



Обозначение: E45-13

ДЛЯ ИНФОРМАЦИИ

Учетный № _____

Стандартные методы испытания для определения содержания неметаллических включений в стали¹

Настоящий стандарт выпускается под неизменным обозначением E45; номер, который следует непосредственно после обозначения, означает год исходного выпуска или, в случае редакции, год последней редакции. Номер в скобках указывает год повторного утверждения. Надстрочный индекс с буквой эpsilon (ϵ) указывает редакционное изменение, с момента последней редакции или повторного утверждения.

Настоящий стандарт был утвержден к применению учреждениями Министерства Обороны.

1. Область применения

1.1 В данном методе испытаний рассматривается несколько общепризнанных методик определения содержания неметаллических включений в деформируемой стали. Методы макроскопии включают методы макротравления, разрывов, а также методы с переходом на меньший диаметр и магнитно-порошковой дефектоскопии. Методы микроскопии включают пять общепринятых систем обследования. В этих методах, включения разделяются по категориям на основе сходства их морфологии, и не обязательно по химической идентичности. Кратко обсуждаются методы металлографических исследований, позволяющие установить различия между морфологически одинаковыми включениями. В то время как эти методы изначально предназначены для определения характеристик включений, компоненты включений, например, карбиды, нитриды, карбонитриды, бориды и интерметаллические фазы могут быть оценены с использованием некоторых методов микроскопии. В некоторых случаях характеристики сплавов, не относящихся к стали, могут быть определены с использованием одного или нескольких таких методов; методы будут описаны на примерах их применения к сталям.

1.2. Данная методика охватывает процедуры выполнения оценки характеристик включений типа JK с использованием автоматического анализа изображений в соответствии с методами микроскопии A и D.

1.3. В зависимости от типа стали и ее требуемых характеристик, для определения содержимого включений наиболее подходящими считаются методы макроскопии или микроскопии или комбинация этих двух методов.

1.4. В указанных методах проведения испытаний используются только рекомендованные процедуры, и их не следует рассматривать как методы, определяющие или устанавливающие границы применимости для разных сортов стали.

1.5. Значения, выраженные в единицах СИ, считаются стандартными. Значения, приведенные в скобках, получены путем преобразования и являются приблизительными.

1.6. *Данный стандарт не претендует на полноту описания всех мер безопасности (если таковые имеются), связанных с его использованием. Вся ответственность за установление соответствующих правил техники безопасности и мер по охране здоровья, а также определение границ применимости регламентов перед использованием данного стандарта, лежит на пользователе стандарта.*

¹ Данные методы испытания находятся под юрисдикцией ASTM Комитета E04 по металлографии и являются прямой ответственностью Подкомитета E04.09 по включениям.

Текущее издание утверждено 1 мая 2013 г., опубликовано в мае 2013 г. Первоначально утверждено в 1942 г. Последнее из предыдущих изданий утверждено в 2011 г. как E45 –11a. DOI: 10.1520/E0045-13.

2. Ссылочные документы

2.1. Стандарты ASTM²:

E3 Руководство по подготовке образцов для металлографического исследования

E7 Терминология по металлографии

E381 Стандартный метод контроля макроструктуры травлением для стального сортового проката, сутонок, блюмов и поковок

E709 Стандартное руководство по магнитопорошковой дефектоскопии

E768 Методика подготовки и оценки образцов для автоматического контроля включений в стали

E1245 Методика по определению включений или содержания двух фаз металлов методом автоматического анализа изображений

E1444 Методика тестирования с помощью магнитопорошковой дефектоскопии

E1951 Руководство по калибровке масштабных сеток и увеличений оптических микроскопов

2.2 Стандарты SAE:³

J422, Рекомендуемая методика по определению включений в стали

2.3 Спецификации на аэрокосмические материалы:³

AMS 2300, Чистота первоклассной стали авиационного класса: методика инспекции магнитопорошковым методом

AMS 2301, Чистота стали авиационного класса: методика инспекции магнитопорошковым методом

AMS 2303, Чистота стали авиационного класса: методика инспекции магнитопорошковым методом мартенситных коррозионноустойчивых сталей

AMS 2304, Чистота специальной стали авиационного класса: методика инспекции магнитопорошковым методом

2.4 Стандарты ISO:⁴

ISO 3763, Холоднодеформированные стали — макроскопические методы оценки содержания неметаллических включений

ISO 4967, Сталь — Определение содержания неметаллических включений — микрографические методы с применением стандартных диаграмм

² Для ознакомления с упомянутыми стандартами ASTM, посетите веб-сайт ASTM, www.astm.org, или свяжитесь со Службой заказчиков ASTM по адресу service@astm.org. Для получения информации по Ежегодному сборнику стандартов ASTM обратитесь к сводной странице по стандартам на веб-сайте ASTM.

³ Доступны в Обществе инженеров автомобильной промышленности (SAE), 400 Commonwealth Dr., Warrendale, PA 15096-0001, <http://www.sae.org>.

⁴ Доступны в Американском национальном институте стандартов (ANSI), 25 W. 43rd St., 4th Floor, Нью-Йорк, NY 10036, <http://www.ansi.org>.

2.5 Вспомогательные документы ASTM:

Включения в стальных пластинах, I-A и II⁵

Четыре микрофотографии низкоуглеродистой стали⁶

3. Терминология

3.1 Определения:

3.1.1 Определение терминов, используемых в данной методике проведения испытаний, см. в Терминологии E7.

3.1.2 Терминология E7 содержит термин *число включений*; поскольку некоторые методы, входящие в изложенные методы испытаний, включают измерения длины или преобразования в численную форму значений длины или результатов подсчета, или и того, и другого, предпочтительным является термин *показатель включений*.

3.2 Определение терминов, используемых в данном стандарте:

3.2.1 *отношение сторон* — отношение длины к ширине элемента микроструктуры.

3.2.2 *прерывистое строчечное включение* — три или более включения Типа В или С, совмещенных в плоскости, параллельной направлению оси горячей обработки, со смещением не более 15 мкм, и расстоянием менее 40 мкм (0,0016 дюйма) между двумя ближайшими соседними включениями.

3.2.3 *типы включений* — определения сульфидных, алюминиевых и силикатных включений см. Терминологию E7. «Шаровидный оксид» в некоторых методах означает изолированные, относительно недеформированные включения с отношением сторон не более 2:1. В других методах оксиды подразделяются на деформируемые и недеформируемые.

3.2.4 *Показатель включений JK* — метод измерения неметаллических включений на основе методик Шведского союза металлургической промышленности (Jernkontoret); Методы А и D являются основными при использовании методик JK, Метод E также использует оценочные карты JK.

3.2.5 *строчечное включение* — индивидуальное включение, сильно удлиненное в направлении деформации, или три или более включения Типа В или С, совмещенных в плоскости, параллельной направлению оси горячей обработки, со смещением не более 15 мкм, и расстоянием менее 40 мкм (0,0016 дюйма) между двумя ближайшими соседними включениями.

3.2.6 *установка порога* — выделение диапазона значений градаций яркости, свойственных одной из составляющих, в поле микроскопа.

3.2.7 *показатель по наихудшему полю* — показатель, в котором образец оценивается по каждому типу включений путем присвоения значения наихудшего показателя, наблюдаемого для этого типа включений в любом месте на поверхности образца.

4. Значение и применение

4.1 Эти методы испытаний охватывают четыре макроскопических и пять микроскопических методов испытаний (метод анализа вручную и анализа изображений) для описания содержания включений в стали, а также процедур для обозначения результатов испытаний.

4.2 Включения характеризуются размером, формой, концентрацией и распределением, а не химическим составом. Несмотря на то, что состав не определяется, микроскопические методы подразделяют включения на одну из нескольких категорий, связанных с составом (сульфиды, оксиды и силикаты – последние относятся к разновидности оксидов). В параграфе 12.2.1 описывается метод металлографии, призванный упростить распознавание включений. Возможно обнаружение только тех включений, которые расположены на тестируемой поверхности.

4.3 Макроскопические методы испытаний оценивают большие площади по сравнению с микроскопическими методами испытаний, и поскольку контроль осуществляется невооруженным глазом или при малых увеличениях, эти методы лучше подходят для обнаружения более крупных включений. Макроскопические методы не пригодны для обнаружения включений меньше приблизительно 0,40 мм (1/64 дюйма) в длину, и методы не различают включения по типам.

4.4 Микроскопические методы испытаний применяются для определения характеристик включений, образующихся вследствие раскисления или ввиду ограниченной растворимости в сплошной стали (собственные включения). Как указано в пункте 1.1, трудности и типы этих методов микроскопических испытаний уровня включений, характеризуются морфологическим типом, т.е. размером, формой, концентрацией и распределением, но не конкретным химическим составом. Эти включения характеризуются морфологическим типом, т.е. размером, формой, концентрацией и распределением, но не конкретным химическим составом. Микроскопические методы не предназначены для оценки содержимого экзогенных включений (вызванных захваченным шлаком или огнеупорами). В случае возникновения разногласий относительно того, являются включения неустраняемыми или экзогенными, для определения характера включения может использоваться такой микроаналитический метод, как спектроскопия энергетической дисперсии рентгеновского излучения. Однако, опыт и знания процесса литья и производственных материалов, таких как раскисление, десульфуризация и присадки контроля формы включения, также как огнеупоры и составы для печи, должны применяться с микроаналитическими результатами, для определения неустраняемого или экзогенного характера включения.

4.5 Поскольку популяция включений в заданной партии стали отличается в зависимости от положения, то для оценки содержания включений в партии необходимо выполнить статистические выборки из нее. Объем отбираемых проб должен соответствовать размеру партии и ее конкретным характеристикам. Материалы с очень низким содержанием включений могут быть более точно оценены методами автоматического анализа изображений, позволяющими получить более точные микроскопические показатели.

4.6 Результаты макроскопических и микроскопических методов проведения испытаний могут применяться для количественной оценки материалов при отгрузке, однако эти методы проведения испытаний не содержат указаний в отношении приемки или отбраковки. Аттестационные критерии для оценки данных, полученных этими методами, приводятся в стандартах на продукцию ASTM или могут описываться в соглашениях между покупателем и производителем. По договоренности между производителем и покупателем эта методика может быть видоизменена с целью подсчета только определенных типов и толщин включений, или включений, превышающих определенный пороговый уровень, или и того, и другого. Кроме того, по соглашению количественные методы могут применяться только в тех случаях, где определены только максимальные показатели по каждому виду включения и значению толщины, или если в таблицах отражается определенное число полей, содержащих наибольшие показатели включений.

4.7 Данные методы проведения испытаний предназначены для использования с холоднодеформированными металлическими структурами. Наряду с тем, что минимальный уровень деформаций не задан, данные методы проведения испытаний не подходят для литых структур или структур, подвергнутых легкой обработке.

4.8 Приводятся указания по определению показателей включений в сталях, обработанных редкоземельными добавками или составами с содержанием кальция. При оценке таких

⁵ Могут быть получены в штаб-квартире ASTM. Номер для заказа [ADJE004502](#). Исходное приложение выпущено в 1983.

⁶ Могут быть получены в штаб-квартире ASTM. Номер для заказа [ADJE004501](#). Исходное приложение выпущено в 1983.

сталей отчет об испытании должен описывать характер включений, для которых определяются показатели, по каждой категории включений (A, B, C, D).

4.9 Помимо показателей по методике проведения испытаний E45 JK, могут быть отдельно проведены базовые стереологические измерения (подобные применяемым в E1245) (например, измерения объемной доли сульфидов или оксидов, числа сульфидов или оксидов на квадратный миллиметр, расстояния между включениями и т.д.) и включены в отчет по результатам испытаний при необходимости предоставления дополнительной информации. В настоящей методике, однако, измерение таких параметров не рассматривается.

МАКРОСКОПИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

5. Обзор макроскопических методов испытания

5.1 Сводная информация:

5.1.1 *Испытание макротравлением* — Испытание макротравлением служит для определения содержания включений и их распределения, обычно — в поперечном сечении или перпендикулярном по отношению к направлению проката иликовки. В некоторых случаях, также рассматриваются и продольные сечения. Подготовка к испытаниям включает резку и механическую обработку сечения до вскрытия требуемой площади, и травление соответствующим реагентом. Широко распространено применение раствора, содержащего одну часть соляной кислоты и одну часть воды при температуре от 71 до 82°C (от 160 до 180°F). Как и следует из названия этого метода, подвергнутая травлению поверхность для выявления включений, контролируется невооруженным глазом или при низком увеличении. Подробное описание этого метода испытаний приведено в Методе E381. Характер вызывающих сомнения показаний должен быть проверен при помощи микроскопического контроля или другими средствами.

5.1.1.1 Сульфиды проявляются в виде язв, при использовании стандартного раствора для травления, описанного в 5.1.1.

5.1.1.2 Этот метод испытания позволяет выявить только крупные включения оксидов.

5.1.2 *Испытание методом разрушения* — Испытание методом разрушения служит для определения наличия включений, подобных демонстрируемым на трещине закаленных срезов толщиной приблизительно от 9 до 13 мм (от 3/8 до 1/2 дюйма). Этот тест наиболее распространен для сталей, позволяющих добиться величины твердости по Роквеллу около 60 HRC и размера зерен 7 и более мелких в районе трещины. Эти образцы не должны иметь значительных наружных вмятин или насечек, способных направлять распространение трещины. Желательно, чтобы трещина проходила в продольном направлении приблизительно по центру среза. Поверхности трещин изучаются невооруженным глазом или при увеличениях приблизительно до десяти диаметров, при этом фиксируются длина и распределение включений. Тепловое окрашивание или применение синего красителя повысит различимость оксидных строчечных включений. В ISO 3763 описывается метод карт для оценки показателей поверхности трещины. В некоторых случаях регистрируются минимальные показатели длиной 0,40 мм (1/64 дюйма).

5.1.3 *Пошаговый метод* — Пошаговый метод испытания применяется для определения присутствия включений в выполненных механической обработкой поверхностях катаной иликованой стали. Испытываемый образец подвергается механической обработке до достижения заданного диаметра (ниже поверхности) и исследуется на наличие включений при хорошем освещении невооруженным глазом или при небольшом увеличении. В некоторых случаях испытываемые образцы подвергаются механической обработке для дальнейшего уменьшения диаметра с целью дополнительного контроля после обследования для исходных диаметров. Это испытание обычно применяется для обнаружения включений длиной 3 мм (1/8 дюйма) и более.

