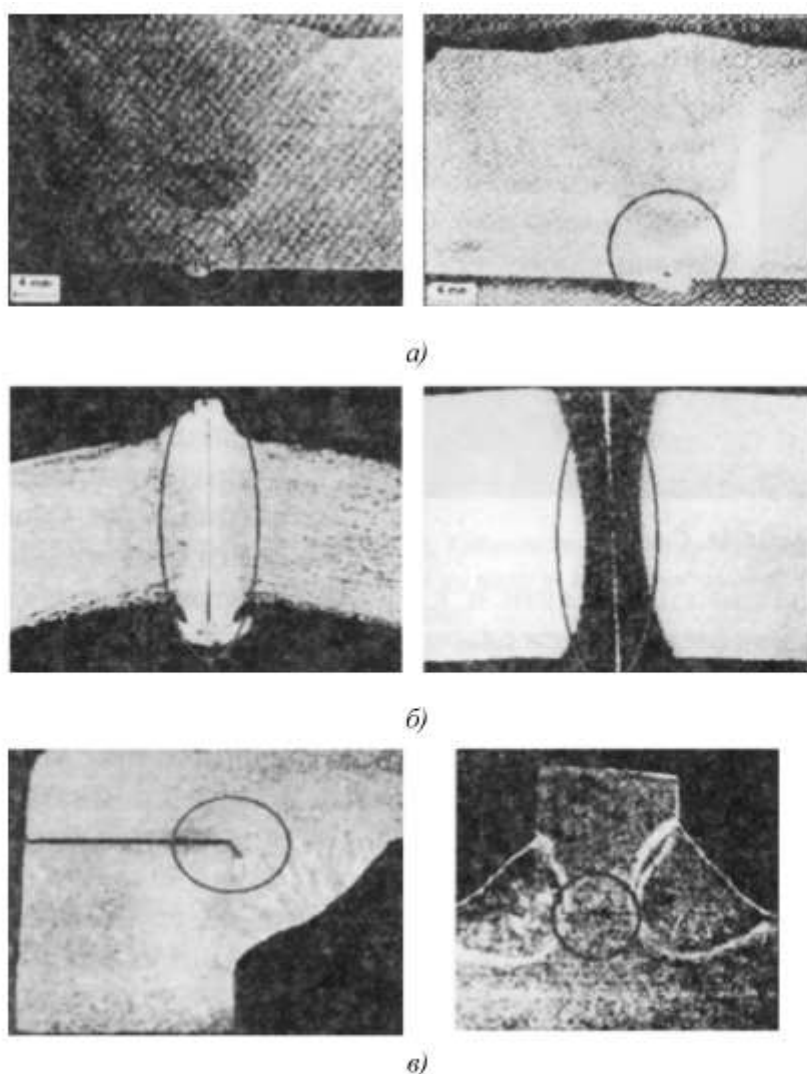


Рис. 1.11. Непровары в корне швов:

а – односторонних стыковых; *б* – двусторонних стыковых; *в* – тавровых и угловых

Все остальное классифицируется как несплавление (рис.1.12).

Несплавления основного металла с наплавленным представляют собой тонкую прослойку оксидов, а в некоторых случаях грубую шлаковую прослойку между основным и наплавленным металлами.

Причинами образования таких непроваров и несплавлений являются:

- плохая зачистка кромок свариваемых деталей от окалины, ржавчины, краски, шлака, масла и других загрязнений;
- блуждание или отклонение дуги под влиянием магнитных полей, особенно при сварке на постоянном токе;
- электроды из легкоплавкого материала: при выполнении шва такими электродами жидкий металл затекает на неоплавленные свариваемые кромки;
- чрезмерная скорость сварки, при которой свариваемые кромки не успевают расплавиться;
- значительное смещение электрода в сторону одной из свариваемых кромок, при этом расплавленный металл натекает на другую нерасплавленную кромку, прикрывая непровар;
- неудовлетворительное качество основного металла, сварочной проволоки, электродов, флюсов и т.д.

