Изображение Государственного Герба Республики Казахстан

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

**МЕТАЛЛОГРАФИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ В СТАЛИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭТАЛОННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ**

**СТ РК EN 10247 -**

*(EN 10247:2017, Micrographic examination of the non-metallic inclusion content of steels using standard pictures, IDT)*

*Настоящий проект стандарта не подлежит применению до его утверждения*

*Настоящий национальный стандарт является идентичным*

*воспроизведением европейского стандарта EN10247:2017 и принят*

*с разрешения CEN, по адресу: пр. Марникс 17, В-1000 Брюссель*

**Комитет технического регулирования и метрологии**

**Министерство торговли и интеграции Республики Казахстан**

**(Госстандарт)**

**Астана**

**Предисловие**

**1 ПОДГОТОВЛЕН И ВНЕСЕН** Республиканским государственным предприятием на праве хозяйственного ведения «Казахстанский институт стандартизации и метрологии» Комитета технического регулирования и метрологии Министерства торговли и интеграции Республики Казахстан

**2 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ** Приказом Председателя Комитета технического регулирования и метрологии Министерство торговли и интеграции Республики Казахстан от «\_\_»\_\_\_\_\_\_2025 года № \_\_\_\_\_

**3** Настоящий стандарт идентичен европейскому стандарту EN 10247:2017 Micrographic examination of the non-metallic inclusion content of steels using standard pictures (Металлографическое определение содержания неметаллических включений в стали с использованием эталонных изображений)

Европейский стандарт подготовлен Техническим комитетом ECISS/TC 101 «Методы испытаний стали (кроме химического анализа)», секретариат которого находится в ведении AFNOR

Перевод с английского языка (en)

Официальные экземпляры европейских стандартов, на основе которых подготовлен (разработан) настоящий национальный стандарт и на которые даны ссылки, имеются в Едином государственном фонде нормативных технических документов

Сведения о соответствии стандарта ссылочным европейским стандартам, приведены в дополнительном приложении В.А

Степень соответствия - идентичная (IDT)

**4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ**

*Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодно издаваемом каталоге документов по стандартизации, а текст изменений и поправок – в периодически издаваемых информационных указателях стандартов. В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в периодически издаваемых информационных указателях стандартов*

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Комитета технического регулирования и метрологии Министерства торговли и интеграции Республики Казахстан

**Содержание**

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

**Введение**

Настоящий стандарт устанавливает процедуры оценки включений в сталях на основе с использованием стандартных изображений.

Процедуры оценки включают в себя принципы, которые дают результаты, согласованные с консолидированными измерениями отдельных включений и выраженные в физических единицах.

Схема стандартных изображений составлена на основе математических принципов. В отличие от других стандартов, в настоящем стандарте порядок классификации начинается с длины (индекс строки q).

Результаты могут быть непосредственно рассчитаны на основе оценок поля. Одинаковый уровень точности достигается при использовании одного и того же метода при оценке вручную и измерениях, контролируемых компьютером.

Результаты приведены в физических единицах: длина в мкм/мм2, количество/мм2, области в мкм2/мм2.

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

**МЕТАЛЛОГРАФИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ В СТАЛИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭТАЛОННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ**

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**Дата введения \_\_\_\_\_\_\_**

**1 Область применения**

Настоящий стандарт устанавливает метод микроскопической оценки неметаллических эндогенных включений с использованием графических изображений.

Метод не применяется к частицам длиной или диаметром менее 3,0 мкм или шириной менее 2,0 мкм.

Если это определено стандартом на продукцию или соглашением между заинтересованными сторонами для некоторых специальных изделий, включения шириной менее 2,0 мкм могут оцениваться только по длине.

Включения с размерами, превышающими верхние пределы, указанные в таблице 2, оцениваются как относящиеся к максимальному классу и отмечаются отдельно с указанием их истинных размеров (8.5.6).

Если частицы вытянуты или если имеются цепочки частиц, то они параллельны друг другу.

Настоящий стандарт распространяется на образцы с микроскопическим осадком, приближающимся к случайному распределению.

По данным измерений, полученным этим методом, может быть установлена оценка в соответствии с другими стандартами.

Настоящий стандарт не распространяется на стали для свободной резки.

Примечание - Основной принцип настоящего стандарт позволяет определять содержание неметаллических включений методами анализа изображений.

**2 Нормативные ссылки**

Для применения настоящего стандарта необходимы следующие ссылочные нормативные документы. Для датированных ссылок применяют только указанное издание ссылочного нормативного документа, для недатированных ссылок применяют последнее издание ссылочного документа (включая все его изменения):

EN ISO/IEC 17025 General requirements for the competence of testing and calibration laboratories (ISO/IEC 17025) (Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий (ISO/IEC17025).

ISO 9042 Steels - Manual point counting method for statistically estimating the volume fraction of a constituent with a point grid(Сталь - Ручной метод подсчета точек для статистической оценки объемной доли структурной составляющей с использованием точечной измерительной сетки).

**3 Термины и определения**

В настоящем стандарте применяются следующие термины с соответствующими определениями:

**3.1 Общие положения**

**3.1.1** **Частица** (particle): Одиночный осадок, обычно неметаллический.

**3.1.2 Цепочка** (stringer): Расположение по меньшей мере 2 частиц, нормально выровненных, которые удовлетворяют условиям близости *e* ≤ 40 мкм и *t* ≤10 мкм.

Примечания

1 При формировании цепочек, частицы с *L* < 3 мкм или *w* < 2 мкм не учитываются (рисунок 5).

2 Рисунок 3, Рисунок 7 и Примеры в Приложении B и Приложении C.

**3.1.3 Включение** (inclusion): Общее обозначение соотносящегося признака, состоящего по крайней мере из одной частицы, определяемого размером и близостью составляющих его элементов.

Примечания

1 Включение может описывать одну частицу; одну цепочку; или скопление цепочек.

2 Цепочки, удовлетворяющие условиям близости *e* ≤ 40 мкм и *t* ≤ 10 мкм, образуют скопление цепочек (рисунок 4). Образование включений путем объединения цепочек и отдельных частиц не допускается.

3 Если объединить удлиненные и глобулярные частицы (рисунок 6), то результат рассматривается как одно включение.

4 Дополнительные примеры приведены на рисунке 7.

**3.1.4 Испытуемая область** (test area): Область на полированной поверхности образца, подлежащего оценке.

**3.2 Приближение:**

**3.2.1 Расстояние между частицами** (distances between particles): Расстояние *e* между частицами в направлении основной деформации и расстояние *t* в направлении, перпендикулярном ей.

Примечание - См. рисунок 3.

**3.2.2 Расстояние между цепочками** (distance between stringers): Аналогично расстоянию между частицами.

Примечание - рисунок 4.

**3.2.3 Рассеянное** (scattered): Случайное расположение частиц.

Примечание - приложение С. Это определено в одном поле обзора.

**3.3 Параметры:**

**3.3.1 Длина** (length): Размер включения в главном направлении деформации, обычно больше ширины.

**3.3.2 Диаметр** (diameter): Максимальный размер включения, классифицированного в соответствии с колонкой 6 (глобулярное включение).

**3.3.3** **Ширина** (width): Размер включения перпендикулярен направлению основной деформации.

Примечания

1 Для включений, состоящих более чем из одной частицы, может использоваться индекс «всего», чтобы отличать его ширину от ширины отдельных частиц.

2 Для включений, состоящих из одной частицы, ширина - максимальный размер, перпендикулярный основному направлению деформации (рисунок 1).

Для включений, состоящих из одной цепочки, ширина равна ширине ограничивающего прямоугольника (рисунок 2). Для включений, состоящих из скопления цепочек, применяются:

a) две цепочки, для которых 0 ≤ *e ≤* 40 мкм, *t ≤* 10 мкм: ширина этого включения равна ширине самой широкой цепочки (*w*total = *w*1; *w*1 > *w*2 (рисунок 4 a));

b) две цепочки, для которых *e* < 0 мкм, *t ≤* 10 мкм: ширина этого включения равна сумме ширины цепочек и расстояния *t* (*w*total = *w*1 + *w*2 + *t (*рисунок 4b));

c) скопление более чем двух цепочек: ширина этого включения является самой широкой шириной, полученной при применении правил в случаях a) и b) (рисунок 4 c)).

**3.3.4 Область** (area): Область эквивалентного эллипса, рассчитанная как:

, (1)

или, в случае глобулярных частиц,

. (2)

Примечание - Подробная информация изложена в 3.3.2 и рисунках 1, 2 и 4.

**3.3.5 Коэффициент формы** (shape factor): Показатель степени f определяется по формуле:

 (3)

Примечание - Информация в приложении D.

**3.4 Классы**

**3.4.1 Удлиненные частицы** (elongated particles): Частицы с соотношением *L/w* ≥ 3.

Примечание - Информация на рисунке 1.

**3.4.2 Глобулярные частицы** (globular particles): Частицы с соотношением *L/w <* 3.

Примечание - Информация на рисунке 1.

**3.4.3 Тип** (type): Различение включений по их форме, расположению и цвету и, при желании, по их кажущемуся химическому составу.

Примечание - Информация в приложении А.

**3.5 Другое:**

**3.5.1** **Партия** (lot): Единица материала, обрабатываемая за один раз и подверженная аналогичным переменным обработки.

**3.5.2 Ограниченные значения** (restricted values): Значения средней оценки поля, ограниченные включениями определенного диапазона размеров, или ограниченные включениями определенных типов.

Примечание - Информация в приложении M.4 и таблицах M.6 и M.7.

**4 Условные обозначения и сокращения**

Для целей настоящего стандарта применяются следующие условные обозначения и сокращения:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Условное обозначение | Единица измерения | Обозначение |
| *A* | мкм2 | область поля обзора на образце |
| *B* | мм2 | полированная поверхность |
| *D* |  | диаметр изделия |
| G |  | увеличение |
| *H* | мкм | длина измерительной рамы на образце |
| *K* |  | средняя оценка поля |
| *L* | мкм | длина включений |
| *M* | мкм, мкм2/мм2 | оценка наихудшего поля |
| *MD* |  | основное направление деформации (например, направление прокатки) |
| *N*j |  | количество полей |
| *N*s |  | количество образцов |
| *P* |  | наихудшая оценка включения |
| *Q* |  | коэффициент для K-оценки |
| *R* |  | ограниченные значения |
| *a* | мкм2 | область включений |
| av или − |  | среднее значение n, *L, w, a ....* |
| *b* | мм | ширина пластины |
| b |  | черный |
| c |  | окрашенные (розовые или желтые) (обычно нитриды) |
| *d* | мкм | диаметр включений |
| *e* | мкм | расстояние между частицами при основном направлении деформации |
| *f* |  | коэффициент формы |
| g |  | серый (обычно сульфиды) |
| i |  | индекс включения |
| j |  | индекс поля |
| k |  | номер колонки |
| m |  | тип индекса включения |
| max |  | индекс максимального значения *n, L, w, d, a* (в *j* или *s*) |
| *n* |  | количество оцениваемых частиц, включений |
| *n*S |  | количество оцененных включений на образец |
| p |  | индекс частиц |
| q |  | номер строки |
| s |  | индекс образца |
| *t* | мкм | расстояние между частицами, перпендикулярными |
| u | мкм | основному направлению деформации |
| *v* | мм | шкала в окуляре микроскопа |
| *w* | мкм | ширина полированной поверхности |
| *x* |  | ширина включений |
| *a* |  | переменная |
| *a*b |  | рассеянный, удлиненный тип включений |
| *a*c |  | рассеянный, удлиненный, черный тип включений |
| *a*g |  | рассеянный, удлиненный, цветной тип включений |
| *β* |  | рассеянный, удлиненный, серый тип включений |
| *β*b |  | выровненный, глобулярный тип включения |
| *γ* |  | выровненный, глобулярный, черный тип включения |
| *γ*b |  | выровненный, удлиненный, черный тип включения |
| *γ*c |  | выровненный, удлиненный, цветной тип включения |
| *γ*g |  | выровненный, удлиненный, серый тип включения |
| *δ* |  | рассеянный, глобулярный тип включения |
| *δ*b |  | рассеянный, глобулярный, черный тип включений |
| *δ*c |  | рассеянный, глобулярный, цветной тип включения |
| *δ*g |  | рассеянный, глобулярный серый тип включений |

Комбинированные условные обозначения должны быть записаны с индексами.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Пример | *K*L | средняя оценка поля по длине; |
|  | *nj* | количество включений в поле; |
|  |  | среднее количество включений на поле. |

**5 Сущность метода**

Настоящий стандарт состоит из сравнения включений, наблюдаемых в поле обзора, и схем изображений.

Схема классифицирует включения на четыре различных типа в зависимости от их формы (8.4, приложение H). Минимальные требования для применения настоящего метода - квадратная измерительная рамка размером 0,71 мм × 0,71 мм, наложенная на поле обзора при увеличении 100:1 (рисунок 9), а также схема или, в качестве альтернативы, измерительная шкала и таблица 2 настоящего стандарта.

Включение в соответствии с настоящим стандартом может состоять из одной частицы, группы частиц или скопления частиц - цепочек. Все включения рассматриваются как эллипсы (рисунок 1), с особыми правилами для скоплений цепочек (3.1.3, рисунок 4). Включения классифицируются в соответствии с формой, расположением и размером (приложение А).

Допускается также классификация по цвету, чтобы различать видимый химический состав (приложение A), хотя эта классификация не дает информации о кристаллической структуре или реальном химическом составе.

Длина и ширина включения оцениваются по значениям класса соответствующей строки и колонки в графическом изображении. На схеме рисунков изображены границы высшего класса. После классификации все дальнейшие расчеты относятся к значениям классов, указанным в таблице 2.

В настоящем стандарте включены различные результаты в зависимости от выбранного метода: самые крупные включения (метод наихудших включений), самые крупные параметры включений в поле обзора (метод наихудшего поля) и усредненное содержание включений (метод среднего поля). Если это не определено стандартами на продукцию, участвующие стороны должны договориться о предпочтительном методе для своей марки стали. Методами оценки по умолчанию являются метод наихудшего включения (*P*L/d) и метод среднего поля (*K*n, *K*L/d). Все результаты имеют физические размеры, независимо от метода.

Приложения M, N и P содержат примеры для записи и расчета результатов. Следующий раздел содержит краткое практическое руководство по оценке, указанной в настоящем стандарте.

**6** **Краткое практическое руководство**

**6.1 Основные правила оценки**

**а) Подготовка к измерению:**

1) Отобрать и подготовить образцы в соответствии с разделом 7.

