

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**  
**РАСЧЕТЫ И ИСПЫТАНИЯ НА ПРОЧНОСТЬ.**  
**КЛАССИФИКАЦИЯ ВИДОВ ИЗЛОМОВ МЕТАЛЛОВ**

**РД 50—672—88**

**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО СТАНДАРТАМ**

**Москва**

**1989**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ****Расчеты и испытания на прочность.  
Классификация видов изломов металлов****РД 50—672—88**

ОКСТУ 4109

Дата введения 01.07.89

В настоящих методических указаниях систематизированы основные виды изломов металлов, разрушенных при различных условиях нагружения, и установлены основные признаки, по которым необходимо проводить классификацию изломов для достоверной оценки поведения металлических материалов при разрушении.

Методические указания не содержат описания дефектов металлургического и технологического происхождения, выявляемых в изломе.

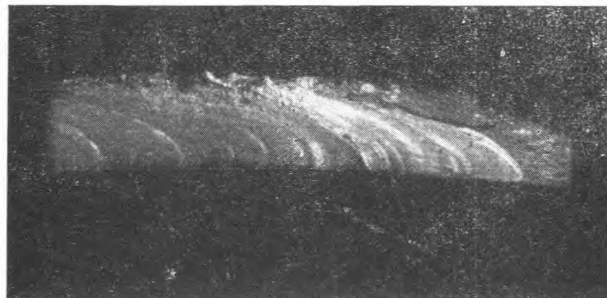
Методические указания предназначены для работников научно-исследовательских институтов, заводских лабораторий, а также всех предприятий и организаций, занимающихся вопросами прочности и диагностики причин разрушения, производящих и потребляющих металлические материалы.

**1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ**

Основные термины, используемые при описании макро- и микрорельефов изломов, пояснения к ним и иллюстрации, облегчающие интерпретацию наблюдаемых изломов, приведены в пп. 1.1 — 1.8.

1.1. **Излом** — поверхность раздела, возникающая при разрушении объекта.

1.2. **Макростроение (макрорельеф) излома** (черт. 1) — набор элементов поверхности разрушения, используемых для идентификации излома и различных при визуальном рассмотрении или с небольшим увеличением ( $\leq 50\times$ ).

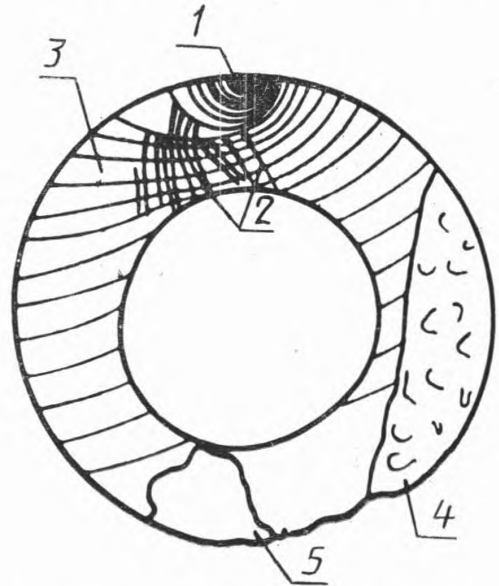
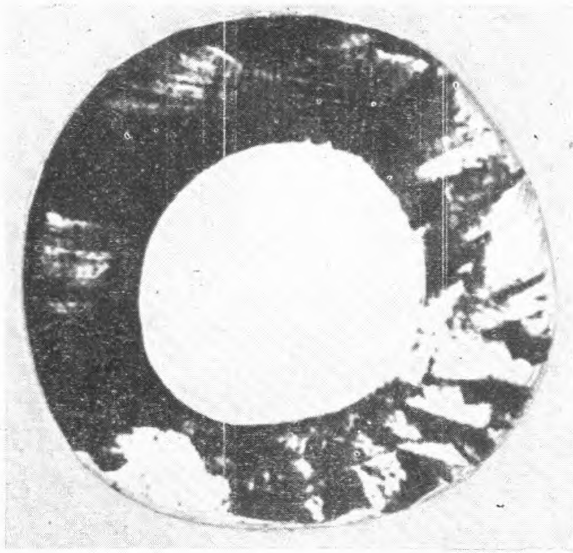
**Макростроение и схема излома  
(на примере усталостного излома)****a** — усталостный излом лопатки компрессора

На изломе хорошо видны усталостные линии

Черт. 1a

б — усталостный излом шатунной шейки коленчатого вала

а — схема того же усталостного излома



1 — очаг разрушения; 2 — ступеньки и рубцы; 3 — усталостные линии; 4 — зона ускоренного развития трещины; 5 — зона долома

Черт. 16, а

1.2.1. **Зона излома** — участок поверхности разрушения, характеризующийся строением, отличным от строения других частей излома.

1.2.2. **Очаг разрушения** (черт. 1) — место зарождения разрушения, оцениваемое на изломе.

1.2.3. **Рубцы** (черт. 1) — линии на изломе, представляющие собой следы слияния отдельных, близко расположенных соседних трещин, распространяющихся в одном направлении (как правило, от очага разрушения).

1.2.4. **Зона долома** (черт. 1) — участок излома, соответствующий конечной стадии разрушения.

1.2.5. **Магистральная трещина** — трещина, приводящая к окончательному разрушению.

1.2.6. **Ступенька** (черт. 1) — след слияния двух трещин, распространяющихся в различных направлениях, при образовании магистральной.

1.2.7. **Расслоение** (п. 1.4.4 черт. 2) — несплошности, образующиеся вдоль границ структурных элементов, ориентированные по направлению деформации.

1.2.8. **Усталостные линии** (черт. 1) — линии на усталостном изломе, близкие по форме к концентрическим, образующиеся в процессе роста усталостной трещины и представляющие собой расходящиеся от очага разрушения отметки фронта трещины на определенной стадии ее развития.

1.3. **Микростроение (микрорельеф) излома** — набор элементов поверхности разрушения, используемых для идентификации излома, разрешаемых методами световой, электронной (и др.) микроскопии (при увеличении  $>50\times$ ).

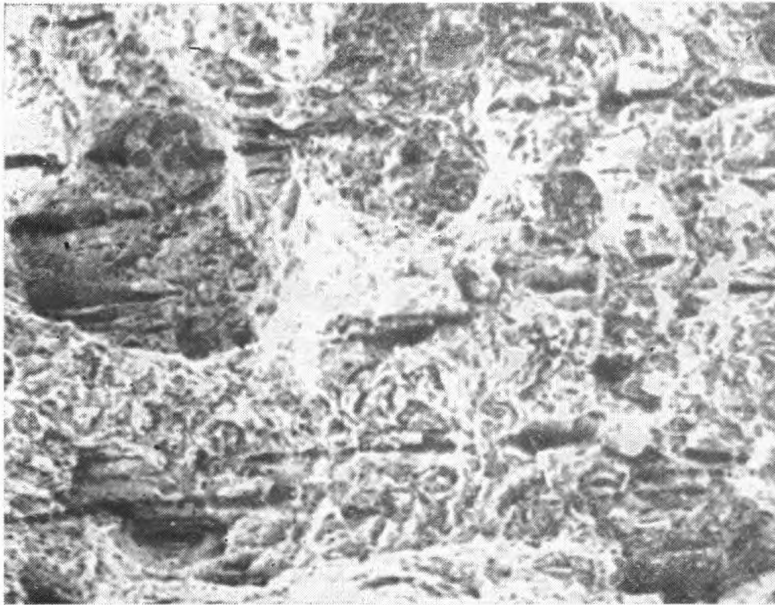
1.3.1. **Фасетка** — элемент поверхности разрушения с четкими границами, лежащий в одной или близких плоскостях.