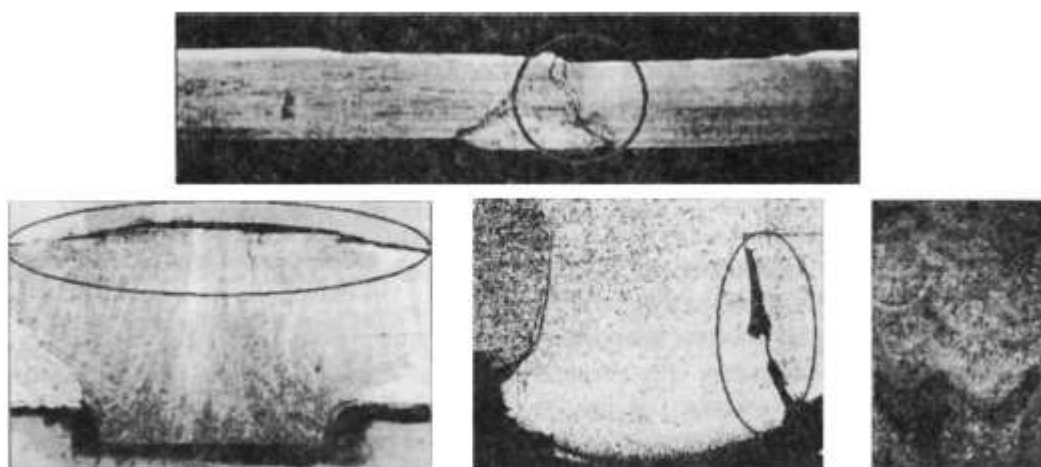


Рис. 1.12. Несплавления по кромкам и межваликовые

Причинами появления непроваров в корне шва кроме указанных ранее могут быть:

- недостаточный угол скоса кромок и большая величина их притупления;
- малый зазор между кромками свариваемых деталей;
- большое сечение электрода или присадочной проволоки, укладываемой в разделку шва, что значительно затрудняет расплавление основного металла.

Непровары между отдельными слоями возникают из-за:

- не полностью удаленного шлака, образовавшегося при наложении предыдущего валика;
- трудности его удаления или небрежности сварщика;
- недостаточной тепловой мощности (малый ток, излишне длинная или короткая дуга).

Непровары в корне швов с X- или К-образной разделкой кромок, по крайней мере, одну границу имеют гладкую (поверхность кромки основного металла), от которой ультразвук отражается зеркально.

Непровары в корне швов с V-образной разделкой являются, по существу, угловыми отражателями, поэтому обладают повышенной отражательной способностью. Границы несплавлений по кромке гладкие, а с другой стороны шероховатые. В многопроходных швах часто встречаются горизонтально ориентированные несплавления, с трудом обнаруживаемые наклонным пьезоэлектрическим преобразователем (ПЭП), но хорошо – прямым ПЭП (рис.1.13).



Рис.1.13. Горизонтальное межваликовое несплавление

Трещины – частичное местное разрушение сварного соединения в виде разрыва (рис. 1.14). Образование трещин вызывается следующими факторами:

- сваркой легированных сталей в жестко закрепленных конструкциях;
- высокой скоростью охлаждения при сварке углеродистых сталей, склонных к закалке на воздухе;
- использованием повышенных плотностей сварочного тока при наложении первого слоя многослойного шва на толстостенные сосуды и изделия;
- недостаточным зазором между кромками деталей при электрошлаковой сварке;
- слишком глубокими и узкими швами при автоматической сварке под флюсом;
- выполнением сварочных работ при низкой температуре.