5.1.4 *Магнитопорошковый метод* — магнитопорошковый метод является разновидностью пошагового метода для ферромагнитных материалов, предусматривающим проведение механической обработки испытываемого образца, намагничивание и нанесение магнитного порошка. Неоднородности длиной 0,40 мм (1/64 дюйма) и более, создают поля магнитной утечки и притягивают магнитный порошок, тем самым выделяя включение. Более подробную информацию о процедуре контроля магнитопорошковым методом см. в Методике E1444 и Руководстве E709. См. спецификации на аэрокосмические материалы AMS 2300, AMS 2301, AMS 2303 и AMS 2304.

5.2 *Преимущества:*

5.2.1 Эти методы испытаний упрощают исследование образцов с большой площадью поверхности. Более крупные включения в стали, которые в большинстве случаев являются основным предметом рассмотрения, распределены неравномерно и расстояния между ними бывают достаточно большими, поэтому шансы их обнаружения повышаются при изучении более крупных образцов для испытаний.

5.2.2 Образцы для макроскопических испытаний могут быть быстро подготовлены механической обработкой и шлифовкой. Высокая чистота полировки поверхности не требуется. Макроскопические методы являются достаточно чувствительными для выявления крупных включений.

5.3 *Недостатки:*

5.3.1 Эти методы испытаний не позволяют различать разные формы включений.

5.3.2 Они непригодны для обнаружения небольших шаровидных включений или цепочек очень мелких продолговатых включений.

5.3.3 Магнитопорошковый метод может приводить к неверной интерпретации микроструктурных образований, таких как прожилки оставшихся аустенитных зерен, микросегрегацию или карбиды в некоторых сплавах; это особенно вероятно при применении больших токов намагничивания.

МИКРОСКОПИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

6. Обзор микроскопических методов испытания

6.1 Микроскопические методы применяются для определения размеров, распределения, числа и типа включений на полированной поверхности образца. Это может быть определено путем наблюдения образца, с помощью оптического микроскопа и включения в отчет информации о встречающихся типах включений совместно с несколькими репрезентативными микрофотографиями. Этот метод, однако, не способен обеспечить однородное представление информации. По этой причине были разработаны стандартные справочные карты с наборами типичных конфигураций включений (размер, тип и число), предназначенные для непосредственного сравнения с образцом в поле зрения микроскопа. Был также разработан метод, в котором применяется анализ изображений для выполнения этих сравнений.

6.2 Были разработаны самые разные карты данного типа, такие как карты⁷ JK7 и карты SAE, описываемые в Рекомендуемой методике J422 SAE или в Справочнике SAE. Описанные в документе «Методы испытаний E45» микроскопические методы используют уточненные карты сравнения, основанные на вышеупомянутых картах. Метод А (наихудшие поля), Метод D (для низкого содержания включений) и Метод E (показатель SAM) используют карты, основанные на картах JK, в то время как Метод C (оксиды и силикаты) использует карту SAE. Стандарт ISO 4967 также применяет карту JK.

⁷Карта JK получила свое название от наименования своего составителя (Jernkontoret), Шведский союз металлургической промышленности.

6.3 Ни одна из карт не может представить все различные типы и формы включений. Применение любой из карт ограничивается определением содержания наиболее распространенных типов включений, и при этом следует помнить, что такое определение не представляет собой полное металлографическое исследование включений.

6.4 Альтернативой методу сравнения (карта) являются Методы А, С и D⁸, которые описаны в Методе В. Метод В (длина) используется для определения содержания включений на основании их длины. Регистрируются только те включения, длина которых равна или превышает 0,127 мм (0,005 дюйма), независимо от их типа. При помощи этого метода можно получить такие данные, как длина самого длинного включения и средняя длина включения. К тому же, микрофотографии могут также быть получены с целью определения *сопутствующих включений*, которые имеют недостаточную длину для измерения.

6.5 Преимущества микроскопических методов следующие:

6.5.1 Включения могут быть описаны с указанием длины, типа и количества.

6.5.2 Могут быть выявлены включения исключительно малого размера.

6.6 Недостатком микроскопических методов является очень малый размер отдельных полей оценки (0,50 мм²). Это ограничивает практические размеры образцов, поскольку для определения характеристик большого образца потребовалось бы исследование недопустимо большого числа полей. Результат, получаемый определением характеристик включений микроскопическим методом на большом сечении, подвержен случайным отклонениям в случае, когда местные отклонения распределения включений являются значительными. Важность результатов микроскопических исследований зависит от конечного применения продукта. Необходимо наличие опыта интерпретации этих результатов для того, чтобы не преувеличить роль небольших включений для некоторых областей применения.

6.7 При определении количества включений важно понимать то, что вне зависимости от применяемого метода, результат относится только к тем областям образцов, которые подвергались изучению. В практическом плане, такие образцы являются относительно малыми в сравнении с общим количеством стали, которое они представляют. Для того, чтобы определение включений имело какую-либо ценность, адекватный отбор образцов не менее важен, чем выбор надлежащего метода испытания.

6.8 Сталь зачастую отличается по содержанию включений не только от плавки к плавке, но и от слитка к слитку в пределах одной плавки, и даже в пределах различных частей одного слитка. Важно, чтобы единичная партия стали, в которой должно определяться содержание включений, не представляла более одной плавки. Для того, чтобы партия была адекватно представлена, необходимо выбрать достаточное число образцов. Точная процедура отбора образцов должна быть включена в требования или спецификации отдельного продукта. Для полуфабрикатов образцы должны отбираться после того, как будет проведен достаточный объем материала и будут получены пригодные отбракованные фрагменты. Если в испытываемой партии не могут быть определены места на различных слитках или частях слитков одной плавки, то для эквивалентного по массе объема стали должно быть отобрано большее число испытываемых образцов. Нельзя считать, что значение содержания включений в отдельной стальной детали, даже в случае его точного определения, может представлять содержимое включений для всей плавки.

6.9 Размер и форма испытанного продукта из холоднокатаной стали оказывают значительное влияние на размеры и форму включений. Во время обработки отливки методом проката или ковки, включения удлиняются и разбиваются на части, в соответствии со степенью сокращения поперечного сечения стали. Следовательно, при составлении отчета об определенных включениях, необходимо указывать размеры, форму и метод изготовления стали, из которой вырезались образцы. При сравнении содержания включений в различных сталях, они должны приводиться методом проката или ковкой до как можно более близкого состояния по размерам и форме, и выполняться из литых секций приблизительно одного размера. Должны применяться образцы, вырезанные в длину или параллельно направлению проката иликовки.

6.10 Для облегчения сопоставления результатов может быть целесообразно выполнять ковкой купоны из более крупных слитков. Эти кованые секции могут потом подвергаться отбору проб точно так же, как и катаные секции.

⁸ Обратите внимание на то, что несмотря на то, что методы называются методами сравнения по картам, в процедурах также применяются измерения длины, подсчет числа включений, или обе этих операции.

При этом, однако, нужно следить за тем, чтобы от слитков дляковки отбирались образцы достаточного размера; в противном случае, существует опасность включения в образцы прибыльной части слитка. Такой искаженный материал даст неверный результат при определении включений. Во избежание этого полезно отпилить концы участка слитка, применяемого дляковки, и отбирать образец из середины кованого участка.

6.11 Некоторые из методов, описанных в этих методиках, требуют, чтобы обследованию подвергалась конкретная область подготовленной поверхности образца, и чтобы в результатах фиксировались и описывались все существенные включения. Сообщаемый результат по каждому исследованному образцу, таким образом, является более точным представлением содержания включений по сравнению с микрофотографией или диаграммой. Недостаток метода Дефектной Области заключается в том, что он не позволяет судить о распределении показателей числа включений.

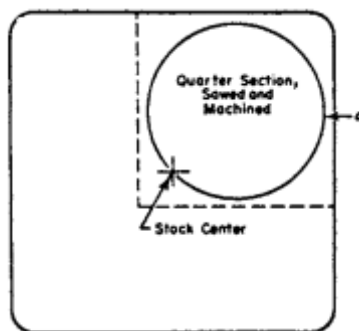
6.12 Для того, чтобы сделать возможными сравнения между различными плавками и различными частями плавки, результаты должны быть выражены таким образом, чтобы можно было получить среднее содержание включений по различным образцам плавки. Если производится измерение длин включений, то простейший метод заключается в оценке суммарной длины всех включений на площади; тем не менее, желательно не только суммировать длины, но и производить взвешенный подсчет включений с учетом их отдельных длин. Длина самого большого включения и суммарное число включений также могут включаться в результаты.

7. Отбор образцов

7.1 Для получения обоснованной оценки отклонений включений в пределах партии, необходимо исследовать не менее шести мест, являющихся, по возможности, наиболее значимыми для этой партии. В этом контексте, партия будет определяться как единица материала, обрабатываемая в одно и то же время, и подвергаемая подобным переменным параметрам технологического процесса. Ни при каких обстоятельствах в одну партию не должно входить более одной плавки. Например, если партия содержит одну плавку, места отбора проб в продукте должны находиться в верхней и нижней частях первого, среднего и последнего из пригодных слитков, в порядке разливки металла. При литье протяжкой или при сифонной разливке, должен применяться сходный план отбора проб одной плавки.

7.2 Для случаев, когда точное положение в пределах плавки, слитка или другой единичной партии не известно, необходимо выполнить отбор большего числа проб статистически случайным методом.

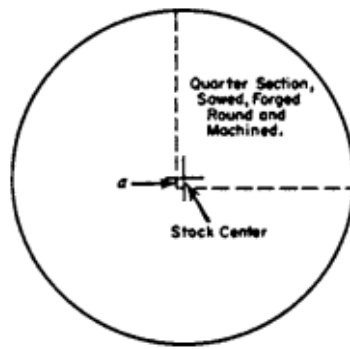
7.3 Полученные показатели будут отличаться с учетом степени уковки продукта. При приемке материалов или при сравнении между отдельными плавками, необходимо обеспечить отбор проб на соответствующем этапе обработки.



Примечание 1 – данный метод, также, применяется к закругленным участкам.

Примечание 2 – α обозначает удаление поверхности.

РИС. 1 Образец четвертой части участка из квадратного участка для магнитопорошковой дефектоскопии, только механическая обработка



Примечание 1 – данный метод, также, применяется к квадратным участкам.

Примечание 2 – *a* обозначает удаление поверхности.

РИС. 2 Образец четвертой части участка из круглого участка для магнитопорошковой дефектоскопии,ковка и механическая обработка

8. Геометрия испытываемого образца

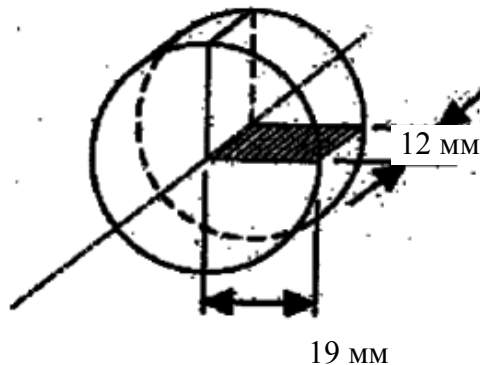
8.1 Минимальная площадь полированной поверхности образца для микроскопических исследований размеров включений равна 160 мм² (0,25 дюйма²). Рекомендуется получение площади большего размера для того, чтобы измерения могли проводиться в заданной области вдали от кромок образца. Полированная поверхность должна быть параллельной продольной оси продукта. Кроме того, для плоскокатанных продуктов, сечение также должно быть перпендикулярно плоскости проката; для изделий круглой формы и труб, сечение должно выбираться в радиальном направлении. Во всех случаях, полированная поверхность должна быть параллельна оси направления горячей обработки. Исследования показали, что измерения длины включения подвергаются существенному воздействию, если плоскость полировки изогнута под углом более чем 6° от осевого направления горячей обработки.⁹

8.1.1 Участки толщиной менее 0,71 мм не должны анализироваться с помощью использования методов испытания E45.

8.2 Участок с толстой стенкой (Толщина участка изделия, больше чем 9,5 мм (0,375 дюйма), такого как кованое изделие, слиток, балка, плита, пластина и труба):

8.2.1 Для изделий с большой шириной, точка, делящая участок на четыре части, вдоль ширины изделия, обычно используется для обеспечения представляемого материала.

8.2.2 Для закругленных участков, способ отрезки образца от участка с диаметром 38 мм (1,5 дюйма), показан на Рис.3. Диск, толщиной не менее 12 мм (0,474 дюйма), отрезается от изделия.



Примечание 1 – футо-дюйм эквиваленты: 12 мм = 0,47 дюйм; 19 мм = 0,75 дюйм.

РИС. 3 Образец из круглого участка 1½ дюйма (38,1 мм) для микроскопического испытания

Четвертая часть, представленная на **Рис. 3**, вырезается из диска, а заштрихованный участок полируется. Таким образом, образец удлинится не менее на 12 мм по длине изделия от наружной части к центру.

8.2.3 Для больших участков, каждый образец берется из места расположения среднего радиуса, как представлено в виде заштрихованного участка на **Рис. 4**. Внешняя сторона образца, которая должна быть отполирована, удлинится не менее чем на 12 мм, параллельно продольной оси биллета, и не менее чем на 19 мм (0,75 дюйма) на продольной радиальной плоскости, с серединой полированной поверхности между центром и наружной стороной биллета. Такой срединный отбор образцов используется для снижения количества отполированных и исследованных образцов. Другие области, такие как центральная область и поверхность, также, могут исследоваться, при условии, если используемая процедура отбора образцов, указана в результатах. Круглый или квадратный биллет или брусок, с размером, приблизительно от 50 до 100 мм (от 2 до 4 дюймов), имеет предпочтительный размер, из которого следует брать образцы; однако, могут использоваться большие или меньшие размеры, при условии, если размеры изделия указаны в отчете вместе с результатами.