2) Определить испытуемую область и начальную точку измерения.

**b) Осмотр испытуемой области:**

1) Просканировать всю испытуемую область при выбранном увеличении (обычно 100:1).

2) Оценить все включения, используя измерительную раму или измерительную шкалу, или анализ изображения.

**c) Исключение частиц за пределами области применения:**

1) Исключить из оценки все частицы с длиной или диаметром < 3 мкм или шириной < 2 мкм.

**d) Правила определения включений:**

1) Провести различие между глобулярными частицами и удлиненными, используя соотношение длины к ширине.

Согласно классам 3.4, частицы с *L/w* < 3 являются глобулярными, а частицы с
*L/w* ≥ 3 - удлиненными.

2) Включения могут состоять из одной частицы, нескольких частиц или цепочек.

3) Условиями близости для соединения частиц или цепочек являются *e ≤* 40 мкм и
*t ≤* 10 мкм (3.1.2, цепочка, и примечание к 3.1.3, включение).

4) Частицы, которые не соответствуют условиям близости, классифицируются как отдельные включения.

5) Цепочка формируется и оценивается как включение, когда по меньшей мере две частицы удовлетворяют условиям близости.

6) Цепочки, удовлетворяющие условиям близости, соединяются, образуя скопление цепочек. Агломерация (а не отдельные цепочки) оценивается как включение.

7) Включения, состоящие из различных типов частиц, классифицируются в соответствии с преобладающей формой, а затем, при необходимости, в соответствии с преобладающим цветом.

8) Включения, длина которых превышает поле обзора, оцениваются в соответствии с их общими размерами и оцениваются только один раз.

9) Включения, длина или ширина которых превышает классы, входящие в область применения настоящего стандарта (негабаритные), оцениваются как относящиеся к самому большому из возможных классов и указываются отдельно с указанием их фактических размеров.

**e) Оценка включений:**

1) Используя измерительную шкалу и схему (или таблицу 2), наблюдаемые включения классифицируются в соответствии с формой, расположением и размером и оцениваются в соответствии с параметрами выбранного метода (раздел 9).

2) Включения отнесены к типам a, *β, γ* и *δ* в соответствии с их формой и расположением. Там, где требуется дифференциация по цвету, включения относятся к типам EA, EC, EAB, EB, EAD и ED (приложение A).

3) Включения оцениваются в соответствии с таблицей 2 или графическим изображением. Схема изображений и значения в таблице 2 представляют границы верхнего класса.

4) Включение классифицируется в строке q, если для его длины *Lx*:

*L*q-1 < *L*x ≤ *L*q (мкм)

5) Включение классифицируется в колонке k, если для его ширины *w*x:

*w*q,k-1 < *w*x ≤ *w*q,k (мкм)

После классификации по длине и ширине все дальнейшие расчеты (например, для площади включения) относятся к значениям класса, приведенным в таблице 2.

**6.2 Оценка в соответствии с методами оценки по умолчанию**

- **Метод *P*L, *P*d - определение самых крупных включений по длине и диаметру (9.1, метод *P*):**

Для каждого типа включения (*α, β, γ,* *δ* или EA, EAD, EB, EAB, EC, ED) оценить и записать включение с наибольшим значением для выбранного параметра (L или d).

В таблице К.1 используют лист записи для документирования (приложение К).

Результат представляет собой среднее значение индивидуальных показателей для каждого образца.

- **Метод *Kn, K*l и *K*n, *K*d - Определение среднего содержания включений по количеству, а также по длине и диаметру (9.3 и приложение М):**

Оценить и записать каждое включение выбранных типов (например: *α*, *β, γ, δ* или EA, EAD, EB, EAB, EC, ED) в соответствии с выбранным параметром (L или d). Необходимо следить за тем, чтобы каждое включение было записано один и только один раз.

Записать обследованную область.

Лист записи в таблице M.2 используют для документирования (приложение M).

В результате получается усредненное содержание включений. Для получения этого результата можно использовать таблицу расчетов M.3 (приложение M).

**7 Отбор** **образцов**

**7.1 Общие положения**

Если в условиях поставки не указано иное, применяются следующие требования.

**7.2 Степень обжатия**

Форма включений в значительной степени зависит от степени обжатия стали. Схему можно использовать только в том случае, если форму включений в образце можно сравнить с формой, приведенной на схеме изображений.

Примечание - Чем меньше степень обжатия, тем больше вероятность того, что в стали останутся пористости. Неумение правильно отличить их от включений повлияет на конечный результат. Слишком высокая степень обжатия приведет к неадекватному статистическому представлению самых длинных включений.

**7.3 Размер и расположение испытательной области**

Полированная поверхность образца, используемого для определения содержания включений, должна занимать площадь не менее 200 мм2 (например, 20 мм×10 мм) и должна быть параллельна направлению основ основной деформации (например, направлению прокатки).

Отбор образцов и их количество должны быть указаны в стандарте на продукцию или должны быть согласованы между сторонами.

При отсутствии соглашения процедура отбора образцов должна быть следующей, смотреть рисунок 8:

а) пруток или заготовки диаметром более 50 мм: испытуемая область должна располагаться по середине между внешней поверхностью и центром.

Более длинная сторона должна быть перпендикулярна, а более короткая - параллельна основному направлению деформации (рисунок 8 а));

b) пруток диаметром более 25 мм и менее или равным 50 мм: исследуемая поверхность состоит из половины диаметрального сечения (от центра к краю образца) (рисунок 8, б));

c) пруток диаметром менее или равным 25 мм: исследуемая поверхность состоит из полного диаметрального сечения (рисунок 8 в));

d) пластины толщиной менее 25 мм: образец включает всю толщину (рисунок 8, d));

e) пластины толщиной от 25 мм до 50 мм: образец включает половину толщины, расположен между поверхностью и центром;

f) пластины толщиной более 50 мм: образец содержит одну четверть толщины. Положение не определено.

Положения измеряемых плоскостей для трубок приведены на рисунке 8 е).

Для тонких изделий один образец может состоять из нескольких проб. В этом случае испытуемая область составляет менее 200 мм2 на образец.

Для любой другой продукции процедуры отбора образцов подлежат согласованию между сторонами.

**7.4 Количество образцов**

Одиночные образцы не дают репрезентативного показателя содержания включений в отливке или партии, поэтому испытание должно проводиться на нескольких образцах. Если количество образцов не определено в стандарте на продукцию или по специальному соглашению, содержание включений определяют не менее чем на шести образцах.

**7.5 Подготовка образцов**

Образец должен быть разрезан таким образом, чтобы получить поверхность для исследования. Чтобы добиться плоской поверхности и избежать скругления краев образца при полировке, образец удерживается механически или может быть закреплен.

При полировке образцов необходимо избежать вырывания или деформации включений, а также загрязнения полированной поверхности, чтобы поверхность была как можно более чистой, а внешний вид включений не пострадал. Эти меры предосторожности особенно важны, когда включения малы. Для полировки желательно использовать алмазную пасту. Тип смазки может зависеть от типа включений (вода может быть неприемлемой смазкой для некоторых типов включений, например, сульфидов). Не допускается вдавливание частиц шлифовального или полировального средства в полируемую поверхность. В некоторых случаях для сохранения включений может потребоваться закалка образца перед полировкой.

**8 Метод испытания**

**8.1 Увеличение**

Используется длина измерительной рамы 710 мкм. Если использовать это значение невозможно, можно использовать другие увеличения, которые необходимо записать. Увеличение не должно изменяться в течение одного измерения.

При анализе снимков, разрешение изображения должно быть выше, чем наименьшая длина, которую необходимо определить. При стократном увеличении
(10-кратный объектив) калибровочный коэффициент должен составлять 1 (мкм/пиксель или более тонкий) и соответствовать оптическому разрешению всей системы, которое в идеальном случае составляет до 0,3 мкм. Самые мелкие частицы, которые необходимо определить, должны быть отображены на карте на расстоянии не менее 10 пикселей.

Увеличение *G* определяется только размером измерительной рамы на образце. Для использования схемы при различных увеличениях, длина *H* стороны измерительной рамы на образце будет иметь одно из трех следующих значений: *H* = 355 мкм, *H* = 710 мкм,
*H* = 1 420 мкм.

Эти значения должны использоваться с точностью ± 0,02 мм для оценки вручную. Область A одной измерительной рамы на образце приведена в таблице 1.

**Таблица 1 - Область *А* в зависимости от измерительной рамы**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *H* | *A* | Увеличение |
| мкм | мм2 |  |
| 355 | 0,13 (0,126) | 200:1 |
| 710 | 0,50 (0,504) | 100:1 |
| 1 420 | 2,0 (2,016) | 50:1 |

Пример - приложение Е.

**8.2 Настройки микроскопа для анализа изображений и ручного анализа**

Для автоматического обнаружения частиц используют полный динамический диапазон 8-битных значений серого и/или цветных значений.

Для достижения максимально возможной динамики изображения настройки микроскопа и цифрового источника изображения должны соответствовать рекомендациям производителя. Для источника изображения, если в нем есть настраиваемая гамма (гамма-коррекция), устанавливают значение гамма-коррекции, равное 1.

Матрица должна находиться в верхней части шкалы уровней серого (> 200), как примерное нормальное распределение.

Все, что находится за пределами нормального распределения матрицы в направлении серого уровня 0 (черного), следует рассматривать как частицы.

В случае различия между серыми и черными частицами эта область снова может быть разделена. Черный определяется как диапазон от 0 до 130, а серый - как диапазон от 131 примерно до 180.

Эти диапазоны не являются абсолютными или нормативными. Сегментацию проверить на изображении в оттенках серого.

Метод фликера является признанным методом для этой цели.

Аналогичным образом следует проводить анализ цветных изображений.

**8.3 Поле обзора**

При увеличении, соответствующем *H* = 710 мкм квадратная рамка задается травленым стеклом в окулярной шкале, как показано на рисунке 9. Для микроскопов с большим полем обзора используют травленое стекло, (рисунок10).

Дополнительная информация по травленому стеклу (Приложение F), а информация по изготовлению шкале приведена в Приложении G.

Одна единица шкалы в окуляре равна 10 (мкм) для *H* = 710 мкм. Правильность значения проверяется калибровкой.

При анализе изображений, поле обзора может занимать всю область изображения камеры при применении метода анализа К (9.3). В этом случае необходимо внести соответствующую поправку на погрешность.

**8.4 Определение схемы изображений**

**8.4.1 Размер и форма**

Форма включений принимается за эллипс (рисунок 1 и 2). На основе этой идеальной формы рисуются реальные изображения, которые выглядят как можно более реалистично, с вариациями размеров и форм (рисунок 11).

Примечание - Небольшие включения видны только на изображениях оригинального размера в официальной схеме, но не на рисунке 11.

**8.4.2 Параметры**

Включения можно описать с помощью параметров числа *n*, длины *L*, ширины *w* и площади *a.* Параметры *n*, *L* и *w* измеряются или оцениваются непосредственно, а *a* рассчитывается по данным, приведенным в таблице 2.

**8.4.3 Расположение изображений**

Изображения на схеме расположены в горизонтальных строках *q* и вертикальных колонках *k* (рисунок 11). Колонки 1 - 5 содержат эллипсы разной ширины, представляющие собой удлиненные включения. В колонке 6 используются круги для описания глобулярных включений. В колонках с 7 по 11 представлены глобулярные частицы, расположенные в виде цепочек. Размеры соответствуют значениям, приведенным для колонок с 1 по 5. В колонке 12 показано различное количество включений для каждого поля, чтобы заменить подсчет оценкой (8.5.2).

В колонке слева от колонки 1 показаны включения шириной 2 мкм и длиной, соответствующей максимальной длине для его ряда. Над изображениями указаны типы включений, в соответствии с приложением A.

На рисунках представлены верхние границы классов. Класс обозначается номером строки *q* и колонки *k* в этой последовательности.

Примечание - Обозначение класса 3.4 обозначает класс в строке 3, колонке 4. Более подробная информация изложена в приложении I.

**8.5 Процедура**

**8.5.1 Общие положения**

Подготовленный образец помещают под микроскоп, обычно при увеличении
100: 1. Для удобства использования можно использовать окулярные шкалы, описанные на рисунках 9 и 10. В каждом поле обзора, включения классифицируются по форме, расположению и размеру путем сравнения с изображениями на схеме, определяя сначала строку, а затем колонка класса, соответствующего включению. Для сравнения используют схему в оригинальном размере, а не изображение на рисунке 11. Включения могут быть дополнительно классифицированы по цвету.

При оценке вручную или с помощью анализа изображений, включения могут быть оценены путем их измерения и сравнения со значениями таблицы 2, а не с помощью схемы.

**8.5.2 Несколько включений разного размера в одном поле**

**8.5.2.1 Общие положения**

Для упрощения оценки вручную, когда в одном поле обзора находится много включений, можно использовать следующие приближенные значения длины, ширины или площади (косвенно).

**8.5.2.2 Удлиненные включения**

До 3-х растянутых включений; они оцениваются отдельно.

Если в одном поле обзора имеется более трех включений, оценка должна проводиться в три этапа:

а) включения, длина которых превышает четверть длины самого длинного из присутствующих включений, оцениваются как отдельные, в соответствии со схемой;

b) для остальных включений, оцениваются средняя длина всех включений и средняя ширина. Классификация схемы (строка, колонка и номер) устанавливается с использованием этих параметров;

c) количество включений записывается для класса, определенного в пункте b). Это количество можно оценить, используя колонка 12 (рисунок 11).

**8.5.2.3 Глобулярные включения**

Если количество включений больше или равно 11 мкм, то каждое из них должно оцениваться отдельно. В других случаях оценка должна проводиться в три этапа:

а) включения диаметром более половины диаметра самых крупных включений в поле, оцениваются как отдельные в соответствии со схемой;

b) для остальных включений оценивается средний диаметр и проводится классификация по схеме, путем сравнения с изображениями колонки 6;

c) количество включений определяется и регистрируется для этого класса. Это количество можно оценить, используя колонка 12 (рисунок 11).

**8.5.3 Сканирование**

Для всех оценок сканируется вся испытуемая область.

**8.5.4 Оценка и обобщение**

По согласованию с заказчиком или стандартом на продукцию, определяются и используются три типа оценок:

а) наихудшая оценка включения (9.1);

b) оценка наихудшего поля (9.2);

c) средняя оценка поля (9.3).