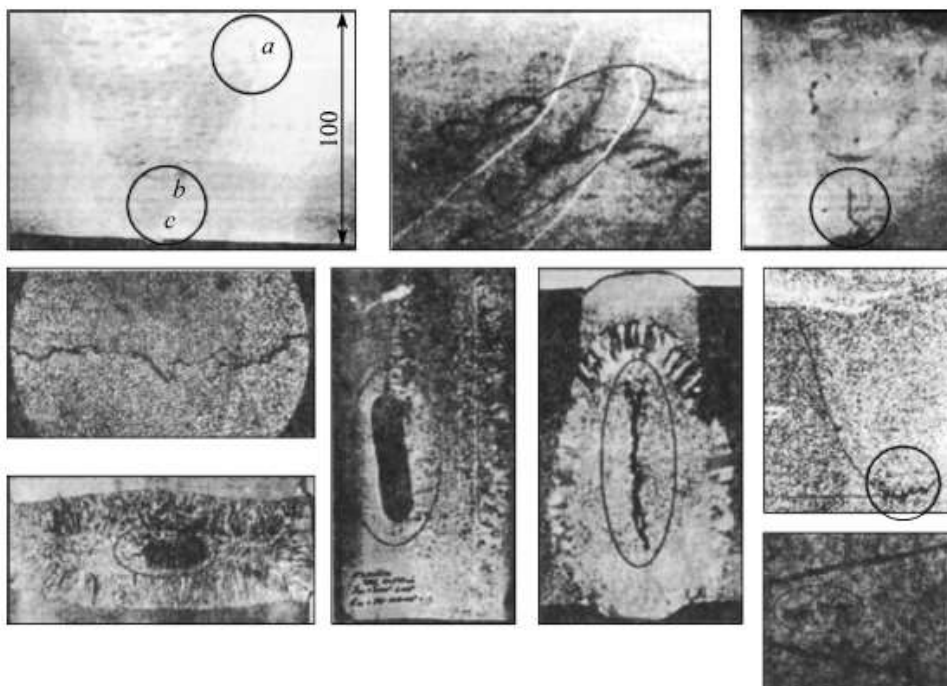


Рис. 1.14. Трещины

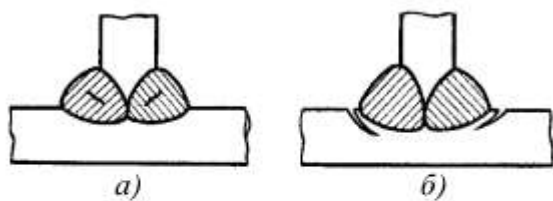


Рис. 1.15. Трещины в сварных швах и соединениях:
a – в наплавленном металле; *б* – в зонах сплавления и термического влияния

Трещины относятся к числу наиболее опасных факторов и по всем действующим нормативно-техническим документам они недопустимы (рис. 1.15).

Горячие трещины – это разрывы металла в процессе кристаллизации. Поэтому они расположены в самом шве. Как правило, такие трещины имеют

небольшие размеры, малое раскрытие, слабошероховатую, почти плоскую поверхность. Отражение ультразвуковых (УЗ) колебаний от них близко к зеркальному, и поэтому они выявляются плохо.

Существенным фактором, влияющим на образования горячих трещин, является засоренность основного и присадочного металлов вредными примесями серы и фосфора. То же самое можно сказать об усталостных трещинах (рис. 1.16).