1.3.1.1. **Фасетка скола** (черт. 3а, б) — фасетка, образующаяся в результате разрушения по определенным кристаллографическим плоскостям (плоскостям скола), в пределах которой разрушение развивается в одном направлении.

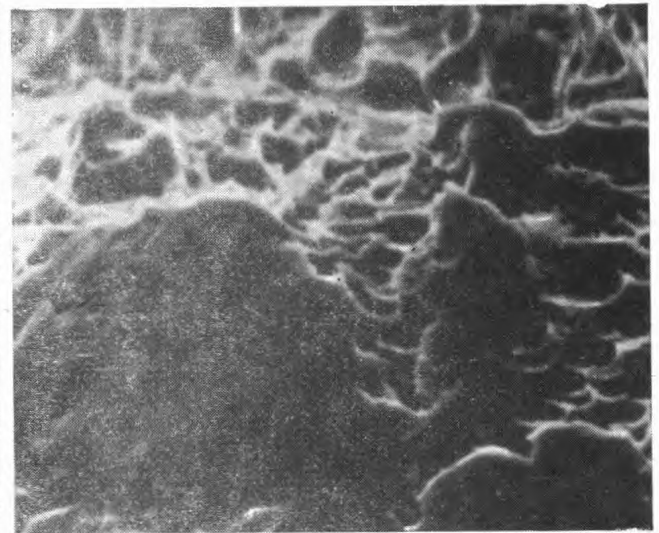
К характерным элементам строения относятся ручьиный узор, язычки (см. пп. 1.3.5, 1.3.6). Наличие фасеток скола свидетельствует о внутризеренном хрупком разрушении.

1.3.1.2. **Фасетка квазискола** (черт. 4а, б) — относительно ровный (плоский) участок разрушения, не всегда связанный ориентационно с плоскостями скола и характеризующийся тем, что наряду с признаками хрупкого разрушения имеет признаки пластической деформации (гребни). Фасетка квазискола имеет менее четкие границы, чем фасетка скола. Разрушение развивается преимущественно от центральной части фасетки к периферии.

*a* — растровый электронный микроскоп (РЭМ), 3000 $\times$



*б* — РЭМ, 15000 $\times$

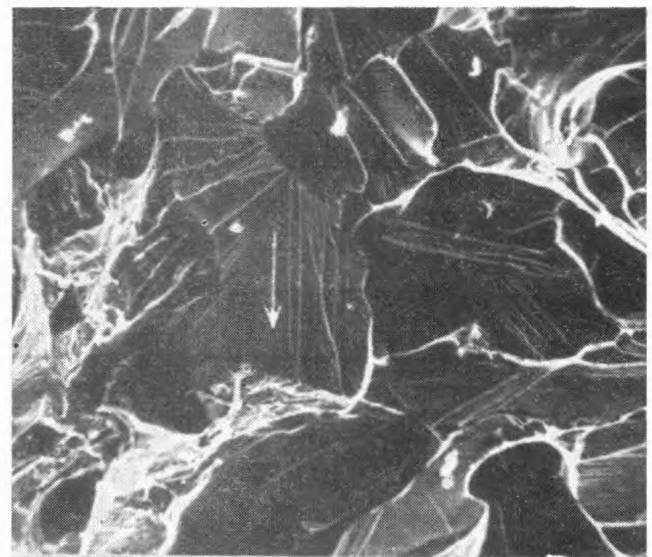


Черт. 2*a, б*

*a* — просвечивающий электронный микроскоп (ПЭМ), 5400 $\times$



*б* — РЭМ, 500 $\times$



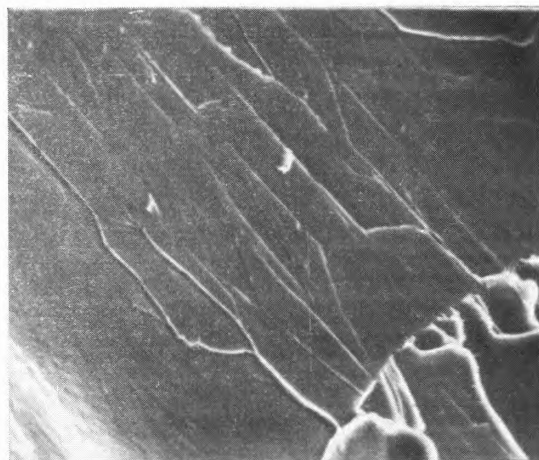
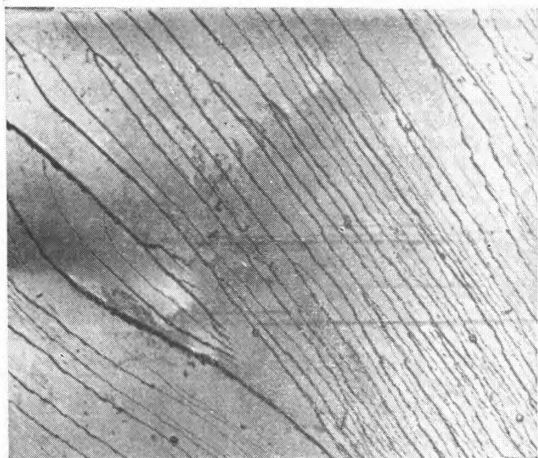
Стрелкой показано направление разрушения

Черт. 3*a, б*

Ручистый узор на поверхности фасеток скла

в — ПЭМ, 2600×

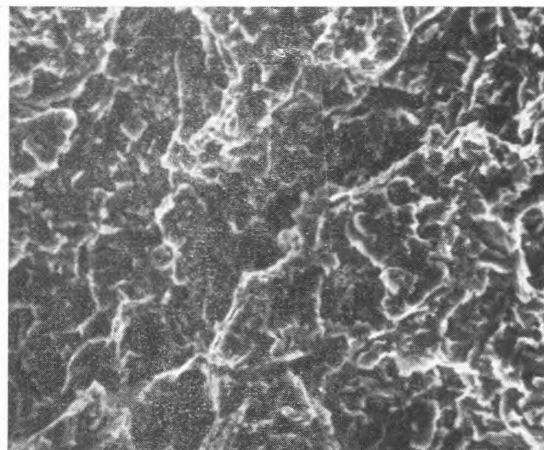
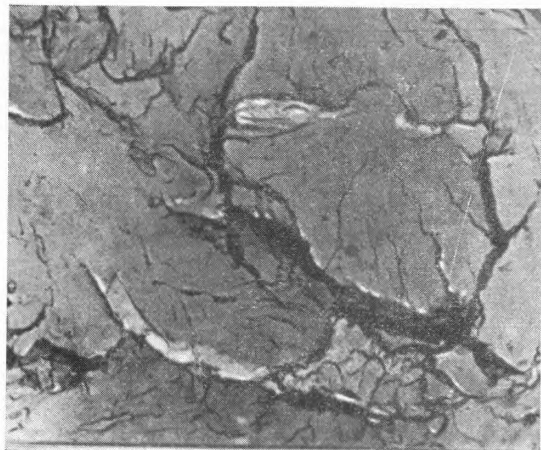
г — РЭМ, 1000×



