

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Технологии металлов»

ТЕХНОЛОГИИ И ДЕФЕКТЫ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ

*Методические рекомендации к практическим занятиям
для студентов направления подготовки
12.03.01 «Приборостроение»
очной формы обучения*



Могилев 2022

УДК 621.01
ББК 34.4
Т87

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Технологии металлов» «16» марта 2022г.,
протокол № 11

Составитель канд. техн. наук, доц. И. А. Лозиков

Рецензент канд. техн. наук, доц. Д. М. Свирепа

Рассматриваются основные способы производства деталей машин и механизмов с применением современного металлообрабатывающего оборудования.

ТЕХНОЛОГИИ И ДЕФЕКТЫ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ

Учебно-методическое издание

Ответственный за выпуск	Д. И. Якубович
Корректор	Т. А. Рыжикова
Компьютерная верстка	Е. В. Ковалевская

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 36 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.
Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2022

Содержание

1 Практическая работа № 1. Анализ изломов.....	4
2 Практическая работа № 2. Анализ дефектов поверхности.....	8
3 Практическая работа № 3. Анализ дефектов макроструктуры.....	10
4 Практическая работа № 4. Анализ дефектов отклонения от формы и эксплуатационных дефектов.....	17
5 Практическая работа № 5. Анализ дефектов литья.....	20
6 Практическая работа № 6. Анализ дефектов при обработке металлов давлением.....	22
7 Практическая работа № 7. Анализ сварочных дефектов.....	25
8 Практическая работа № 8. Анализ дефектов при обработке металлов резанием.....	29
Список литературы.....	31

1 Практическая работа № 1. Анализ изломов

Цель работы: ознакомиться с методикой проведения анализа изломов металлов и сплавов.

Оборудование, инструменты и приборы

1 Коллекция образцов.

2 Лупа.

1.1 Общие теоретические сведения

До последнего времени методика изучения изломов, большей частью сводившаяся к визуальному и макроскопическому изучению, специально не разрабатывалась и поэтому значительно отставала от развития металлографических и механических методов исследования материалов.

Не все применяемые в настоящее время методы изучения изломов являются достаточно разработанными и широко опробованными.

Визуальное изучение заключается в осмотре поверхности излома невооруженным глазом и позволяет выявить общий характер строения излома, достаточно крупные дефекты материала и т. п. Визуальный осмотр применяется как самостоятельный метод анализа изломов, а также является необходимой и обязательной первой стадией всех других методов анализа излома.

Визуальный осмотр издавна применяется для оценки изломов, поскольку при этом можно получить ценные данные о качестве, а также о причинах и характере разрушения материала. В последнее время возможности визуальной оценки изломов возросли за счет того, что происхождение различных неровностей на поверхности изломов, например, «рубцов», «ступенек», «шевронов», «гипербол» и т. п. объяснено в ряде работ.

Наиболее интенсивно изучалось происхождение и значение различных особенностей в строении усталостных изломов. Продолжает развиваться также изучение строения изломов, имеющих дефекты, обусловленные процессами производства и обработки материала.

Особенно тщательному осмотру излом подвергается в тех случаях, когда анализ излома является одной из стадий определения действительных причин разрушения детали в эксплуатации.

Все замеченные особенности строения наносят на схему излома или его фотографию. Анализируя и суммируя целый ряд обнаруженных особенностей, можно прийти к правильным заключениям.

Излом следует тщательно охранять от механических повреждений и дальнейшего окисления: сильно забитая, окислившаяся или загрязненная поверхность излома может сделать невозможным его изучение.

Для анализа разрушения и исследования излома желательно иметь все части разрушенной детали в том виде, в котором они были обнаружены после поломки детали или узла, где работала аварийная деталь, а также все поврежденные детали из других узлов.

Детали и в особенности их изломы очищают от грязи, масла, копоти, ржавчины и каких-либо посторонних отложений только после тщательного осмотра излома и поверхности исследуемых деталей в том виде, в котором они были получены непосредственно после разрушения.

Наличие окислов и следов затекшего масла, краски и т. п. на поверхности излома может указывать на границу трещины, возникшей в детали при изготовлении или на первых этапах ее работы. Наличие следов затекшей в трещину краски, окислов и т. д. помогает судить также о пути и скорости распространения трещины.

После осмотра излома в нетронутым виде со следами масла, грязи и т. п. его аккуратно очищают от посторонних налетов, промывая в каком-либо растворителе. Для этих же целей можно использовать бензин, спирт. Очистка производится многократным погружением в жидкость и протиранием волосистой щеткой. После промывки излом просушивают. Имеющиеся на изломе стального образца окислы удаляют, погружая его на несколько минут в 20-процентный раствор серной кислоты с добавкой «ЧМ» по ТУ МИП 521–54 (добавка «ЧМ» замедляет травление); изломы алюминиевых образцов очищают в 10-процентном растворе щелочи (NaOH, KOH).

При фрактографическом изучении поверхности излома или исследовании строения его профиля не следует излом очищать серной кислотой или другими реактивами, растворяющими металл.

Если разрушение произошло во влажной атмосфере или при низкой температуре, то, чтобы избежать окисления поверхности, излом следует, если это возможно, немедленно, не промывая, высушить, например, в струе теплого воздуха.

Изломы, покрытые окислившимся, закоксованным маслом или грязью, можно очистить резинкой (стальных деталей – чернильной, деталей из легких сплавов – простой).

Выявляемое после очистки поверхности более детальное строение излома также отмечается на схеме или фотоснимке. При осмотре излом наклоняют под разными углами к наблюдателю, что дает возможность яснее определить

рельеф различных участков излома и выявить участки с различным блеском. После осмотра излома невооруженным глазом его просматривают через лупу 5–10-кратного увеличения, желательнее с большим полем зрения, при косом освещении объекта. Отдельные участки излома просматриваются затем под бинокулярным микроскопом при линейном увеличении около 20–80; просмотр мелких дефектов материала на изломе в виде включений, пор, а также подробное изучение строения фокуса излома в некоторых случаях целесообразно проводить при увеличении до 120. Общим правилом при пользовании оптическими приборами для рассмотрения строения излома должен быть постепенный переход ко все большим увеличениям.

Закончив осмотр излома, приступают к фотографированию его (при наличии характерных отложений излом целесообразно сфотографировать и до очистки), которое также следует производить при косом освещении объекта. Наилучший угол освещения фотографируемой поверхности выбирают в каждом случае разный, в зависимости от характера неровностей на поверхности и от необходимости наиболее четко передать на фотоснимке ту или другую особенность в строении излома. Кристаллические изломы лучше фотографировать в затемненном поле, т. к. яркие блики на снимке уменьшают четкость изображения. Увеличение выбирают, исходя из степени «гладкости» поверхности и общих габаритов детали или образца, при этом часто нецелесообразно стремиться к большим увеличениям, чтобы не снижать глубину изображения. Обычно четкая картина макростроения излома получается при увеличении не более 10, а при фотографировании изломов из цветных сплавов, имеющих, как правило, особенно шероховатую поверхность, не более 5. При фотографировании отдельных участков изломов можно применять и большие увеличения, однако обычно не выше 16–20.

Таким образом, визуальное и микроскопическое изучение излома рекомендуется производить в следующем порядке.

1 Осмотр неочищенного излома невооруженным глазом при помощи лупы 5–10-кратного увеличения и бинокулярного микроскопа при увеличении 20–40.

2 Фотографирование неочищенного излома (может быть заменено зарисовкой схемы).

3 Промывка, очистка и просушка излома.

4 Осмотр очищенного излома невооруженным глазом при помощи лупы 5–10-кратного увеличения, бинокулярного микроскопа при увеличении 20–80 и отдельных участков излома при увеличении 80–120.

5 Фотографирование излома и отдельных участков его поверхности.

Излом может быть различным по форме, виду и способности к отражению света. По виду излома устанавливают характер и причины разрушения изделия, неоднородность структуры, обусловленную термической и химико-термической обработкой (толщину цементованного, закаленного, обезуглероженного слоя) и другие особенности строения.

Хрупкий излом имеет кристаллическое строение. В нем обычно можно видеть форму и размер зерен металла. Такой излом проходит или по границам зерен (межкристаллический) или по зернам (транскристаллический) (рисунок 1.1.). Его разновидностями являются нафталинистый, камневидный (рисунок 1.2.). Вязкий излом имеет волокнистое строение. Из-за значительной степени пластической деформации форма и размеры зерен не различаются.