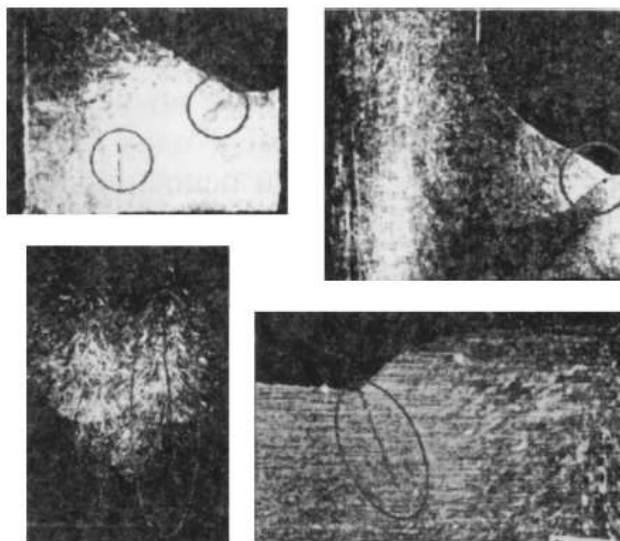


Рис. 1.16. Усталостные трещины

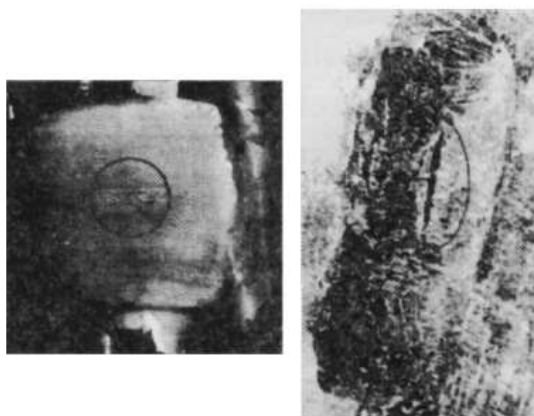


Рис. 1.17. Поперечные трещины

К горячим трещинам относятся так-же поперечные, ориентированные поперек шва и расположенные в шве или околошовной зоне (рис. 1.17).

Наличие в электродах ниобия при сварке высоколегированных сталей, как правило, приводит к поперечным трещинам.



Рис. 1.18. Паукообразные трещины

Холодные трещины образуются при наличии составляющих мартенситного и бейнитного типов, концентрации диффузного водорода в зоне зарождения трещин и растягивающих напряжений I рода.

Холодные трещины характеризуются в основном значительно большими размерами, неровной поверхностью, сильной развитостью в трехмерном пространстве. Довольно легко они обнаруживаются по «блестящим точкам», т.е. по участкам, благоприятно ориентированным к падающему лучу УЗ. Паукообразные трещины сильно разветвлены, поэтому их нетрудно выявить (рис. 1.18).

Для электронно-лучевой (ЭЛС) и лазерной сварки (ЛС) наиболее характерны: несплавления за счет смещения луча вследствие намагничивания (ЭЛС) или непостоянства зазора по длине (ЛС); газовые полости, образующиеся при неполном закрытии газодинамического канала; дефекты формирования шва за счет выброса металла; пористость.

Металлические включения. В практике наиболее распространены вольфрамовые включения (рис. 1.19) при сварке алюминиевых сплавов. Вольфрамовые включения обычно возникают во время аргонодуговой сварки вольфрамовым электродом. При этом могут наблюдаться мгновенная нестабильность дуги и появление одновременно с вольфрамовыми включениями оксидных включений.

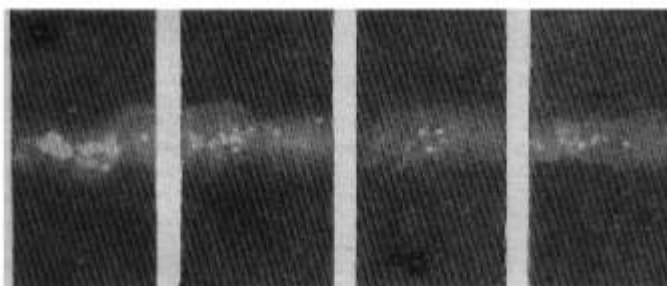


Рис. 1.19. Вольфрамовые включения в швах сварных соединений алюминиевого сплава (рентгеновский снимок)

Вольфрамовые включения могут располагаться внутри шва и на поверхности соединений в виде брызг. При попадании вольфрама в жидкую ванну он обычно погружается на дно ванны. Вольфрам в алюминии нерастворим и обладает большой плотностью. На рентгеновском снимке он дает характерные ясные изображения произвольной формы (см. рис. 1.19).