Для средней оценки поля, оценка может быть ограничена в соответствии с пунктом 3.5.2 или выполнена отдельно для каждой колонки. Эти ограничения должны быть указаны в стандартах на продукцию.

**8.5.5 Оценка различных типов включений**

Настоящий стандарт включает размеры, формы и расположения включений.

В качестве дополнительных элементов могут быть приняты во внимание цвета (приложение А). Более подробная информация и примеры приведены в приложении С.

Классы типов и расположения включений можно сравнить с классами других стандартов (приложение J).

**8.5.6 Запись результатов**

Для записи и окончательных расчетов результатов рекомендуется использовать листы приложения K, приложения L и приложения M или производные схемы, адаптированные к потребностям лаборатории.

По умолчанию неоднородные включения, частично или полностью заключенные в оболочку, должны рассматриваться как одно включение.

В стандарте на продукцию или в соглашении между сторонами для включений со смешанными частицами, таких как рисунок 6, должно быть установлено, являются ли два разных типа одной частицей или двумя типами смешанных частиц. Без согласования, если включение состоит как из вытянутых, так и из глобулярных частиц, его анализируют по площадно-преобладающей форме и в дальнейшем, при необходимости, по площадно-преобладающему цвету.

Если не оговорено иное, числа меньше 10 должны быть точно указаны с двумя цифрами после запятой, все остальные значения должны быть округлены до целых чисел.

Если нет особых договоренностей, включения, длина и/или ширина которых превышает максимальное значение класса, будут отнесены к максимально возможному классу. При последующей оценке, они учитываются с учетом параметров класса, к которому они были приписаны. Кроме того, они отдельно отмечаются в протоколе испытаний как негабаритные включения с указанием их истинной длины и ширины.

Вместо обозначений типов *α, γ, β, δ* (серый/черный, цветной) можно использовать групповые обозначения EA, EB, EC, ED, EAB, EAD и EF (EFB, EFD). Использование обозначений групп может привести к потере информации о расположении включений (рассеянные против выровненных).

**9 Виды оценки**

**9.1 Метод наихудших включений: метод Р**

**9.1.1 Сущность метода**

Вся испытуемая область должна быть просканирована поле за полем. Размер поля составляет *H* = 710 мкм для любого случая (8.1). На каждой испытуемой области для каждого типа включений оценивается только то включение, которое имеет наибольшее значение выбранного параметра (L, *d* или a), сравнивается со схемой и записывается.

Результатом оценки является среднее значение индивидуальных значений *N*s оцениваемых образцов.

Формулы для этого метода приведены в приложении N.

Оценочные и расчетные листы с комментариями и примерами приведены в приложении K.

**9.1.2 Оценка PL (наихудшая длина)**

Оценка может быть составлена в виде рейтинга по методу длины *P*L.

В этом случае записывается только номер ряда с наибольшим включением в испытуемой области, следуя схеме изображений.

Конечный результат PL- это среднее значение образцов *N*s.

9.1.3 Оценка *P*d (наихудший диаметр)

Эта оценка применяется для глобулярных включений.

Это аналогично оценке *P*L, но ограничена колонкой 6.

9.1.4 Оценка *P*a (наихудшая область)

Оценка может быть сделана в виде рейтинга по области, методу *P*a. Записывается только то включение, которое имеет наибольшую площадь. Это осуществляется путем классификации по длине и ширине и использования соответствующего номера строки и колонки для подбора области из таблицы 2.

**9.2 Метод наихудшего поля: метод М**

**9.2.1 Сущность метода**

Значение в соответствии с методом M, определяется путем сканирования всей области измерения. Размер поля равен *H* = 710 мкм (100: 1) для любого случая (8.1).

Каждый образец исследуется в поисках поля, содержащего наибольшее значение выбранного параметра *(n, L, d* или *a*) для каждого типа включений. Соответствующие строка и колонка записываются только для этих полей.

Результатом оценки является среднее значение индивидуальных значений *N*s оцениваемых образцов.

Оценочные и расчетные листы с комментариями и примерами приведены в приложении L. Формулы, на которых основан этот метод, приведены в приложении N.

**9.2.2** **Оценка *M*n (рейтинг в соответствии с номером)**

Для каждого образца регистрируется только наибольшее число включений на поле *М*ns, в зависимости от типа включений.

Если включений немного, они учитываются. Если нет, то их количество оценивают, используя рисунок 11, колонка 12.

Для образцов *N*s, *M*n - среднее значение индивидуальных значений *M*ns.

**9.2.3 Оценка *M*l (оценка в зависимости от длины)**

Для испытуемой области каждого образца s, наихудшим считается поле с максимальной суммарной длиной конкретного типа включений. Для одного образца это значение составляет *M*Ls.

Учитывается длина всех включений.

Для Ns образцов, *M*L - среднее значение отдельных величин *M*Ls.

**9.2.4 Оценка *M*d (оценка в зависимости от диаметра)**

Для образцов *N*s, *M*d - среднее значение отдельных величин *M*ds, оцениваемых как величины *M*ls.

**9.2.5 Оценка *M*a (рейтинг в зависимости от области)**

Наихудшее поле - поле с максимальной суммарной площадью конкретного типа включений. Для одного образца это значение равно *M*as.

**9.3 Метод среднего поля: метод K**

**9.3.1 Сущность метода**

Значение *K* - среднее значение параметра для всей испытуемой области. Значение *K* оценивается при сканировании всей испытуемой области.

Значение *K* может быть вычислено:

a) для количества (*K*n), или количества и длины (*K*n, *K*l), или количества и площади (*K*n, *K*a) для удлиненных включений;

b) для количества *(k*n), или количества и диаметра *(k*n, *k*d), или количества и области *(k*n, *k*a) для глобулярных включений.

Подсчитывается общее количество оцененных полей *N*j, включая пустые поля.

Формулы, на которых основан этот метод, приведены в приложении N, приложении P и приложении Q. Оценочные и расчетные таблицы с комментариями и примерами приведены в приложении M.

**9.3.2 Сканирование образца для средней оценки поля**

Испытуемая область сканируется поле за полем. При любой оценке значений размера должна быть сделана поправка на ошибку края, чтобы убедиться, что включения учитываются только один раз (приложение O).

**9.3.3 Оценка**

**9.3.3.1 Полная оценка**

Значения параметров (таблицу 2), определенные для классификации, являются верхними значениями (приложение I). Для оценки средних значений, параметры усредняются для каждого класса с помощью коэффициента усреднения Q (таблица Q.1). Независимо от используемого увеличения, процедура, описанная в приложении I, с применением таблицы 2 всегда дает правильную классификацию. Для классификации путем сравнения схем, рекомендуется увеличение 100:1.

**9.3.3.2 Ограниченная оценка**

Перед оценкой может быть принято решение регистрировать только включения в определенном диапазоне размеров. Подробная информация приведена в приложении *M*, таблицах M.6 и M.7.

**9.3.4 Оценка *K*n*,K*l для удлиненных и *K*n*, K*d для глобулярных включений**

Для каждого образца фиксируется количество включений каждого типа, в соответствии со строками схемы. Пример приведен в таблице M.2.

После завершения сканирования, записывается общее количество включений в строке, как указано в таблице М.2, и определяется общая область сканирования.

Результаты могут быть рассчитаны с использованием второго листа, например, как в таблице M.3.

На втором листе приведена вся информация для расчета *K*n и *K*L для удлиненных включений α, γ, и *β*, а также *K*n и *K*d для *δ* глобулярных включений. Эти листы позволяют рассчитать средний размер включений для каждого типа.

**9.3.5 Оценка *K*n и *K*a**

Каждый образец оценивается с учетом количества включений для каждой строки и колонки.

Подробности оценки можно получить из приложения M или формул, приведенных в приложении N, приложении P и приложении Q.

Метод Ка не может быть использован для измерения истинной объемной доли.

Это определено в ISO 9042.

**10 Протокол испытаний**

Результаты испытаний должны быть представлены в соответствии с требованиями к представлению результатов, изложенными в EN ISO/IEC 17025, а протокол испытаний должен содержать следующую информацию:

а) ссылку на настоящий стандарт;

b) марку стали, символ, обозначающий процесс выплавки стали;

c) форму и размеры изделия, из которого были взяты образцы;

d) метод, используемый, как описано в пункте 9, вместе с любыми специальными условиями;

e) результат оценки, в соответствии с требованиями стандарта на продукцию или по специальным соглашениям между сторонами;

f) любые отклонения, которые могли возникнуть во время испытания;

g) если используется увеличение, отличное от 100:1;

h) ссылку на анализ изображений.

**Таблица 2 - Длина *L*, ширина *w* и область *a* для схемы изображений**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Одиночные и выровненные удлиненные включения, а также цепочки глобулярных включений –колонки с 1 по 5 и с 7 по 11Длина *L* ≥ 3 мкм и ширина *w* ≥ 2 мкм | Глобулярные включения –колонка 6*d* ≥ 3 мкм |
| Строка *q* | *L* мкм |  | 1 или 7 | 2 или 8 | 3 или 9 | 4 или 10 | 5 или 11 | 6 |
| 1 | 5,5 | *w* мкм |  |  |  |  |  | 5,5 |
| *a* мкм2 | 24 |
| 2 | 11 | *w* мкм |  |  | 3,0 | 8,0 |  | 11 |
| *a* мкм2 | 25 | 70 | 97 |
| 3 | 22 | *w* мкм |  |  | 4,0 | 11 |  | 22 |
| *a* мкм2 | 70 | 197 | 387 |
| 4 | 44 | *w* мкм |  |  | 6,0 | 16 |  | 44 |
| *a* мкм2 | 197 | 558 | 1 547 |
| 5 | 89 | *w* мкм |  | 3,0 | 8,0 | 23 | 64 | 89 |
| *a* мкм2 | 197 | 558 | 1 577 | 4 461 | 6 186 |
| 6 | 178 | *w* мкм |  | 4,0 | 11 | 32 | 91 | 178 |
| *a* мкм2 | 558 | 1 577 | 4 461 | 12 618 | 24 745 |
| 7 | 355 | *w* мкм |  | 6,0 | 16 | 45 | 128 | 355 |
| *a* мкм2 | 1 577 | 4 461 | 12 618 | 35 688 | 98 980 |
| 8 | 710 | *w* мкм | 3,0 | 8,0 | 23 | 64 | 181 |  |
| *a* мкм2 | 1 577 | 4 461 | 12 618 | 35 688 | 100 942 |
| 9 | 1 420 | *w* мкм | 4,0 | 11 | 32 | 91 | 256 |  |
| *a* мкм2 | 4 461 | 12 618 | 35 688 | 100 942 | 285 508 |
| Примечание - Включения с соотношением *L/w* < 3,0 рассматриваются, как глобулярные включения (рисунок 1). Значения в таблице 2 являются обязательными для всех оценок (раздел 5). |



**Условные обозначения**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *L/w* | Форма | *a* |
| *< 3* | глобулярная |  |
| ≥ 3 | удлиненная |  |

**Рисунок 1 - Определение стандартных форм**

****

**Условные обозначения**



**Рисунок 2 - Три различных включения с одинаковой длиной *L*, шириной *w* и областью *a* вовлеченного материала**



**Условные обозначения**

|  |  |
| --- | --- |
| Если *e ≤* 40 мкм и *t ≤* 10 мкм:*L* = *L*1 + *e* + *L*2*w* = *w*1 +*t* + *w*22 частицы - 1 цепочка - 1 включение | Если *e* > 40 мкм или *t* > 10 мкм:*L*1 = *L*1 *w*1 = *w*1*L*2 = *L*2 *w*2 = *w*22 частицы - без цепочки - 2 включения |

**Рисунок 3 - Определение включений на основе условий близости**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
| a) | b) | c) |

**Условные обозначения**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *w*i > *w*2 | *w*i > *w*2 | *w*2\* = *w*2 + *t*2 + *w*3*w*2\* =  > *w*4 > *w*1 > *w*2 > *w*3 |
| 0 ≤ *e*s ≤ 40 мкм | *e*s < 0 мкм | *e*9 < 0, 0 ≤ *e*s, *e*13 < 40 мкм |
| *t ≤* 10 мкм | *t ≤* 10 мкм | *t*1, *t*2, *t*3 ≤ 10 мкм |
| *w*total = w1 | *w*total = *w*1 + *t* + *w*2 | *w*total = *w*2\* |

|  |  |
| --- | --- |
| *w* | = ширина эллипса, вписанного в ограничивающий прямоугольник и имеющего ту же длину, что и цепочка |
| *n* | = количество частиц |
| если все t ≤ 10 мкм и если e1 и е17 для всех ≤ 40 мкм |
| *L* |  = *L*1 + *e*1+ *L*2 + *e*2…*e*17 + *L*18 |
|  |

**Рисунок 4 - Определение скоплений цепочек на основе условий близости**

**Условные обозначения**

*L*1 $\geq $3 мкм

*w*1 $\geq $ 2 мкм

*L*3 $<$3 мкм

*w*3 $<$2 мкм

*L*2 $\geq $3 мкм

*w*2 $\geq $ 2 мкм

если *e* $>$ 40 мкм

2 включения

**Рисунок 5 - Определение включений: Обработка частиц размером ниже минимального**

****

**Рисунок 6 - Примеры включений, состоящих из глобулярных или смешанных частиц**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |
| a) | b) | c) | d) | e) |

**Условные обозначения**

a) 1 частица, 1 включение a, если серое EA, если черное EC;

b) 9 частиц, 1 цепочка, 1 включение *β*, EB;

c) пунктирная частица *L* < 3 мкм или *w* < 2 мкм не учитывается, *e* $\leq $ 40 мкм и *t ≤* 10 мкм, 2 частицы, 1 цепочка, 1 включение *γ*, если серое EA, если черное EC

d) *e ≤* 40мкм и *t ≤* 10 мкм, 17 частиц, 2 цепочки, 1 включение *β*, EB

e) *e* > 40 мкм или *t* > 10 мкм, 3 частицы, 3 включения *δ,* ED

Примечание - *t* захватывается на максимальной ширине цепочки.

**Рисунок 7 - Определение включения, примеры (приложение А)**



**а) Размер полированной поверхности по согласованию**



**Условные обозначения**

B - полированная поверхность

*b -* ширина пластин

MD - основное направление деформации

*D -* диаметр

*v -*ширина полированной поверхности

**Рисунок 8 - Отбор проб из изделий разного размера**



**Рисунок 9 - Окулярная шкала для всех микроскопов с увеличением *H* = 710 мкм, 100:1; 1 единица измерения = 10 мкм; приложение G**



**Рисунок 10 - Окулярная шкала для микроскопов с большим полем обзора с рабочим увеличением 200:1 для получения шкалы, эквивалентной *H* = 710 мкм для комбинации 100:1; 1 единица шкалы = 10 мкм (приложение G)**





Примечание - Детализация этого рисунка недостаточна для оценки.