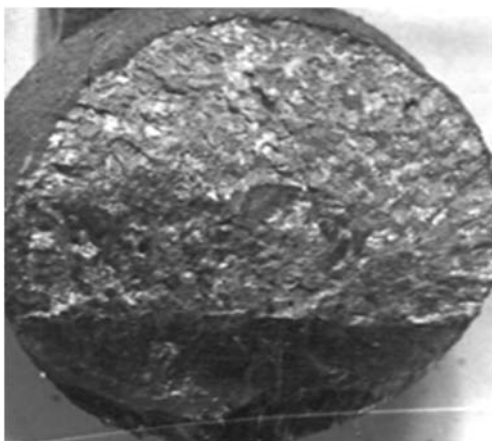


Рисунок 1.1 – Нафталинистый излом

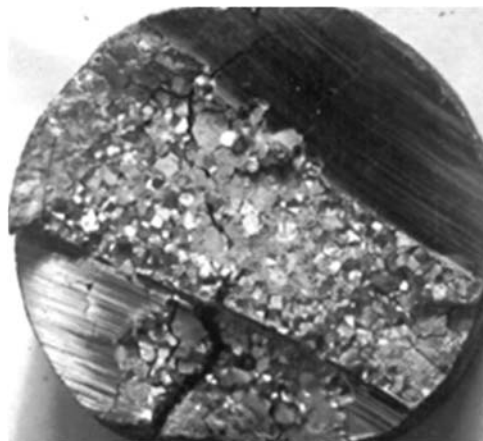


Рисунок 1.2 – Камневидный излом

Усталостный излом имеет две зоны разрушения: усталостную с мелкозернистым, фарфоровидным, часто ступенчато-слоистым строением, иногда с отдельными участками блестящей гладкой поверхности и зону обычного вязкого или хрупкого разрушения.

В некоторых случаях излом бывает смешанный – кристаллический на одних участках и волокнистый на других.

1.2 Порядок выполнения работы

- 1 Изучить сущность, возможности и методики анализа изломов.
- 2 Определить и описать вид излома предложенного образца.
- 3 Зарисовать дефект и определить его вид (дать описание).

1.3 Содержание отчета

- 1 Цель работы.
- 2 Методика проведения анализов изломов.
- 3 Виды изломов.
- 4 Эскиз излома с описанием его вида.

Контрольные вопросы

- 1 Дать определения основным видам изломов.
- 2 Указать причины возникновения изломов.
- 3 Чем отличаются различные виды изломов?

2 Лабораторная работа № 2. Анализ дефектов поверхности

Цель работы: ознакомиться с методикой проведения анализа дефектов поверхности изделий из металлов и сплавов.

Оборудование и инструмент

- 1 Коллекция образцов.
- 2 Лупа.

2.1 Основные виды дефектов поверхности

Трещины от напряжений – угловые, поперечные, продольные – обусловлены, соответственно, искажением профиля, высокой скоростью разлива металла, высоким содержанием вредных примесей, неравномерным затвердеванием, трением слитка в кристаллизаторе и другими причинами, вызывающими высокие термические и фазовые напряжения.

Поры возникают из-за избыточной влажности, газовой выделенной формы или смазки кристаллизатора, недостаточной раскисленности стали.

Загрязнения на поверхности заготовки, вкатанные металлические и неметаллические частицы – скопления неметаллических включений в виде пристывших, прикатанных кусочков шлака, металла или инородных частиц (рисунок 2.1), попавших в металл вследствие размыва огнеупоров ковша, реперполнения металла в калибрах.

Отслоения возникают на поверхности проката из-за наличия газовых пузырей, неметаллических включений, усадочной раковины и т. д. (рисунок 2.2).

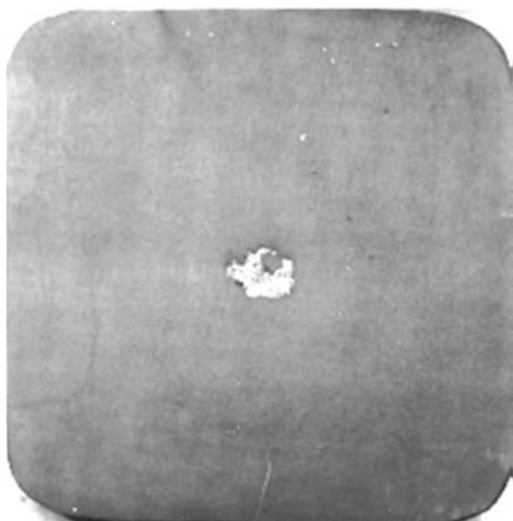


Рисунок 2.1 – Включения шамота

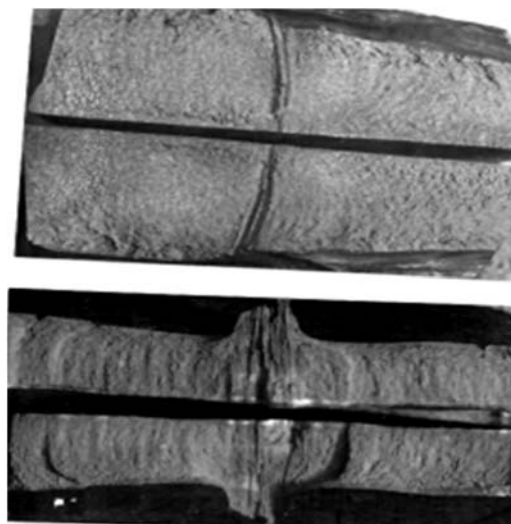


Рисунок 2.2 – Расслоения

Раскатанные дефекты – пузыри – имеют вид прямолинейных продольных групповых трещин на поверхности проката.

Продольные трещины подобны предыдущему дефекту, но более грубые, чаще одиночные (стенки покрыты окалиной и обезуглерожены).

Корочки выглядят в виде частичного местного отслоения металла или разрывов поверхности.

Рябизна – углубления от вдавленной окалины, образовавшиеся при ковке, прокатке или правке металла.

Закат – прикатанный продольный выступ металла с одной или двух диаметрально противоположных сторон, образовавшийся в результате вдавливания уса, подреза (рисунок 2.3).

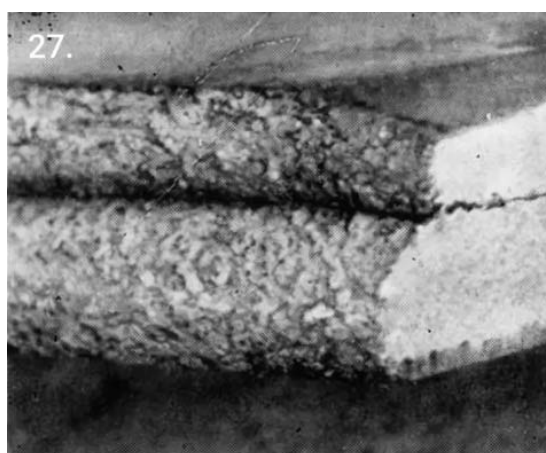


Рисунок 2.3 – Закат

2.2 Порядок выполнения работы

1 Изучить сущность, возможности и методики анализа дефектов поверхности.

2 Определить и описать вид дефекта поверхности предложенного образца.

3 Зарисовать дефект и определить его вид (дать описание).

2.3 Содержание отчета

1 Цель работы.

2 Методика проведения анализов дефектов поверхности.

3 Виды дефектов поверхности.

4 Эскиз дефекта с описанием его вида.

Контрольные вопросы

1 Дать определения основным видам дефектов поверхности.

2 Указать причины возникновения дефектов поверхности.

3 Чем отличаются различные виды дефектов поверхности?

3 Лабораторная работа № 3. Анализ дефектов макроструктуры

Цель работы: ознакомиться с методикой проведения анализа дефектов макроструктуры.

Оборудование и инструмент

1 Коллекция образцов.

2 Лупа.

3.1 Общие теоретические сведения

Макроанализ шлифов. Образцы (*темплеты*) для макроанализа вырезают из наиболее характерных участков заготовок. Например, при исследовании разрушенных изделий макрошлиф должен выявлять те дефекты, которые предположительно явились причиной разрушения. При контроле качества слитков и других видов металлопродукции места отбора проб указываются в специальных стандартах.

Направление вырезки образцов выбирается в зависимости от целей анализа. При изучении строения слитка обязателен продольный осевой разрез. Макроструктуру катаных заготовок, как правило, изучают в поперечном сечении, кованных – в поперечном или продольном сечениях и т. д.