Черт. 3в, г

а — ПЭМ, 10000×

б — РЭМ, 1000×



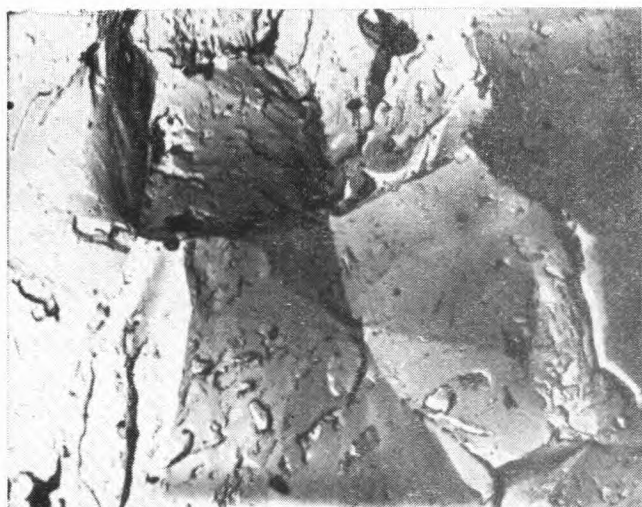
Черт. 4а, б

1.3.1.3. Фасетка межзеренная (межсубзеренная) (черт. 5 а, б, в) — фасетка в виде многоугольника, образующаяся при разрушении по одной грани зерна (субзерна).  
Поверхность межзеренных фасеток может быть гладкой, с ямочным или другим специфическим рельефом.

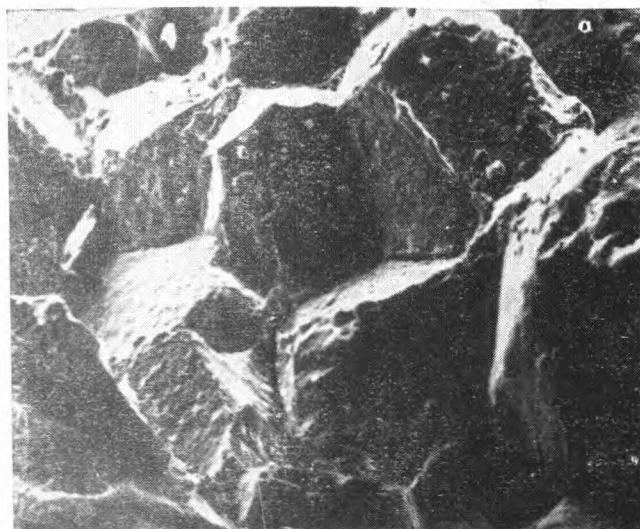


## Межзеренные фасетки

а — ПЭМ, 2700×

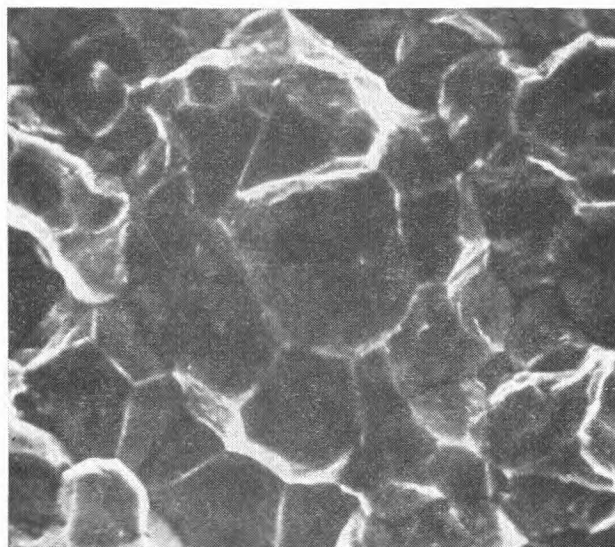


б — РЭМ, 1000×



Черт. 5а, б

в — межсубзеренные фасетки, РЭМ, 1000×



Черт. 5в

1.3.2. **Ямки** (черт. 6 а, б) — микроуглубления на поверхности разрушения, представляющие собой вскрытые поверхности микропустот, образующихся в процессе пластического течения металла.

**Примечания.**

1. Очагом зарождения микропустот могут служить частицы неметаллических включений или вторых фаз, микронесплошности на границах зерен, субзерен и на плоскостях сдвига.

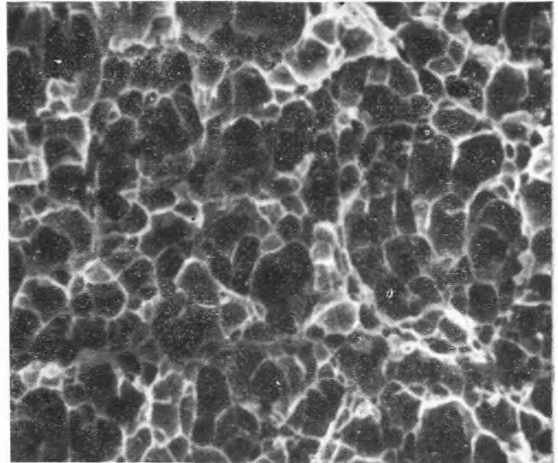
2. Форма (конфигурация) ямок (равноосная, вытянутая, параболическая, цилиндрическая, неправильной формы) определяется напряженным состоянием и формой инициатора образования ямки.

3. Глубина ямок (высота перемычек между ними) есть мера способности материала к пластической деформации.

*a* — ПЭМ, 2700 $\times$



*b* — РЭМ, 3000 $\times$

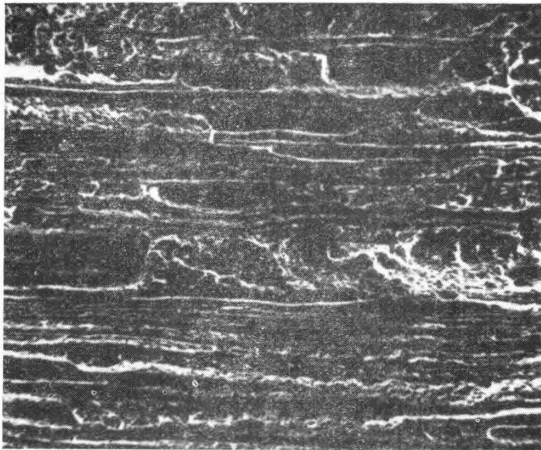


Черт. 6*a, б*

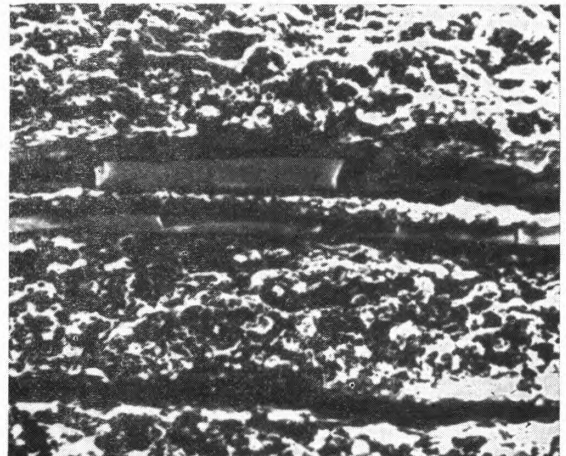
1.3.2.1. Ямка волокнисто-полосчатого излома (черт. 7*a, б*) — микроуглубление на поверхности разрушения, возникшее в результате образования и слияния микропустот около вытянутых структурных неоднородностей: неметаллических включений и ликвационных зон.