**Рисунок 11 – Схема**

**Приложение А**

*(обязательное)*

**Тип включений**

Кроме размера, включения можно классифицировать по форме, расположению и цвету. На рисунке A.1 показаны различные типы включений.

На рисунке А.2 показаны включения, классифицированные по цвету, в соответствии с другими стандартами.

Примечание - Правила анализа включений, состоящих как из вытянутых, так и из глобулярных частиц, смотреть в 8.5.6.



Примечание - Для расширения диаграммы необходимо включить в нее цветные частицы (например, нитриды), добавив *α*c, *β*c, *γ*c, и *δ*c.

**Рисунок A.1 - Тип включений**



Примечание - Для расширения диаграммы необходимо включить в нее цветные частицы (например, нитриды), добавив обозначения EFC, EFB и EFD.

**Рисунок A.2 - Включения по цвету**

Обобщающие обозначения приведены в таблице A.3.

**Таблица A.3 - Краткое обозначение типов включений**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Цвет | Тип |  |
| α | γ | β | δ |
| серый |  |  |  |  | EА |
|  |  |
|  |  |
| серый |  |  |  |  | EAB |
|  |
|  |
| серый |  |  |  |  | EAD |
|  |
|  |
| черный |  |  |  |  | ЕС |
|  |  |
|  |  |
| черный |  |  |  |  | EB |
|  |
|  |
| черный |  |  |  |  | ED |
|  |
|  |
| цветной |  |  |  |  | EFC |
|  |  |
|  |  |
| цветной |  |  |  |  | EFB |
|  |
|  |
| цветной |  |  |  |  | EFD |
|  |
|  |

Сравнение с другими стандартами приведено в приложении J

**Приложение В**

*(обязательное)*

**Параметры и оценки, которые будут использоваться, если не указано иное**

Оценка производиться с параметром и типом оценки, как определено в таблице B.1.

Обозначениями являются, например, *L*ms: длина включения типа m для образца s.

**Таблица B.1 - Параметры и показатели для оценки**

|  |  |
| --- | --- |
| Элементы | Форма |
| Тип | Удлиненные включения | Глобулярные включения |
| α | γ | β | δ |
| Частица*L, w, d* в мкм | *L* ≥ 6 мкм*w* ≥ 2 мкм |  | *d* ≥ 3 мкм |
| Условия близости для цепочек*e, t* в мкм | Без близости: рассеянные частицы | С близостью: выровненные частицы (цепочка) | Без близости: рассеянные частицы |
|  | *e* > 40или *t* > 10 | *n* ≥ 2и *e* ≤ 40и *t* ≤ 10 | *e* > 40или *t* > 10 |
| Условия близости для скопления цепочек*L, w, d* в мкм |  | Между двумя цепочками |  |
|  |  |
| 0 ≤ *e*i ≤ 40*t*i ≤ 10 | *e*i < 0*t*i ≤ 10 |
| Образцы(наихудшие характеристики для каждого образца) | ОценкиМетод P - Наихудшее включение: *P*Lm, *P*dm, при *H* = 710 мкм (100:1), (смотреть 9.1)Метод K - Метод среднего поля: *K*n, *K*L и *K*n, *K*d при *H* = 710 мкм (100:1), (смотреть 9.3) |

**Приложение С**

*(информационное)*

**Примеры включений различных типов**

Некоторые неметаллические включения имеют характерную морфологию и цвет, по которым можно судить об их химическом составе. Но эти корреляции справедливы только в том случае, если размер отдельных частиц превышает 5 мкм. Небольшие сульфиды, ставшие недеформируемыми благодаря добавлению редкоземельных элементов, могут выглядеть такими же черными, как и оксиды. Стандарты на продукцию должны определять, должны ли различные типы включений оцениваться отдельно.

Для достаточно крупных частиц могут быть справедливы следующие корреляции:

- серый: сульфиды марганца;

 - черный, глобулярный: оксиды;

 - желтые или розовые, глобулярные (часто квадратные): нитриды титана.

Если стандарт на продукцию требует, чтобы включения оценивались отдельно в зависимости от их внешнего вида, это должно быть отмечено в листах записи (приложение K, приложение L и приложение M) и в протоколе испытаний (10 e)).

На рисунке C.1 приведены примеры рассеянного и выровненного расположения, а также различной морфологии.





**Рисунок С.1 - Примеры внешнего вида неметаллических включений. Увеличение *H* = 710 мкм (100:1)**

**a), b) и c) группа EA и d) группа EAD, различные типы, серый, сульфиды марганца**



**Рисунок С.2 - Примеры внешнего вида неметаллических включений. Увеличение *H* = 710 мкм (100:1) a) и b) группа EB, тип *β*, черный c) группа EC, типы *α, γ,* черный d) группа ED, тип *δ,* черный**



**Рисунок С.3 - Пример появления неметаллических включений: Желтые карбонитриды титана, группа EFD. Увеличение H = 710 мкм (100:1)**

**Приложение D**

*(информационное)*

**Коэффициент формы**

Коэффициент формы *f*, используемый в этом контексте, определяется как:

 (D.1)

или

 (D.2)

с

 (D.3)

Из этих формул следует, что коэффициент формы f не является постоянным для одной колонки, а находится около следующих средних значений

**Таблица D.1 - Средние коэффициенты формы**

|  |  |
| --- | --- |
| Колонка, k | Коэффициент формы, *f* |
| 1 и 7 | 0,82 |
| 2 и 8 | 0,71 |
| 3 и 9 | 0,53 |
| 4 и 10 | 0,29 |
| 5 и 11 | 0,16 |
| 6 и 12 | 0,00 |

**Приложение Е**

*(информационное)*

**Примеры для увеличения**

Чтобы прояснить последствия определения в 8.1, на рисунке Е.1 приведены примеры того, что измерительная рамка одинакового размера может быть получена на образце с разными увеличениями. Преимущество этого определения заключается в том, что большое поле обзора новых микроскопов (микроскопы с большим полем обзора.) можно использовать без изменения принципов построения схем, т.е. визуального сравнения длины измерительной рамки с длиной или шириной включения.

Цифры на схеме приведены при увеличении 100:1 (длина измерительной рамки
*H* = 710 мкм на образце). Включения длиной, например, 1 420 мкм измеряют при увеличении 50:1 (длина измерительной рамки *H* = 1 420 мкм). Нет необходимости использовать увеличение 200:1. Для очень чистых сталей можно использовать соотношение 200:1, чтобы облегчить оператору оценку. В этом случае, частицы с
*L* < 3 мкм и *w* < 2 мкм по-прежнему не принимаются во внимание.

Иногда при соотношении 200:1 будут видны мелкие частицы, которые не были бы видны при соотношении 50:1 (рисунок 5). В этом примере рассматриваются только две более крупные частицы (3.1.2 и 3.1.3).

По приблизительной оценке, для выбора правильного увеличения самое крупное включение не должно превышать 0,75 × H, что составляет три четверти длины измерительной рамки.

На рисунке E.1 показано, что при увеличении 200:1 круговая полевая диафрагма узкопольного микроскопа меньше квадрата 710 мкм × 710 мкм, но не в широкопольном микроскопе. Для облегчения оценки чистых сталей используется широкопольный микроскоп с увеличением 200:1 и модифицированная решетка (рисунок 10). Шкала, показанная на рисунке 10, масштабирована таким образом, чтобы получить ту же длину стороны, эквивалентную 710 мкм (100:1) при использовании в соотношении 200:1, что и при увеличении 100:1 с окулярами с нормальным и широким полем зрения.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **Микроскоп с малым полем обзора** | **Микроскоп с широким полем обзора** |
| Оптическое увеличение | 100:1 | 100:1 |
| Длина *H* на образце | 710 мкм | 710 мкм |
|  |  |  |
|  | а) | b) |
| Видимый диаметр полевой диафрагмы в окуляре | 100 мм | 200 мм |
| Оптическое увеличение | 200:1 | 200:1 |
| Длина *H* на образце | 710 мкм | 710 мкм |
|  |  |  |
|  | c) | d) |
| Видимый диаметр полевой диафрагмы в окуляре | 100 мм | 200 мм |

**Рисунок E.1 - Влияние типа микроскопа на размер поля обзора; длина стороны *H* квадрата (измерительной рамки) на образце постоянна *H* = 710 мкм.**

***φ* - длина предметного микрометра длиной 710 мкм**

**Приложение F**

*(информационное)*

**Информация об окулярной шкале**

Чтобы облегчить оценку, шкалы (рисунки 9 и 10) содержат дополнительную информацию.

С левой стороны представлены две удлиненные частицы и две глобулярные частицы с расстоянием *e* = 40 мкм и боковым шагом *t* = 10 мкм, это пределы близости для образования включения (раздел 3).

Линия, приведенная выше, имеет длину 40 мкм в вертикальном направлении и толщину 2 мкм. С правой стороны расположены круги и линии с размерами, представляющими пределы ширины и длины удлиненных включений и пределы класса глобулярных включений. Шкала имеет единицу измерения 10 мкм при увеличении
*H* = 710 мкм (100:1) (приложение G).

**Приложение G**

*(обязательное)*

**Требования по изготовлению окулярной шкалы**

**G.1 Общие положения**

Окулярная шкала необходима для обеспечения квадратного поля обзора в микроскопе. В соответствии с 8.3 должны быть доступны две шкалы для окуляров.

Все значения, описанные в G.2 и G.3, должны быть получены с точностью до 1 %.

****

**Рисунок G.1 - Параметры включений с левой стороны на рисунках 9 и 10**

***t* = 10 мкм, *e* = 40 мкм, *e2* > 40 мкм**

**G.2 Микроскопы с малым полем обзора**

В микроскопе диаметр кругового поля обзора составляет 1 000 мкм на образце при увеличении 100:1. Шкала окуляра типа А должна иметь размеры, указанные в таблице G.1.

Схему расположения на рисунке 9.

**Таблица G.1 - Размеры шкалы типа A**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Шкала окуляра | Объект |
| мм | мкм |
| Размер квадрата | 7,1 × 7,1 | 710 × 710 |
| Толщина линии по левому и верхнему краям | 0,02 | 2 |
| Толщина линии по правому и нижнему краям | 0,04 | 4 |
| Толщина линии шкалы | 0,02 | 2 |
| Единица измерения | 0,1 | 10 |
| Ширина линий с правой стороны для оценки ширины | 0,02 | 2,0 |
| 0,03 | 3,0 |
| 0,04 | 4,0 |
| 0,06 | 6,0 |
| 0,08 | 8,0 |
| 0,12 | 12,0 |
| Длина линий с правой стороны для оценки ширины | 0,2 | 20 |
| Диаметр кругов с правой стороны | 0,030 | 3,0 |
| 0,055 | 5,5 |
| 0,11 | 11,0 |
| 0,22 | 22,0 |
| Длина линий с правой стороны для оценки длины | 0,055 | 5,5 |
| 0,11 | 11 |
| 0,22 | 22 |
| 0,44 | 44 |
| 0,89 | 89 |
| 1,78 | 178 |
| 3,55 | 355 |
| 7,10 | 710 |
| Ширина линий с правой стороны для оценки длины | 0,02 | 2 |
| Линия на левой стороне | толщина | 0,02 | 2 |
| длина | 0,4 | 40 |
| Линия внизу | толщина | 0,02 | 2 |
| длина | 0,1 | 10 |
| Два эллипса и два круга с левой стороны, смотреть рисунок G.1 | *L*1 *= L*2 | 0,8 | 80 |
| *w*1 *=* *w*2 | 0,14 | 14 |
| *e* | 0,4 | 40 |
| *t* | 0,1 | 10 |
| диаметр кругов | 0,07 | 7 |
| *e*2 | 0,6 | 60 |

**G.3 Микроскопы с большим полем обзора**

Эти микроскопы при увеличении 200:1 дают поле обзора на образце диаметром 1 000 мкм. Поэтому размеры окулярной шкалы типа B должны соответствовать размерам, указанным в таблице G.2. Схему расположения на рисунке 10.

**Таблица G.2 - Размеры шкалы типа B**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Шкала окулярамм | Объектмкм |
| Размер квадрата | 14,2 × 14,2 | 710 × 710 |
| Толщина линии по левому и верхнему краям | 0,04 | 2 |
| Толщина линии по правому и нижнему краям | 0,08 | 4 |
| Толщина линии шкалы | 0,02 | 1 |
| Единица измерения | 0,2 | 10 |
| Ширина линий с правой стороны для оценки ширины | 0,04 | 2,0 |
| 0,06 | 3,0 |
| 0,08 | 4,0 |
| 0,12 | 6,0 |
| 0,16 | 8,0 |
| 0,24 | 12,0 |
| Длина линий с правой стороны для оценки ширины | 0,4 | 20 |
| Диаметр кругов с правой стороны | 0,06 | 3,0 |
| 0,110 | 5,5 |
| 0,220 | 11,0 |
| 0,440 | 22,0 |
| Длина линий с правой стороны для оценки длины | 0,11 | 5,5 |
| 0,22 | 11 |
| 0,44 | 22 |
| 0,88 | 44 |
| 1,78 | 89 |
| 3,56 | 178 |
| 7,10 | 355 |
| 14,20 | 710 |
| Ширина линий с правой стороны для оценки длины | 0,04 | 2 |
| Линия на левой стороне | толщина | 0,04 | 2 |
| длина | 0,8 | 40 |
| Линия внизу | толщина | 0,04 | 2 |
| длина | 0,2 | 10 |
| Два эллипса и два круга с левой стороны, смотреть рисунок G.1 | *L*1 *= L*2 | 1,6 | 80 |
| *w*1 *= w*2 | 0,28 | 14 |
| *e* | 0,8 | 40 |
| *t* | 0,2 | 10 |
| диаметр кругов | 0,14 | 7 |
| *e*2 | 1,2 | 60 |

**Приложение H**

*(обязательное)*

**Расчетная основа для схем изображений**

Размеры рассчитываются без какого-либо округления промежуточных значений. Только конечные значения должны быть округлены до ближайшего целого числа, за одним исключением - длины в строке 1, где используется одна десятичная цифра.

Рассчитанная ширина должна использоваться/показываться, если ширина больше 2 мкм и меньше длины, соответствующей строке.