Для отбора проб пригодны все способы, но не вызывающие изменения структуры. Последующая обработка образцов заключается в шлифовании их с охлаждением на станках или с помощью тонкой шлифовальной бумаги.

Со шлифованной поверхности удаляются следы грязи, масла и т. д. Ряд дефектов макроструктуры уже могут быть рассмотрены на подготовленном таким образом макрошлифе, но в большинстве случаев требуются дополнительные меры для их выявления. Они делятся на три основные группы:

1) метод глубокого травления, позволяющий выявить трещины различного типа, обезуглероженный или цементованный слой, дендритную структуру и т. д.;

2) метод поверхностного травления, позволяющий выявить отдельные детали структуры (размеры зерна, направление роста кристаллов, неоднородность структуры), макроструктуры сварного шва и др. В состав реактивов входят различные кислоты, соли и другие вещества. Наиболее простые составы реактивов: 10–25-процентный водный раствор азотной кислоты, 50-процентный водный раствор соляной кислоты и др. Время воздействия реактива на поверхность шлифа колеблется от 0,5...1,0 мин до 2 ч;

3) метод отпечатков, позволяющий получить изображение макроструктуры на фотобумаге, фотопленке или материи. При этом материал с нанесённым на него реактивом прижимается к поверхности шлифа, реактив реагирует с определенными структурными составляющими, в результате чего происходит характерное окрашивание определенных участков. Этим методом определяют в сталях количество, размер и форму зернистых включений, распределение оксидных включений, фосфора.

Наиболее часто встречаются следующие дефекты макроструктуры.

Центральная пористость усадочная в непрерывно-литой заготовке (рисунки 3.1 и 3.2).

Причины возникновения: не обеспечивается достаточное поступление жидкого металла в объемы, где заканчивается затвердевание.

Предупреждение: оптимальная температура металла при разливке, соблюдение скорости разливки.

Примечание – Если усадочные поры не вскрыты, то при горячей деформации они завариваются.

Усадочная раковина – полость, возникающая в прибыльной части слитка в следствие усадки стали. При неполном удалении прибыли остатки усадочной раковины переходят в прокат. Выявляются в изломе в виде темных полос, расслоений, стенки которых содержат неметаллические и шлаковые включения.

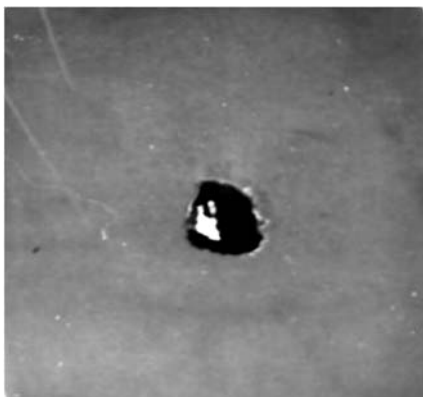


Рисунок 3.1 – Единичная пора

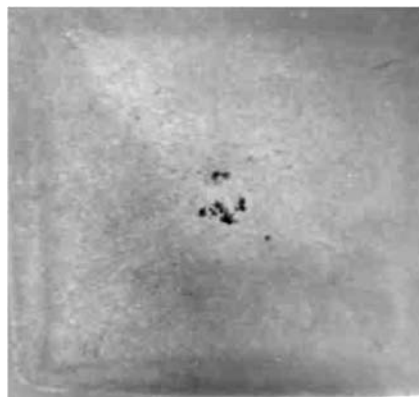


Рисунок 3.2 – Скопление пор

Пузыри представляют собой грубые поры, которые могут быть групповыми и одиночными, могут располагаться по всему сечению, в центре или у поверхности слитка или заготовки.

Пористость по оси – мелкие пустоты, не заварившиеся при горячей обработке давлением слитка (рисунок 3.3). На макрошлифе пористость выявляется в виде темных точек различного размера. Развитие дефекта определяется количеством, размерами отдельных пор и площадью образца. Пористость оценивается соответствующим баллом.

Пористость по сечению – мелкие травящиеся точки, расположенные по всему сечению макрошлифа (рисунок 3.4).

Причины возникновения: недостаточное раскисление стали, при затвердевании из жидкой стали не полностью удалены газы.

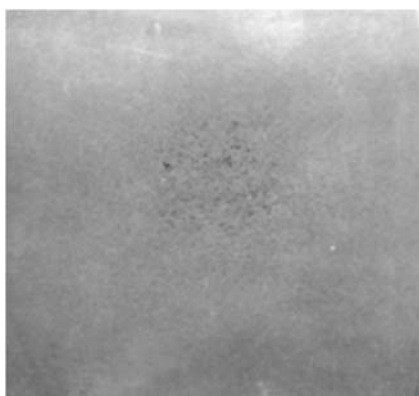


Рисунок 3.3 – Пористость по оси

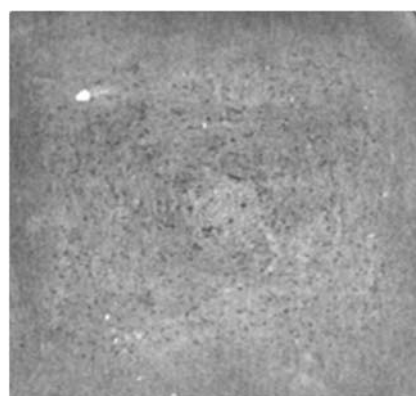


Рисунок 3.4 – Пористость по сечению

Подкорковые пузыри представляют собой внешний «контур» газовых раковин, характерный для кипящих сталей. Расположены очень близко к поверхности и обнажаются при нагреве слитка и последующей прокатке в виде дефектов округлой или овальной формы.

Пустоты различной величины и формы, чаще одиночные, образуются вследствие раскрытия и неполной заварки термических трещин и называются скворечниками. Вокруг дефекта отсутствуют ликвация углерода, серы и фосфора, а также неметаллические включения. Скворечники следует отличать от внутренних разрывов, образующихся при неправильном режиме горячей пластической деформации. Такие разрывы оказываются неодинокными и имеют меньшие размеры, чем скворечник.

Ковочные трещины. Неверный режим ковки может вызвать появление ковочных трещин, которые появляются внутри заготовки около осевой зоны в виде трещин по диагоналям (ковочного креста) либо нескольких трещин, направленных от оси заготовки в стороны.

Рванины – раскрытые разрывы, образовавшиеся вследствие пониженной пластичности металла, расположенные поперек направления деформации. Причиной понижения пластичности могут являться перегрев металла или слишком низкая температура заготовки при горячей ОМД. Дефекты имеют вид разветвленных разрывов с окисленной поверхностью.

Осевые интеркристаллитные трещины в отличие от ковочных более прямолинейные и широкие. В изломе межкристаллитные трещины имеют вид грубых окисленных расслоений. Вследствие чрезмерного повышения температуры, вызывающего диффузию кислорода вдоль границ зерен, возникает явление внутреннего пережога. На темплете пережог представлен в виде сильно разветвленных трещин, часто расположенных в виде сетки (рисунок 3.5). В процессе горячей пластической деформации при пережоге может произойти разрушение по границам зерен.

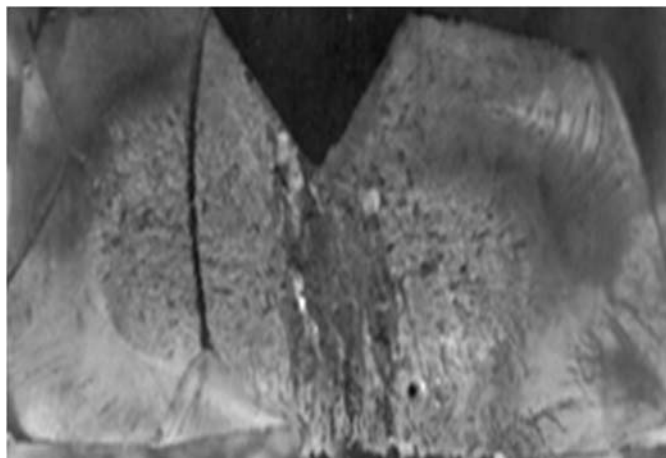


Рисунок 3.5 – Пережог

Внутренние трещины от напряжений обусловлены чрезмерно высокими внутренними напряжениями, возникающими в процессе формирования заготовки, и пониженной прочностью и пластичностью стали в различных температурных интервалах. Внутренние трещины, обогащенные ликватами, распространяются по межосным пространствам дендритной структуры.