Вольфрамовые включения, как правило, образуются в местах обрыва дуги, при этом вольфрам отлагается в вершине кратеров, где часто появляются трещины. Вольфрамовые включения подразделяют на две основные группы: изолированные и групповые. Размер диаметра изолированных включений 0,4...3,2 мм. Групповые включения описывают (по рентгенограмме) размером группы, количеством и размером отдельных (изолированных) включений в группе, при этом размер последней характеризуется размером минимальной окружности, в которую вписывается группа включений. Если изображение нескольких включений сливается, то их принимают за одно включение.

КЛАССИФИКАЦИЯ И ВЫБОР МЕТОДОВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

В основу классификации методов неразрушающего контроля (НК) положены физические процессы взаимодействия физического поля с объектом контроля.

По физическим явлениям, на которых эти методы основаны, выделяют девять видов НК: магнитный, электрический, вихрековый, радиоволновой, тепловой, визуально-оптический, радиационный, акустический и проникающими веществами (капиллярный).

Магнитный метод контроля основан на регистрации магнитных полей рассеяния, возникающих над дефектами, или на определении магнитных свойств контролируемых изделий. Его применяют, как правило, для контроля объектов из ферромагнитных материалов. При этом методе во всех случаях используют намагничивающие объекты и измеряют параметры, используемые при контроле магнитными методами. В зависимости от магнитных свойств материала (коэрцитивной силы, магнитной проницаемости, остаточной индукции), формы и размеров контролируемого изделия применяют два способа намагничивания:

- приложенного магнитного поля;
- остаточной намагниченности.

Информацию о магнитной проницаемости и ее изменении в зависимости от напряженности магнитного поля получают с помощью катушки индуктивности (индуктивный метод).

Для индицирования полей рассеяния на дефектах и измерения магнитных характеристик материалов также используют датчики типа феррозондов (феррозондовый метод), преобразователи Холла, магниторезисторы. Часто для регистрации полей рассеяния над дефектом применяют магнитные порошки или магнитные суспензии (магнитопорошковый метод).

Вихретоковый метод (электромагнитный метод) основан на регистрации и анализе взаимодействия электромагнитного поля вихретокового преобразователя с электромагнитным полем вихревых токов, наводимых в контролируемом объекте. Этим методом контролируют изделия из электропроводящих материалов.

Электрический метод НК состоит в регистрации параметров электрического поля, взаимодействующего с контролируемым объектом. Информативными параметрами являются электрическая емкость или потенциал. Емкостный вид метода применяют для контроля диэлектрических или полупроводниковых материалов. По изменению диэлектрической проницаемости контролируют химический состав пластмасс, полупроводников, наличие в них несплошностей, влажность сыпучих материалов и др. Потенциальный вид используют для контроля толщины проводящего слоя полупроводников, наличия в них несплошностей.

Радиоволновой метод НК основан на регистрации изменений параметров электромагнитных волн радиодиапазона, взаимодействующих с контролируемым объектом. Обычно применяют волны сверхвысокой частоты (СВЧ) длиной 1...100 мм и контролируют изделия из материалов, где радиоволны не очень сильно затухают: диэлектрики (пластмассы, керамика, стекловолокно), магнитодиэлектрики (ферриты), полупроводники, тонкостенные металлические объекты. Информативными параметрами являются амплитуда, фаза, вектор поляризации, частота, время распространения волн.

Тепловой метод НК заключается в регистрации изменения тепловых полей контролируемого объекта. Он применим к объектам из любых материалов и толщин.

Визуально-оптический метод НК основан на наблюдении и анализе параметров оптического излучения, взаимодействующего с контролируемым объектом. При визуальном контроле измеряемой характеристикой является изменение интенсивности света. Зрительно контролируют исходные материалы, полуфабрикаты, готовую продукцию, обнаруживают отклонения формы и размеров валиков сварных швов, изъяны материала и обработки, поверхностные дефекты.