**H.1** Форма:

Эллипс с:

 (Н.1)

Круг с:

 (Н.2)

**H.2** Колонка *k*, разные строки *q* прогрессируют по мере:

*L*origin = *L*9 = 1420 мкм (Н.3)

*L*q-1 = *L*q/2(Н.4)

*W*origin = *W*1,1 = 0,25 мкм (Н.5)

*W*q+1 = $√2×w\_{q}$ (Н.6)

*a*q+1 =2$×√2×a\_{q}$ (Н.7)

Примечание - Подстрочный индекс origin обозначает начальные точки геометрического ряда.

**H.3** Строка q, различные колонки *k* прогрессируют по мере:

 (Н.8)

 (Н.9)

 (Н.10)

**H.4** Изменение отношения длины к ширине между двумя строками в пределах одной колонки задается формулой:

 (H.11)

и между двумя колонками для одной строки:

 (Н.12)

**H.5** Для колонки 6, *L* = *w,* что дает:

 (Н.13)

 (Н.14)

 (Н.15)

**Н.6** В таблице 2 значения, рассчитанные в соответствии с пунктами H.1 - H.5, представлены после округления. Значения, приведенные в таблице 2, являются обязательными для всех оценок.

**Приложение I**

*(обязательное)*

**Правила классификации**

**I.1 Определение классов**

Схема предназначена для ручного управления путем сравнения. Поэтому предлагается, чтобы на рисунках были изображены верхние границы класса. Для одного включения, сначала длина классифицируется в строке *q*, затем ширина - в колонке k. Например, для обозначения ширины используется обозначение *w* 53, если включение классифицируется в соответствии с его длиной в строке 5 и в соответствии с ее шириной в колонке 3. Классификация дает верхние значения для параметров длина, ширина и область. Для расчета итоговых результатов при средней оценке поля используются средние значения (приложение M и приложение Q).

**I.2 Классификация длины**

Длина *Lx* относится к классу *q*, если:

 (I.1)

*L*x - лежит выше границы нижнего класса и меньше или равен границе верхнего класса.

*L*q и *L*q-1 - изображения схемы, и решение может быть принято путем немедленного сравнения. Длина *L*x строки 9 таблицы 2 определяется с помощью:

*L*8 $<$ *L*x $\leq $ L9 или 710 $<$ Lх $\leq $ 1420 мкм (I.2)

**I.3 Классификация по ширине**

Ширина *w*x является частью класса k, если:

 (I.3)

Ширина в строке 7 определяется как находящаяся в колонке 3, если:

 или  (I.4)

Первые классы содержат включения длиной или диаметром и шириной, в соответствии с:

3 мкм ≤ *Lx* ≤ *L*1 (I.5)

2 мкм ≤ *w*x ≤ *w*1 (I.6)

если иное не указано в стандартах на продукцию.

**I.4 Классификация диаметра**

Включения с соотношением *L/w* < 3 являются глобулярными и классифицируются в колонке 6. Их классификация в колонке 6 производится по диаметру, как описано для длины включения в разделе I.2.

**Приложение J**

*(информационное)*

**C сравнение типов включений в различных стандартах**

По цвету тип включений, определенный в приложении А, можно сравнить с классами других стандартов, приведенными в таблице J.1.

**Таблица J.1 - Классы типов включений, определенные в различных стандартах (смотреть библиографию)**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ASTM E45 | ISO 4967 | DIN 50602a | NF04-106 a | SS111116 | EN 10247 |
| A | A | SS | A | A | EA |
| B | B | ОА | B | B | EB |
| C | C | OS | C | C | ЕС |
| D | D, DS | OG | D | D | ED |
| - | - | - | - | - | EAB |
| Ds | Dsulf; Dcas | - | - | - | EAD |
| - | - | - | - | - | EF |
| a Отозван |

**Приложение К**

*(информационное)*

**Наихудшая оценка включения**

Для наихудшей оценки включения по методу Р, рекомендуется использовать расчетные листы и расчеты в таблицах К.1, К.2 и К.3. В качестве иллюстрации, в таблицах приведены результаты анализа (независимо от цвета) удлиненных включений типа α PL (Pa) и глобулярных включений типа 6 Pd (Pa).

Пример, приведенный в таблице К.1, предполагает, что в образце 1 наихудшее включение типа а классифицируется в строке 7, колонка 2. Согласно таблице 2, это приводит к длине L, равной 355 мкм - PL1 = 355 мкм. В примере также предполагается, что наихудшее включение 6 типа классифицировано в строке 4, колонке 6.

Согласно таблице 2, это приводит к диаметру d, равному 44 мкм - Pd1 = 44 мкм. Значения для образцов со 2 по 6 получены таким же образом.

В примере, приведенном в таблице K.1, средние значения для 6 образцов составляют PL = 193 мкм (1156:6 мкм) для одного типа включений и Pd = 31 мкм
(187:6 мкм) для 6 типов включений.

Пример, приведенный в таблице К.2, предполагает, что в образце 1 включение наихудшего типа а классифицируется в строке 7, колонке 2.

Согласно таблице 2, в результате область a составляет 1577 мкм2 - Pa1 = 1577 мкм2. В примере также предполагается, что наихудшее включение 6 типа классифицировано в строке 4, колонке 6.

Согласно таблице 2, в результате площадь a составляет 1547 мкм2 - Pa1 = 1547 мкм2.

Значения для образцов со 2 по 6 получены таким же образом.

В примере, приведенном в таблице К.2, средние значения для 6 образцов составляют Pa = 1237 мкм2 (7424:6 мкм 2) для включений типа а и Pa = 919 мкм2(5512:6 мкм2) для включений 6 типа.

Можно различать включения по группам (EA, EC, EB, ED) вместо различения по типам (α, γ, β, δ). В таблице К.3 приведен пример того, как это можно сделать.

Кроме того, таблица K.3 может быть адаптирована для учета других включений (например, групп EAB, EAD или EF).

**Таблица K.1 - Лист записи и расчета для оценки наихудшего включения, в соответствии с наибольшей длиной *P*L или *P*d и с разделением по типам включения**

|  |
| --- |
| Оценка удлиненных включений *α*-типа, *P*L, и глобулярных включений *δ*-типа, *P*d |
| Образец номер *а* | α колонки с 1 по 5 | γ колонки с 1 по 5 | β колонки с 7 по 11 | δ колонка 6 |
| Стандартное изображение *b* | *P*Ls*c* | Стандартное изображение | *P*Ls | Стандартное изображение | *P*Ls | Стандартное изображение | *P*ds*d* |
| 1 | 7.2 | 355 |  |  |  |  | 4.6 | 44 |
| 2 | 6.2 | 178 |  |  |  |  | 3.6 | 22 |
| 3 | 5.3 | 89 |  |  |  |  | 4.6 | 44 |
| 4 | 6.3 | 178 |  |  |  |  | 4.6 | 44 |
| 5 | 6.2 | 178 |  |  |  |  | 2.6 | 11 |
| 6 | 6.3 | 178 |  |  |  |  | 3.6 | 22 |
| Итого |  | 1 156 |  |  |  |  |  | 187 |
| Среднее значение PL/Pd в мкм | PL | 193 |  |  |  |  | Pd | 31 |
| Увеличение | H = 710 мкм (100:1) |
| Область поля | 0,50 мм2 |
| Общая площадь испытания образцов | 1 200 мм2 на 6 образцах |
| *a* Количество образцов  |
| *b*Номер рисунка: строка q, колонка k |
| *c* Значение длины для изображения q.k |
| *d* Значение диаметра для рисунка q.6 |

**Таблица K.2 - Лист записи и расчетные листы для оценки наихудшего включения, в соответствии с наибольшей областью *P*a и с разделением по типам включения**

|  |
| --- |
| Оценка включений удлиненного *α*-типа, *P*a и оценка включений глобулярного δ-типа, *P*a |
| Образец номер *а* | α колонки с 1 по 5 | γ колонки с 1 по 5 | β колонки с 7 по 11 | δ колонка 6 |
| Стандартное изображение *b* | *P*as*c* | Стандартное изображение | *P*as | Стандартное изображение | *P*as | Стандартное изображение | *P*as |
| 1 | 7.2 | 1 577 |  |  |  |  | 4.6 | 1 547 |
| 2 | 6.2 | 558 |  |  |  |  | 3.6 | 387 |
| 3 | 5.3 | 558 |  |  |  |  | 4.6 | 1 547 |
| 4 | 6.3 | 1 577 |  |  |  |  | 4.6 | 1 547 |
| 5 | 5.4 | 1 577 |  |  |  |  | 2.6 | 97 |
| 6 | 6.3 | 1 577 |  |  |  |  | 3.6 | 387 |
| Итого |  | 7 424 |  |  |  |  |  | 5 512 |
| Среднее значение *P*a в мкм2 |  | 1 237 |  |  |  |  |  | 919 |
| Увеличение | H = 710 мкм (100:1) |
| Область поля | 0,50 мм2 |
| Общая площадь испытания образцов | 1 200 мм2 на 6 образцах |
| *a* Количество образцов  |
| *b* Номер рисунка: строка q, колонка k |
| *c* Значение области для изображения q.k |

**Таблица K.3 - Лист регистрации и расчетный лист для оценки наихудшего включения, в соответствии с наибольшей областью *P*a и с разделением по группам включения**

|  |
| --- |
| Удлиненное EA, оценка включения в группу EC, *P*a, и глобулярное EB, оценка включения в группу ED, *P*a |
| Образец номер *а* | Колонка EA с 1 по 5 | Колонка EB с 7 по 11 | Колонка ЕС с 1 по 5 | Колонка ED 6 |
| Стандартное изображение *b* | *P*as*c* | Стандартное изображение | *P*as | Стандартное изображение | *P*as | Стандартное изображение | *P*as |
| 1 | 7.2 | 1 577 |  |  |  |  | 4.6 | 1 547 |
| 2 | 6.2 | 558 |  |  |  |  | 3.6 | 387 |
| 3 | 5.3 | 558 |  |  |  |  | 4.6 | 1 547 |
| 4 | 6.3 | 1 577 |  |  |  |  | 4.6 | 1 547 |
| 5 | 5.4 | 1 577 |  |  |  |  | 2.6 | 97 |
| 6 | 6.3 | 1 577 |  |  |  |  | 3.6 | 387 |
| Итого |  | 7 424 |  |  |  |  |  | 5 512 |
| Среднее значение Pa в мкм2 |  | 1 237 |  |  |  |  |  | 919 |
| Увеличение | H = 710 мкм (100:1) |
| Область поля | 0,50 мм2 |
| Общая площадь испытания образцов | 1 200 мм2 на 6 образцах |
| *a* Количество образцов |
| *b* Номер рисунка: строка q, колонка k |
| *c* Значение области для изображения q.k |
| Примечание - EA соответствует α/γ серый - EB соответствует β черный - EC соответствует α/γ черный - ED соответствует δ черный |

**Приложение L**

*(информационное)*

**Оценка наихудшего поля**

**L.1 Общие положения**

Для оценки наихудших условий эксплуатации рекомендуется использовать таблицу L.1 таблицы записей и расчетов. На нем показаны результаты оценки включений удлиненного типа α, γ, и β (EA, EC и EB) *M*n, ML и оценки включений глобулярного типа 6 (ED) *M*n, *M*d. Для оценки *M*n и *M*a для всех типов включений рекомендуется использовать таблицу L.2.

**L.2 Оценка *M*n**

*M*ns - максимальное количество включений на поле в образце для каждого типа, не зависящее от размера.

Для записи можно использовать лист, описанный в таблице L.1, поскольку он в первую очередь предназначен для записи *M*L и *M*d.

**L.3 Оценка *M*n, *ML* и *M*d**

*M*ns - это количество включений на поле в наихудшем поле, не зависящее от размера. Это записано в строке, в соответствии с длиной или диаметром (колонка 6) в примере, таблица L.1. В худшем поле найдено 4 включения (a-типа) длиной согласно ряду 2 по 11 мкм каждое, что дает 44 мкм общей длины. Одно включение имеет длину, соответствующую строке 3, с 22 мкм и т.д. Для каждого образца суммируется общее количество и общая длина.

Конечное значение определяется путем усреднения значений для всех образцов:

**/ поле, **мкм/поле и мкм/поле

При сканировании нескольких полей (например, 3, от поля 1 до поля 3) удобнее делать отдельные пометки.

Поле 1:  мкм/поле

Поле 2:  мкм/поле

Поле 3: мкм/поле

Среди различных результатов необходимо указать наихудший результат для каждого типа включения *M*L = max (*М*L), *M*d = max (*М*d). В этом случае *M*Ls = 199 мкм/поле.

**L.4 Оценка *M*n и *M*a**

Для *M*a таблица L.2 содержит рекомендации по оценке вместе с *M*n. В худшем поле одного образца 4 включения a-типа были классифицированы в строке 2, колонке 3 областью 25 мкм2 (таблицу 2), что в сумме дает площадь 100 мкм2.

В результате суммирования получается 8 включений общей областью 995 мкм2. В S-типе было обнаружено включение площадью 97 мкм2.

 поле и  поле

Конечное значение для всех образцов рассчитывается следующим образом:

Для нескольких отсканированных полей (например, 2) проще сделать пометку отдельно.

Поле 1: 4 × (2,3) +1× (2,4) +1 × (3,3) +1× (4,3) +1 × (4,4)

→ Ma1 = 4 × 25 +1 × 70 +1 ×197 +1 × 558 = 995 мкм2/поле

Поле 2: 2 × (2,4) + 2 × (4,3) +1 × (5,2) → Ma1 = 2 × 70 + 2 × 197 + 1 × 197 = 731 мкм2/поле

Среди различных результатов указать наихудший результат для каждого типа включения.

В этом примере 995 мкм2/поле.

Можно различать включения по группам (EA, EC, EB, ED) вместо различения по типам (α, γ, β, δ). Кроме того, таблицы L.1 и L.2 могут быть расширены для учета других включений (например, групп EAB, EAD или EF).