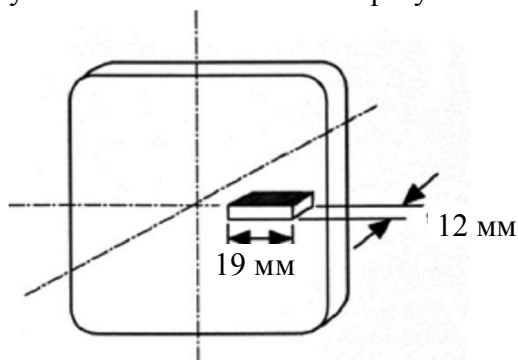


РИС. 4

8.3. *Тонкостенные изделия (размеры сечения изделия толще или не менее 9,5 мм (0,375 дюйма); пластина, лист, брусок, проволока и трубная обвязка)* – продольные образцы с полным сечением должны быть вырезаны в соответствии со следующим планом:

8.3.1 Для толщины поперечного сечения от 0,95 до 9,5 мм (от 0,0375 до 0,375 дюйма) включительно, достаточное количество заготовок из такого же места отбора проб, закрепляется с целью обеспечения приблизительно 160 мм² (0,25 дюйма²) отполированной поверхности образца. (Пример: Для листа толщиной 1,27 мм (0,050 дюйма) выберите семь или восемь продольных заготовок равномерно, поперек ширины листа, для производства одного образца).

8.3.2 Для толщины поперечного сечения менее 0,95 мм, десять продольных заготовок из каждого места отбора проб закрепляются для обеспечения подходящей поверхности образца для полировки. (В зависимости от толщины материала и длины заготовки, отполированная область образца должна быть менее 160 мм². Вследствие практических сложностей, возникающих при закреплении группы из более чем десяти заготовок, приведенная область образца будет считаться достаточной). Примите к сведению, что при использовании процедур сравнения Методов А, С, D и Е, толщина поперечного сечения испытательного образца должна быть менее установленного минимального размера отдельной зоны видимости. Следовательно, минимальная требуемая толщина составляет 0,71 мм для методов А, D, и Е, и 0,79 мм для Метода С. Тонкостенные изделия должны измеряться с помощью других средств.

⁹ Аллманд, Т.Р. и Колеман, Д.С. «Воздействие ошибок при вырезке образцов на микроскопическое определение неметаллических включений в сталях», *Металлы и материалы*, Том 7, 1973, с. 280–283.

9. Подготовка образцов

9.1 Методы подготовки образца должны быть такими, чтобы в результате была получена отполированная, микроскопически плоская поверхность, с целью точного отображения размеров и форм включений. Для получения удовлетворительных и последовательных допустимых значений включения, образец должен иметь отполированную поверхность без содержания ложных дефектов, таких как точечная коррозия, посторонние вещества (например, средство для полировки), и царапины. При полировке образца, очень важно, чтобы включения не имели язвин, не перемещались или не затенялись. Образцы должны исследоваться в состоянии, непосредственно после полировки, и не содержать последствия любой предыдущей процедуры травления (если применяется).

9.2 Подготовка металлографических образцов должна тщательно контролироваться для обеспечения приемлемого качества поверхностей как для анализа вручную, так и для анализа изображения. Указания и рекомендации представлены в Методике E3, методах испытания E45 и Методике E768.

9.3 Удержание включения обычно является более легким для подготовки образцов из закаленной стали, чем в отожженном состоянии. Если удержание включения образцов в отожженном состоянии не соответствует требованиям, они должны быть подвергнуты стандартному циклу термической обработки, с помощью использования относительно низкой температура нагрева при отпуске. После термообработки, с образца необходимо удалить окалину, а продольная плоскость должна быть проточена, ниже уровня обезуглероживания. Данная рекомендация применяется только к маркам стали, которые подвергаются тепловой обработке.

9.4 Закрепление образцов не требуется, если незакрепленные образцы могут быть отполированы соответствующим образом.

10. Калибровка и стандартизация

10.1 Рекомендуемые указания по калибровке приведены в Руководстве E1951.

10.2 Для анализа изображений, многоступенчатый микрометр и поверочная линейка, откалиброванные относительно прибора, доступного для анализа лабораторией, признанной национальными стандартами, такими как Национальный Институт Стандартов и Технологий (NIST), используются для определения увеличения системы и калибровки системы, в соответствии с рекомендуемой процедурой производителя. Например, поверочная линейка накладывается поверх изображения многоступенчатого микрометра на мониторе. Видимое (увеличенное) расстояние между двумя известными точками на многоступенчатом микрометре измеряется с помощью поверочной линейки. Увеличенное расстояние разделяется действительным расстоянием, для определения увеличения экрана. Размеры в пикселях могут определяться исходя из количества пикселей для известного горизонтального или вертикального размера монитора. Разделите известную длину шкалы или размера экрана на количество пикселей, представляющих длину монитора для определения размера в пикселях для каждого возможного увеличения экрана. Не все системы используют пиксели широкоформатного кадра. Определите размеры в пикселях, как на горизонтальной, так и на вертикальной ориентации. Проверьте инструкцию по эксплуатации для определения выполнения корректировок для систем, которые не используют пиксели широкоформатного кадра.

10.2.1 Следуйте рекомендациям производителя при настройке источника света микроскопа и установке соответствующего уровня освещения для телевизионной видеокамеры. Для систем с уровнем яркости 256, освещение обычно настроено, если поверхность матрицы непосредственно после полировки, находится на уровне 254 и черный цвет установлен на нуль.

10.2.2 Для современных анализаторов изображения с уровнем яркости 256 и установкой освещения, как описано в пункте 10.2.1, обычно, можно определить гистограмму

отражения отдельных включений, в качестве содействия при установке соответствующих порогов, с целью различия между оксидами и сульфидами. Оксиды имеют более темный цвет и обычно проявляют уровни яркости приблизительно ниже 130 по шкале яркости в то время, как более светлые сульфиды, обычно, проявляют значения, приблизительно, между 130 и 195. Такие значения не являются абсолютными и будут несколько изменяться для различных сталей и различных анализаторов изображения. После установки пороговых пределов с целью различия оксидов и сульфидов, используйте *метод «мерцания»*, переключая между изображением действующего включения и обнаруженным (отличающим) изображением, на большом количестве испытательных областей, с целью гарантии соответствия установок, то есть, определение сульфидов или оксидов по типу и размеру является соответствующим.

11. Классификация включений и расчет жесткости

11.1 При таких микроскопических методах, включения классифицируются на четыре категории (называемые Типы), на основании их морфологии и двух подкатегорий, которые базируются на их ширине или диаметре. Категории Типа А-Сульфид, Типа В-Оксид алюминия, Типа С-Силикат и Типа D-Глобулярный оксид определяют их форму, в то время, как категории «тяжелые образцы» и «тонкостенные образцы» описывают их толщину. Несмотря на то, что категории содержат химические названия, которые подразумевают знание их химического состава, допустимые значения основываются строго на морфологии. Химические названия, которые связаны с различными Типами, получены из исторических данных, собранных по включениям, обнаруженных в таких формах или морфологиях. Четыре категории, или Типа, разделяются на Уровни нагрузки, на основании количества или длины частиц, имеющих в поле видимости 0,50 мм². Такие Уровни нагрузки и типы включений представлены на Табличке I-A, а их числовые эквиваленты представлены в **Таблицах 1 и 2**.

11.1.1 Включения Типа А и С очень подобны по размеру и форме. Поэтому, различие между такими Типами выполняется с помощью металлографических процедур. Тип А-Сульфид светло-серого цвета, в то время, как Тип С-Силикат – черного цвета, при просмотре с высоким уровнем освещения. Различие между такими типами могут также выполняться с помощью просмотра включений, вызывающих сомнение, под темнопольным микроскопом или поперечно-поляризованным освещением, если сульфидные включения, отполированные соответствующим образом, имеют темный цвет, а силикатные включения являются люминесцентными.

ТАБЛИЦА 1 Минимальные значения уровня нагрузки (Методы А, D, и E)^{A,B}

(мм (дюйм) при 100X, или подсчет)				
Нагрузка	A	B	C	D ^C
0.5	3.7 (0.15)	1.7 (0.07)	1.8 (0.07)	1
1.0	12.7 (0.50)	7.7 (0.30)	7.6 (0.30)	4
1.5	26.1 (1.03)	18.4 (0.72)	17.6 (0.69)	9
2.0	43.6 (1.72)	34.3 (1.35)	32.0 (1.26)	16
2.5	64.9 (2.56)	55.5 (2.19)	51.0 (2.01)	25
3.0	89.8 (3.54)	82.2 (3.24)	74.6 (2.94)	36
3.5	118.1 (4.65)	114.7 (4.52)	102.9 (4.05)	49
4.0	149.8 (5.90)	153.0 (6.02)	135.9 (5.35)	64
4.5	189.8 (7.47)	197.3 (7.77)	173.7 (6.84)	81
5.0	223.0 (8.78)	247.6 (9.75)	216.3 (8.52)	100
(мм (дюйм) при 1X, или подсчет)				
Нагрузка	A	B	C	D ^C
0.5	37.0 (.002)	17.2 (.0007)	17.8 (.0007)	1

1.0	127.0 (.005)	76.8 (.003)	75.6 (.003)	4
1.5	261.0 (.010)	184.2 (.007)	176.0 (.007)	9
2.0	436.1 (.017)	342.7 (.014)	320.5 (.013)	16
2.5	649.0 (.026)	554.7 (.022)	510.3 (.020)	25
3.0	898.0 (.035)	822.2 (.032)	746.1 (.029)	36
3.5	1181.0 (.047)	1147.0 (.045)	1029.0 (.041)	49
4.0	1498.0 (.059)	1530.0 (.060)	1359.0 (.054)	64
4.5	1898.0 (.075)	1973.0 (.078)	1737.0 (.068)	81
5.0	2230.0 (.088)	2476.0 (.098)	2163.0 (.085)	100

Нагрузка	(мм/мм ² (дюйм/дюйм ²) или подсчет/мм ²)			
	A	B	C	D ^C
0.5	0.074 (1.88)	0.034 (.864)	0.036 (.914)	2
1.0	0.254 (6.45)	0.154 (3.91)	0.152 (3.86)	8
1.5	0.522 (3.64)	0.368 (9.35)	0.352 (8.94)	18
2.0	0.872 (22.15)	0.686 (17.32)	0.640 (16.26)	32
2.5	1.298 (32.97)	1.110 (28.19)	1.020 (25.91)	50
3.0	1.796 (45.59)	1.644 (41.76)	1.492 (37.90)	72
3.5	2.362 (59.99)	2.294 (58.27)	2.058 (52.27)	98
4.0	2.996 (76.10)	3.060 (77.72)	2.718 (69.04)	128
4.5	3.796 (96.42)	3.946 (100.2)	3.474 (88.24)	162
5.0	4.460 (113.3)	4.952 (125.8)	4.326 (109.9)	200

^A Примите к сведению, что значения длины в данной таблице были изменены для обеспечения соответствия автоматизированным методам измерения. Существенные значения длины получены при минимальных уровнях измерения 1/2, если немеханизированные методы являются менее точными. Включения, которые подсчитываются для включений Типа D, также были пересмотрены. В таком случае, изменения являются наибольшими для высоких индексов, которые превышают уровни стандартных требований к приемке материала.

^B Вандер Вурт, Г.Ф. и Вилсон Р.К. «Неметаллические включения и Комитет ASTM E04», *Новости стандартизации*, Том 19, май, 1991 г., сс.28-37.

^C Максимальный коэффициент сжатия для включения Типа D <2.

ТАБЛИЦА 2 Ширина включения и параметры диаметра (Методы A и D)⁴

Тип включения	Тонкие серии		Тяжелые серии	
	Ширина, мин., мкм (дюйм)	Ширина, макс., мкм (дюйм)	Ширина, мин., мкм (дюйм)	Ширина, макс., мкм (дюйм)
A	2 (.00008)	4 (.00016)	>4 (.00016)	12 (.0005)
B	2 (.00008)	9 (.00035)	>9 (.00035)	15 (.0006)
C	2 (.00008)	5 (.0002)	>5 (.0002)	12 (.0005)
D	2 (.00008)	8 (.0003)	>8 (.0003)	13 (.0005)

^A Любые включения с максимальными размерами, которые больше максимальных размеров для Тяжелых Серий, должны указываться в отчете, как включения, имеющие размер выше номинального, и которые сопровождаются своими фактическими размерами.

11.2 Строчечные включения В-типа состоят из большого количества (не менее трех) круглых или угловатых частиц оксидов с коэффициентом сжатия менее 2, которые выровнены почти параллельно к оси деформации. Частицы в пределах ± 15 мкм центральной линии строчечного включения В-типа считаются частью такого строчечного включения. Строчечные включения Типа С-Силикат состоят из одного или более оксидов, удлиненных в большей степени с гладкими поверхностями и выровненных параллельно оси деформации. Коэффициенты сжатия, обычно, высокие ≥ 2 . Максимально допустимое разделение между частицами в строчечных включениях составляет 40 мкм. Любые оксиды, которые имеют коэффициенты сжатия < 2 и которые не являются частью В- или С- типа строчечного включения, измеряются как D-типы. Другие ограничения по форме не применяются.

11.3 После категоризации включений по Типу, они должны разделяться на категории по толщине или диаметру. Параметры ширины включения для классификации на категорию тонкостенные или тяжелые перечислены в **Таблице 2**. Включение, ширина которого изменяется от тонкой до тяжелой, наряду с его длиной, должно размещаться в категории, которая наилучшим образом представляет его в целом. Другими словами, если большая часть его длины попадает в диапазон значений Тяжелой ширины, классифицируйте ее как Тяжелую. Смотрите пункт **11.8**, в котором представлены инструкции по извлечению о включениях, которые превышают пределы, указанные в **Таблице 1** или **Таблице 2**.