Однако возможности глаза ограничены, и поэтому применяют оптические приборы (лупы, эндо- и микроскопы), которые позволяют расширить пределы возможностей человеческого глаза. Визуальный контроль с применением оптических приборов называют визуально-оптическим. Он состоит в использовании явления отражения видимого света от исследуемого объекта.

Капиллярные методы основаны на капиллярном проникновении в полость дефектов контролируемых объектов пробных веществ, в частности индикаторной жидкости, хорошо смачивающей материал изделия. Их применяют для обнаружения слабо видимых невооруженным глазом поверхностных дефектов в изделиях из любых материалов.

Методы течеискания используют для выявления только сквозных дефектов в замкнутых (герметичных) емкостях. В полость дефекта пробное вещество проникает под действием либо разности давлений, либо капиллярных сил. Регистрация прошедшего пробного вещества фиксируется определенным образом с наружной стороны изделия.

Радиационный метод НК основан на регистрации и анализе проникающего через объект ионизирующего излучения. Информативным признаком метода является ослабление интенсивности ионизирующего излучения. Этот метод применим к любым материалам и позволяет определить не только макродефекты, но и микроструктуру металлов.

Акустический метод НК заключается в регистрации параметров упругих волн, возбуждаемых или возникающих в объектах. Чаще всего используют упругие волны УЗ диапазона (с частотой колебаний $f \geq 20$ кГц). Этот метод называют еще УЗ. К акустическим методам относится акустическая эмиссия, когда в изделии возникают упругие колебания вследствие перестройки структуры, зарождения и развития дефектов, коррозионного растрескивания, пластического деформирования и др.

В зависимости от вида акустического метода (УЗ дефектоскопия, акустическая эмиссия) информативными признаками являются: амплитуда, фаза, время распространения, число импульсов, амплитудно-частотный спектр, плотность сигналов и др.

ВЫБОР МЕТОДОВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

При выборе метода или комплекса методов НК конкретных деталей или узлов необходимо учитывать следующие основные факторы: характер (вид) несплошности и ее расположение, чувствительность метода контроля, условия работы деталей и технические условия (ТУ) на изделие, материал детали, состояние и шероховатость поверхности, форму и размер детали, зоны контроля, доступность детали и зоны контроля, условия контроля. Ниже рассматриваются факторы, влияющие на выбор методов НК.

Характер несплошностей, подлежащих выявлению. В зависимости от происхождения несплошности различаются размерами, формой и средой, заполняющей их полости. Так, например, трещины имеют протяженную форму, различные раскрытие и глубину. В полости трещин могут быть оксиды, смазка, нагар и другие загрязнения. Для трещин характерны резкие очертания, острые углы, а неметаллические включения, закаты и заковы часто бывают округлой формы. Поэтому, учитывая особенности и несплошность, которую необходимо обнаружить, выбирают метод НК для ее надежного выявления.

Так, для обнаружения поверхностных трещин с малой шириной раскрытия (0,5...5 мкм) на деталях из ферромагнитных материалов наиболее эффективен магнитный метод, а из немагнитных материалов – вихретоковый или капиллярный метод, и совершенно непригоден, например, радиографический. Для выявления внутренних скрытых несплошностей целесообразно применять радиационные или УЗ методы.

Чувствительность методов НК. Она определяется наименьшими размерами выявляемых несплошностей:

- у поверхностных шириной раскрытия у выхода на поверхность, протяженностью в глубь металла и по поверхности изделия;
- у внутренних размерами несплошности с указанием глубины залегания.

Чувствительность зависит от физических особенностей метода НК, технических параметров применяемых средств контроля, чистоты обработки поверхности контролируемой детали, толщины детали, физико-химических свойств ее материала, условий контроля и других факторов.