Степень развития трещин зависит от величины напряжений, а также от содержания в металле вредных примесей.

Диагональные трещины (рисунок 3.6) возникают, как правило, вследствие неравномерного охлаждения слитка в кристаллизаторе. Трещины, расположенные перпендикулярно к поверхности заготовки возникают из-за резкого охлаждения, из-за высоких напряжений, появляющихся при деформации поверхности заготовки.

Меры предупреждения: регламентировать содержание вредных примесей в металле, соблюдать температурный интервал разливки, оптимизировать процесс ОМД (не превышать предельно допустимые значения скорости и степени деформации).

Примечание – Трещины, не выходящие на поверхность заготовки, завариваются при горячей деформации, т. к. границы их не окислены.

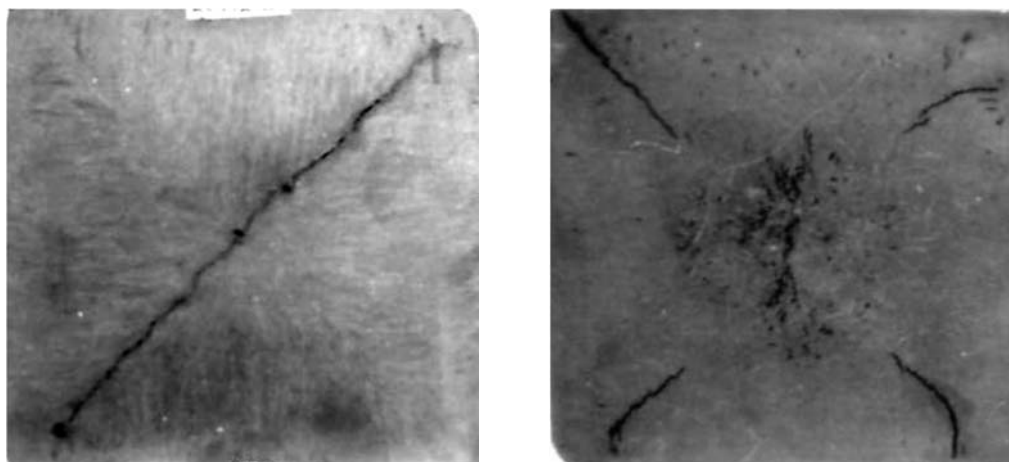


Рисунок 3.6 – Диагональные трещины

Флокены – тонкие извилистые трещины длиной до 30 мм, образующиеся в стали при повышенном содержании водорода (рисунок 3.7). В изломе флокены выявляются в виде округлых или эллиптических пятен серебристого или светлого оттенка. При последующей горячей деформации в заготовке от флокенов могут образоваться дефекты, получившие название скворечники (рисунок 3.8).

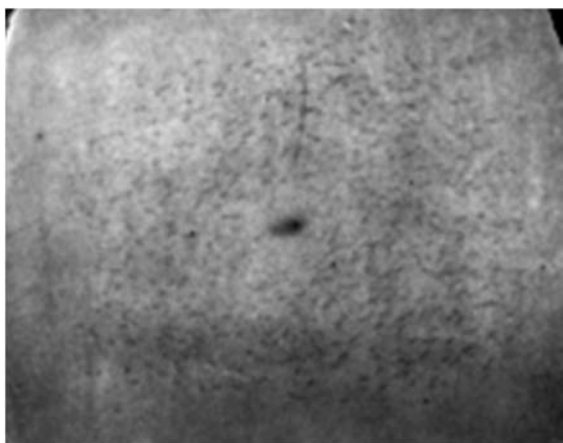


Рисунок 3.7 – Флокены

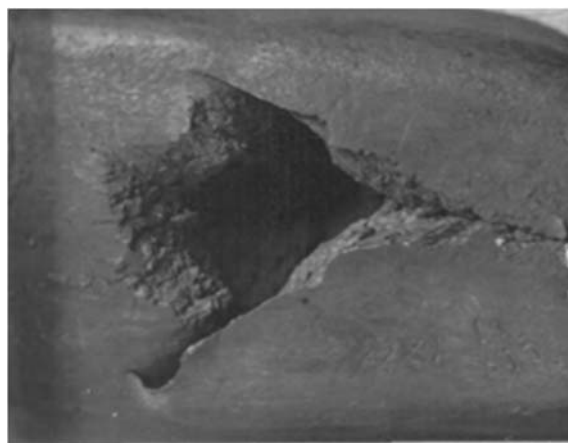


Рисунок 3.8 – Скворечник

Шлифовочно-травильные трещины являются результатом слишком сильного прижима металла при шлифовании очень твердым абразивным кругом и недостаточного охлаждения металла. Они имеют вид сетки, расположенной перпендикулярно к направлению шлифовки.

Свищи в прокате представляют собой крупные газовые включения, располагающиеся отдельно или группами по сечению заготовки. Выявляются в виде отдельных крупных пустот и пор круглой, овальной или вытянутой формы (рисунок 3.9).

Ликвация – неоднородность отдельных участков металла по химическому составу и структуре.

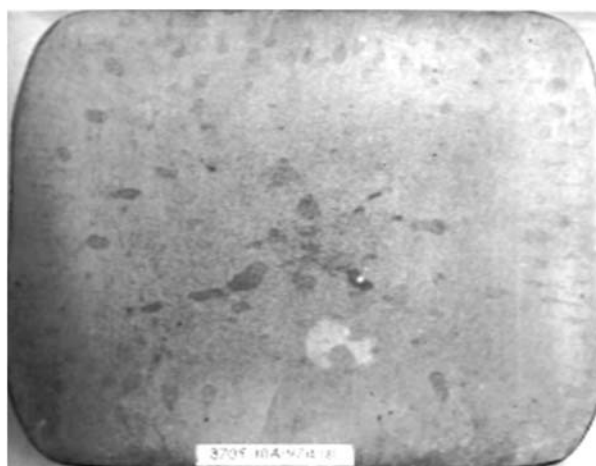


Рисунок 3.9 – Свищи

Ликвационный квадрат представляет собой контуры ликвации, определяемые конфигурацией слитка. На темплете выглядит в виде полосы металла,

травящейся более интенсивно, чем остальная часть макрошлифа. В прокате можно также наблюдать ликвационный круг.

Инородные металлические или неметаллические включения – кусочки различного рода нерастворившихся ферросплавов, утеплительных засыпок, шлака или случайно попавших в слиток частичек окисленного металла. Имеют различную с основным металлом травимость. В прокате обнаруживаются в виде волосовин, расслоений или неправильных по форме полостей, заполненных и окруженных неметаллическими включениями. Классификация дефекта подтверждается анализом химического состава и макроструктуры.

Краевые дефекты – участки различной травимости металла по краю темплета, сопровождающиеся загрязненностью неметаллическими включениями. Дефекты образуются при кристаллизации слитка и остаются вблизи поверхности при недостаточной обдирке слитка. К краевым дефектам относится местная грубая неоднородность, сопровождающаяся неметаллическими включениями, газовыми пузырями, свищами.

3.2 Порядок выполнения работы

1 Изучить сущность, возможности и методики анализа дефектов макроструктуры.

2 Определить и описать вид дефекта макроструктуры предложенного образца.

3 Зарисовать дефект и определить его вид (дать описание).

3.3 Содержание отчета

1 Цель работы.

2 Методика проведения анализов дефектов макроструктуры.

3 Виды дефектов поверхности.

4 Эскиз дефекта с описанием его вида.

Контрольные вопросы

1 Дать определения основным видам дефектов макроструктуры.

2 Указать причины возникновения дефектов макроструктуры.

3 Чем отличаются различные виды дефектов макроструктуры?

4 Лабораторная работа № 4. Анализ дефектов отклонения от формы и эксплуатационных дефектов

Цель работы: ознакомиться с методикой проведения анализа дефектов отклонения от формы.

Оборудование и инструмент

- 1 Коллекция образцов.
- 2 Лупа.

4.1 Общие теоретические сведения

Усы – продольные выступы на поверхности профилей проката, возникающие из-за неправильной калибровки, выработки калибра, низкой температуры деформируемого металла (рисунок 4.1, *а*).

Отклонения от формы – овал, неквадратность и др. (рисунок 4.1, *б*).