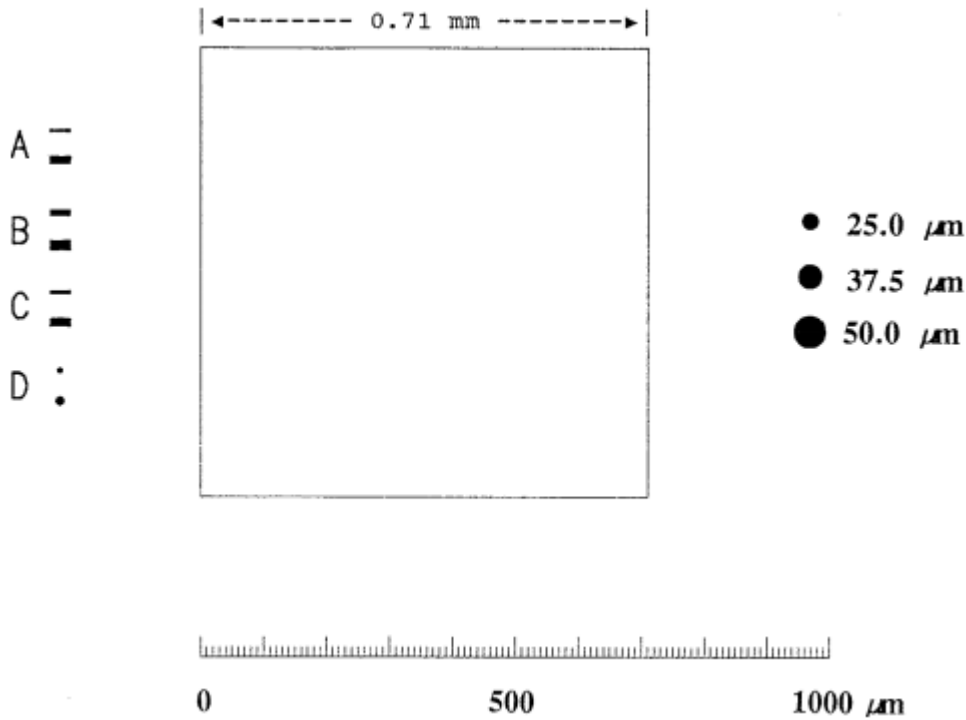
11.4 Включения с шириной менее 2 мкм, как минимум, перечисленные в **Таблице 2**, не измеряются. То есть, их длины или значения не включены в определение Нагрузки.

11.5 После классификации по типу и толщине, уровни нагрузки определяются для включений, в пределах испытательных областей $0,50 \text{ мм}^2$, на основании общих длин сульфида Типа А на область, общих длин строчечного включения Типа В или С на область и количества изолированных включений D-типа на область. Такие значения могут сообщаться, в соответствии с длиной или количеством в каждой области $0,50\text{-мм}^2$ или, в качестве длины на единицу площади или количества на единицу площади (мм^2), но измерения должны проводиться на соприкасающихся испытательных областях $0,50 \text{ мм}^2$. Нагрузка рассчитывается на основании ограничений, представленных в **Таблице 1**. Примите к сведению, что такие значения являются минимальными длинами или значением для каждого класса. В общем, значения нагрузки (рассчитанные как описано ниже) округляются в меньшую сторону к ближайшему целому числу или половине числа. Для сталей с определенно низким содержанием включения, значения нагрузки могут округляться в меньшую сторону к ближайшей четвертой или десятой части значения, согласно договору между производителем и покупателем. Однако, вследствие способа, по которому подсчет включений D определяется (для включения 1, нагрузка составляет 0,5 и для включений 0, нагрузка составляет 0), подразделения между нагрузками 0 и 0,5 могут отсутствовать.

11.6 Расчет значения нагрузки для включений Типа А, В и С основан на графике в дважды логарифмическом масштабе данных в **Таблице 1** на минимальных значениях для значений диапазона включения (методы А и D). Такие графики¹⁰ выявляют линейную взаимосвязь между значениями нагрузки и минимальной общей длиной сульфида (Тип А) и минимальной общей длиной строчечного включения (Типы В и С) на область $0,50\text{-мм}^2$ для каждого уровня нагрузки, как показано на **Рисунках 10-12**. Подгонка методом наименьших квадратов данных в **Таблице 1** использовалась для осуществления взаимосвязи в **Таблице 6**, которая могла использоваться для расчета нагрузки включений Типа А, В и С, либо тонкостенных, либо толстостенных. Антилогарифм определяется и округляется в наименьшую сторону к ближайшему значению полунагрузки.

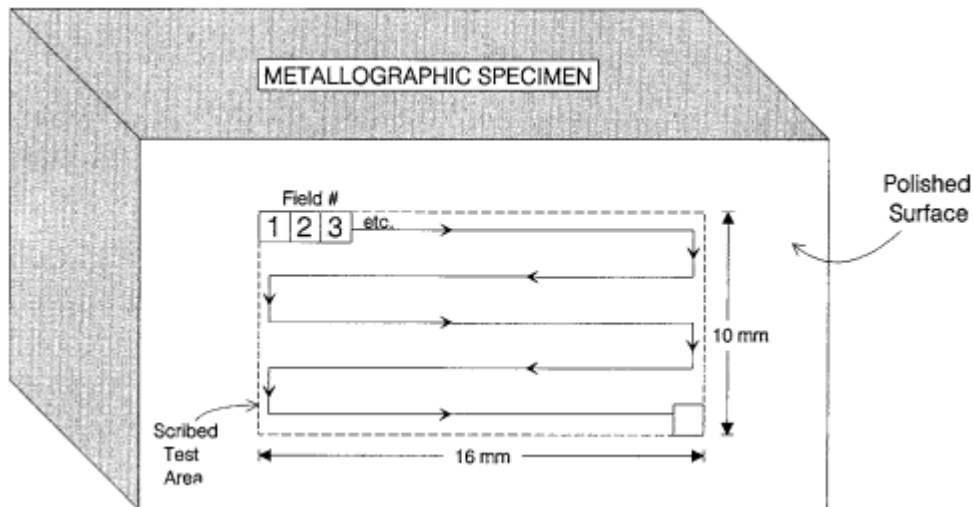
11.7 Расчет значений нагрузки для оксидов Типа D проводится таким же способом, как и для включений Типов А, В и С, за исключением того, что критерий является значением оксидов, а не их длины. На **Рис. 13** показан график в двойном логарифмическом масштабе данных в **Таблице 1**.

¹⁰ Вандер, Вурт, Г.Ф., и Голден, Дж.Ф., «Автоматизация анализа включений ЖК», *Изучение микроструктуры*, Том 10, Elsevier Science Publishing Co., Inc., NY, 1982, сс. 277–290.



Примечание 1 – Квадратный шаблон образует область $0,50 \text{ мм}^2$ поверхности образца. Графическое представление максимальной толщины тонкостенных и толстостенных серий Типов А, В, С, и D с левой стороны. Тип D имеет слишком большой размер и представлен с правой стороны для удобства.

Рис. 5 Предлагаемая сетка или палетка для методов А, D, и E



Metallographic specimen – металлографический образец

Polished surface – отполированная поверхность

Field – поле

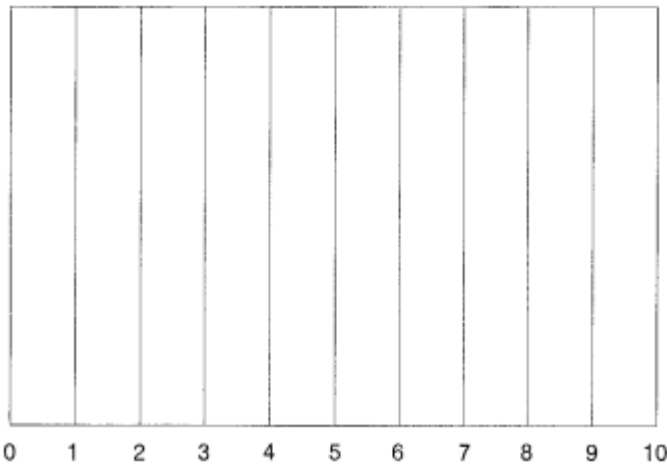
Scribed test area – размеченная область для испытания

Примечание 1 – Систематически отсканируйте полностью маскированную поверхность. Методы А, В, С, и E позволяют регулировку мест расположения поля, с целью максимизации значения уровня нагрузки или облегчения измерения. Для Метода D, поля должны оставаться соприкасающимися, и только элементы в пределах поля сравниваются с Табличкой I-A.

Примечание 2 – Для метода D требуется большая область для испытания (10 x 7 мм) для облегчения размещения достаточного количества соприкасающихся квадратных участков $0,71 \text{ мм}$ на общей отполированной области поверхности 160 мм^2 .

РИС. 6 Стандартный образец сканирования для микроскопических методов

11.8 Поля, указанные на Табличке I-A, представляют общие длины включений А, общие длины строчечных включений В и С, количество включений D, а также их соответствующие ограничения ширины или диаметров. Если присутствуют какие-либо включения, которые длиннее? чем поля, показанные на Табличке I-A, их длины должны регистрироваться по отдельности. Если их ширина или диаметр больше, чем значения ограничения, указанные на Табличке I-A и в **Таблице 2**, они должны регистрироваться по отдельности. Примите к сведению, что чрезмерный размер включения А, В или С или строчечного включения способствует определению значения уровня нагрузки поля. Следовательно, если включения А, В или С имеют увеличенный размер либо длины, либо толщины, та часть, которая находится в пределах границ поля, должна входить в соответствующее измерение уровня нагрузки тонкостенных или тяжелых включений. Аналогичным образом, если включение D увеличенного размера обнаружено в поле, оно также входит в подсчет, который определяет тяжелый диапазон включения D. Для информации, изображения больших, глобулярных оксидов представлены в нижней части Таблички I-g. Глобулярный оксид Типа D может не превышать коэффициент сжатия, который составляет 2:1.



Примечание 1 – одна единица равна 0,127 мм (0,005 дюйм) на поверхности образца.

РИС. 7 Предлагаемая сетка или палетка для Метода В

11.9 Оксиды, расположенные на верхней части включений типа А-сульфид, измеряются на глобулярных оксидах Типа D, до тех пор, пока они не приблизятся друг к другу на достаточное расстояние, для соответствия требованиям Типа В-Окись алюминия.

11.10 Локальные включения в марках стали, восстановленных с помощью редкоземельных элементов или материалов, контактирующих с кальцием, также классифицируются морфологией и толщиной с добавочным требованием того, чтобы информация о химическом составе была указана в протоколе. Например, редкоземельные сульфиды или сульфиды, модифицированные с помощью кальция, с аспектным отношением ≥ 2 оцениваются как А-типы путем их общей длины на область согласно предельным значениям **Таблицы 1** и предельным значениям ширины **Таблицы 2**. Однако, для аспектных отношений < 2 , и если они не являются частью решетки, они оцениваются как D-типы путем их количества на область согласно предельным значениям количества **Таблицы 1** и предельным значениям ширины **Таблицы 2**. В обоих случаях, общее описание их химического состава должно быть представлено, чтобы избежать недоразумений. Поскольку они являются сульфидами с морфологией D-типа, они могут быть обозначены как D_S .

11.11 Комплексные включения, такие как окисульфиды или дуплексные включения, также оцениваются согласно их морфологии: если они являются решетчатыми или

удлиненными (для аспектных отношений ≥ 2) или изолированными (не являются частью решетки и имеют аспектное отношение < 2); а затем согласно их толщине. Изолированные сферические частицы оцениваются как D-типы путем определения их средней толщины. Комплексные D_S могут быть преимущественно ($>50\%$ по площади) сульфидами или оксидами и должны идентифицироваться как таковые. Например, если в сферическом оксисульфиде площадь оксида больше, его можно назвать типом D_{OS} . Решетчатые комплексные частицы могут быть оценены с помощью аспектного отношения отдельных частиц; если < 2 , они являются В-типами, если ≥ 2 , они являются А- или С-типами (отделенными серым фоном). Для этих комплексных включений с аспектными отношениями ≥ 2 они классифицируются как А-типы, если более 50% площади составляет сульфид, и С-типами, если более 50% площади составляет оксид. Опишите химический состав, в общих чертах, чтобы избежать ошибки, и укажите характер включений, например, «сферические кальциевые алюминаты, в оболочке из тонкой пленки кальциево-марганцевого сульфида», или «беспорядочно расположенные алюминаты, частично или полностью заключенные в марганцевые сульфидные решетки».

11.12 Если соглашения между производителем и покупателем ограничивают анализ только до определенных типов включений, категорий толщины или пределов интенсивности, схема Раздела 11 может быть модифицирована для анализа, измерения и сохранения только данных, представляющих интерес. Она также может содержать процедуры для выполнения основных (смотрите Методику E1245) стереологических измерений для того, чтобы дополнить анализы ЖК. Такие измерения не описываются в данной методике.

12. Способ А (Дефектные области)¹¹

12.1 *Ручное применение* – Данный метод испытания требует проведения исследования 160 мм² (0,25 дюймов²) области полированной поверхности образца при 1003. Размер области должен быть равен области 0,50 мм² (0.000779 дюймов²) на поверхности образца, как определено при квадрате 0,71 мм (0,02791 дюйма) длинных сторон (смотрите Рис. 5). Каждое поле 0,50 мм² сравнивается с квадратными полями, представленными на Табличке I-A в исследовании на дефектные поля, что является диапазоном наиболее агрессивных условий, каждого включения типа А, В, С и D для обоих и *Слабых* и *Сложных* типов. Уровень жесткости данных дефектных полей должны записываться для каждого проверенного образца.

12.2 Ручная процедура:

12.2.1 Можно использовать две техники для получения области наблюдения 0,50 мм². Один способ состоит в проектировании микроскопического изображения 100x на экране просмотра, который имеет квадратную рамку со сторонами 0,71мм (2,79 дюйма), начерченными на нем. Другой вариант обеспечивает использование модулирующей сетки созданной для микроскопа, который будет накладывать требуемую квадратную сетку непосредственно на область наблюдения (смотрите Рис. 5).