Характерны для изломов поперечных образцов из материалов, подвергнутых горячей пластической деформации.

*a* — ПЭМ, 200 $\times$



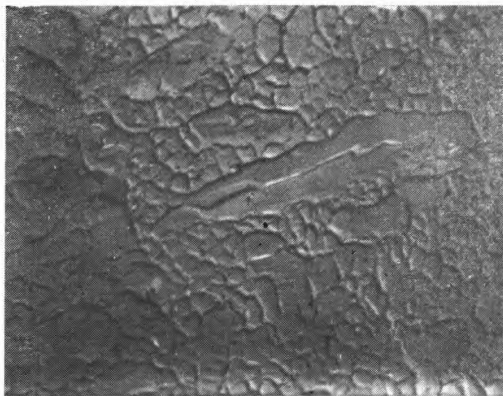
*b* — РЭМ, 1000 $\times$



Черт. 7*a, б*

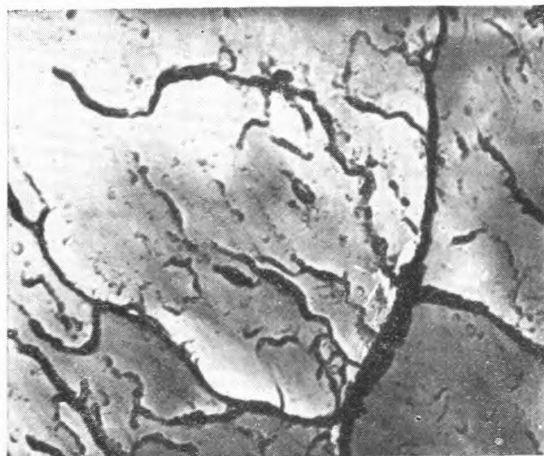
1.3.2.2. Сотовый рельеф (черт. 8) — микрорельеф поверхности разрушения в виде мелких плоских ямок.

Свидетельствует о малой доле локальной пластической деформации при разрушении. Встречается часто при разрушении литых материалов; наблюдается также при разрушении перегретых сталей.

ПЭМ, 10000 $\times$ 

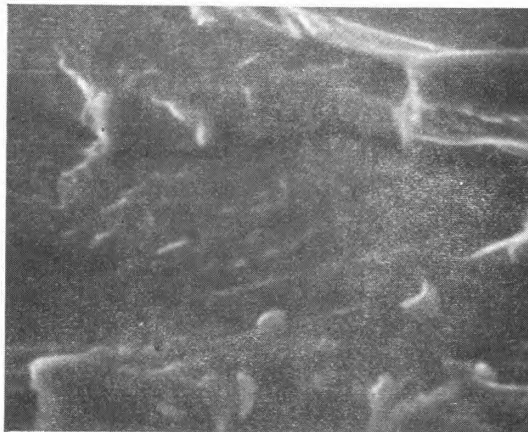
Черт. 8

1.3.3. **Гребень** (черт. 9 *а, б*) — вытянутый участок, возвышающийся над поверхностью разрушения (на обеих половинах излома), образовавшийся в результате пластической деформации и разрушения перемычек между другими элементами излома.

*а* — ПЭМ, 9400 $\times$ *б* — РЭМ, 5000 $\times$ Черт. 9*а, б*

1.3.4. **Ступенька** (черт. 10) — элемент микрорельефа излома прямолинейной или изогнутой формы, образующийся при соединении двух микроповерхностей разрушения, расположенных на разных уровнях; может возникать также в результате скола вдоль границ двойников.



РЭМ, 3000 $\times$ 

Черт. 10

1.3.5. **Ручьистый узор** (черт. 3а—г) — элемент строения поверхности фасеток скола, представляющий собой систему сходящихся ступенек, образующуюся в плоскости скола в результате разрушения перемычек между хрупкими микротрещинами, распространяющимися по параллельным, близко расположенным кристаллографическим плоскостям.

Направление слияния ступенек скола в ручьистом узоре соответствует направлению распространения трещины.

Частный случай ручьистого узора — веерообразный узор, который возникает, если ступеньки скола сходятся в одной точке в пределах фасетки.

1.3.6. **Язычок** (черт. 11) — элемент строения поверхности фасетки скола и квазискола треугольной или трапецевидной формы, образующийся в результате локального разрушения вдоль поверхности раздела матрица — двойник.

Язычку, находящемуся на одной половине излома, соответствует углубление на ответной половине излома.

ПЭМ, 5400 $\times$ 

Черт. 11

1.3.7. **Усталостные бороздки** (черт. 12) — элемент микрорельефа усталостного излома в виде повторяющихся удлиненных впадин и выступов, не пересекающихся между собой и ориентированных перпендикулярно локальному направлению развития трещины на данном микроучастке.

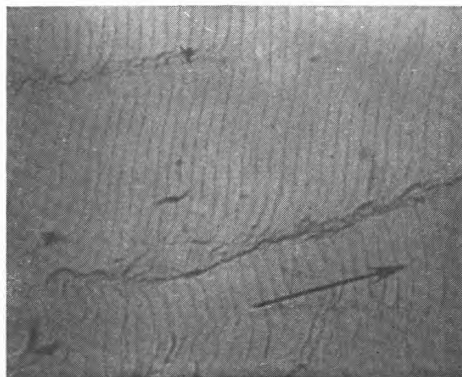
#### Усталостные бороздки на плато

*a* — РЭМ, 8000 $\times$



Черт. 12*a*

*b* — ПЭМ, 10000 $\times$



Стрелкой показано направление распространения усталостной трещины.

Черт. 12*b*

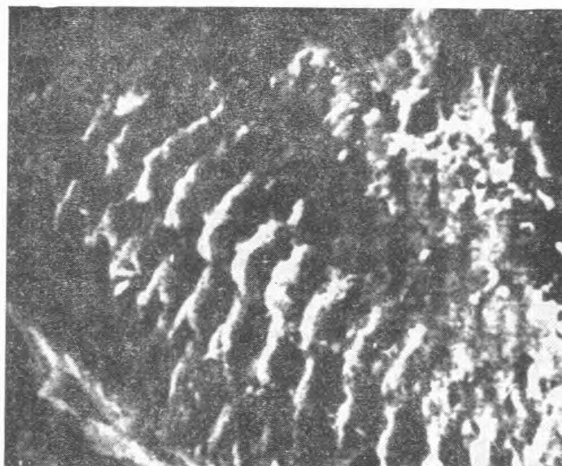
1.3.8. **Плато** (черт. 12) — плоские участки, вытянутые преимущественно в направлении локального распространения трещины, на которых располагаются усталостные бороздки.