**Таблица L.1 - Таблица записей и расчетные листы для оценки наихудшего поля**

|  |
| --- |
| **Оценки включений удлиненной формы *α, γ, β* типа *M***n**, *M***L**Оценка включения глобулярного *δ*-типа *M*** n, ***M*** d |
| Строка | *α* колонки с 1 по 5 | *γ* колонки с 1 по 5 | *β* колонки с 7 по 11 | *δ* колонка 6 |  |
| номер | *L*max, мкм а | Количество включений в | общая длина c | Количество включений | общая длина | Количество включений | общая длина | Количество включений | общий диаметр | *d*maxмкм |
| 1 | 5,5 |  |  |  |  |  |  |  |  | 5,5 |
| 2 | 11 | 4 | 44 |  |  |  |  | 1 | 11 | 11 |
| 3 | 22 | 1 | 22 |  |  |  |  |  |  | 22 |
| 4 | 44 | 1 | 44 |  |  |  |  |  |  | 44 |
| 5 | 89 | 1 | 89 |  |  |  |  |  |  | 89 |
| 6 | 178 |  |  |  |  |  |  |  |  | 178 |
| 7 | 355 |  |  |  |  |  |  |  |  | 355 |
| 8 | 710 |  |  |  |  |  |  |  |  | 710 |
| 9 | 1 420 |  |  |  |  |  |  |  |  | 1 420 |
| > 9 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| *M*ns | 7 |  |  |  |  |  | 1 |  |  |
| *M*Ls или *M*ds в мкм/поле |  | 199 |  |  |  |  |  | 11 |  |
| увеличение: *H* = 710 мкм (100:1)область поля: 0,50 мм2 |  | Общая сканируемая область образца: 200 мм2 |  |  |
| 1. *L*max в мкм: параметр длины изображения в строке.
2. Количество оцененных включений в строке.
3. Общая длина, соответствующая оценкам в этой строке *c* = *a* × *b*.
 |
| Примечание: Вместо обозначений типов α, γ, β, δ (серый/черный, цветной) используют групповые обозначения EA, EB, EC, ED, EAB, EAD и EF (EFB, EFD) Использование обозначений групп может привести к потере информации о расположении включений (рассеянные против выровненных). |

**Таблица L.2 - Таблица регистрации и расчетов для наихудшей оценки поля *M*n, *M*a**

|  |
| --- |
| Оценка наихудшего поля |
|  | *α* колонки с 1 по 5 | *γ* колонки с 1 по 5 | *β* колонки с 7 по 11 | *δ* колонка 6 |
| Область изображе-ния a | Количество включений b | Общее кол-во c | Общая площадь в мкм2 | Количество включений | Общее кол-во | Общая площадь в мкм2 | Количество включений | Общее кол-во | Общая площадь в мкм2 | Область изобра-жения e | Количество включений f | Итого область в мкм2 g |
| 25 |  | α 2.3 |  | 4 | 100 |  | γ 2.3 |  |  |  |  | β 2.9 |  |  |  | 24 | δ 1.6 |  |
| 4 |
| 70 | α 3.3 | α 2.4 |  | 2 | 140 | γ 3.3 | γ 2.4 |  |  |  | β 3.9 | β 2.10 |  |  |  | 97 | δ 2.6 | 97 |
| 1 | 1 | 1 |
| 197 |  | α 5.2 | α 4.3 | α 3.4 | 1 | 197 |  | γ 5.2 | γ 4.3 | γ 3.4 |  |  |  | β 5.8 | β 4.9 | β 3.10 |  |  |  |
| 1 |
| 558 | α 6.2 | α 5.3 | α 4.4 | 1 | 558 | γ 6.2 | γ 5.3 | γ 4.4 |  |  | β 6.8 | β 5.9 | β 4.10 |  |  | 387 | δ 3.6 |  |
| 1 |
| 1 577 | α 8.1 | α 7.2 | α 6.3 | α 5.4 |  |  | γ 8.1 | γ 7.2 | γ 6.3 | γ 5.4 |  |  | β 8.7 | β 7.8 | β 6.9 | β 5.10 |  |  | 1 547 | δ 4.6 |  |
| 4 461 | α 9.1 | α 8.2 | α 7.3 | α 6.4 | α 5.5 |  |  | γ 9.1 | γ 8.2 | γ 7.3 | γ 6.4 | γ 5.5 |  |  | β 9.7 | β 8.8 | β 7.9 | β 6.10 | β 5.11 |  |  | 6 186 | δ 5.6 |  |
| 12 618 |  | α 9.2 | α 8.3 | α 7.4 | α 6.5 |  |  |  | γ 9.2 | γ 8.3 | γ 7.4 | γ 6.5 |  |  |  | β 9.8 | β 8.9 | β 7.10 | β 6.11 |  |  |  |
| 35 688 |  | α 9.3 | α 8.4 | α 7.5 |  |  |  | γ 9.3 | γ 8.4 | γ 7.5 |  |  |  | β 9.9 | β 8.10 | β 7.11 |  |  | 24 745 | δ 6.6 |  |
| 100 942 |  | α 9.4 | α 8.5 |  |  |  | γ 9.4 | γ 8.5 |  |  |  | β 9.10 | β 8.11 |  |  | 98 980 | δ 7.6 |  |
| 285 508 |  | α 9.5 |  |  |  | γ 9.5 |  |  |  | β 9.11 |  |  |  |
| Mns h |  | 8 |  |  |  | 1 |
| Mas в мкм2 i |  |  | 995 |  |  | 97 |
|  | Увеличение: H = 710 мкм (100:1) |  | Общая испытуемая область образца 200 мм2 |
| Область поля: 0,50 мм2 |  |  |
| a Максимальная область для стандартного изображения q.k в таблице 2 для колонок 1 - 5 и 7 - 11 в мкм2. |  | f Количество включений в поле, соответствующем стандартному рисунку q.6. |
| b Количество включений в поле, соответствующее стандартному изображению q.k. |  | g Общая площадь на класс площади; g = e x f |
| c Общее количество включений по классу области; равен сумме всех предыдущих ячеек в соответствующей строке |  | h Общее количество включений в наихудшем поле |
| d Общая площадь для каждого класса области; d = a x c |  | i Общая область включений в наихудшем поле |
| e Максимальная область для стандартного изображения q.6 в таблице 2 для колонки 6 в мкм2. |
| Примечание - Вместо обозначений типа *α*, *γ*, *β*, *δ* (серый/черный, цветной) могут использоваться обозначения групп EA, EB, EC, ED, EAB, EAD и EF (EFB, EFD). Использование обозначений групп может привести к потере информации о расположении включений (рассеянные против выровненных). |

**Приложение М**

*(информационное)*

**Средняя оценка поля**

**M.****1 Общие положения**

Для средней оценки поля используют листы для записей и расчетов, представленные в таблицах М.2 - М.7. Для расчета необходимы средние значения классов, рассчитанные в соответствии с приложением P и сведенные в приложение Q. Для удобства использования таблица Q.1 повторена в таблице M.1.

**M.2 Оценка *K*n, *K*L и *K*d**

Во время сканирования (9.3.2) для каждого поля все включения классифицируются по длине, т.е. количество включений для каждого номера строки и типа включения записывается на лист в соответствии с таблицей M.2. В конце одного сканирования вычисляется общее количество включений в каждой строке и исходя из количества полей вычисляется отсканированная область.

Данные переносятся на лист, в соответствии с таблицей M.3. В этом примере данные только для одного образца занесены в таблицу M.2. Если для улучшения отбора проб используется несколько образцов, то суммы соответствующих общих количеств включений для каждого образца заносятся в таблицу М.3. Общая длина включений рассчитывается исходя из этих значений.

Промежуточный итог - сумма всех включений (для 39 мкм) и общей длины (для 1113 мкм). В зависимости от используемого увеличения, средний коэффициент равен 0,71 (таблица M.1). Для a общая длина 1113 мкм, умноженная на 0,71, дает взвешенный размер 790 мкм. Для 6, общий диаметр равен 171 мкм, что, умноженное на 0,71, дает взвешенный размер 121 мкм.

Итоговые значения рассчитаны с учетом общей области сканирования 15 мм2.

Значение *K*n для a равно 39/15 = 2,6 включений/мм2. Значение *K*l равно 790/15 = 53 мкм/мм2. Средний размер на одно включение - взвешенный размер, деленный на количество включений: 790/39 = 20 мкм.

Значение *K*n для 6 составляет 25/15 = 1,7 включений/мм2. Значение *K*d равно 121/15 = 8,1 мкм/мм2. Средний размер на одно включение - взвешенный размер, деленный на количество включений: 121/25 = 4,9 мкм.

**M.3 Оценка *K*n и *K*a**

Параметр *K*a всегда должен оцениваться вместе с *K*n. Для области, каждое включение в сканированных полях должно быть классифицировано в соответствии со строкой *q* и колонкой *k*. В таблице М.4 для каждой колонки и для всех строк должно быть записано количество включений. Общее количество и отсканированная область рассчитываются в конце сканирования, как для оценки *K*L (смотреть таблицу M.2). Эти значения переносятся в таблицу M.5. Дальнейший расчет аналогичен расчету для *K*L (смотреть таблицу M.3).

**M.4 Ограниченная оценка**

В некоторых случаях нет необходимости рассчитывать среднее значение для всех включений, а только для определенного диапазона размеров. В случае оценки крупных включений, оценка начинается с определенного ряда. Например, если начать с ряда 4, то это означает, что все включения, длина которых меньше или равна изображению, приведенному на рисунке 11 в ряду 3, не учитываются. Это должно быть отмечено в протоколах учета и расчетных листах.

*К*а, учитывает включения, область которых превышает заданное значение.

Из таблицы 2 следует, что для постоянной области, строка изменяется вместе с колонкой.

Если ограничить оценку включениями, область которых превышает 197 мкм2, то исходными точками для классификации будут строка 4, колонка 4 или 10, строка 5, колонка 3 или 9 и строка 6, колонка 2 или 8.

В таблице M.6 показан пример средней оценки поля, ограниченной длиной (*K*nRL, *K*aRL) и диаметром (*K*nRd, *K*aRd). Отправной точкой является строка 3 для удлиненных включений (*K*nRL, *K*aRL) и строка 2 для глобулярных включений (*K*nRd*, K*aRd).

В таблице M.7 показан пример средней оценки поля, ограниченной областью (*K*nRa, *K*aRa).

Начальная точка составляет > 25 мкм2 для удлиненных включений и > 24 мкм 2 для глобулярных включений.

Ограниченная оценка обозначаются индексом R, за которым следует ограничение. *K*lr4 обозначает ограниченную оценку, которая начинается со строки 4; *K*aR>558 мкм 2 ограниченная оценка, которая включает все классы с областью больше 558 мкм2.

**Таблица M.1 - Средние коэффициенты *Q***

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | *H* = 1 420 мкм | Увеличение*H* = 710 мкм | *H*= 355 мкм |
| Длина или диаметр | 1,41 | 0,71 | 0,355 |
| Ширина | 1,00 | 0,50 | 0,25 |
| Область для удлиненных включений | 1,41 | 0,355 | 0,088 |
| Область для глобулярных включений | 2,00 | 0,50 | 0,125 |

**Таблица M.2 - Лист записи для средней оценки поля Kn, KL, Kd**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер строки a | Максимальный размерв мкм b | *α* колонки с 1 по 5 | *γ* колонки с 1 по 5 | *β* колонки с 7 по 11 | *δ* колонка 6 |
| Количество включений | Итого | Количество включений | Итого | Количество включений | Итого | Количество включений | Итого |
| 1 | 5,5 |  |  |  |  |  |  | 1,2,1,3,2,1 | 19 |
| 1,1,1,2,1,1 |
| 2 |
| 2 | 11 | 1,1,1,2,1,1 | 13 |  |  |  |  | 1,1,1,2,1 | 6 |
| 1,1,1,1,1,1 |
| 3 | 22 | 1,1,2,3,1,2 | 12 |  |  |  |  |  |  |
| 1,1 |
| 4 | 44 | 1,3,2,1,1,1 | 12 |  |  |  |  |  |  |
| 1,1,1 |
| 5 | 89 | 1,1 | 2 |  |  |  |  |  |  |
| 6 | 178 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 7 | 355 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 8 | 710 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| ≥9 | 1 420 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| a Номер ряда, определяющего длину или диаметр. |
| b Максимальный размер в мкм: Значение длины или диаметра для соответствующего ряда. Этот параметр соответствует максимальному размеру строки. |
| Примечание - Вместо обозначений типа *α*, *γ*, *β*, *δ* (серый/черный, цветной) могут использоваться обозначения групп EA, EB, EC, ED, EAB, EAD и EF (EFB, EFD). Использование обозначений групп может привести к потере информации о расположении включений (рассеянные против выровненных). |

**Таблица M.3 - Расчетный лист для средней оценки поля Kn, KL, Kd**

|  |
| --- |
| Оценки включений удлиненного *α*, *γ*, *β* типа Kn, KL - Оценки включений глобулярного *δ* типа Kn, Kd |
| Номер строки | Максимальный размер в мкм a | *α* колонки с 1 по 5 | *γ* колонки с 1 по 5 | *β* колонки с 7 по 11 | *δ* колонка 6 |
| Количество включений b | Общая длина c | Количество включений | Общая длина | Количество включений | Общая длина | Количество включений b | Общий диаметр c |
| 1 | 5,5 |  |  |  |  |  |  | 19 | 105 |
| 2 | 11 | 13 | 143 |  |  |  |  | 6 | 66 |
| 3 | 22 | 12 | 264 |  |  |  |  |  |  |
| 4 | 44 | 12 | 528 |  |  |  |  |  |  |
| 5 | 89 | 2 | 178 |  |  |  |  |  |  |
| 6 | 178 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 7 | 355 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 8 | 710 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| ≥ 9 | 1 420 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Промежуточный итог d | e1 39 | f1 1 113 |  |  |  |  | e2 25 | f2 171 |
| Средний коэффициент | g 0,71 |
| Взвешенный размер в мкм | h1 790 |  |  | h2 121 |
| Сканируемая область в мм2 | l 15 |
| Kn, на мм2 | i1 2,60 |  |  | i2 1,67 |
| Средний размер включений в мкм | j1 20 |  |  | j2 4,86 |
| KL или Kd в мкм/мм2 | к1 53 |  |  | к2 8,09 |
| a Максимальный размер в мкм: Значение длины или диаметра для соответствующего ряда |  | h Взвешенный размер (длина или диаметр): h = f × g |
| b Количество включений, классифицированных в соответствующей строке |  | i *K*n, среднее количество включений на мм2: j = e/l |
| Значения переносятся из таблицы P.2 или могут быть введены непосредственно |  | j Средний размер включения, длина или диаметр: j = h/e |
| c Общая длина или диаметр, соответствующие этому ряду: c = a × b |  | k Средний размер на мм2: *K*L – длина или *K*d – диаметр: k = h/l |
| d Промежуточный итог: общее количество включений в e, общая длина или диаметр в f |  |  |  |
| Примечания1 Вместо обозначений типа *α*, *γ*, *β*, *δ* (серый/черный, цветной) могут использоваться обозначения групп EA, EB, EC, ED, EAB, EAD и EF (EFB, EFD). Использование обозначений групп может привести к потере информации о расположении включений (рассеянные против выровненных). |
| 2 Расчетный лист также работает как лист записи. |