Оценочные данные о чувствительности некоторых методов НК приведены в табл. 2.1

Таблица 2.1. Чувствительность методов НК

Метод	Минимальные размеры выявляемых несплошностей, мкм		
	Ширина раскрытия	Глубина	Протяженность
Визуально-оптический	5...10	-	100
Цветной	1...2	10...30	100...300
Люминесцентный	1...2	10...30	100...300
Магнитопорошковый	1	10...50	30
Вихретоковый	0,5...1	150...200	600...2000
УЗ	1...30	-	-
Радиографический	100...500	1...1,5 от толщины	-

При толщине металла < 7 мм относительная чувствительность радиографического метода резко снижается и при толщине 1 мм составляет ~10 %.

Место расположения на детали возможных несплошностей.

Несплошности можно условно разделить на поверхностные, подповерхностные (глубиной 0,5...1,0 мм) и внутренние (глубина залегания > 1,0 мм). Для выявления поверхностных дефектов применимы все методы, но, как правило, наиболее эффективны из них визуально-оптический, магнитопорошковый и капиллярные. Для обнаружения подповерхностных несплошностей эффективны УЗ, токовихревой, магнитопорошковый, а внутренних – только методы УЗ и радиографический.

Условия работы детали. Они определяют наиболее вероятные места возникновения дефектов, связанных с повышенной концентрацией напряжений, воздействием знакопеременных нагрузок, агрессивных сред, температурных условий. Любые конструктивные или технологические дефекты могут стать очагами усталостного разрушения. Учет условий работы деталей позволяет выявить критические места конструкции и установить за ними тщательный контроль неразрушающими методами.

Технические условия на изделие. ТУ на изделие включают в себя количественные критерии недопустимости в нем разного рода дефектов. При этом в различных частях изделия могут быть неодинаковые требования к его качеству. Часто в ТУ указывают и методы контроля, которые необходимо применять на данном изделии. Требования о применении различных методов

НК могут быть изложены и в других документах: правилах контроля, правилах эксплуатации сосудов, на чертежах и т.д.

Физические свойства материалов деталей. Физические свойства материалов имеют важнейшее значение при выборе методов НК. Для применения магнитного метода материал должен быть ферромагнитным и однородным по магнитным свойствам структуры. Вихретоковый метод контроля используется, если материал электропроводен, однороден по структуре и изотропен по магнитным свойствам. Для УЗ контроля материал должен обладать свойствами упругости. Капиллярные методы оправданы при непористом и стойком к воздействию органических растворителей материале. Применение методов просвечивания ионизирующими излучениями ограничивается лишь способностью материала поглощать данные излучения и толщиной материала.

Форма и размеры контролируемых деталей. Применимость некоторых методов для контроля изделий сложной формы ограничена, например ультразвукового – из-за трудности расшифровки результатов контроля и наличия мертвых зон, а также капиллярного – из-за трудности выполнения отдельных операций, особенно подготовки деталей к контролю и удаления с поверхности проникающей жидкости.

Крупногабаритные изделия контролируют, как правило, по частям.

Зона контроля. В ней не должно быть конструктивных элементов, препятствующих контролю, например УЗ: отверстий, заклепок, болтов и т.д.

Состояние и степень шероховатости поверхности. Чувствительность методов НК, особенно магнитопорошкового, капиллярных, УЗ зависит от степени шероховатости поверхности, наличия на ней различных защитных покрытий. Капиллярные методы не могут быть выполнены по лакокрасочным покрытиям. Вихретоковый контроль возможен при наличии покрытий толщиной 0,2...0,5 мм. УЗ контроль сварных соединений проводят при $Rz < 40$ мкм.

Условия контроля и наличия подходов к проверяемому объекту. Как правило, НК выполняется при температуре $t > 0$ °С. Зона контроля должна быть ограждена от источников загрязнения (например, от пыли зачистных машинок), а условия контроля быть безопасными, чтобы внимание дефектоскописта было в полной мере направлено на объект контроля.