Наличие плато и при отсутствии усталостных бороздок является одним из признаков усталостного разрушения.

1.3.9. **Траковые следы** (черт. 13) — элемент микрорельефа усталостного излома, образовавшийся в результате соприкосновения противоположных поверхностей разрушения.

Могут быть связаны с влиянием включений, выделений или твердых составляющих.

РЭМ, 1000×



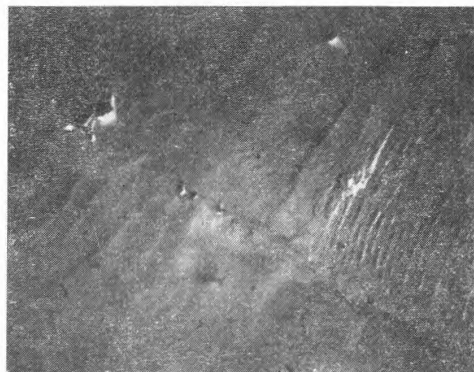
Черт. 13

1.3.10. **Зона вытягивания** (черт. 14) — сглаженный (нередко бесструктурный) участок микрорельефа, отвечающий зоне срагивания трещины при наличии пластического затупления ее вершины при всех видах нагружения.

В усталостном изломе зона вытягивания — участок поверхности разрушения, ограниченный с одной стороны фронтом усталостной трещины и с другой — микрообразованиями хрупкого (скольного) или вязкого (ямочного) типа.

К микрофрактографическим признакам зоны вытягивания относятся также сдвиговые микрообразования и вытянутые ямки.

ПЭМ, 5000×



Черт. 14

1.4. **Механизм разрушения** — механизм распространения трещины, оцениваемый на микроуровне.

1.4.1. **Скол** — механизм хрупкого разрушения, характеризующийся распространением трещины, путем разделения (раскалывания) металла по определенным кристаллографическим плоскостям (внутризеренный скол) или границам зерен (межзеренный скол), а также по границам субструктурных элементов, межфазным границам. При разрушении путем скола образуется микрорельеф, состоящий из фасеток внутризеренного или межзеренного скола (пп. 1.3.1.1, 1.3.1.3) с ручьистым узором и язычками (или без них) и ступенек скола.

1.4.2. **Квазискол** — механизм внутризеренного квазихрупкого разрушения, характеризующийся распространением трещины преимущественно путем разделения металла по плоскостям, не совпадающим с кристаллографическими плоскостями зерен.

К особенностям рельефа при разрушении путем квазискола относятся фасетки квазискола (п. 1.3.1.2), гребни, ступеньки, язычки.

1.4.3. **Слияние микропустот** — механизм внутризеренного или межзеренного вязкого разрушения путем разделения металла вследствие слияния микропустот, зарождение и рост которых происходит в процессе пластического течения металла.

Поверхность разрушения имеет ямочный микрорельеф (п. 1.3.2) с разной степенью развития ямок.

1.4.4. **Расслоение** — механизм разрушения (разделения) металла вследствие образования неплотностей вдоль границ структурных элементов (п. 1.2.8).

1.4.5. **Усталостный механизм** — механизм разрушения под воздействием циклического нагружения, часто связанный с образованием при продвижении трещины усталостных бороздок (п. 1.3.7) путем микросдвига и микроотрыва.

Усталостное разрушение может также происходить путем образования фасеток межзеренного и внутризеренного разрушения.

1.5. **Смешанный излом** — поверхность разрушения, представляющая собой сочетание двух или более видов изломов, различающихся по механизму разрушения.

1.6. **Внутризеренный излом** (черт. 3, 4, 6) — излом, образующийся при разрушении по телу зерна.

1.7. **Межзеренный (зернистый) излом** (черт. 5) — излом, образующийся при разрушении по границам зерен (межсубзеренный — по границам субзерен).

1.8. **Дефект в изломе** — дефект строения металла, проявляющийся на поверхности разрушения.

## 2. КЛАССИФИКАЦИЯ ОСНОВНЫХ ВИДОВ ИЗЛОМОВ

Классификация основных видов изломов, их характерные признаки и особенности строения приведены в пп. 2.1 — 2.6.

### 2.1. Классификация по макрогеометрии излома

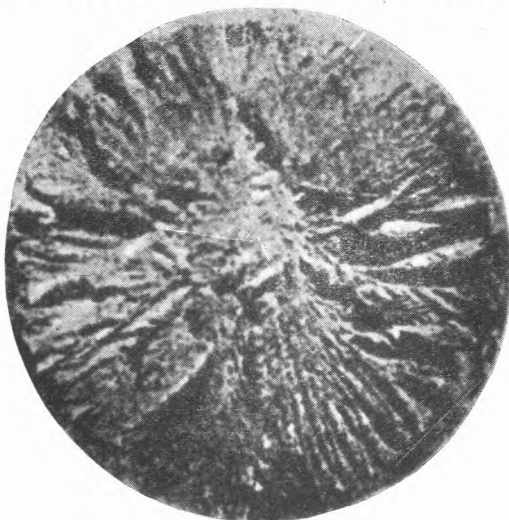
2.1.1. **Однородный излом** — излом, характеризующийся морфологически единой поверхностью разрушения (без различных геометрических зон).

Пример: кристаллический и волокнистый изломы.

2.1.2. **Неоднородный излом** — излом, характеризующийся наличием зон, отличающихся по макрорельефу.

Различные зоны могут соответствовать различным стадиям разрушения. Граница между зонами на макроуровне может быть выделена по изменению цвета и шероховатости излома при переходе от одной зоны к другой.

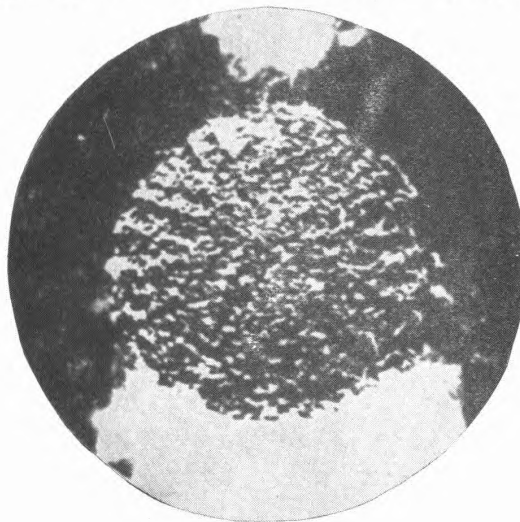
2.1.2.1. **Излом звездочкой** (черт. 15) — поверхность разрушения разрывного образца с наклонными площадками в виде радиальных лучей (образуется, в ряде случаев, при разрушении материала с пониженными пластическими свойствами в поперечном направлении).



Черт. 15

2.1.2.2. Чашечный излом (черт. 16) — поверхность разрушения, характеризующаяся наличием центрального участка с шероховатой матовой поверхностью, перпендикулярного направлению растяжения, и наклонных под углом  $30^{\circ}$ — $60^{\circ}$  скосов со сглаженной и блестящей поверхностью.