12.2.2 Чтобы начать, отметьте требуемую область испытания на поверхности образца, используя либо нестираемый маркер, либо переписчик с твердосплавными режущими

мм

Определение

мм

Определение

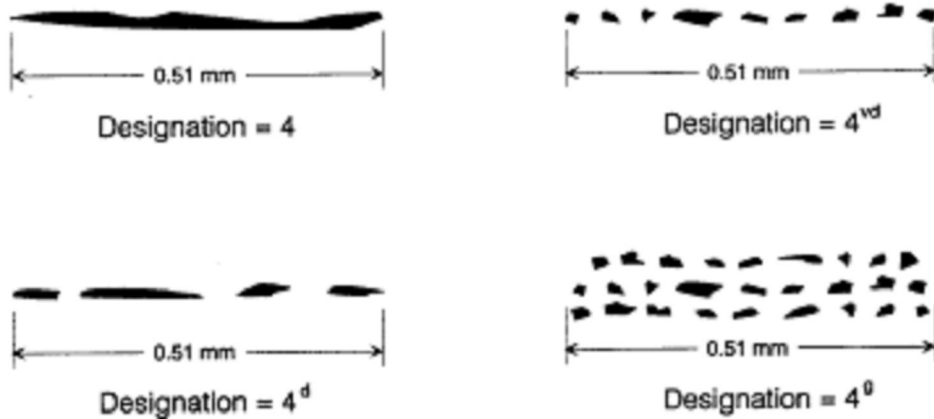
мм

Определение

мм

Определение

пластинами. Расположите образец на столике микроскопа и начните проверку с полями в

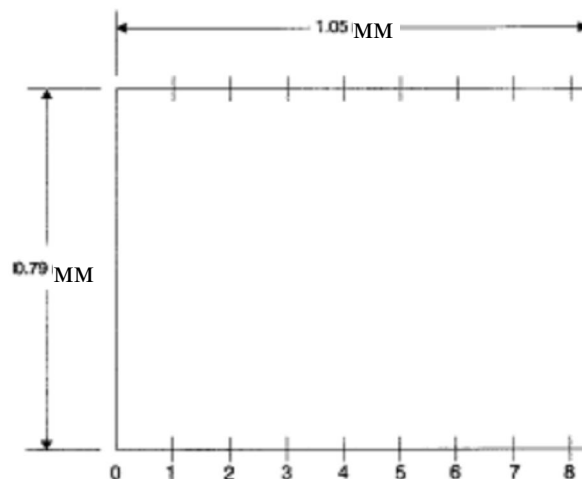


Примечание: 1 - d= отключен, vd= совсем отключен, g= заземлен

Примечание: 2-0,51 мм = 0,02 дюйма

РИС. 8 Определение длины и ширины включений (длина 4 блоков)

одной стороне углов маркированной области испытания. Сравните данную область с изображениями на Табличке I-A. Классифицируйте содержание неметаллических включений области на основе правил, перечисленных в Разделе 11 относительно Типа, а также представленную толщину присутствующих включений. Запишите уровень интенсивности в целом, перечисляя от 0 до 3,0, для каждого типа включения (A, B, C и D), большинство из которых совпадает с областью, которая находится под наблюдением. (Смотрите [Таблицу 1](#), если требуется записать уровни интенсивности >3,0). Выполняйте данное условие, как для Слабых, так и для Сложных типов. Также следует отметить, что если область включений попадает между двумя уровнями интенсивности, ее значение округляется до значения нижнего уровня интенсивности. Например, при использовании Таблички I-A, область, которая содержит незначительные включения, или включения с меньшей длиной, чем номер 1 уровня интенсивности, считается с уровнем 0.



Примечание: 1- Один блок равен 0,127 мм (0,005 дюймов) на поверхности образца. Размеры равны фактическому расстоянию на поверхности образца и достигнет промышленного участка 0,83 мм².

РИС. 9 Рекомендуемая масштабная сетка или палетка для Метода С

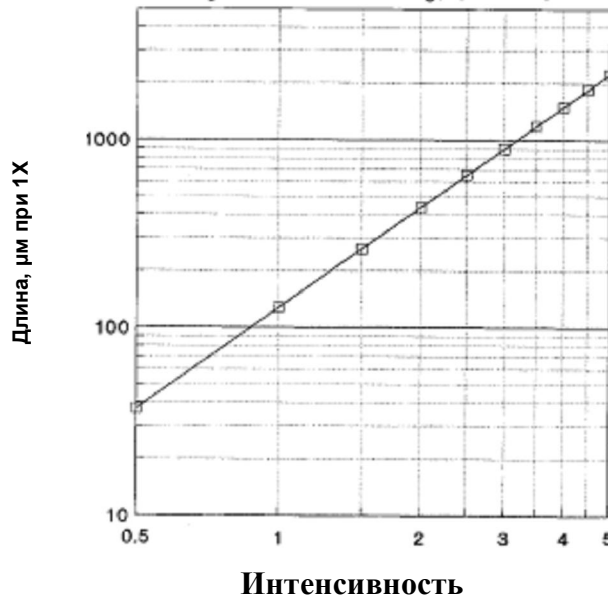
12.2.3 Переместите столик микроскопа для выявления прилегающих областей и повторите процедуру сравнения. Продолжайте данный процесс, пока требуемая область полированной поверхности образца не будет сканироваться. Типичная сканируемая конфигурация сканирования представлена на [Рисунке 6](#). Данный метод требует настройки столика микроскопа для максимизации уровня интенсивности включения. То есть, область наблюдения настраивается с использованием контроля столика микроскопа, таким образом, чтобы включения перемещались внутри квадратной рамки, чтобы разместить *дефектные области*. На практике, эксперт выполняет

сканирование образца и останавливается, только если имеются потенциальные *дефектные области* каждого типа и толщины попадают под наблюдение.

E45/E1122 Диапазоны

Тип А (сложный или слабый)

$$\text{Log (Интенс.)} = 0,561593 \text{ Log}(A) - 1.18137$$



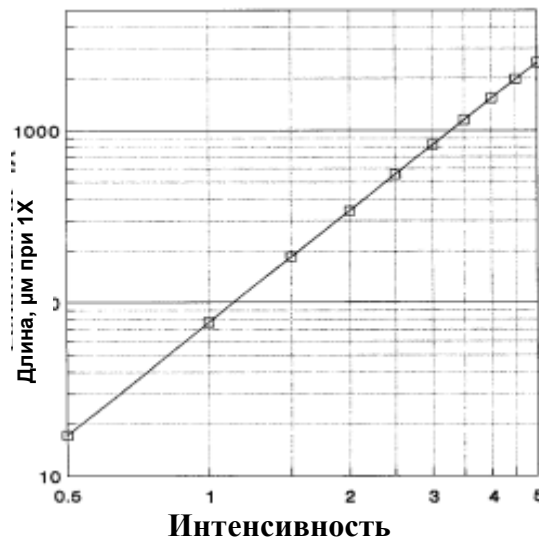
Интенсивность

РИС. 10 Соотношение между диапазоном интенсивности и минимальной длиной общего сульфида для Пластины I-A и **Таблицы 1**.

E45/E1122 Диапазоны

Тип В (сложный или слабый)

$$\text{Log (Интенс.)} = 0,463336 \text{ L}(B) - 0.8735$$



Интенсивность

РИС. 11 Соотношение между диапазоном интенсивности и минимальной длиной общей прожилки типа В для Таблички I-A и **Таблицы 1**.

12.3 Ручное выражение результатов:

12.3.1 Средние значения дефектных областей для каждого типа включения во всех образцах партии

должны рассчитываться в соответствии с номерами уровня интенсивности, которые представлены на сторонах Таблички I-A или **Таблицы 1**. Пример, показывающий средние значения, полученные для шести проверенных образцов, представлен в **Таблице 3**.

12.3.2 Включения максимальных размеров с шириной и диаметром большие, чем ограниченные значения, представленные на Табличке I-A (и **Таблице 2**) должны записываться отдельно.

12.3.3 При необходимости, преобладающий тип химического вещества может быть определен и записан как сульфид, силикат или оксид. Если используются графики для классификации карбидов и нитридов, информация о химическом составе может также определяться и записываться.

12.4 *Предоставление анализа изображения* – Включения на поверхности подготовленных надлежащим образом после полировки металлографических образцов просматриваются высококачественным металлографическим микроскопом. Светлопольное изображение принимается соответствующей телевизионной камерой и передается на экран анализатора изображений. Программное обеспечение для анализа изображений затем используется для оценивания содержания включений материала на основе методов A и D микроскопических исследований.

12.5 *Процедура анализа изображения:*

12.5.1 Разместите образцы на столике таким образом, чтобы поверхность образца была расположена перпендикулярно оптической оси. С помощью микроскопа инвертированного типа, легко расположите образец лицевой стороной вниз, на пластину столика и удерживайте на месте с помощью зажимов столика. С помощью микроскопа прямого типа, расположите образец на задвижке и отрегулируйте уровень поверхности, используя глину или и ручное регулирующее нажимное приспособление. Определенный прямой микроскоп может быть оснащен автоматическим подъемным столиком для прикрепленных столиков. Если образец должен быть поднят с использованием глины, тонкая бумага, расположенная между поверхностью образца и ползуном подъемного нажимного устройства может прилипнуть к поверхности и представлять искажения для измерения. В некоторых случаях, прилипшая бумага может сдвигаться с поверхности образца. Альтернативная процедура во избежание данной проблемы состоит в том, чтобы поместить кольцевую форму из алюминия или нержавеющей стали, которая медленно выпрямлялась в зажимном приспособлении между образцом и ползуном. Если образец был прикреплен, кольцевая форма останется только на поверхности крепежного материала. Если образец был не закреплен, но с областью поверхности значительно больше чем 160 мм², требуемой для

E45/E1122 Диапазоны

Тип С (сложный или слабый)

Log (Интенс.) = 0,463336 L(C) – 0.90105

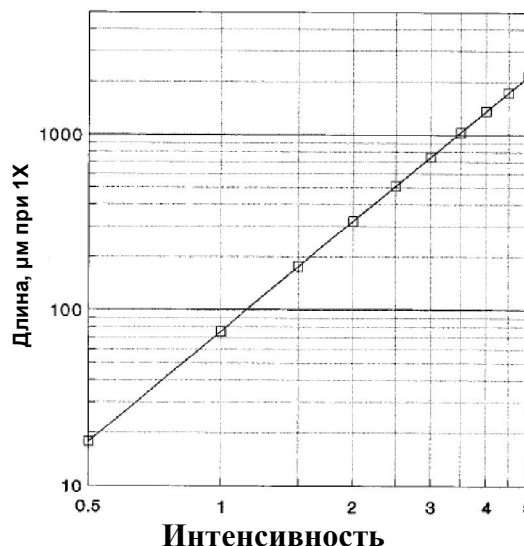


РИС 12. Соотношение между диапазоном интенсивности и минимальной длиной общей прожилки типа С для Таблички I-A и **Таблицы 1**

ТАБЛИЦА 3 Диапазоны включений дефектного поля (Метод А) Уровни интенсивности ^A

Образец	Тип А	Тип В	Тип С	Тип D
---------	-------	-------	-------	-------

	Слабый	Сложный	Слабый	Сложный	Слабый	Сложный	Слабый	Сложный
1	2.5	1	2	1	1	0	2	1.5
2	3	1	2.5	1	0	1	2.5	2
3	2	1.5	2	1	0	0	2	1
4	1.5	1	2	1	0.5	0	2	1
5	2	1	1.5	1	0	1	1.5	1.5
6	3	0.5	2	1	0.5	0	2	1
Среднее	2.3	1.0	2.0	1.0	0.3	0.3	2.0	1.3

Смотрите 12.3.1.

Включения максимального размера – Тип D, ширина; 17 микрометров.

измерения, кольцевая форма может оставаться на внешних концах образца для выпрямления и, таким образом, избежать контакта с областью измерения. Отрегулируйте образец на столике таким образом, чтобы включения были отрегулированы параллельно направлению *x* движения столика, который перемещается горизонтально или вертикально на экране монитора. В качестве альтернативы, если программирование способствует, отрегулируйте включения параллельно по направлению *y* перемещения столика, то есть, продольное направление или вертикальное на экране монитора.

ТАБЛИЦА 4 Пример диапазона включений (Метод D)

Номер уровня интенсивности		Количество областей в каждом образце						Среднее значение для шести образцов	
		Номер образца						Слабый	Сложный
		1	2	3	4	5	6		
Тип А									
0,5	Слабый	65	60	50	65	37	56	55.5	9.8
	Сложный	9	8	12	6	16	8		
1,0	Слабый	19	15	31	8	12	10	15.8	2.5
	Сложный	4	3	4	1	2	1		
1,5	Слабый	1	3	2	0	1	0	1.2	0
	Сложный	0	0	0	0	0	0		
2,0	Слабый	1	0	0	0	0	0	0.2	0
	Сложный	0	0	0	0	0	0		
2,5	Слабый	0	0	0	0	0	0	0	0
	Сложный	0	0	0	0	0	0		
Тип В									
0,5	Слабый	13	8	7	6	11	10	9.2	0.3
	Сложный	0	0	0	1	1	0		
1,0	Слабый	13	14	10	6	12	12	11.2	0.5
	Сложный	0	0	0	0	2	1		
1,5	Слабый	1	6	6	3	3	2	3.5	0
	Сложный	0	0	0	0	0	0		
2,0	Слабый	0	2	1	0	1	1	0.8	0
	Сложный	0	0	0	0	0	0		
2,5	Слабый	0	1	0	0	1	0	0.3	0.2
	Сложный	0	1	0	0	0	0		
Тип С									
0,5	Слабый	0	0	0	0	1	0	0.2	0
	Сложный	0	0	0	0	0	0		
1,0	Слабый	0	0	0	0	0	0	0	0
	Сложный	0	0	0	0	0	0		
1,5	Слабый	0	0	0	0	0	0	0	0
	Сложный	0	0	0	0	0	0		
2,0	Слабый	0	0	0	0	0	0	0	0
	Сложный	0	0	0	0	0	0		
2,5	Слабый	0	0	0	0	0	0	0	0.2
	Сложный	0	0	0	0	0	1		
0,5	Слабый	35	33	28	32	47	29	34.0	7.0
	Сложный	9	4	5	6	9	9		
1,0	Слабый	13	10	20	9	12	41	17.5	1.8
	Сложный	0	2	2	1	2	4		
1,5	Слабый	0	0	4	0	0	6	1.7	0
	Сложный	0	0	0	0	0	0		
2,0	Слабый	0	0	0	0	0	0	0	0
	Сложный	0	0	0	0	0	0		
2,5	Слабый	0	0	0	0	0	0	0	0
	Сложный	0	0	0	0	0	0		
Макс. размер D		0.0305 мм (0.0012 дюйм.)		0.0254 мм (0.001 дюйм.)		0.0254 мм (0.001 дюйм.)			

Включения максимальных размеров – Тип D, ширина; 17 микрометров.

ТАБЛИЦА 5 Диапазон SAM (Метод E)

Диапазон для типа В ^{A,B}				Диапазон для типа В ^{A,C}		
№	“В”	№	“В”	№	“D”	Единиц
наблюдаемы х областей	Слабы й	наблюдаемы х областей	Тяжелы й	наблюдаемы х областей	Тяжелы й	ы
не записао	0.5	не записано	0.5	5	0.5	(1)
не записано	1.0	2	1.0	2	.0	(2)
3	1.5	1	1.5	1	1.5	(3)
1	2.0	0	2.0	0	2.0	(4)
0	2.5	0	2.5	0	2.5	(5)

^A Общая наблюдаемая площадь = 1.5 дюйма² (На основе общей площади расположения шести образцов как рекомендуется в пункте 7.1. Площадь каждого образца равна 0.25 дюймам².)