Большинство методов НК может быть применимо для контроля при доступе с одной стороны. Метод просвечивания ионизирующими излучениями требует доступа с двух сторон детали.

Методы НК выбирают с учетом перечисленных факторов. Очень часто применения одного метода недостаточно для проверки качества изделия по требуемым параметрам. В таких случаях используют комплекс методов НК.

Например, при радиографическом контроле сварных соединений хорошо выявляются объемные несплошности (поры, шлаковые включения) и плоскостные дефекты с ориентацией, близкой к направлению просвечивания, и раскрытием > 100 мкм. УЗ контроль хуже выявляет объемные дефекты, зато позволяет обнаруживать плоскостные дефекты с раскрытием < 100 мкм.

Сочетание этих методов при контроле ответственных металлоконструкций дает возможность выявить все опасные дефекты указанных типов.

Для обслуживающего персонала наиболее опасны радиационные методы. Определенную токсичность имеют методы капиллярные и течеискания при использовании некоторых типов пробных веществ и ультрафиолетовых осветителей. Заметного влияния на здоровье обслуживающего персонала остальных методов не установлено.

По возможностям автоматизации контроля наиболее благоприятны вихретоковый вид контроля, магнитные методы с феррозондовыми, индукционными и тому подобными типами преобразователей, радиационный радиометрический метод и некоторые виды тепловых.

Главные их преимущества заключаются в отсутствии необходимости прямого контакта преобразователя с изделием и представлении информации о дефектах в виде показаний приборов. Перечисленным методам уступает УЗ, для которого обязателен акустический контакт преобразователей с изделием, например через слой воды. Трудность автоматизации других методов заключается в необходимости визуальной обработки данных о дефектах, которые эти методы выявляют.

По стоимости выполнения контроля к наиболее дорогим относятся методы радиографические и течеискания. Это связано с длительностью операций контроля, а также необходимостью капитальных затрат на оборудование и помещения. Низкой производительностью также отличается капиллярный контроль. Если сравнивать, например, затраты на радиационный и УЗ контроль сварных соединений толщиной 10...20 мм, то для УЗ контроля они будут в 3–5 раз меньше. Преимущество будет возрастать с увеличением толщины сварных соединений.

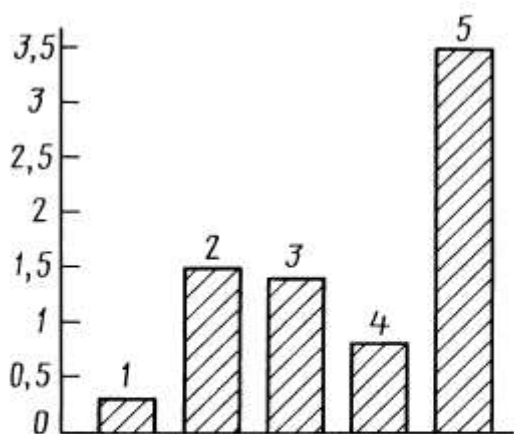


Рис. 2.1. Сравнительная выявляемость дефектов различными методами контроля: 1 – визуально-оптическим; 2 – рентгено- и γ -графическими; 3 – магнитными; 4 – капиллярными; 5 – УЗ

Резюмируя изложенное, необходимо отметить, что при сопоставлении методов НК наиболее важной характеристикой является обнаружение дефектов. На рис. 2.1. приведены условные коэффициенты выявляемости различными методами НК наиболее частных дефектов сварных соединений.

Из рис. 2.1 видно, что наиболее эффективным методом является УЗ. По данным отечественных и зарубежных исследователей, выявляемость капиллярным и визуальным методами – 0,2; рентгено- и гаммаграфический методы характеризуются оценкой, близкой к 1,7. В то же время для УЗ метода этот

коэффициент $> 3,0$.