Формирование такого макрорельефа обусловлено постепенным изменением вида напряженного состояния при продвижении от центра образца к его периферии (переходом от плоской деформации в центре образца к плоскому напряженному состоянию вблизи образующей цилиндра).



Черт. 16

2.1.2.3. Шевронный излом (черт. 17) — поверхность разрушения, характеризующаяся наличием системы ступенек, имеющих гиперболическую конфигурацию и в совокупности образующих рисунок «елочки» или шеврона.

Является признаком малой пластической деформации при разрушении. Образуется при растяжении с изгибом образцов и деталей прямоугольного сечения, труб, а также в зоне нестабильного роста усталостной трещины.



Стрелкой показано направление, в котором происходит разрушение.

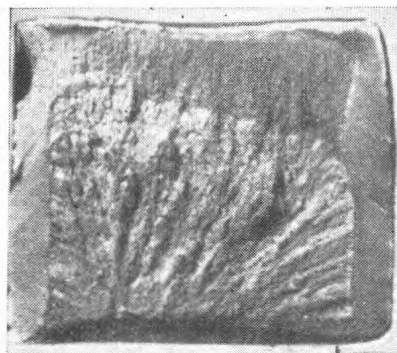
Черт. 17

## 2.2. Классификация по морфологии поверхности разрушения

2.2.1. Кристаллический излом (черт. 18) — поверхность разрушения, состоящая из блестящих плоских участков (граней).

Кристаллический излом является признаком хрупкого разрушения; при рассмотрении на микроуровне выявляются фасетки скола (п. 1.3.1.1) и межзеренные фасетки (п. 1.3.1.3).





Расходящиеся рубцы указывают направление разрушения.

Черт. 18

2.2.1.1. Фарфоровидный излом (черт. 19) — сглаженная, с трудно различимой кристаллическостью строения поверхность разрушения светло-серого цвета, похожая на поверхность разрушения фарфора.

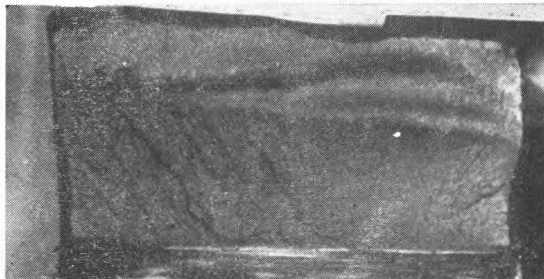
При рассмотрении на микроуровне выявляются фасетки скола (п. 1.3.1.1) и квазискола (п. 1.3.1.2).



Черт. 19

2.2.1.2. Бархатистый излом (черт. 20) — гладкая, с мелкокристаллическим строением, трудно разрешаемым визуально, поверхность разрушения серого цвета с тусклым металлическим отливом, напоминающим бархат. При рассмотрении на микроуровне в изломе выявляются фасетки скола (п. 1.3.1.1) и квазискола (п. 1.3.1.2).

Примечание. Фарфоровидный и бархатистый изломы встречаются у закаленных инструментальных сталей, высокопрочных низкоотпущенных конструкционных сталей с мелкозернистой структурой в литом и деформированном состояниях.

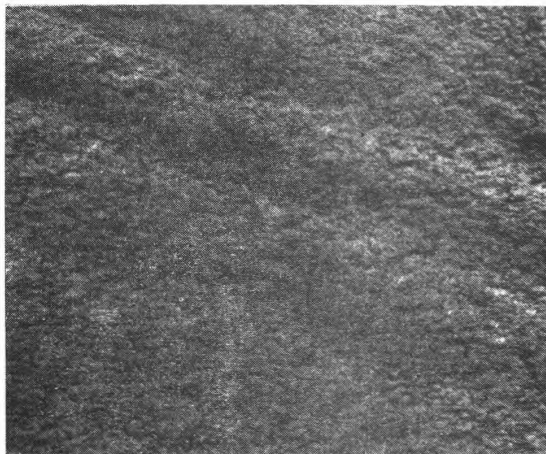


Участок бархатистого излома (справа), постепенно переходящий в кристаллический излом с более крупным зерном.

Черт. 20

**2.2.2. Волокнистый излом** (черт. 21) — матовая шероховатая поверхность разрушения, как правило, с признаками пластической деформации (утяжка, расходящиеся рубцы).

Волокнистый излом является признаком вязкого разрушения. При рассмотрении на микроуровне на изломе выявляются ямки, фасетки квазискола (пп. 1.3.1.2, 1.3.2).



Черт. 21

**2.2.2.1. Волокнисто-полосчатый излом** (черт. 22) — поверхность разрушения, характеризующаяся наличием слоистости.

Слоистость связана, как правило, со структурной неоднородностью деформированного материала. Проявлением структурной неоднородности может быть шиферность в изломе (мелкие расщепления, образовавшиеся в процессе поломки).

**2.2.2.2. Волокнисто-чешуйчатый излом** (черт. 23) — поверхность разрушения, характеризующаяся наличием гладких участков в виде чешуек.

Подобный излом характерен для разрушения деформированных материалов в направлении толщины листа (перпендикулярно плоскости листа).



Черт. 22



Черт. 23

2.2.3. **Дендритный излом** (черт. 24) — неоднородная поверхность разрушения, характеризующаяся наличием столбчатых кристаллов с четко выраженным рельефом элементов дендритного строения металла.

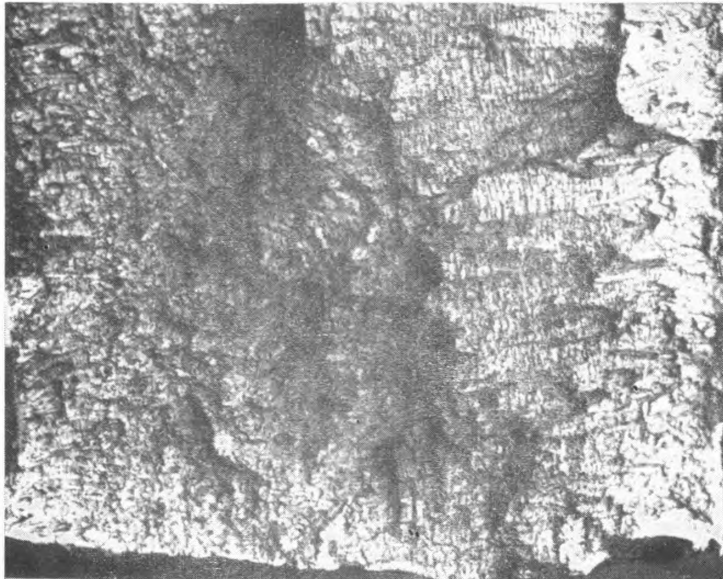
Характерен в основном для литых материалов. Разрушение с образованием дендритного излома может носить и вязкий, и хрупкий характер. В первом случае поверхность разрушения выглядит матовой, серого цвета; во втором случае — светлой и блестящей.

2.2.4. **Камневидный излом** (черт. 25) — однородная поверхность разрушения, характеризующаяся грубозернистым строением; зерна (с металлическим блеском или без него) представляются как бы оплавленными.