Раздутие (выпуклость) заготовки возникает из-за деформации корки заготовки под действием статического давления жидкого металла при недостаточном охлаждении в кристаллизаторе или при износе его гильз.

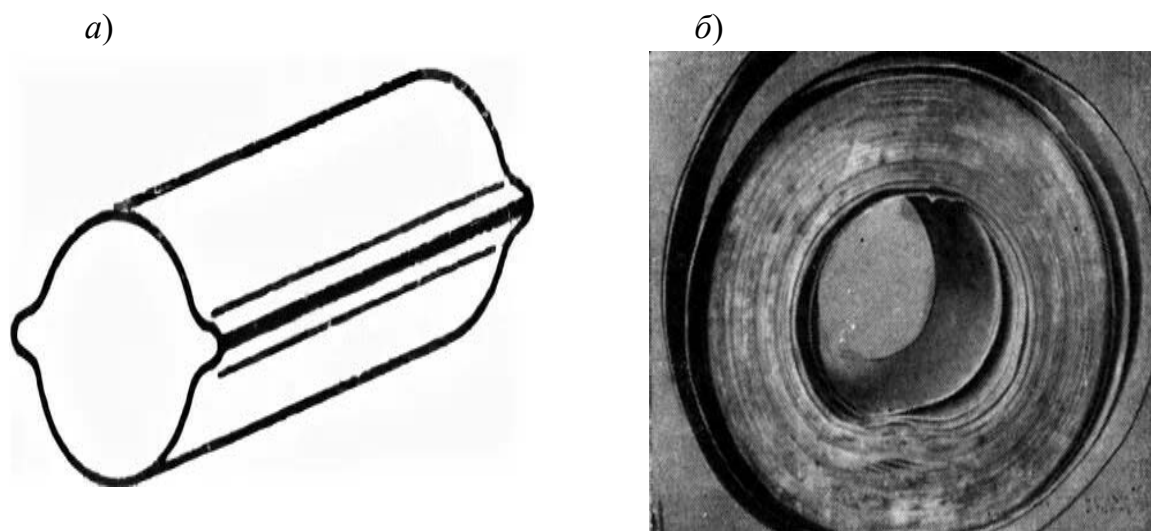


Рисунок 4.1 – Усы (*а*) и отклонение от формы (*б*)

В процессе эксплуатации в деталях машин и механизмов могут возникать следующие дефекты.

Трещины – надрывы в поверхностном слое металла – образуются в результате высоких одноразово приложенных напряжений (растяжение, изгиб, кручение), когда нагрузка превышает прочность детали, например, при нарушении технологии правки детали, демонтаже или монтаже детали с хрупким

поверхностным слоем или при перегрузке детали в эксплуатации (работа в нерасчетном режиме).

Трещины усталости являются наиболее распространенными эксплуатационными дефектами. Основная причина усталостных разрушений деталей – действие высоких переменных напряжений. Трещины усталости возникают в местах концентрации напряжений: по галтелям, в местах с резкими переходами сечений и наличием подрезов, у основания резьбы и зубьев шестерен, в углах шпоночных канавок, у отверстий для смазки или в местах других конструктивных или технологических концентраторов напряжений. Трещины усталости появляются также в местах дефектов металлургического и технологического происхождения или следов грубой механической обработки поверхности (глубоких рисок, следов резца и т. п.).

Трещины усталости различают по внешнему виду. Чаще всего они бывают двух типов:

- 1) поперечные или кольцевые трещины, развивающиеся на цилиндрических деталях по окружности в сечении, перпендикулярном к оси детали;
- 2) трещины, расположенные под углом к оси детали.

В зоне усталостного разрушения отсутствуют какие-либо признаки пластической деформации даже у самых пластичных материалов. Ширина раскрытия усталостной трещины у выхода ее на поверхность в начальной стадии разрушения не превышает нескольких микрон.

Трещины термической усталости. Разрушение деталей после многократного воздействия периодически изменяющегося во времени уровня термических напряжений представляет собой явление термической усталости (рисунок 4.2, а.). Для разрушения при термической усталости характерно множественное возникновение трещин, что объясняется локальностью действия термических напряжений и относительно быстрой их релаксацией. Характерными для термоусталости являются трещины с широкими полостями и тупыми окончаниями – трещины «разгара».

Трещины химической усталости. Разрушение материала в результате действия повторно приложенных нагрузок и коррозионной среды называют коррозионно-усталостным разрушением (рисунок 4.2, б.). Коррозионно-усталостные трещины – это в большинстве случаев многочисленные трещины, разветвляющиеся по мере роста и заканчивающиеся пучками, напоминающими корневую систему растений.

Трещины контактной усталости – особый вид разрушения, представляющий собой контактные усталостные выкрашивания (рисунок 4.2, в.). Поверхностные контактные разрушения – фреттинг-коррозия или контактная

усталость – являются неполными разрушениями деталей, а сочетаниями многочисленных, часто очень мелких, сколов.

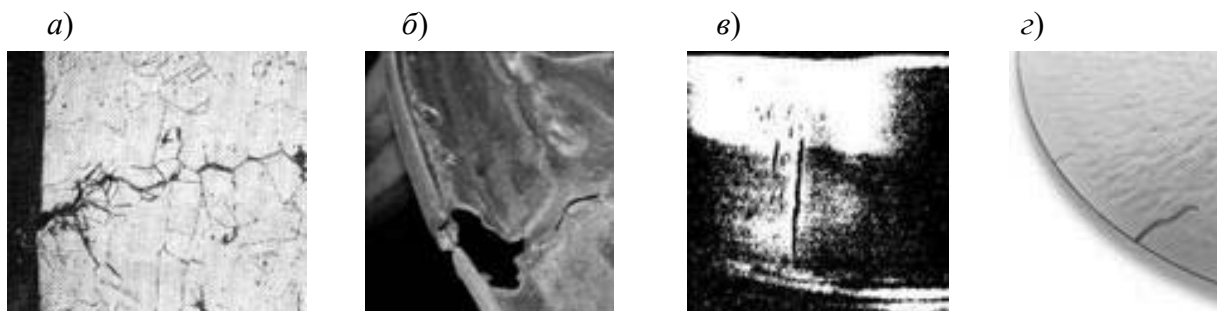


Рисунок 4.2 – Трещины термической (а), химической (б), контактной (в) усталости и растрескивание под действием термических напряжений (з)

Контактное усталостное выкрашивание (образование питтингов) с последующим развитием усталостного разрушения по сечению деталей наблюдается в таких деталях, как подшипники качения и скольжения, на зубьях шестерен, замковых соединениях и пр.

Растрескивание под действием термических напряжений. Разрушение под действием термических напряжений происходит только вследствие теплового градиента, без приложения внешней механической нагрузки (рисунок 4.2, з.) Причиной возникновения трещин при этом является образование локальных полей напряжений.

4.2 Порядок выполнения работы

- 1 Изучить виды дефектов отклонения от формы.
- 2 Определить и описать вид дефекта предложенного образца.
- 3 Зарисовать дефект и дать его описание.

4.3 Содержание отчета

- 1 Цель работы.
- 2 Виды дефектов отклонения от формы.
- 3 Эскиз дефекта и его описание.

Контрольные вопросы

- 1 Дать определения основным видам дефектов отклонения от формы.
- 2 Указать причины возникновения дефектов отклонения от формы.
- 3 Чем отличаются различные виды дефектов отклонения от формы?

5 Лабораторная работа № 5. Анализ дефектов литья

Цель работы: ознакомиться с видами дефектов, возникающих при литье изделий из металлов и сплавов.

Оборудование и инструмент

- 1 Коллекция образцов.
- 2 Лупа.

5.1 Общие теоретические сведения

Контроль качества производят с целью обнаружения брака отливок. Основные виды брака и причины его возникновения представлены далее.

Газовые раковины и пористость в отливках. Причины: малая газопроницаемость или повышенная влажность формовочной смеси.

Усадочные раковины и пористость в отливка. Причины: неправильный подвод жидкого металла в форму; слишком высокая температура заливаемого металла.

Песчаные и шлаковые раковины (полости в теле отливки, заполненные формовочной смесью или шлаком). Причины: слабая набивка формы; плохая конструкция шлакоуловителя.

Холодные трещины. Причина: неодинаковая скорость охлаждения различных сечений отливки, что приводит к возникновению внутренних напряжений.

Горячие трещины (имеют темную окисленную поверхность). Причины: малая податливость стержней и формы; резкие переходы от тонкой части отливки к толстой.