В SAM диапазон = (3 X 1.5) + (1 + 2) + (2 + 1) + (1 X 1.5) = 10ч4 1.5=7.

С SAM диапазон = (5 X 1) + (2 X 2) + (1 X 3) = 12ч41.5=8.

12.5.2 Проверьте источник света микроскопа на правильную настройку и отрегулируйте освещение до определенного уровня и настройте освещение для уровня, требуемого телевизионной видео камерой.

12.5.3 Включения могут быть проверены и дискриминированы по типу используя увеличение за исключением 100X и площади областей за исключением 0,50 мм² столько сколько измерения интенсивности основываются на требуемой площади области 0,50 мм², если устройство анализа изображения подходит для данной процедуры.¹² Если система не может работать таким образом, то есть, если включения в каждой области должны дискриминироваться по типу, измеряться и назначается уровень интенсивности на основе способа область за областью, затем необходимо выбирать увеличение, так чтобы площадь области была настолько близка к 0,50 мм² насколько возможно. Отклонение менее чем 60.05 мм² от требуемой площади 0.50-мм² не будет значительно искажать результаты измерений. Устройство анализа изображений должно обеспечивать цифровое разрешение 1.0 мкм/пиксель минимум, если используется объектив 10X. Большее цифровое разрешение полученное при большей мощности объектива может использоваться, при необходимости.

12.5.4 Выберите настройки порогового уровня яркости, чтобы обеспечить независимое определение сульфидов и оксидов (смотрите 10.2.2).

12.5.5 При определении количества сульфидов, ложное изображение (называемое *эффектом гало*) может быть определено по всей периферии оксидов в одной области. Данная проблема может быть скорректирована посредством использования свойств автоматического определения границ или посредством применения соответствующих алгоритмов для бинарного изображения. Выбор наиболее удовлетворительного подхода зависит от используемой системы анализа изображения.

12.5.6 Установите контрольные устройства столика для перемещения образца по площади или по прямоугольнику с настройкой соприкасающейся области, так чтобы исследовалась и оценивалась минимум 160 мм² области.

¹² Форгет, С., «Усовершенствованный метод анализа изображения номинального значения неметаллического включения E1122», MiCon 90: Достижения видео технологий в области микроструктурного контроля, ASTM STP 1094, Американское общество специалистов по испытаниям материалов, Филадельфия, 1991, сс. 135-150.

ТАБЛИЦА 6 Уравнение регрессии для расчетов диапазона интенсивности (На основе четырех альтернативных методов выражения длины A, B, или C или на основе двух способов для выражения D расчетов в Таблице 2).

1. Длина в дюймах при 100X или при расчете на область

$$A \quad \text{Log(Sev.)} = [0.560522\text{Log}(A)] + 0.168870$$

$$B \quad \text{Log(Sev.)} = [0.462631\text{Log}(B)] + 0.241092$$

$$C \quad \text{Log(Sev.)} = [0.480736\text{Log}(C)] + 0.252106$$

$$D \quad \text{Log(Sev.)} = [0.5\text{Log}(D)] - 0.30102$$

2. Длина в мм при 100X или при расчете на область

$$A \quad A \text{ Log(Sev.)} = [0.561739\text{Log}(A)] - 0.62003$$

$$B \quad B \text{ Log(Sev.)} = [0.463336\text{Log}(B)] - 0.41017$$

$$C \quad C \text{ Log(Sev.)} = [0.479731\text{Log}(C)] - 0.42132$$

$$D \quad D \text{ Log(Sev.)} = [0.5\text{Log}(D)] - 0.30102$$

3. Длина в $\mu\text{м}$ при 13 или при расчете на область

$$A \quad A \text{ Log(Sev.)} = [0.561739\text{Log}(A)] - 1.18177$$

$$B \quad B \text{ Log(Sev.)} = [0.463336\text{Log}(B)] - 0.8735$$

$$C \quad C \text{ Log(Sev.)} = [0.479731\text{Log}(C)] - 0.90105$$

$$D \quad D \text{ Log(Sev.)} = [0.5\text{Log}(D)] - 0.30102$$

4. Длина на единицу площади ($\text{мм}/\text{мм}^2$) или при расчете на единицу площади ($\text{№}/\text{мм}^2$)

$$A \quad A \text{ Log(Sev.)} = [0.561739\text{Log}(A)] - 0.33434$$

$$B \quad B \text{ Log(Sev.)} = [0.463336\text{Log}(B)] - 0.377021$$

$$C \quad C \text{ Log(Sev.)} = [0.479731\text{Log}(C)] - 0.393723$$

$$D \quad D \text{ Log(Sev.)} = [0.5\text{Log}(D)] - 0.45154$$

ПРИМЕЧАНИЕ 1— Выберите уравнения для расчета интенсивности включения (слабого и сложного типа) на основе характера используемого измерения; все подходы предоставляют именно те значения интенсивности.

ПРИМЕЧАНИЕ 2— Округлите значение интенсивности в меньшую сторону до ближайшего уровня интенсивности (или, при необходимости, до ближайшего значения одной четвертой или одной десятой). Для включений типа D, так как мы имеем только целые числа, и значение 0.5 это интенсивность для одного включения в области (область имеет площадь 0.5 мм^2), следовательно интенсивность D равная 0.25 или любое значение одной десятой ниже 0.5, за исключением 0, если пропорциональные значения D отсутствуют.

ПРИМЕЧАНИЕ 3— Для определения значения интенсивности используя выше представленные уравнения, выберите Log (основа 10) измеренного значения, умножить на приведенное значение, вычестить или прибавить приведенное значение, затем принять антилогарифм и округлить до меньшего значения, как описано выше.

Другие площади измерения могут использоваться на основе соглашений производителя и покупателя.

12.5.7 Используйте предварительно записанную компьютерную программу для выделения изображений включения по типу и толщине, затем рассчитайте значения интенсивности посредством длины или чисел на основе правил представленных в Разделе 12. Программа также должна хранить результаты, перемещения столика контроля (если используется автоматический столик), и создавать отчет об испытании.

12.5.8 Если ширина включения А, или В или С прожилки, варьируется или становится меньше чем 2 μм сверх части его длины, определите столько, сколько возможно, и рассчитайте значение интенсивности на основе определенной длины. Для образцов из обработанных продуктов с высокой степенью снижения, если большинство включений составляют <2μм толщиной, на основе соглашения производителя и покупателя, минимальная толщина слабых типов может составлять на нижнее значение, такое как 0.5 μм, или нижнее значение может быть изменено. Определение данных слабых включений потребует большего накопления с результирующим размером области менее чем 0.50 мм²; следовательно, данные относительно области должны совмещаться, как описано в 12.5.3, чтобы получить действующие значения.

12.5.9 Последовательность, установленная в памяти компьютера для сведения в таблицу полей, которые были классифицированы в соответствии с ограничениями слабых и сложных типов четырех типов включений для одиннадцати возможных значений интенсивности от 0 до 5 при возрастании в половину уровня. После того как каждая область классифицируется и интенсивность оценивается, расположение соответствующей последовательности прибавляется к результатам хранения.

E45/E1122 Диапазоны

Тип В (сложный или слабый)

$$\text{Log (Интенс.)} = 0,5 \text{ Log}(D) - 0.30102$$

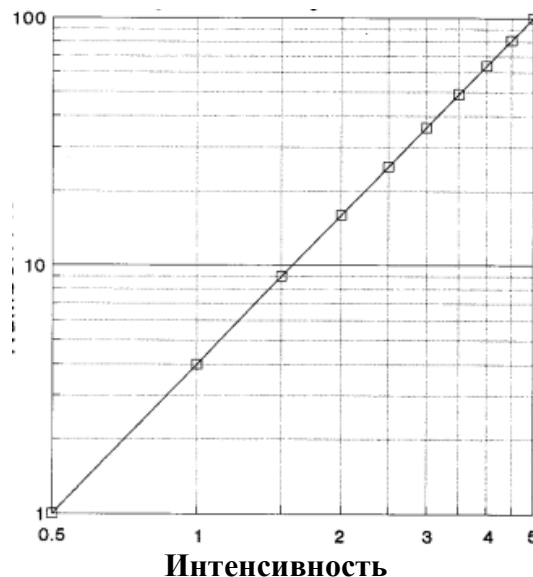


РИС. 13 Соотношение между диапазоном интенсивности и минимальным количеством глобулярных включений типа D для Пластины I-A и Таблицы 1.

12.5.10 Использование случайно выбранных, постоянно регулированных областей может не производить реальных диапазонов дефектных полей (Метод А).

Действительные диапазоны дефектной области требуют технологии анализа изображения, например, необходимо использовать рамку 0.50-мм², которая может перемещаться где угодно в пределах области испытания 160-мм² с использованием

алгоритма, который контролирует перемещение рамки сводя к максимуму значения интенсивности.

12.5.11 Для количественного описания включений, пустые области (то есть, те, которые не содержат визуальных включений определенного типа или ширины) могут различаться от пропорциональных (то есть, областей с включениями ≤ 2 μm шириной, или с длиной включений или длиной прожилок ниже минимального ограничения для значения интенсивности 0.5).

12.5.12 Программа должна включать процедуры для обращения с областями, которые содержат искусственные признаки или от полировки или очистки, или от насаждения пыли на образце, и так далее. Настройка включений типа А, В, и С в обработанных образцах не будет отклоняться менее чем на 620° от продольного направления. В зависимости от системы и характера искусственного признака, возможно, развивать алгоритм, который распознает такие искусственные признаки и исключает его из бинарного изображения. Посредством ограничения ориентации дефектных свойств в пределах ограничений данного ограничения, определенных искусственных признаков (например, глубокие царапины не удаляются во время полировки) может быть распознана и удалена из бинарного изображения, если ориентация больше, чем данное ограничение.

Если это не может быть выполнено, то область должна отбраковываться, то есть результаты относительно данной области не должны сохраняться. В данном случае, другая область должна анализироваться, чтобы заменить отбракованную область, если это возможно. Если отбракованная область не заменена аналогичной, возможно оценить и классифицировать дополнительные поля, требуемые для последующего проведения (не классифицируйте области, которые уже прошли классификацию). Соответствующая практика подготовки сведет к минимуму необходимость отбраковывать области с искусственными признаками. В случае, если результаты испытаний для измерения площади области менее чем 160 мм^2 будут математически экстраполироваться или преобразовываться (например, из-за отбракованных полей) при усилии для производства данных в пределах площади 160-мм^2 .

12.6 *Выражение результатов анализа изображения*

12.6.1 Количество областей каждого типа включения (А, В, С, и D) и толщины (тонкое или толстое) записываются для каждого значения интенсивности от 0 до 5 в целом при увеличении уровня частичной интенсивности. Для сталей с незначительным содержанием неметаллических включений, значения интенсивности могут быть оценены до одной четвертой или одной десятой уровня интенсивности. Следует отметить, что для включений типа D, так как одно включение на область имеет интенсивность 0.5, при определении, между 0 и 0,5 не может быть уровня интенсивности для D.

12.6.2 При необходимости, на основе соглашения покупателя и производителя, модификации записываемых данных могут быть произведены, например, отчеты только для определенных типов включений, определенной толщины, или значений интенсивности. Другие модификации могут включать только диапазоны дефектной интенсивности или несколько областей при диапазонах дефектной интенсивности.

12.6.3 Если требуемое соглашение производителя и покупателя. показатель может рассчитываться для описания содержания включения.

12.6.4 Для получения средних результатов для более чем одного образца на партию, среднее количество областей для каждого диапазона интенсивности, тип включения, и толщина могут быть рассчитаны (смотрите [Таблицу 4](#)).

12.6.5 Данные относительно включений или прожилок, которые имеют максимальный размер или по ширине или по длине, или с обеих сторон должны записываться по отдельности. Записывайте тип включения, измеренную ширину, длину (для Типов А, В, и С).

12.6.6 Области с нулевым уровнем интенсивности могут классифицироваться далее, при необходимости, или как пустые (отсутствуют включения определенного типа и

ширины) или не пропорциональные (включения присутствуют, но их длина ниже, чем предел интенсивности 0.5 или их ширина составляет $< 2 \mu\text{m}$), или их диаметр равен $< 3 \mu\text{m}$.

12.6.7 Информация, относящаяся к составу включений (Типы от А до D) могут быть представлены, при необходимости. Для стали, обработанной редкоземельными элементами или кальцием с нетрадиционными подходами к раскислению, химический состав включений, в общих условиях, должен записываться с каждым диапазоном. Микроаналитическая технология может потребоваться для получения данной информации, если оператор не способен идентифицировать включения посредством исследования оптическим светом.

12.6.8 Дополнительные стереологические данные определенные в течение анализа, могут быть внесены в отчет об испытаниях, при необходимости. Стандартизация подобных данных для испытания не определяется согласно данной методике (смотрите Методику E1245).

13. Метод В (Длина)

13.1 *Представление* — Данный метод испытания требует исследования площади полированной поверхности равной 160 mm^2 образца при 100X. Любое включение, длина которого составляет 0.127 мм или более, должно измеряться и отдельно подсчитываться.

13.2 Процедура:

13.2.1 Данный метод использует образец параллельных линий, чье пространство такое, что расстояние между линиями равно 0.127 мм (0.005 дюймов) на поверхности образца при просматривании при 100X. Данное расстояние должно рассматриваться как одна единица. Образец может быть начерчен (или измерен) на смотровом экране, в данном случае физическое расстояние между линиями должно составлять 12.7 мм (0.5 дюймов), так как образец увеличен в 100 раз. Предполагается, что альтернативная технология включает готовую сетку, которая будет накладывать требуемый образец непосредственно на изображение, которое можно рассмотреть через окуляр микроскопа. **Рисунок 7** показывает рекомендуемую сетку измерения для использования с помощью Метода В. Следует отметить, что параллельные линии содержатся в рамке, чтобы способствовать определению обозначений областей.