Имеет место у перегретых материалов или (при нормальном состоянии) в стали при распространении трещины по границам зерен.

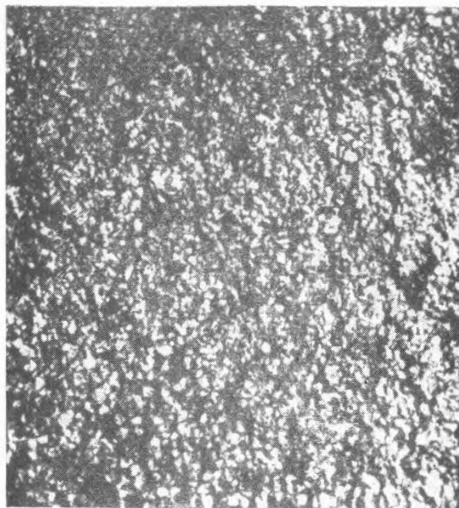
При рассмотрении на микроуровне выявляются фасетки межзеренного разрушения. На поверхности фасеток могут наблюдаться ямки (например, в сталях после закалки и высокого отпуска), глубина и диаметр которых невелики.

2.2.5. **Нафталинистый излом** (черт. 26) — однородная поверхность разрушения, характеризующаяся наличием крупных, гладких плоских участков (фасеток) с характерным блеском, напоминающим блеск нафталина.



Дендриты распространяются от поверхности отливки на половину ее толщины.

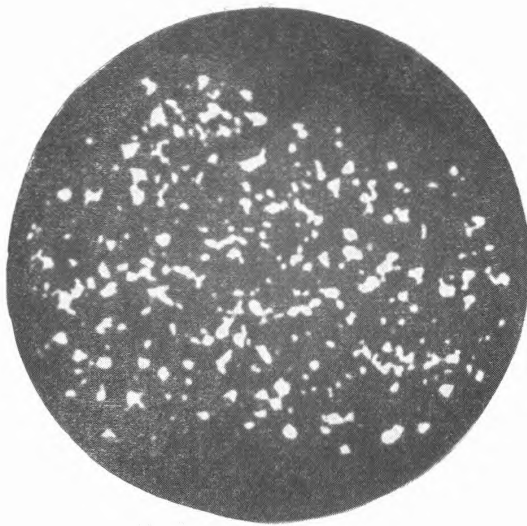
Черт. 24



Черт. 25

Характерен для литых и перегретых деформированных сталей.

Образование нафталинистого излома связано с внутризеренным хрупким разрушением по определенным кристаллографическим плоскостям, например, в пределах бывшего крупного аустенитного зерна. При рассмотрении на микроуровне выявляются преимущественно фасетки квазискола.



Черт. 26

### 2.3. Классификация по характеру силового воздействия\*

#### 2.3.1. Изломы кратковременного однократного статического и динамического нагружения

Возникают под действием изменяющейся в основном монотонно нагрузки; при этом продолжительность стадии постоянной нагрузки либо равна нулю, либо весьма мала по сравнению с общей продолжительностью процесса нагружения.

Подобные изломы подразделяют на вязкие (пластичные) и хрупкие, характерные особенности которых изложены в п. 2.2.

#### 2.3.2. Изломы длительного статического нагружения

Возникают под действием изменяющейся в основном монотонно нагрузки; при этом продолжительность стадии неменяющейся нагрузки соизмерима с продолжительностью стадии процесса развития повреждений, приводящих к разрушению.

К характерным особенностям подобных изломов относятся преимущественно межзеренное разрушение, наличие разветвленных и множественных трещин, трудно выявляемый очаг разрушения. Последнее связано с тем, что разрушение начинается почти одновременно из многих центров, поверхность, состоящая из межзеренных фасеток, однородна и рубцы, указывающие направление развития трещины, как правило, отсутствуют.

Различают:

##### 2.3.2.1. Изломы замедленного разрушения

Возникают в результате длительного статического нагружения при:

комнатной температуре и без воздействия коррозионной среды; напряжениях, меньших условного предела текучести с существенным влиянием на разрушение окружающей среды (например, влажного воздуха);

действии внутренних растягивающих напряжений.

К характерным признакам относится наличие на поверхности разрушения, как правило, двух зон: зоны замедленного разрушения (блестящей, имеющей зернистое строение при межзеренном или кристаллическом строении при внутриверенном разрушении) и зоны долома с кристаллическим и (или) волокнистым строением (в зависимости от материала).

В зоне замедленного разрушения могут наблюдаться тонкие кольцевые линии (макрознаки), ориентированные нормально к направлению распространения трещины и являющиеся следами фронта разрушения. Подобные линии можно принять за усталостные. Для окончательного суждения о природе разрушения необходимо микрофрактографическое исследование.

##### 2.3.2.2. Изломы ползучести

Возникают в результате длительного статического нагружения при различных температурах и при неустановленном влиянии (на разрушение) окружающей среды.

Отличительной чертой данных изломов, имеющих зернистое макростроение, является наличие на поверхности межзеренных фасеток мелкоямочного рельефа и (или) следов сдвиговой деформации (в зависимости от механизма межзеренного разрушения при ползучести).

\* Необходимо принимать во внимание, что нередко разным видам нагружения соответствует одинаковый в основных чертах характер разрушения, то есть похожие внешне изломы.



### 2.3.2.3. Изломы «коррозионного растрескивания»

Возникают в результате длительного статического нагружения при воздействии коррозионной среды.

Характеризуются многоочаговым характером разрушения, сильной шероховатостью и большим количеством трещин, выходящих на поверхность разрушения. Начальная зона разрушения нередко выглядит матовой, темной, покрытой продуктами коррозии.

### 2.3.3. Изломы циклического нагружения (усталостные изломы)

Возникают в результате действия нагрузки, периодически и многократно изменяющейся в процессе нагружения и разрушения (в широком диапазоне частот и коэффициентов асимметрии цикла).

Различают:

#### 2.3.3.1. Многоцикловые усталостные изломы (черт. 1)

Усталостное повреждение или разрушение происходит в основном при упругом деформировании.

Типично усталостный излом характеризуется, как правило, наличием на поверхности разрушения нескольких зон:

зоны с более ровной и блестящей («притертой») поверхностью, которая включает в себя очаг разрушения и зону стабильного развития трещины;

зоны долома (п. 1.2.5), как правило, характеризующейся значительной (по сравнению с «притертой» зоной) шероховатостью;

переходной зоны (зоны ускоренного по сравнению с «притертой» зоной развития трещины), которую не всегда удается выделить.

При рассмотрении на микроуровне выявляются усталостные бороздки, плато, траковые следы, межзеренные фасетки, а также все элементы микрорельефа, характерные для разрушения при статическом нагружении.

#### 2.3.3.2. Малоцикловые усталостные изломы

Усталостное повреждение или разрушение происходит при упруго-пластическом деформировании.

Для строения излома характерно:

более шероховатая поверхность разрушения, чем для случая по п. 2.3.3.1;

отсутствие четкой границы между зонами;

изменение соотношения размеров зон, перечисленных в п. 2.3.3.1.