**Таблица M.4 - Лист записи для средней оценки поля *K*n, *K*a**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер строки a | Максималь-ный размер в мкм b | *α* колонки с 1 по 5 | *γ* колонки с 1 по 5 | *β* колонки с 7 по 11 | *δ* колонка 6 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 6 |
| 1 | 5,5 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | d =5,5 a=24 |
| *1,2,1,3,2,1,**1,1,1,2,1,1,2* |
| **1.6 *Σ 19*** |
| 2 | 11 |  |  | w c=3a d=25 | w=8a=70 |  |  |  | w=3a=25 | w=8a=70 |  |  |  | w=3a=25 | w=8a=70 |  | d=11a=97 |
| *1,1,1* | *1,2,1,1,2,1,2* |  |  |  |  | *1,1,1,2,1* |
| **2.3** e ***Σ 3*** | **2.4 *Σ 10*** | **2.3** | **2.4** | **2.9** | **2.10** | **2.6 *Σ 6*** |
| 3 | 22 |  |  | w=4a=70 | w=11a=197 |  |  |  | w=4a=70 | w=11a=197 |  |  |  | w=4a=70 | w=11a=197 |  | d=22a=387 |
| *1,1,1,1,1* | *1,1,1,2,1,1* |  |  |  |  |  |
| **3.3 *Σ 5*** | **3.4 *Σ 7*** | **3.3** | **3.4** | **3.9** | **3.10** | **3.6** |
| 4 | 44 |  |  | w=6a=197 | w=16a=558 |  |  |  | w=6a=197 | w=16a=558 |  |  |  | w=6a=197 | w=16a=558 |  | d=44a=1547 |
| *1,2,1,1,1* | *1,1,1,1,1,1* |  |  |  |  |  |
| **4.3 *Σ 6*** | **4.4 *Σ 6*** | **4,3** | **4.4** | **4.9** | **4.10** | **4.6** |
| 5 | 89 |  | w=3a=197 | w=8a= 558 | w=23a=1577 | w=64a=4461 |  | w=3a=197 | w=8a= 558 | w=23a=1577 | w=64a=4461 |  | w=3a=197 | w=8a= 558 | w=23a=1577 | w=64a=4461 | d=89a=6186 |
|  | *1,1* |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **5,2** | **5.3 *Σ 2*** | **5.4** | **5,5** | **5,2** | **5.3** | **5.4** | **5,5** | **5.8** | **5.9** | **5.10** | **5.11** | **5.6** |
| 6 | 178 |  | w=4a=558 | w=11a=1577 | w=32a=4461 | w=91a=12618 |  | w=4a=558 | w=11a=1577 | w=32a=4461 | w=91a=12618 |  | w=4a=558 | w=11a=1577 | w=32a=4461 | w=91a=12618 | d=178a=24745 |
| **6.2** | **6.3** | **6.4** | **6.5** | **6.2** | **6.3** | **6.4** | **6.5** | **6.8** | **6.9** | **6.10** | **6.11** | **6.6** |
| 7 | 355 |  | w=6a=1577 | w=16a=4461 | w=45a=12618 | w=128a=35688 |  | w=6a=1577 | w=16a=4461 | w=45a=12618 | w=128a=35688 |  | w=6a=1577 | w=16a=4461 | w=45a=12618 | w=128a=35688 | d=355a=98980 |
| **7.2** | **7.3** | **7.4** | **7.5** | **7.2** | **7.3** | **7.4** | **7.5** | **7.8** | **7.9** | **7.10** | **7.11** | **7.6** |
| 8 | 710 | w=3a=1577 | w=8a=4461 | w=23a=12618 | w=64a=35688 | w=181a=100942 | w=3a=1577 | w=8a=4461 | w=23a=12618 | w=64a=35688 | w=181a=100942 | w=3a=1577 | w=8a=4461 | w=23a=12618 | w=64a=35688 | w=181a=100942 |  |
| **8.1** | **8.2** | **8.3** | **8.4** | **8.5** | **8.1** | **8.2** | **8.3** | **8.4** | **8.5** | **8.7** | **8.8** | **8.9** | **8.10** | **8.11** |
| ≥9 | 1 420 | w=4a=4461 | w=11a=12618 | w=32a=35688 | w=91a=100942 | w=256a=285508 | w=4a=4461 | w=11a=12618 | w=32a=35688 | w=91a=100942 | w=256a=285508 | w=4a=4461 | w=11a=12618 | w=32a=35688 | w=91a=100942 | w=256a=285508 |  |
| **9.1** | **9.2** | **9.3** | **9,4** | **9,5** | **9.1** | **9.2** | **9.3** | **9,4** | **9,5** | **9,7** | **9,8** | **9,9** | **9,10** | **9,11** |
| *a*  Номер ряда, определяющего длину или диаметр. |
| *b* Максимальная длина или диаметр включений, в соответствии с таблицей 2 в мкм |
| *c* Максимальная ширина включений в колонках с 1 по 5 или с 7 по 11, в соответствии с таблицей 2 в мкм |
| *d* Максимальная площадь включений согласно таблице 2 в мкм2 |
| Примечание - Вместо обозначений типа *α*, *γ*, *β*, *δ* (серый/черный, цветной) могут использоваться обозначения групп EA, EB, EC, ED, EAB, EAD и EF (EFB, EFD). Использование обозначений групп может привести к потере информации о расположении включений (рассеянные против выровненных). |

**Таблица M.5 - Расчетный лист для средней оценки поля *K*n, *K*a**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *α* колонки с 1 по 5 | *γ* колонки с 1 по 5 | *β* колонки с 7 по 11 | *δ* колонка 6 |
| Область стандартного изображения *a* | Количество включений b | Общее количество включений c | Общая область в мкм2 d | Количество включений | Общее количество включений | Общая площадь в мкм2 | Количество включений | Общее количество включений | Общая площадь в мкм2 | Область стандартного изображения e | Количество включений f | Общая областьв мкм2 |
| 25 |  | α 2.3 |  | 3 | 75 |  | γ 2.3 |  |  |  |  | β 2.9 |  |  |  | 24 | δ 1.6 | 456 |
| 3 | 19 |
| 70 | α 3.3 | α 2.4 |  | 15 | 1 050 | γ 3.3 | γ 2.4 |  |  |  | β 3.9 | β 2.10 |  |  |  | 97 | δ 2.6 | 582 |
| 5 | 10 | 6 |
| 197 |  | α 5.2 | α 4.3 | α 3.4 | 13 | 2 561 |  | γ 5.2 | γ 4.3 | γ 3.4 |  |  |  | β 5.8 | β 4.9 | β 3.10 |  |  |  |
| 6 | 7 |
| 558 | α 6.2 | α 5.3 | α 4.4 | 8 | 4 464 | γ 6.2 | γ 5.3 | γ 4.4 |  |  | β 6.8 | β 5.9 | β 4.10 |  |  | 387 | δ 3.6 |  |
| 2 | 6 |
| 1 577 | α 8.1 | α 7.2 | α 6.3 | α 5.4 |  |  | γ 8.1 | γ 7.2 | γ 6.3 | γ 5.4 |  |  | β 8.7 | β 7.8 | β 6.9 | β 5.10 |  |  | 1 547 | δ 4.6 |  |
| 4 461 | α 9.1 | α 8.2 | α 7.3 | α 6.4 | α 5.5 |  |  | γ 9.1 | γ 8.2 | γ 7.3 | γ 6.4 | γ 5.5 |  |  | β 9.7 | β 8.8 | β 7.9 | β 6.10 | β 5.11 |  |  | 6 186 | δ 5.6 |  |
| 12 618 |  | α 9.2 | α 8.3 | α 7.4 | α 6.5 |  |  |  | γ 9.2 | γ 8.3 | γ 7.4 | γ 6.5 |  |  |  | β 9.8 | β 8.9 | β 7.10 | β 6.11 |  |  |  |
| 35 688 |  | α 9.3 | α 8.4 | α 7.5 |  |  |  | γ 9.3 | γ 8.4 | γ 7.5 |  |  |  | β 9.9 | β 8.10 | β 7.11 |  |  | 24 745 | δ 6.6 |  |
| 100 942 |  | α 9.4 | α 8.5 |  |  |  | γ 9.4 | γ 8.5 |  |  |  | β 9.10 | β 8.11 |  |  | 98 980 | δ 7.6 |  |
| 285 508 |  | α 9.5 |  |  |  | γ 9.5 |  |  |  | β 9.11 |  |  |  |
| Общее количество включений h | 39 |  |  | 25 |
| Общая площадь всех включений в мкм2 i | 8 150 |  |  |  | 1 038 |
| Средний коэффициент | j 0,355 | j 0,5 |
| Взвешенная общая область в мкм2 к | 2 893 |  |  | 519 |
| Сканируемая область в мм2 | l 15 |
| Kn на мм2 м | 2,60 |  |  | 1,67 |
| Средняя область на одно включение n | 74 |  |  | 21 |
| Ka в мкм2/мм2 o | 193 |  |  | 35 |
| a Область стандартного изображения q.k в таблице 2 для колонок 1 - 5 и 7 - 11 в мкм2 (максимальная область включения, классифицированного как q.k.) | g Общая площадь всех включений, в соответствующем классе площади: g = e x f |
| b Количество включений для каждого стандартного изображения q.kЗначения переносятся из таблицы M.4 или могут быть введены непосредственно | h Общее количество включений на всей сканируемой области и соответствующий тип включений |
| c Общее количество включений для соответствующего класса области, соответствующее сумме всех предыдущих ячеек в строке. | i Общая область всех оцененных включений соответствующего типа |
| d Общая площадь всех включений в соответствующем классе площади: d = a x c | k Взвешенная площадь: k = i x j |
| e Область стандартного изображения q.6 в таблице 2 для колонки 6 в мкм2 | m*K*n, среднее количество включений на мм2: m = h/l |
| f Количество включений для каждого стандартного изображения q.6 | n Средняя площадь одного включения: n = k/h |
| Значения переносятся из таблицы M.4 или могут быть введены непосредственно | o *K*a средняя область на мм2: o = k/l |
| Примечания1 Вместо обозначений типа *α*, *γ*, *β*, *δ* (серый/черный, цветной) могут использоваться обозначения групп EA, EB, EC, ED, EAB, EAD и EF (EFB, EFD). Использование обозначений групп может привести к потере информации о расположении включений (рассеянные против выровненных).2 Расчетный лист также работает как лист записи. |

**Таблица M.6 - Расчетный лист для ограниченной средней оценки поля *K*nRL, *K*aRL (ограничение по длине) и *K*nRd, *K*aRd**

**(ограничение по диаметру)**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *α* колонки с 1 по 5 | *γ* колонки с 1 по 5 | *β* колонки с 7 по 11 | *δ* колонка 6 |
| начиная со строки 3 | начиная со строки 3 | начиная со строки 3 | начиная со строки 2 |
| Область стандартного изображения *а* | Количество включений b | Всего, включая количество c | Общая областьв мкм2 d | Количество включений | Всего, включая количество | Общая областьв мкм2 | Количество включений | Всего, включая количество | Общая областьв мкм2 | Область стандартного изображения *e* | Количество включений f | Общая областьв мкм2 g |
| 25 |  | α 2.3 |  |  |  |  | γ 2.3 |  |  |  |  | β 2.9 |  |  |  | 24 | δ 1.6 |  |
| 70 |  | α 3.3 | α 2.4 |  | 5 | 350 |  | γ 3.3 | γ 2.4 |  |  |  |  | β 3.9 | β 2.10 |  |  |  | 97 | δ 2.6 | 582 |
| 5 | 6 |
| 197 |  | α 5.2 | α 4.3 | α 3.4 |  | 13 | 2 561 |  | γ 5.2 | γ 4.3 | γ 3.4 |  |  |  |  | β 5.8 | β 4.9 | β 3.10 |  |  |  |  |
| 6 | 7 |
| 558 | α 6.2 | α 5.3 | α 4.4 | 8 | 4 464 | γ 6.2 | γ 5.3 | γ 4.4 |  |  | β 6.8 | β 5.9 | β 4.10 |  |  | 387 | δ 3.6 |  |
| 2 | 6 |
| 1 577 | α 8.1 | α 7.2 | α 6.3 | α 5.4 |  |  | γ 8.1 | γ 7.2 | γ 6.3 | γ 5.4 |  |  | β 8.7 | β 7.8 | β 6.9 | β 5.10 |  |  | 1547 | δ 4.6 |  |
| 4 461 | α 9.1 | α 8.2 | α 7.3 | α 6.4 | α 5.5 |  |  | γ 9.1 | γ 8.2 | γ 7.3 | γ 6.4 | γ 5.5 |  |  | β 9.7 | β 8.8 | β 7.9 | β 6.10 | β 5.11 |  |  | 6 186 | δ 5.6 |  |
| 12 618 |  | α 9.2 | α 8.3 | α 7.4 | α 6.5 |  |  |  | γ 9.2 | γ 8.3 | γ 7.4 | γ 6.5 |  |  |  | β 9.8 | β 8.9 | β 7.10 | β 6.11 |  |  |  |
| 35 688 |  | α 9.3 | α 8.4 | α 7.5 |  |  |  | γ 9.3 | γ 8.4 | γ 7.5 |  |  |  | β 9.9 | β 8.10 | β 7.11 |  |  | 24 745 | δ 6.6 |  |
| 100 942 |  | α 9.4 | α 8.5 |  |  |  | γ 9.4 | γ 8.5 |  |  |  | β 9.10 | β 8.11 |  |  | 98 980 | δ 7.6 |  |
| 285 508 |  | α 9.5 |  |  |  | γ 9.5 |  |  |  | β 9.11 |  |  |  |
| Оценка начинается с номера строки | p 3 | q 2 |
| Общее количество включений h | 26 |  |  | 6 |
| Общая область всех включений в мкм2 i | 7 375 |  |  | 582 |
| Средний коэффициент | j 0,355 | j 0,5 |
| Взвешенная общая область в мкм2 к | 2 618 |  |  | 291 |
| Сканируемая область в мм2 | l 15 |
| K nRL, K nRd на мм2 м | 1,73 |  |  | 0,4 |
| Средняя область на одно включение n | 101 |  |  | 49 |
| KaRL в мкм 2/мм 2o | 175 |  |  | 19 |
| a Область стандартного изображения q.k в таблице 2 для колонок 1 - 5 и 7 - 11 в мкм2 (максимальная площадь включения классифицируется как q.k.). | h Общее количество включений для сканируемой области и соответствующий тип включений |
| b Количество включений для каждого стандартного изображения q.k.Значения переносятся из таблицы M.4 или могут быть введены непосредственно. | i Общая область всех оцененных включений соответствующего типа |
| c Общее количество включений для соответствующего класса области, соответствующее сумме всех предыдущих ячеек в строке. | k Взвешенная площадь: k = i x j |
| d Общая площадь всех включений в соответствующем классе площади: d = a x c | m *K* nRL, *K* nRd среднее количество включений на мм2: m = h / l |
| e Область стандартного изображения q.6 в таблице 2 для колонки 6 в мкм2. Этот параметр представляет собой максимальную площадь включения, классифицированного как q.6. | n Средняя площадь одного включения: n = k/h |
| f Количество включений для каждого стандартного изображения q.6.Значения переносятся из таблицы M.4 или могут быть введены непосредственно. | o *K* aRL, K aRd средняя площадь на мм2: o = k / l |
| p = Начальная точка для удлиненных включений из строки 3 |
| g Общая площадь всех включений, в соответствующем классе площади: g = e x f | q = Отправная точка для глобулярных включений из строки 2 |
| Примечания1 Вместо обозначений типа *α*, *γ*, *β*, *δ* (серый/черный, цветной) могут использоваться обозначения групп EA, EB, EC, ED, EAB, EAD и EF (EFB, EFD). Использование обозначений групп может привести к потере информации о расположении включений (рассеянные против выровненных).2 Расчетный лист также работает как лист записи |