13.2.2 Чтобы начать, отметьте требуемую область испытания на поверхности образца используя или нестираемый маркер или переписчик с твердосплавными режущими пластинами. Расположите образец на столике микроскопа и начните проверку с полями в одном из углов маркированной области испытания. Измерьте и запишите все включения в данной области, которые имеют длину одной единицы или длиннее. Включения, отделенные расстоянием, которое больше чем одна единица должны классифицироваться как два включения или не рассматриваться как одна прожилка. Длина включения должна округляться до меньшего значения следующей целой единицы и записываться должны только целые единицы. Например, если измерение включения равно $2\frac{1}{2}$ единиц, оно должно записываться как “2.” Если включение частично лежит вне области, то есть, часть ее длины пролегает там, где появится область № 2, необходимо переместить область, чтобы можно было измерить полную длину.

13.2.3 Переместите столик микроскопа для выявления прилегающих областей. Повторите процедуру измерения. Обеспечьте, чтобы любое включение, измеренное в предыдущей области, не измерялось повторно. Продолжайте данный процесс, пока требуемая область полированной поверхности образца не будет сканироваться. Типичная сканируемая конфигурация сканирования представлена на **Рисунке 6**.

13.3 Выражение результатов:

13.3.1 Определение для каждого образца должно быть поделено на две части, следующим образом:

13.3.1.1 Длина самого длинного включения вначале должна быть записана. Она

должна прилагаться для описания ширины включения посредством показателя T для слабого, или H для сложного. Слабое включение определяется как включение с шириной 10 μm (0.0004 дюймов) или менее, что больше чем 50 % его полной длины. Таким образом, сложное включение должно иметь толщину 30 μm (0.012 дюймов) или более чем большинство его значений длины. Включения более чем 10 μm , но менее чем 30 μm шириной не должны быть представлены показателями T или H. Показатели d (разброс), vd (большой разброс), g (сгруппировано) может также использоваться для описания степени связности или сгруппированности, как показано на **Рис. 8**.

13.3.1.2 Средняя длина всех включений одна единица и больше длиной, но исключая самое длинное включение, должно записываться как отдельный номер, после показателя означая среднее число включений.

13.3.2 При необходимости, серии сравнения сравнение микрофотографических снимков при 100X, которые иллюстрируют все другие присутствующие неметаллические включения могут использоваться для характеристики внешнего вид фонового содержания образца. При использовании, они должны иметь маркировку A, B, ... и т.д., чтобы увеличить класс включений.

Специальные используемые микрофотографические снимки должны быть согласованы между заинтересованными сторонами.¹³

13.3.3 Следующее является выражением результатов для одного образца посредством данного метода: 6d-23 -A. Это означает, что самое длинное наблюдаемое включение имело длину - шесть единиц, что три других включения наблюдались, чья средняя длина составляла две единицы, и что фоновые включения были подобны по внешнему виду с рисунком A из фоновой серии микрофотографических снимков.

13.3.4 Результаты для всех образцов из партии должны сводиться в таблицу. При необходимости, должен записываться преобладающий тип включений.

14. Метод C (Оксиды и Силикаты)¹⁴

14.1 *Представление* — Данный метод требует исследования 160 mm^2 площади отполированной поверхности образца при 100X. Каждая область образца должна исследоваться на наличие недеформируемой окиси алюминия и деформируемых прожилок силиката, классифицированных при сравнении с Табличкой II. Самая длинная прожилка каждого типа включения (“O” для оксидов алюминия и “S” для силикатов) должна записываться, для определений Пластины II, для каждого исследуемого образца. Следует отметить, что сульфиды не классифицируются согласно данному методу.

14.2 Процедура:

14.2.1 Данный метод использует прямоугольную рамку, которая будет присутствовать в площади области 0.83 mm^2 (0.001289 дюймов²) на поверхности образца. Прямоугольная рамка должна иметь стороны равные 0.79 3 1.05 мм (0.03125 3 0.04125 дюймов) на поверхности образца (смотрите **Рис. 9**).

14.2.2 Могут использоваться две технологии для маскирования области требуемого размера. Один метод состоит в проектировании изображения 100X из микроскопа для смотрового экрана, оснащенного прямоугольной рамкой со сторонами 79.0 X 105.0 мм. Другой вариант обеспечивает использование модулирующей сетки, созданной для микроскопа, который будет накладывать требуемую прямоугольную сетку непосредственно на область наблюдения.

14.2.3 Чтобы начать, отметьте требуемую область испытания на поверхности образца используя или нестираемый маркер или переписчик с твердосплавными режущими пластинами. Расположите образец на столике микроскопа и начните проверку с полями в одном из углов маркированной области испытания. Более длинная сторона прямоугольной рамки должна быть параллельна с вращающимся направлением. Сравните данную область

с изображениями на Табличке II и запишите значение рамы, чтобы присутствовало большинство из модулирующих сеток оксида или прожилки силиката на Пластине II. Очень важно отметить, что если размер включения находится между двумя нумерованными рамами на Табличке II, он должен быть округлен до меньшего целого числа. Также строчечные включения должны классифицироваться на два отдельных включения, если они отделены на расстояние как минимум 40 μm (0.0016 дюймов) на поверхности образца или смещены на более чем 15 μm .

14.2.4 Переместите столик микроскопа для выявления прилегающих областей и повторите процедуру сравнения с Табличкой II. Продолжайте данный процесс, пока требуемая область полированной поверхности образца не будет сканироваться. Типичная сканируемая конфигурация сканирования представлена на **Рисунке 6**. Данный метод допускается, и будет необходимо провести несколько раз, чтобы отрегулировать столик микроскопа, так чтобы все строчечное включение могло просматриваться в пределах рамки.

¹³ Серии четырех микрографических снимков низкоуглеродистой стали, предварительно напечатанных как часть методики испытания E45, могут быть получены в штаб-квартире ASTM. Заказ [ADJE004501](#).

¹⁴ Данный метод аналогичен рекомендуемой методике SAE J422.

Задача эксперта состоит в том, чтобы выявить самые длинные оксидные и силикатные прожилки в образце. Следовательно, на практике эксперт должен фактически сканировать образец и останавливаться только, когда *потенциально длинная* прожилка находится в пределах видимости.

14.3 *Выражение результатов:*

14.3.1 Максимальная длина каждого типа включения обычно представляет собой серию отдельных частиц в прожилке, и обычно используется для оценивания образца. Силикатный микрофотографический снимок используется для деформируемых оксидных включений, а оксидный микрофотографический снимок используется для всех недеформируемых оксидов, или включений жесткого типа. Например, образец может классифицироваться как O-5 (оксид) и S-4 (силикат), чтобы указать, что обнаруженное недеформируемое оксидное включение с самой большой длиной сравнивалось с Оксидным микрофотографическим снимком 5, а обнаруженное деформируемое оксидное включение с самой большой длиной сравнивалось с Силикатным микрофотографическим снимком 4.

14.3.2 Модификации, такие как число-индекс, могут использоваться, чтобы указать количество длинных включений, или точную длину определенного включения, если она больше максимальной длины, указанной микрографическим фотоснимком.

15. Метод D (Низкое содержание неметаллических включений)

15.1 *Ручное применение* — Данный метод испытания предназначен для применения для стали с низким содержанием неметаллических включений, так как уровень интенсивности должен записываться при S включений. Он требует исследования площади полированной поверхности образца 100X. Каждая квадратная область 0.50 mm^2 (0.000779 дюймов²) на полированной поверхности проверяется на наличие включений типа A, B, C и D и сравнимо с квадратными полями, обозначенными на Табличке I-A. Результат данного сравнения каждой области записывается и прикрепляется при помощи ярлыка.

15.2 *Ручная процедура:*

15.2.1 Область должна определяться как перпендикулярная 0.71 mm (0.02791 дюйма) длинным сторонам. Смотрите **Рис. 5**. Это приведет к площади области 0.50 mm^2 на образце. Могут применяться две технологии для получения квадратной площади изображения 100X из микроскопа для смотрового экрана, оснащенного прямоугольной рамкой (со сторонами 71.0 mm). Другой вариант обеспечивает использование модулирующей сетки созданной для микроскопа, который будет накладывать требуемую

прямоугольную сетку непосредственно на область наблюдения (смотрите Рис. 5).

15.2.2 Чтобы начать, отметьте требуемую область испытания, на поверхности образца, используя или нестираемый маркер или переписчик с твердосплавными режущими пластинами. Расположите образец на столике микроскопа и начните проверку с полями в одном из углов маркированной области испытания. Сравните данную область с изображениями на Табличке I-A. Классифицируйте содержание неметаллических включений области на основе правил, перечисленных в Разделе 11 относительно Типа, а также толщины присутствующих включений. Запишите уровень интенсивности для каждого типа включения (A, B, C и D), большинство из которых совпадает с областью, которая находится под наблюдением. Выполняйте данное условие и для Слабых и для Сложных типов. Также следует отметить, что если область включений попадает между двумя уровнями интенсивности, ее значение округляется до значения нижнего уровня интенсивности. Следовательно, область, которая содержит незначительные включения, или включения с меньшей длиной, чем номер S уровня интенсивности, считается с уровнем 0.

15.2.3 Переместите столик микроскопа для выявления прилегающих областей и повторите процедуру сравнения с помощью Таблички I-A.

Области должны быть соприкасающимися и только включения или части включений, которые находятся в пределах квадратной рамки должны рассматриваться. Недопустима методика для перемещения включений в квадратную область, чтобы предотвратить их пересечения со сторонами рамки. Продолжайте данный процесс, пока требуемая область полированной поверхности образца не будет классифицироваться. Типичная сканируемая конфигурация сканирования представлена на **Рисунке 6**.

15.2.4 В противоположность методу А, данный метод классифицирует каждое поле. Произвольные границы областей, созданные посредством пошагового перемещения через образец не должны изменяться или настраиваться. Запишите уровень интенсивности, представленный на стороне Пластины I-A, выбранный для каждого типа включения (А, В, С, или D), который проявит область и для слабого и для сложного типа. Запишите каждую область, содержащую включения эквивалентные или большие чем уровень интенсивности 0.5. Смотрите **Таблицу 1** относительно значений со значением уровня интенсивности > 3.0.

15.3 Ручное выражение результатов:

15.3.1 Количество областей каждого типа включения (А, В, С, и D Таблички I-A) выявленное для обоих типов, сложного и слабого, должно записываться для каждого образца в пределах чисел уровня интенсивности от 0.5 до 3.0.

15.3.2 Если любая область и включение будут найдены как превышающие пределы уровня интенсивности 3.0 (отображается на Табличке I-A и перечисляется в **Таблице 1**), они должны записываться отдельно. Подобно включениям максимального размера с шириной и диаметром больше чем значения ограничения, представленным на Табличке I-A (и **Таблице 2**) должны записываться отдельно.

15.3.3 Чтобы привести результаты более чем одного образца к среднему значению, среднее значение числа областей, определенное для каждого типа и номера диапазона включения в различных образцах, проверенных в пределах партии, может рассчитываться, как представленное в **Таблице 4**.

15.3.4 При необходимости преобладающий химический тип включений может быть определен (с использованием, например, энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии на сканирующем электронном микроскопе).

15.4 *Предоставление анализа изображения* — Включения на поверхности подготовленных надлежащим образом после полировки металлографических образцов просматриваются высококачественным металлографическим микроскопом. Светлопольное изображение принимается соответствующей телевизионной камерой и передается на экран анализатора изображений. Программное обеспечение для анализа изображений затем используется для оценивания содержания включений материала на основе методов А и D микроскопических исследований.

15.5 Процедура анализа изображения:

15.5.1 Разместите образцы на столике таким образом, чтобы поверхность образца была расположена перпендикулярно оптической оси. С помощью микроскопа инвертированного типа, легко расположите образец лицевой стороной вниз, на пластину столика и удерживайте на месте с помощью зажимов столика. С помощью микроскопа прямого типа, расположите образец на задвижке и отрегулируйте уровень поверхности, используя глину или и ручное регулирующее нажимное приспособление. Определенный прямой микроскоп может быть оснащен автоматическим подъемным столиком для прикрепленных образцов. Если образец должен быть поднят с использованием глины, тонкая бумага, расположенная между поверхностью образца и ползуном подъемного нажимного устройства может прилипнуть к поверхности и представлять искажения для измерения. В некоторых случаях, прилипшая бумага может сдвигаться с поверхности образца. Альтернативная процедура во избежание данной проблемы состоит в том, чтобы разместить кольцевую форму из алюминия или нержавеющей стали, которая медленно выпрямлялась в зажимном приспособлении между образцом и ползуном. Если образец был прикреплен, кольцевая форма останется только на поверхности крепежного материала. Если образец был незакреплен, но с областью поверхности значительно больше чем 160 мм² требуемой для измерения, кольцевая форма может оставаться на внешних концах

образца для выпрямления и, таким образом, избежать контакта с областью измерения. Отрегулируйте образец на столике таким образом, чтобы включения были отрегулированы параллельно направлению x движения столика, который перемещается горизонтально или вертикально на экране монитора. В качестве альтернативы, если программирование способствует, отрегулируйте включения параллельно по направлению y перемещения столика, то есть, продольное направление или вертикальное на экране монитора.

15.5.2 Проверьте источник света микроскопа на правильное расположение и отрегулируйте освещение до уровня, требуемого для телевизионной видео камеры.

15.5.3 Включения могут быть проверены и дискриминированы по типу используя увеличение за исключением 100X и площадей области за исключением $0,50 \text{ мм}^2$ столько сколько измерения интенсивности основываются на требуемой площади области $0,50 \text{ мм}^2$, если устройство анализа изображения подходит для данной процедуры.¹⁵ Если система не может работать таким образом, то есть, если включения в каждой области должны дискриминироваться по типу, измеряться и назначаться уровень интенсивности на основе способа область за областью, затем необходимо выбирать увеличение, так чтобы площадь области была настолько близка к $0,50 \text{ мм}^2$ насколько возможно. Отклонения менее чем на 60.05 мм^2 от требуемой 0.50-мм^2 площади не будут значительно искажать результаты. Увеличение, выбранное должно иметь максимальный коэффициент калибровки в 1.3 микрона при 100X.

15.5.4 Выберите настройки порогового уровня яркости, чтобы обеспечить независимое определение сульфидов и оксидов (смотрите 10.2.2).

15.5.5 При определении количества сульфидов, ложное изображение (называемое эффектом гало) может быть определено по всей периферии оксидов в одной области. Данная проблема может быть скорректирована посредством использования свойств автоматического определения границ или посредством применения соответствующих алгоритмов для бинарного изображения. Выбор наиболее удовлетворительного подхода зависит от используемой системы анализа изображения.