Коробление (изменение формы и размеров отливки под влиянием внутренних напряжений, возникающих при неравномерном охлаждении равных частей отливки). Причины: высокая скорость охлаждения; недостаточная податливость формы; нерациональная конструкция отливки.

Заливы (тонкие выступы вдоль разъема формы). Причина: неплотное смыкание полуформ.

Недолив (неполная отливка). Причины: плохая жидкотекучесть сплава; низкая температура расплава; малое сечение питателей; утечка расплава из формы.

Плена – самостоятельный металлический или окисный слой на поверхности отливки, образовавшийся при недостаточно спокойной заливке. Характерен для сплавов, имеющих компоненты, склонные к повышенному окислению (алюминий, титан, хром и др.).

Включения. В эту группу входят дефекты в виде инородных металлических или неметаллических частиц, попавших в металл механическим путем.

Соответственно, выделяют металлическое и неметаллическое включения. Последнее может образовываться в результате химического взаимодействия компонентов при расплавлении и заливке металла, а также замешиваться в расплав механическим путем.

Газовая шероховатость – сферообразные мелкие углубления на поверхности отливки, образовавшиеся вследствие выделения газовых пузырьков на поверхности раздела металл – форма. Если шероховатость поверхности по своим параметрам превышает допустимые нормы, то такой дефект называется грубой поверхностью.

Некоторые виды дефектов, возникающие при производстве отливок, представлены на рисунке 5.1.

Дефекты слитков



Рисунок 5.1 – Дефекты литья

5.2 Порядок выполнения работы

- 1 Изучить виды дефектов, возникающих при производстве отливок.
- 2 Определить и описать вид дефекта предложенного образца.
- 3 Зарисовать дефект и дать его описание.

5.3 Содержание отчета

- 1 Цель работы.
- 2 Виды дефектов литья.
- 3 Эскиз дефекта и его описание.

Контрольные вопросы

- 1 Дать определения основным видам дефектов, возникающих при литье изделий из металлов и сплавов.
- 2 Укажите причины возникновения дефектов литья.
- 3 Как можно предотвратить дефекты литья?

6 Лабораторная работа № 6. Анализ дефектов при обработке металлов давлением

Цель работы: ознакомиться с видами дефектов, возникающих при горячей и холодной обработке давлением металлов (ОМГ) и сплавов.

Оборудование и инструмент

- 1 Коллекция образцов.
- 2 Лупа.

6.1 Общие теоретические сведения

К основным дефектам прокатанного и кованого металла относят следующие. ***Трещины*** бывают одиночные или групповые, расположенные беспорядочно или идущие в определенном направлении. По длине они достигают нескольких метров; глубина трещин в зависимости от размеров проката, причин и условий возникновения дефекта – до 10...15 мм.

Штамповочные трещины (трещины горячего деформационного происхождения) связаны с пониженной пластичностью материала и имеют, как правило, извилистый характер (рисунок 6.1, *а*). Характерным структурным признаком, свидетельствующем об образовании трещины в процессе горячей деформационной обработки, является объединение легирующими элементами материала детали в зоне ее полостей, которое на микрошлифах проявляется в виде наблюдаемых белых нетравящихся полос, окаймляющих берега трещины.

Трещины напряжения – дефект, представляющий собой направленную вглубь металла, часто под прямым углом к поверхности, трещину, образующуюся из-за объемных изменений, связанных со структурными превращениями или с нагревом и охлаждением металла (рисунок 6.1, *б*).

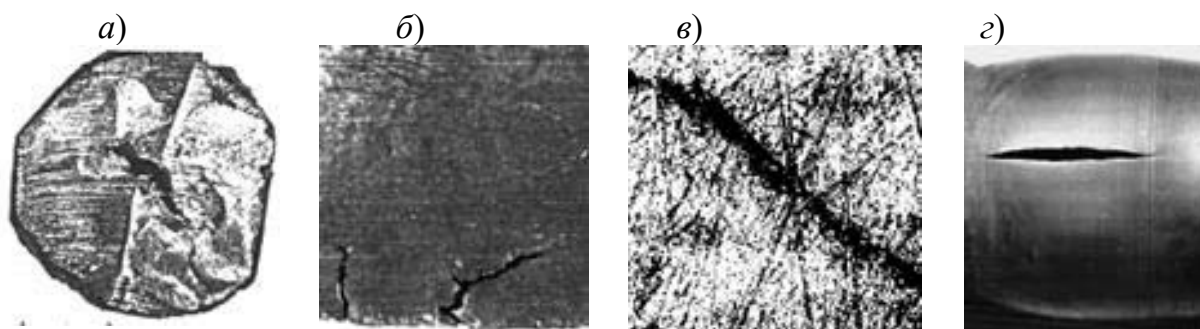


Рисунок 6.1 – Трещины в слитке (а), в сутунке (б), расслоение (в), рванина (г)

Расслоения – нарушения сплошности внутри прокатанного металла, представляющие собой раскатанные крупные дефекты слитка (глубокие усадочные раковины, усадочная пористость, скопления пузырей или неметаллических включений) (рисунок 6.1, в). Характерным для расслоения является то, что поверхность нарушения сплошности параллельна плоскости прокатки. Так, раскатанные скопления неметаллических включений дают внутреннюю прослойку, разделяющую лист или профиль на две, три или более частей.

Рванины представляют собой разрывы или надрывы металла разнообразного очертания с рваными краями (рисунок 6.1, г). Чаще расположены на кромках листов, профилей. К образованию рванин при прокатке слитков особенно склонны высоколегированные стали с крупнозернистой структурой.

Волосовины – мелкие внутренние или выходящие на поверхность трещины, образовавшиеся из газовых пузырей или неметаллических включений при прокате или ковке (рисунок 6.2, а). Они направлены вдоль волокон металла и в поперечном изломе видны как точки или линии небольшой высоты. Шлаковые и песчаные включения не способны пластически деформироваться и при обжатии слитка распадаются на большое число обломков с острыми углами, образуя при вытяжке цепочки вдоль волокон. Силикаты железа, марганца и других элементов при температуре прокатки могут быть пластичны, поэтому вытягиваются вдоль волокон прокатанного металла. Длина волосовин – 20...30 мм, а иногда 100...150 мм. Встречаются волосовины во всех конструкционных сталях.

Внутренние разрывы – сравнительно крупные нарушения сплошности внутренней части заготовки, периодически повторяющиеся по ее длине. Поверхность излома по разрыву крупнокристаллическая (рисунок 6.2, б). Разрывы возникают под влиянием сил растяжения вследствие неодинаковой деформации наружных и внутренних слоев прокатываемого металла с малой

пластичностью. Наблюдаются при прокатке высоколегированных сталей. Разрывы, возникшие в начальной стадии прокатки, при дальнейшей значительной деформации могут образовать расслоения.

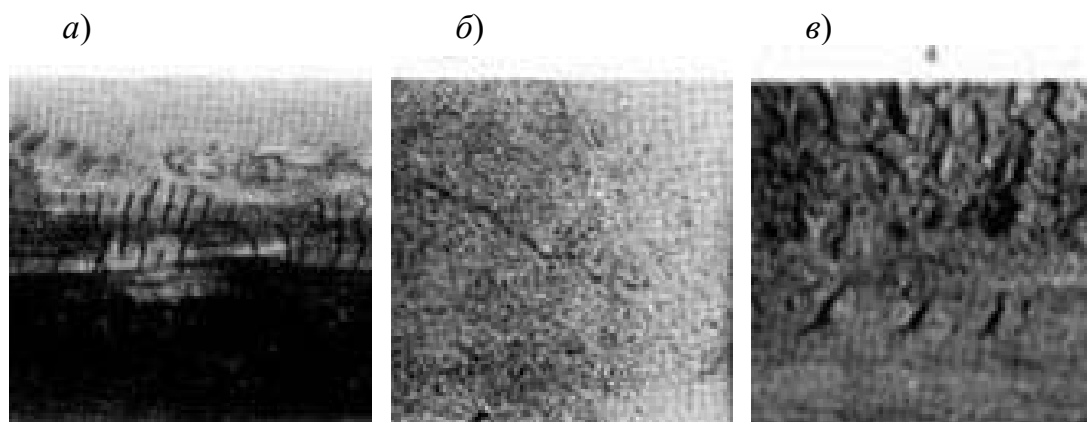


Рисунок. 6.2 – Дефекты: волосовина (а), внутренние разрывы (б), прижоги (в)

Прижоги – дефекты, образующиеся при локальном перегреве материала, например в процессе клеймения (маркировки) деталей электрографом (рисунок 6.2, в). При металлографическом анализе материала деталей наличие прижогов устанавливается по белым, нетравящимся участкам, видимым на поверхности травленого шлифа.