В частности, на изломе увеличивается доля рельефа, имеющего признаки статического разрушения.

#### 2.3.3.3. Коррозионно-усталостные изломы

Усталостное повреждение или разрушение происходит при воздействии коррозионной среды.

К особенностям строения излома относятся:

большое количество очагов разрушения;

наличие продуктов коррозии на поверхности разрушения;

большое количество трещин.

При рассмотрении на микроуровне обнаруживаются усталостные бороздки, лежащие на фасетках скола и межзеренных фасетках.

#### 2.3.3.4. Термоусталостные изломы

Образуются под действием переменных напряжений, возникающих при температурных изменениях тела.

Характерные признаки:

не наблюдается зон с резко очерченными границами;

множественность очагов разрушения;

интенсивное окисление поверхности разрушения.

## 2.4. Классификация по микрорельефу излома

### 2.4.1. Хрупкий излом

Характерные признаки: фасетки внутрзеренного (п. 1.3.1.1) и межзеренного (п. 1.3.1.3) скола, ступеньки скола (п. 1.3.4), ручьистый узор (п. 1.3.5), язычки (п. 1.3.6). При этом ступеньки скола и язычки входят друг в друга на двух ответных половинах излома.

### 2.4.2. Квазихрупкий излом

Характерные признаки: фасетки квазискола (п. 1.3.1.2), гребни (п. 1.3.3), ступеньки (п. 1.3.4), язычки (п. 1.3.6). Присутствие гребней свидетельствует о наличии некоторой локальной пластической деформации.

### 2.4.3. Вязкий излом

Характерный признак — ямки (п. 1.3.2). При интенсивной сдвиговой деформации могут образовываться участки с гладкой (бесструктурной) или слегка волнистой поверхностью, аналогичной приведенной на черт. 14.

### 2.4.4. Усталостный излом

Характерные признаки: усталостные бороздки (п. 1.3.7), плато (п. 1.3.8), траковые следы (п. 1.3.9).

## 2.5. Классификация по механизму разрушения

### 2.5.1. Хрупкий излом

Разрушение осуществляется по механизму скола (п. 1.4.1), признаком которого является наличие элементов микрорельефа, указанных в п. 2.4.1.

### 2.5.2. Квазихрупкий излом

Разрушение осуществляется по механизму квазискола (п. 1.4.2), признаком которого является наличие элементов микрорельефа, указанных в п. 2.4.2.

### 2.5.3. Вязкий излом

Разрушение осуществляется по механизму слияния микропустот (п. 1.4.3), признаком которого является наличие элементов микрорельефа, указанных в п. 2.4.3.

### 2.5.4. Усталостный излом

Разрушение происходит при воздействии циклического нагружения, признаком которого является наличие элементов микрорельефа, указанных в п. 2.4.4.

Распространение трещины при циклическом нагружении может происходить также с участием всех других механизмов разрушения.

## 2.6. Классификация по энергии разрушения

### 2.6.1. Хрупкий излом

Характеризуется условно малой (в зависимости от материала и вида нагружения) работой разрушения.

### 2.6.2. Квазихрупкий излом

Характеризуется условно средней (в зависимости от материала и вида нагружения) работой разрушения.

### 2.6.3. Вязкий излом

Характеризуется условно высокой (в зависимости от материала и вида нагружения) работой разрушения.

#### Примечания к разд. 2.

1. Характерные признаки разрушения на макро- и микроуровнях могут и не совпадать: например, изломы, имеющие сотовый рельеф, являются вязкими по механизму разрушения, но хрупкими по энергии разрушения. Иногда при наличии значительной макропластической деформации (большая утяжка) излом может быть хрупким по виду микрорельефа и механизму разрушения.

Таким образом, только комплексная оценка излома по всем возможным признакам позволяет всесторонне и достоверно охарактеризовать поведение материала при разрушении.

2. Классификация может быть дополнена по признакам, по которым она проводится, по видам изломов и особенностям разрушения.

#### ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

Расчеты и испытания на прочность в машиностроении. Классификация видов поверхностей разрушения (изломов) металлов. Рекомендации. — М.: ВНИИНМАШ, 1979.

Расчеты и испытания на прочность. Фрактографическое определение зоны стартового развития трещины и использование ее геометрических размеров для оценки трещиностойкости конструкционных материалов МР 225—86. — М.: ВНИИНМАШ, 1986.

Расчеты и испытания на прочность. Метод оценки сопротивления металлических материалов усталостному разрушению по шагу усталостных бороздок МР 189—86. — М.: ВНИИНМАШ, 1986.

Гордеева Т. А., Жегина И. П. Анализ изломов при оценке надежности металлов. — М.: Машиностроение, 1978.

Герасимова Л. П., Ежов А. А., Маресев М. И. Изломы конструкционных сталей. Справочник. — М.: Металлургия, 1987.

Гранкова Л. П. Методика структурных исследований. Фрактография. Итоги науки и техники, металловедение и термическая обработка, т. 21, С. 97—143. — М.: ВИНТИ, 1987.

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

### 1. РАЗРАБОТАНЫ

Государственным комитетом СССР по стандартам, Министерством путей сообщения СССР, Министерством черной металлургии СССР, Академией наук СССР, Академией наук Украинской ССР

### 2. ВНЕСЕНЫ Государственным комитетом СССР по стандартам

#### ИСПОЛНИТЕЛИ

Л. Р. Ботвина, д-р техн. наук; Л. П. Герасимова, канд. техн. наук; Т. А. Гордеева, канд. техн. наук; Л. П. Гранкова, канд. техн. наук; Т. П. Дудкина, канд. техн. наук; В. М. Дусевич, канд. техн. наук; В. А. Ерохина; И. П. Жегина, канд. техн. наук; Е. Н. Жукова, канд. техн. наук; Ю. В. Зима, канд. техн. наук; А. М. Каток; И. И. Клещева, канд. техн. наук; М. С. Куприянова; А. А. Петруненок, канд. физ.-мат. наук; Л. В. Проходцева, канд. техн. наук; О. Н. Романив, чл.-корр. АН УССР; Н. М. Фонштейн, д-р техн. наук, Е. А. Шур, д-р техн. наук.

### 3. УТВЕРЖДЕНЫ И ВВЕДЕНЫ В ДЕЙСТВИЕ Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 29.07.88 № 2800

### 4. Взамен Рекомендаций «Расчеты и испытания на прочность в машиностроении. Классификация видов поверхностей разрушения (изломов) металлов».

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Расчеты и испытания на прочность.  
Классификация видов изломов металлов

РД 50—672—88

Редактор *А. Л. Владимиров*  
Технический редактор *В. Н. Малькова*  
Корректор *И. Л. Асауленко*

Сдано в наб. 26.08.88 Подп. к печ. 17.02.89 Формат 60×90<sup>1</sup>/<sub>8</sub> Бумага мелованная. Гарнитура литературная. Печать высокая 3,0 усл. п. л. 3,0 усл. кр.-отг. 2,34 уч.-изд. л. Тираж 12 000 экз. Зак. 2800 Цена 25 коп. Изд. № 10318/4

Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов, 123840, Москва, ГСП,  
Новопресненский пер., 3.  
Калужская типография стандартов, ул. Московская, 256.