**Таблица M.7 - Расчетный лист для ограниченной средней оценки поля KnRa, KaRa (ограничение области)**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *α* колонки с 1 по 5 | *γ* колонки с 1 по 5 | *β* колонки с 7 по 11 | *δ* колонка 6 |
| начиная с области >25 мкм2 | начиная с области >25 мкм2 | начиная с области >25 мкм2 | начиная с области>24 мкм2 |
| Область стандартного изображения а | Количество включений b | Всего, включая количество c | Общая область в мкм2 d | Количество включений | Всего, включая количество | Общая площадь в мкм2 | Количество включений | Всего, включая количество | Общая областьв мкм2 | Область стандартного изображения *e* | Количество включений f | Общая областьв мкм2 g |
| 25 |  | α 2.3 |  |  |  |  | γ 2.3 |  |  |  |  | β 2.9 |  |  |  | 24 | δ 1.6 |  |
| 70 |  | α 3.3 | α 2.4 |  | 15 | 1 050 |  | γ 3.3 | γ 2.4 |  |  |  |  | β 3.9 | β 2.10 |  |  |  | 97 | δ 2.6 | 582 |
| 5 | 10 | 6 |
| 197 |  | α 5.2 | α 4.3 | α 3.4 | 13 | 2 561 |  | γ 5.2 | γ 4.3 | γ 3.4 |  |  |  | β 5.8 | β 4.9 | β 3.10 |  |  |  |
| 6 | 7 |
| 558 | α 6.2 | α 5.3 | α 4.4 | 8 | 4 464 | γ 6.2 | γ 5.3 | γ 4.4 |  |  | β 6.8 | β 5.9 | β 4.10 |  |  | 387 | δ 3.6 |  |
| 2 | 6 |
| 1 577 | α 8.1 | α 7.2 | α 6.3 | α 5.4 |  |  | γ 8.1 | γ 7.2 | γ 6.3 | γ 5.4 |  |  | β 8.7 | β 7.8 | β 6.9 | β 5.10 |  |  | 1 547 | δ 4.6 |  |
| 4 461 | α 9.1 | α 8.2 | α 7.3 | α 6.4 | α 5.5 |  |  | γ 9.1 | γ 8.2 | γ 7.3 | γ 6.4 | γ 5.5 |  |  | β 9.7 | β 8.8 | β 7.9 | β 6.10 | β 5.11 |  |  | 6 186 | δ 5.6 |  |
| 12 618 |  | α 9.2 | α 8.3 | α 7.4 | α 6.5 |  |  |  | γ 9.2 | γ 8.3 | γ 7.4 | γ 6.5 |  |  |  | β 9.8 | β 8.9 | β 7.10 | β 6.11 |  |  |  |
| 35 688 |  | α 9.3 | α 8.4 | α 7.5 |  |  |  | γ 9.3 | γ 8.4 | γ 7.5 |  |  |  | β 9.9 | β 8.10 | β 7.11 |  |  | 24 745 | δ 6.6 |  |
| 100 942 |  | α 9.4 | α 8.5 |  |  |  | γ 9.4 | γ 8.5 |  |  |  | β 9.10 | β 8.11 |  |  | 98 980 | δ 7.6 |  |
| 285 508 |  | α 9.5 |  |  |  | γ 9.5 |  |  |  | β 9.11 |  |  |  |
| Оценка начинается с области (мкм2) | p >25 | q >24 |
| Общее количество включений h | 36 |  |  | 6 |
| Общая область всех включений в мкм2 i | 8 075 |  |  | 582 |
| Средний коэффициент | j 0,355 | j 0,5 |
| Взвешенная общая область в мкм2 k | 2 867 |  |  | 291 |
| Сканируемая область в мм2 | l 15 |
| KnRa на мм2 м | 2,40 |  |  | 0,4 |
| Средняя область на одно включение n | 80 |  |  | 49 |
| KaRa в мкм2/мм2 o | 191 |  |  | 19 |
| a Область стандартного изображения q.k в таблице 2 для колонок 1 - 5 и 7 - 11 в мкм2 (максимальная область включения, классифицированного как q.k.). | g Общая площадь всех включений, в соответствующем классе площади: g = e x f |
| b Количество включений для каждого стандартного изображения q.k. | h Общее количество включений для сканируемой области и соответствующий тип включений |
| Значения переносятся из таблицы M.4 или могут быть введены непосредственно. | i Общая область всех оцененных включений соответствующего типа |
| c Общее количество включений для соответствующего класса области, соответствующее сумме всех предыдущих ячеек в строке. | k Взвешенная площадь: k = i x j |
| d Общая площадь всех включений в соответствующем классе площади: d = a x c | m *K* nRL, *K* nRd среднее количество включений на мм2: m = h/l |
| e Область стандартного изображения q.6 в таблице 2 для колонки 6 в мкм2. Этот параметр представляет собой максимальную площадь включения, классифицированного как q.6. | p = Начальная точка для удлиненных включений a > 25 мм2 |
| n Средняя площадь одного включения: n = k/h |
| f Количество включений для каждого стандартного изображения q.6. | o *K* aRL, K aRd средняя площадь на мм2: o = k/l |
| Значения переносятся из таблицы M.4 или могут быть введены непосредственно. | q = Начальная точка для глобулярных включений a > 24 мм2 |
| Примечания1 Вместо обозначений типа *α*, *γ*, *β*, *δ* (серый/черный, цветной) могут использоваться обозначения групп EA, EB, EC, ED, EAB, EAD и EF (EFB, EFD). Использование обозначений групп может привести к потере информации о расположении включений (рассеянные против выровненных).Расчетный лист также работает как лист записи. |

**Приложение N**

*(информационное)*

**Расчетная основа для оценки**

**N.****1 Наихудшая оценка включения**

Символом для наихудшей оценки включения является *P.* Он сочетается с параметрами *L, d* и *a* и s для образца. Простое описание расчета приведено в приложении К.

Все значения могут быть оценены для различных типов включений.

Значение *P*L*,* наибольшая длина включения, задается для наихудшего включения в одном поле следующим образом: *P*Ls = *L*q мкм

 (N.1)

Для глобулярного включения результаты: *P*ds = *d*q мкм для наихудшего включения:

 (N.2)

Если рейтинг соответствует области, то при расчете получается *P*as = *a*q k мкм2 для худшего включения:

 (N.3)

**N.2 Оценка наихудшего поля**

**N.2.1 Общие положения**

Оценка проводится только при увеличении *H* = 710 мкм. Следовательно, результат относится к области 0,5 мм2. Простое описание расчета приведено в приложении L.

**N.2.2 Расчет *M*n**

Если *M*ns - количество включений в наихудшем поле одного образца, то конечное значение

поле (N.4)

**N.2.3 Расчет *M*L**

Длина *M*Ls является суммой длин всех включений в наихудшем поле, отнесенных к строке q.

мкм/поле (N.5)

Конечное значение равно:

мкм/поле (N.6)

**N.2.4 Расчет *M*d**

Для этого значения справедливо то же самое, что и для ML.

мкм/поле (N.7)

мкм/поле (N.8)

**N.2.5 Расчет *M*a**

Область *M*as является суммой областей всех включений в наихудшем поле, классифицированном в соответствии со строкой q и колонкой k как *a*q k

мкм2/поле (N.9)

Конечное значение равно:

мкм2/поле (N.10)

**N.3 Среднее значение поля**

Оценка *K*n, *K*L*,K*d и *K*a

Для каждого сканируемого поля включения классифицируются по длине (т.е. ряду) и записывается их количество *n*q. Исходя из этого, вычисляется общая длина *nq* x *L*q для каждой строки и вычисляется общее количество включений и общая длина.

 (N.11)

Длина умножается на коэффициенты *Q*, рассчитанные в приложении Q. Область сканирования рассчитывается по области *A* для каждого поля (смотреть 8.1) и количеству отсканированных полей *N*j:

 (N.12)

мкм/мм2 (N.13)

мкм/мм2 (N.14)

мкм/мм2 (N.15)

В формуле (N.15) суммирование для разных колонок производится от 1 до 5. Для колонки 6 расчет производится отдельно, а также для колонок с 7 по 11, если не указано иное.

**Приложение O**

*(информационное)*

**Исправление краевых ошибок**

**O.****1 Общие положения**

При определении размеров частиц с использованием стандартных стереологических принципов учитываются краевые ошибки в каждом поле. Основной принцип заключается в том, что оценка должна проводиться таким образом, чтобы одна частица или включение не учитывались дважды. Это облегчается благодаря прямоугольному измерительному полю (8.2). Для метода среднего поля необходима коррекция граничных ошибок (9.3).

**O.3 Крупные включения**

Если используется увеличение с измерительной рамкой H ( 8.1 и рисунки 9 и 10) 350 мкм или 710 мкм и длина включения превышает 350 мкм или 710 мкм, разрешается проследить за включением в соседних полях, чтобы измерить его полную длину, принимая меры предосторожности, чтобы избежать включения пересчитывается дважды.



**Условные обозначения**

a) поле обзора измерено: *P*1, *P*2, *P*3

b) измерительная рамка не измерена: *P*4, *P*5

**Рисунок O.1 - Исправление краевых ошибок**

**Приложение Р**

*(обязательное)*

**Расчет средних значений параметров для одного класса**

Метод среднего поля в 9.3; для расчета используются средние значения параметров каждого класса, определенные в приложении I. Эти значения рассчитываются с использованием среднего геометрического значения. Принимая для класса q.k все значения за 1, на рисунке P.1 значения окружающих пределов этого класса приведены в соответствии с правилами, определенными в приложении H и приложении I. В центре этого квадрата на рисунке P.1 перечислены коэффициенты Q для получения средних значений. В таблице P.1 приведены общие формулы для расчета. На основе данных рассчитываются коэффициенты, приведенные в таблице Q.1. Эти значения неверны для ограничивающих классов в строке 1 и колонке 1, но этим можно пренебречь при оценке вручную.



**Рисунок P.1 - Математические правила усреднения**

**Таблица П.1 - Формула для расчета коэффициентов *Q***

|  |  |
| --- | --- |
| Длина или диаметр |  |
| Ширина |  |
| Область для удлиненных включений |  |
| Область для глобулярных включений |  |

**Приложение Q**

*(обязательное)*

**Средние значения параметров**

Значения длины, ширины и площади, приведенные в таблице 2, являются верхними границами класса. Для получения среднего значения класса, используемого для расчета средних значений поля (9.3), верхние пределы таблицы 2 умножаются на коэффициент Q, приведенный ниже, который должен быть использован. Расчет приведен в приложении P.

**Таблица Q.1 - Средние коэффициенты *Q***

|  |  |
| --- | --- |
|  | Увеличение |
| *H* = 1 420 мкм | *H* = 710 мкм | *H* = 355 мкм |
| Длина или диаметр | 1,41 | 0,71 | 0,355 |
| Ширина | 1,00 | 0,50 | 0,25 |
| Область для удлиненных включений | 1,41 | 0,355 | 0,088 |
| Область для глобулярных включений | 2,00 | 0,50 | 0,125 |

**Библиография**

[1] ASTM E 45, Стандартные методы испытаний для определения содержания включений стали.

[2] DIN 50602, Металлографические методы испытаний. Микроскопическое исследование нержавеющих сталей на наличие неметаллических включений с серией изображений.

[3] NF A 04-106, Железо и сталь - Методы определения содержания неметаллических включений в кованой стали - Часть II: Микрографический метод с использованием стандартных диаграмм.

[4] SS 111116, Сталь - Метод оценки содержания неметаллических включений - Микроскопический метод - Диаграмма включений Джернконторета II для оценки содержания неметаллических включений.

[5] ISO 4967, Сталь - Определение содержания неметаллических включений. Металлографический метод с использованием эталонных шкал.

[6] Х. Э. Экснер и Х. П. Хугарди: «Количественный анализ изображений микроструктур» DGM Informationsgesellschaft Oberursel.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**МКС 77.040.99**

**Ключевые слова:** неметаллические включения,испытуемая область,испытуемая область,глобулярные частицы

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**МКС 77.040.99**

**Ключевые слова:** неметаллические включения,испытуемая область,испытуемая область,глобулярные частицы,ограниченные значения

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**РАЗРАБОТЧИК**

Республиканское государственное предприятие «Казахстанский институт стандартизации и метрологии» Комитета технического регулирования и метрологии Министерства торговли и интеграции Республики Казахстан

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Заместитель Генерального директора | А. Раззарёнов |  |
| Руководитель Департамента разработки стандартов и фонда НТД  |  | А. Сопбеков  |
| Главный специалист Департамента разработки стандартов и фонда НТД  |  | Е. Кулешова |