Закаты и заковы – вдавленные и закатанные (закованные) заусенцы или возвышения (бугорки) на поверхности, получившиеся при предыдущем пропуске слитка через калибр прокатного стана. При этом металл заусенца или возвышения не сваривается с основной массой проката. Закат, образовавшийся от заусенца, похож на продольную трещину, а от возвышения – на плену с криволинейным незамкнутым контуром. Иногда закат образуется от остатков усадочной раковины после обрезки верхней части слитка с усадочной раковиной. При прокатке раковина не заваривается из-за окислов на ее стенках.

Плены представляют собой сравнительно тонкие плоские отслоения на поверхности прокатанного или кованого металла. В большинстве случаев плены имеют вид «языка», у которого уширенный и утолщенный конец составляет одно целое с основной массой металла. По размерам плены бывают от мелких едва заметных чешуек до 100 мм и более по длине и ширине (в толстых листах); толщина плен колеблется от десятых долей миллиметра до 3...5 мм и более.

Причинами образования плен могут быть неудовлетворительное качество слитков (наличие на поверхности отливки плен, плохая раскисленность

и пузырчатость металла) и нарушение режимов прокатки (неудовлетворительная калибровка, неправильная насечка валков, образование заусенцев и рванин в самом начале прокатки).

6.2 Порядок выполнения работы

- 1 Изучить виды дефектов, возникающих при ОМД.
- 2 Определить и описать вид дефекта предложенного образца.
- 3 Зарисовать дефект и дать его описание.

6.3 Содержание отчета

- 1 Цель работы.
- 2 Виды дефектов при ОМД.
- 3 Эскиз дефекта и его описание.

Контрольные вопросы

- 1 Дать определения основным видам дефектов, возникающих при ОМД металлов и сплавов.
- 2 Укажите причины возникновения дефектов при ОМД.
- 3 Как можно предотвратить дефекты при ОМД?

7 Лабораторная работа № 7. Анализ сварочных дефектов

Цель работы: ознакомиться с видами дефектов, возникающих при проведении сварочных работ.

Оборудование и инструмент

- 1 Коллекция образцов.
- 2 Лупа.

7.1 Общие теоретические сведения

В процессе образования сварных соединений в металле шва и зоне термического влияния могут возникать различные отклонения от установленных норм и технических требований, приводящие к ухудшению работоспособности сварных конструкций, снижению их эксплуатационной надежности, ухудшению внешнего вида изделия. Такие отклонения называют дефектами. Дефекты сварных соединений различают по причинам возникновения и месту их расположения (наружные и внутренние). В зависимости от причин возникновения их можно разделить на две группы.

К первой группе относятся дефекты, связанные с металлургическими и тепловыми явлениями, происходящими в процессе образования, формирования и кристаллизации сварочной ванны и остывания сварного соединения (горячие и холодные трещины в металле шва и околошовной зоне, поры, шлаковые включения, неблагоприятные изменения свойств металла шва и зоны термического влияния).

Ко второй группе дефектов, которые называют дефектами формирования швов, относят дефекты, происхождение которых связано в основном с нарушением режима сварки, неправильной подготовкой и сборкой элементов конструкции под сварку, неисправностью оборудования, недостаточной квалификацией сварщика и другими нарушениями технологического процесса. К дефектам этой группы относятся несоответствия швов расчетным размерам, непровары, подрезы, прожоги, наплывы, незаваренные кратеры и др. Виды дефектов приведены на рисунке 7.1. Дефектами формы и размеров сварных швов являются их неполномерность, неравномерные ширина и высота, бугристость, седловины, перетяжки и т. п.

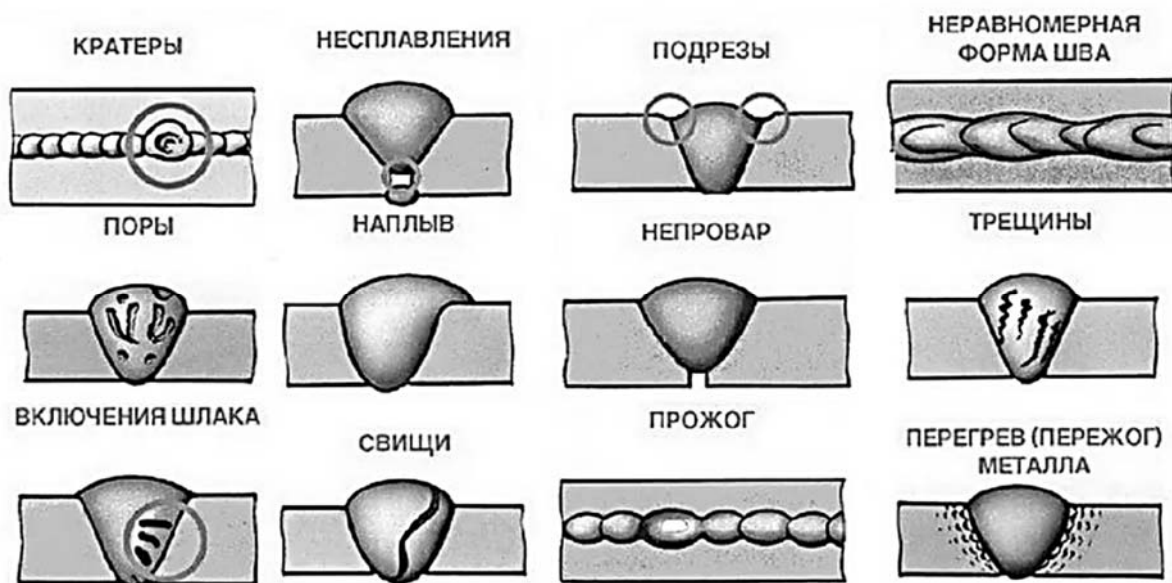


Рисунок 7.1 – Дефекты формы и размеров сварных швов

Эти дефекты снижают прочность и ухудшают внешний вид шва. Причины их возникновения при механизированных способах сварки – колебания напряжения в сети, проскальзывание проволоки в подающих роликах, неравномерная скорость сварки из-за люфтов в механизме перемещения сварочного автомата, неправильный угол наклона электрода, протекание жидкого металла в зазоры, их неравномерность по длине стыка

и т. п. Дефекты формы и размеров швов косвенно указывают на возможность образования внутренних дефектов в шве.

Наплывы образуются в результате натекания жидкого металла на поверхность холодного основного металла без сплавления с ним. Они могут быть местными – в виде отдельных застывших капель, а также иметь значительную протяженность вдоль шва. Чаще всего наплывы образуются при выполнении горизонтальных сварных швов на вертикальной плоскости. Причины образования наплывов – большой сварочный ток, слишком длинная дуга, неправильный наклон электрода, большой угол наклона изделия при сварке на спуск. При выполнении кольцевых швов наплывы образуются при недостаточном или излишнем смещении электрода с зенита. В местах наплывов часто могут выявляться непровары, трещины и др.

Подрезы представляют собой продолговатые углубления (канавки), образовавшиеся в основном металле вдоль края шва. Они возникают в результате большого сварочного тока и длинной дуги. Основной причиной подрезов при выполнении угловых швов является смещение электрода в сторону вертикальной стенки. Это вызывает значительный разогрев металла вертикальной стенки и его стекание при оплавлении на горизонтальную стенку. Подрезы приводят к ослаблению сечения сварного соединения и концентрации в нем напряжений, что может явиться причиной разрушения.

Прожоги – это сквозные отверстия в шве, образованные в результате вытекания части металла ванны. Причинами их образования могут быть большой зазор между свариваемыми кромками, недостаточное притупление кромок, чрезмерный сварочный ток, недостаточная скорость сварки. Наиболее часто прожоги образуются при сварке тонкого металла и выполнении первого прохода многослойного шва. Прожоги могут также образовываться в результате недостаточно плотного поджатая сварочной подкладки или флюсовой подушки.

Непроваром называют местное несплавление кромок основного металла или несплавление между собой отдельных валиков при многослойной сварке. Непровары уменьшают сечение шва и вызывают концентрацию напряжений в соединении, что может резко снизить прочность конструкции. Причины образования непроваров – плохая зачистка металла от окалины, ржавчины и загрязнений, малый зазор при сборке, большое притупление, малый угол скоса кромок, недостаточный сварочный ток, большая скорость сварки, смещение электрода от центра стыка. Непровары выше допустимой величины подлежат удалению и последующей заварке.

Трещины, также как и непровары, являются наиболее опасными дефектами сварных швов. Они могут возникать как в самом шве, так и в околошовной зоне и располагаться вдоль или поперек шва. По своим размерам трещины могут быть макро- и микроскопическими. На образование трещин влияет повышенное содержание углерода, серы и фосфора.

Шлаковые включения, представляющие собой вкрапления шлака в шве, образуются в результате плохой зачистки кромок деталей и поверхности сварочной проволоки от оксидов и загрязнений. Они возникают при сварке длинной дугой, недостаточном сварочном токе и чрезмерно большой скорости сварки, а при многослойной сварке – недостаточной зачистке шлаков с предыдущих слоев. Шлаковые включения ослабляют сечение шва и его прочность.

Газовые поры появляются в сварных швах при недостаточной полноте удаления газов при кристаллизации металла шва. Причины пор – повышенное содержание углерода при сварке сталей, загрязнения на кромках, использование влажных флюсов, защитных газов, высокая скорость сварки, неправильный выбор присадочной проволоки. Поры могут располагаться в шве отдельными группами, в виде цепочек или единичных пустот. Иногда они выходят на поверхность шва в виде воронкообразных углублений, образуя так называемые свищи. Поры также ослабляют сечение шва и его прочность, сквозные поры приводят к нарушению герметичности соединений.

7.2 Порядок выполнения работы

- 1 Изучить виды дефектов, возникающих при сварке.
- 2 Определить и описать вид дефекта предложенного образца.
- 3 Зарисовать дефект и дать его описание.

7.3 Содержание отчета

- 1 Цель работы.
- 2 Виды дефектов сварных соединений.
- 3 Эскиз дефекта и его описание.

Контрольные вопросы

- 1 Дать определения основным видам сварочных дефектов.
- 2 Указать основные причины возникновения сварочных дефектов.
- 3 Чем отличаются различные виды сварочных дефектов?

8 Лабораторная работа № 8. Анализ дефектов при обработке металлов резанием

Цель работы: ознакомиться с видами дефектов, возникающих при обработке металлов резанием (ОМР).

Оборудование и инструмент

- 1 Коллекция образцов.
- 2 Лупа.

8.1 Общие теоретические сведения

При точении металлов и сплавов на поверхности заготовок и изделий металлообработки после обточки наблюдаются винтообразные грубые следы обработки (рисунки 8.1–8.4).

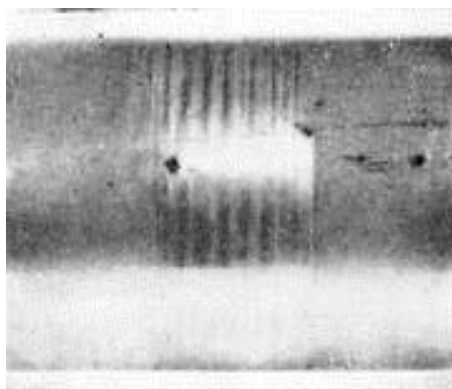


Рисунок 8.1 – Шероховатые локальные неглубокие риски от обработки резанием

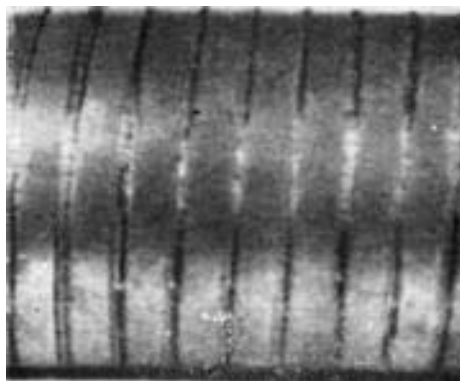


Рисунок 8.2 – Шероховатые глубокие риски от обработки резанием, расположенные вдоль всей обработанной заготовки

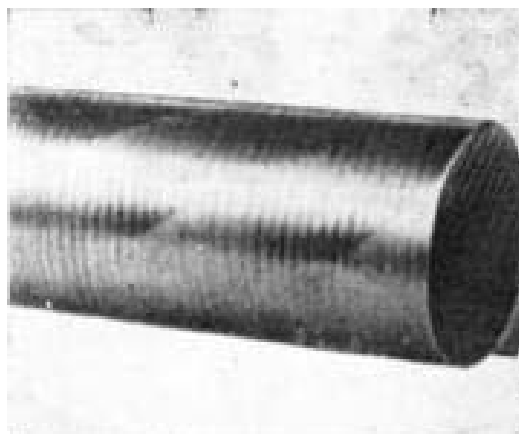


Рисунок 8.3 – Деформация поверхности, проходящая спиралеобразно вдоль всей обработанной резанием заготовки

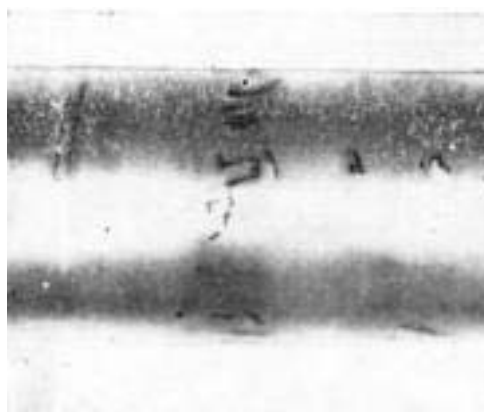


Рисунок 8.4 – Отпечатки от зажимных кулачков

Причины возникновения дефектов при ОМР:

- заедание прутка в направляющих роликах (люнетах) из-за наличия остатков окалины;
- эксцентриситет при установке прутка в направляющих роликах относительно направления обточки;
- плохо заточенный или выкрошенный резец;
- неблагоприятно выбранная скорость резания;
- недостаточное закрепление прутка в зажимных кулачках патрона при обточке;
- слишком велико усилие зажимав кулачках;
- изношенные и выкрошенные зажимные кулачки.

Предупреждение дефектов при ОМР:

- применение исходных заготовок, хорошо очищенных от окалины;
- правильная настройка токарного станка;
- своевременная смена резцов;
- применение оптимальной скорости резания;
- использование исправных зажимных кулачков.

Устранение дефектов при ОМР:

- повторная обточка на другой диаметр.

Примечание – На поверхности металла после обработки резанием всегда имеются незначительные следы обработки, величина которых меньше допуска, и поэтому они не являются дефектом. При повторной обработке резанием дефектного металла на меньший размер может быть достигнуто полноценное качество поверхности, если принимаются соответствующие меры по предупреждению возникновения при этом каких-либо других поверхностных дефектов.

8.2 Порядок выполнения работы

- 1 Изучить виды дефектов, возникающих при ОИР.
- 2 Определить и описать вид дефекта предложенного образца.
- 3 Зарисовать дефект и дать его описание.

8.3 Содержание отчета

- 1 Цель работы.
- 2 Виды дефектов при ОМР.
- 3 Эскиз дефекта и его описание.

Контрольные вопросы

- 1 Основные виды дефектов обработки резанием.
- 2 Причины возникновения дефектов при обработки резанием.
- 3 Способы предупреждения и устранения дефектов обработки резанием.

Список литературы

- 1 Технология конструкционных материалов: учебное пособие / А. Г. Схиртладзе [и др.]. – Старый Оскол : ТНТ, 2015. – 360 с.
- 2 **Афанасьев, А. А.** Технология конструкционных материалов: учебник / А. А. Афанасьев, А. А. Погонин. – Старый Оскол : ТНТ, 2017. – 656 с.
- 3 Технология конструкционных материалов / Под ред. А. М. Дальского. – Москва : Машиностроение, 1980. – 352 с.

4 Технология конструкционных материалов / Под ред. Г. А. Прейса. – Киев : Вища школа, 1984. – 360 с.

5 Металловедение и технология металлов / Под ред. Ю. Г. Солнцева. – Москва : Металлургия, 1988. – 512 с.

6 Технология конструкционных материалов / Под ред. А. М. Дальского [и др.]. – Москва : Машиностроение, 1990. – 352 с.

7 Технология конструкционных материалов / Под ред. Г. А. Прейса. – Киев : Вища школа, 1991. – 391 с.