15.5.6 Установите контрольные устройства столика для перемещения образца по площади или по прямоугольнику с настройкой соприкасающейся области, так чтобы исследовалась и оценивалась минимум 160 мм^2 области. Другие области измерения могут использоваться на основе соглашений покупателя и производителя.

15.5.7 Используйте предварительно записанную компьютерную программу для выделения изображений включения по типу и толщине, затем рассчитайте значения интенсивности посредством длины или чисел на основе правил представленных в Разделе 12. Программа также должна хранить результаты, перемещения столика контроля (если используется автоматический столик), и создавать отчет об испытании.

15.5.8 Если ширина включения A , или B или C прожилки, варьируется или становится меньше чем 2 мкм сверх части его длины, определите столько, сколько возможно и рассчитайте значение интенсивности на основе определенной длины. Для образцов из обработанных продуктов с высокой степенью снижения, если большинство включений составляют $<2 \text{ мкм}$ толщиной, на основе соглашения производителя и покупателя, минимальная толщина слабых типов может составлять на нижнее значение, такое как 0.5 мкм , или нижнее значение может быть изменено. Определение данных слабых включений потребует большего накопления с результирующим размером области менее чем 0.50 мм^2 ; следовательно, данные относительно области должны совмещаться, как описано в 15.5.3, чтобы получить действующие значения.

15.5.9 Последовательность, установленная в памяти компьютера для сведения в таблицу полей, которые были классифицированы в соответствии с ограничениями слабых и сложных типов четырех типов включений для одиннадцати возможных значений интенсивности от 0 до 5 при возрастании в половину уровня. После того,

¹⁵ Форгет, С, "Усовершенствованная методика для E1122 анализа изображения диапазона неметаллических включений," MiCon 90: Прогресс в Видео Технологии для микроструктурного контроля, ASTM STP 1094, Американское сообщество испытаний и материалов, Филадельфия, 1991, стр. 135–150.

как каждая область классифицируется, и интенсивность оценивается, расположение соответствующей последовательности прибавляется к результатам хранения.

15.5.10 Использование случайно выбранных, постоянно регулированных областей может не производить реальных диапазонов дефектных полей (Метод А). Действительные диапазоны дефектной области требуют прогрессируемой технологии анализа изображения, например, необходимо использовать рамку 0.50-мм², которая может перемещаться где угодно в пределах области испытания 160-мм² с использованием алгоритма, который контролирует перемещение рамки сводя к максимуму значения интенсивности.

15.5.11 Для количественного описания включений, пустые области (то есть, те, которые не содержат визуальных включений определенного типа или ширины) могут отличаться от пропорциональных (то есть, областей с включениями ≤ 2 $\mu\text{м}$ шириной, или с длиной включений или длиной прожилок ниже минимального ограничения для значения интенсивности 0.5).

15.5.12 Программа должна включать процедуры для обращения с областями, которые содержат искусственные признаки или от полировки или очистки, или от насаждения пыли на образце, и так далее. Настройка включений типа А, В, и С в обработанных образцах не будет отклоняться менее чем на 620° от продольного направления. В зависимости от системы и характера искусственного признака, можно развивать алгоритм, который распознает такие искусственные признаки и исключает его из бинарного изображения. Посредством ограничения ориентации дефектных свойств в пределах данного ограничения, определенные искусственные признаки (например, глубокие царапины, не удаленные во время полировки) могут быть распознаны и удалены из бинарного изображения, если ориентация больше, чем данное ограничение. Если это не может быть выполнено, то область должна отбраковываться, то есть результаты относительно данной области не должны сохраняться. В данном случае, другая область должна анализироваться, чтобы заменить отбракованную область, если это возможно. Если отбракованная область не заменена аналогичной, возможно оценить и классифицировать дополнительные поля, требуемые для последующего проведения (не классифицируйте области, которые уже прошли классификацию). Соответствующая практика подготовки сведет к минимуму необходимость отбраковывать области с искусственными признаками. В случае, если результаты испытаний для измерения площади области менее чем 160 мм² будут математически экстраполироваться или преобразовываться (например, из-за отбракованных полей) при усилении для производства данных в пределах площади 160-мм².

15.6 *Выражение результатов анализа изображений:*

15.6.1 Количество областей каждого типа включения (А, В, С и D) и толщины (тонкое или толстое) записываются для каждого значения интенсивности от 0 до 5 в целом, или увеличение уровня частичной интенсивности. Для сталей с очень низким содержанием включений, интенсивности могут быть оценены до одной четвертой или одной десятой уровня интенсивности. Следует отметить, что для включений типа D, так как одно включение на область имеет интенсивность 0.5, при определении, между 0 и 0,5 не может быть уровня интенсивности для D.

15.6.2 При необходимости, на основе соглашений покупателя и производителя, могут быть произведены модификации записываемых данных, например, отчеты только для определенных типов включений, определенной толщины, или значений интенсивности. Другие модификации могут включать только диапазоны дефектной интенсивности или несколько областей при диапазонах дефектной интенсивности.

15.6.3 По требованию соглашения производителя с покупателем, показатель может быть рассчитан для описания содержания включений.

15.6.4 Чтобы получить средние результаты для более чем одного образца на партию, можно рассчитать среднее количество областей для каждого диапазона интенсивности, типа включения и толщины (смотрите **Таблицу 4**).

15.6.5 Данные относительно включений или прожилок, которые имеют максимальный размер в длину или в ширину, или максимальную длину по двум признакам, должны быть записаны отдельно. Запишите тип включения, измеренную ширину, и длину (для типов А, В и С).

15.6.6 Области с нулевым уровнем интенсивности могут классифицироваться далее, при необходимости, или как пустые (отсутствуют включения определенного типа и ширины) или не пропорциональные (включения присутствуют, но их длина ниже, чем предел интенсивности 0.5 или их ширина составляет $< 2 \mu\text{m}$), или их диаметр равен $< 3 \mu\text{m}$.

15.6.7 При необходимости, может быть предоставлена информация, относящаяся к составу включений (Типы от А до D). Для стали, обработанной редкоземельными элементами или кальцием с нетрадиционными подходами к раскислению, химический состав включений, в общих условиях, должен записываться с каждым диапазоном. Микроаналитическая технология может потребоваться для получения данной информации, если оператор не способен идентифицировать включения посредством исследования оптическим светом.

15.6.8 Дополнительные стереологические данные, определенные в течение анализа, могут быть внесены в отчет об испытаниях, при необходимости. Стандартизация подобных данных для испытания не определяется согласно данной методике (смотрите Методику E1245).

16. Метод Е (SAM Диапазон)

16.1 *Предоставление* — Данный метод испытания используется для классификации содержания включения сталей, таким образом, чтобы отображать интенсивность и частоту появления больших включений типа В- и D-. Это приведет к необходимости в исследовании полированной поверхности 160 mm^2 образца при 100X.

16.2 Процедура:

16.2.1 Область должна определяться как перпендикулярная 0.71 mm (0.02791 дюйма) длинным сторонам. Смотрите Рис. 5. Это приведет к площади области 0.50 mm^2 на образце. Могут применяться две технологии для получения квадратной площади. Одним методом является проектирование изображения 100X из микроскопа для смотрового экрана, оснащенного прямоугольной рамкой (со сторонами 71.0 mm). Другой вариант обеспечивает использование модулирующей сетки, созданной для микроскопа, который будет накладывать требуемую прямоугольную сетку непосредственно на область наблюдения.

16.2.2 Чтобы начать, отметьте требуемую область испытания на поверхности образца, используя или нестираемый маркер или переписчик с твердосплавными режущими пластинами. Расположите образец на столике микроскопа и начните проверку с полями в одном из углов маркированной области испытания. Сравните данную область с изображениями на Табличке I-A. Классифицируйте только включения типа В и D, используя следующие критерии.

16.2.3 Диапазон включений типа В получен посредством сравнения каждой области образца с областями в Табличке I-A (также может использоваться Таблица 1). Запишите все тонкие области В, наблюдаемые при уровнях интенсивности 1,5 и выше, а также тяжелые области В при каждом уровне интенсивности 1.0 или больше. Смотрите Таблицу 2 относительно параметров ширины и диаметра. Классифицируйте область с размером включений, промежуточных между конфигурациями в Табличке I-A или Таблице 1 как меньшем диапазоне включения. Включение, чья ширина варьируется от Слабого к Сложному вместе с его длиной, должно быть расположено в категории, которая наиболее лучшим образом представлена в целом.

16.2.4 Классифицируйте ломанные типы включений В как два отдельных включения, если они отделены на расстояние как минимум $40 \mu\text{m}$ (0.0016 дюймов) или смещены на более чем $15 \mu\text{m}$ на поверхности образца. Если два или более включений типа В появились в

одной области микроскопа, их суммированная длина определяет число диапазона включения.

16.2.5 Когда сульфид типа А создал комплексное включение с оксидом В- или D-типа, включение должно классифицироваться как тип В или D, обеспечивая, что объем оксида будет преобладающим химическим типом (>50 % по площади).

16.2.6 Диапазон включений типа D получен посредством записи всех тяжелых областей D с диапазоном 0.5 или более. Смотрите **Таблицу 2** относительно параметров ширины и длины. Области интенсивности со значением 0.5 подсчитываются как одна единица; области интенсивности со значением 1.0 – как две единицы; области интенсивности со значением 1.5 – как три единицы; и так далее. Значения минимального включения для типа D-типа напечатаны на Табличке I-A и перечислены в **Таблице 1**.

16.2.7 Переместите столик микроскопа для выявления прилегающих областей и повторите процедуру сравнения с помощью Таблички I-A. Данный метод требует регулирования столика микроскопа, чтобы максимизировать значение уровня интенсивности включения. То есть, область наблюдения настраивается с использованием контроля столика микроскопа, таким образом, чтобы включения перемещались внутри квадратной рамки, чтобы определить максимальную интенсивность пропорциональных типов В и D. Продолжайте данный процесс, пока требуемая область полированной поверхности образца не будет классифицироваться. Типичная сканируемая конфигурация сканирования представлена на **Рисунке 6**.

16.2.8 Если присутствуют любые включения, которые длиннее чем области, представленные на Табличке I-A, их длина должна записываться отдельно. Если их ширина и диаметр больше, чем значения ограничения, представленные на Табличке I-A и в **Таблице 2**, они должны записываться отдельно. Следует отметить, максимальный размер включения В или D способствует определению значения уровня интенсивности области. Следовательно, если включение В имеет максимальный размер или в длину или по толщине, что часть, которая находится в пределах границ, должна включаться в соответствующие измерения уровня интенсивности Слабого или Сложного. Аналогично, если включение максимального размера D встречается в области, оно также включается в расчет, что определяет диапазон сложности D.

16.3 *Выражение результатов:*

16.3.1 Результаты выражаются в пределах двух значений диапазона, отображая содержание включений типа D-сложный и типа В.

16.3.2 Значение областей типа В, записанное при каждом уровне интенсивности, умноженном на уровень интенсивности, суммируется (смотрите пример, записанный в **Таблице 5**) и нормализуется посредством областей, записанных посредством общей рассчитанной области в квадратных дюймах, для всех образцов. Ближайшее целое число записывается как диапазон.

16.3.3 Значение единиц D суммируется (смотрите пример отчета в **Таблице 5**) и нормализуется посредством деления на общую рассчитанную площадь, в квадратных дюймах, для всех образцов. Ближайшее целое число записывается как диапазон.

16.3.4 Все включения максимального размера В- и D записываются вместе со своей фактической длиной или шириной, или обоими значениями.

17. **Протокол испытаний**

17.1 Существенная информация относительно происхождения и подлинности образца для испытания должна быть представлена вместе с требованиями к данным, указанным в разделе «Представление результатов» каждого метода испытаний.

17.2 Также должна быть представлена следующая информация:

17.2.1 Дата проведения испытания,

17.2.2 Фамилия эксперта,

17.2.3 Местонахождение завода,

17.2.4 Номер плавки; и

17.2.5 Идентификационный код образца и другие уникальные данные (такие как номер партии), которые могут обеспечить прослеживаемость в пределах организации продавца.

18. Точность и погрешность

18.1 Исследования диапазона JK, выполненные различными лабораториями, показали, что существует внутренняя проблема при идентификации включений, в основном, при установлении различия между деформируемыми оксидными включениями Типа А (сульфиды) и С (силикаты). Следовательно, такие проблемы могут оказать серьезное влияние на точность диапазонов JK. На точность диапазонов Метода А, С и D влияет общее содержание включений. При увеличении содержания включений точность таких диапазонов снижается.

18.2 Для марок стали, оцененных до уровня 0,5 чисел степени интенсивности по Табличке I-A, точность диапазонов наихудших областей обычно находится в пределах ± 1 числа интенсивности и может находиться в пределах $\pm 0,5$ агрессивности при низком содержании включений. В целом, точность диапазона включений Типа В и D лучше, чем для включений Типа А и С. Также точность тонких серий обычно лучше, чем для тяжелых серий, независимо от типа включения.

18.3 Для марок стали, которые должны быть оценены до полных чисел степени интенсивности с помощью Таблички I-A, точность обычно хуже при приближении ± 2 при самых высоких степенях интенсивности. Те же тенденции применяются здесь в отношении Типов А и С относительно Типов В и D, а также тонких серий относительно тяжелых серий. Большие неточности будут наблюдаться при неправильной идентификации включений. Точность подсчетов областей включений с помощью Метода D не так верна, как для диапазонов наихудших областей. Для хорошего, точного диапазона Метода D необходимы значительные усилия.

18.4 На точность диапазонов Метода С значительно влияет неправильная идентификация включений Типа S (деформируемые оксиды). Если такие проблемы не учитываются, марки стали с низким содержанием включений будет согласовано в пределах ± 1 единицы, в то время как марки стали с высоким содержанием включений будут согласованы в пределах ± 2 единиц агрессивности. Метод С, Табличка II используется только для оценки оксидов, и никогда – для сульфидов.

18.5 Точность диапазонов, полученная при использовании Таблички I-A, обычно согласовывается с используемым графиком интенсивности включений, однако, в некоторых случаях, она может быть немного выше. Для марок стали с очень низким содержанием включений методы автоматического анализа изображений (указанные в Методах испытаний E45 и Методике E1245) являются предпочтительными, если возможны диапазоны ниже минимального диапазона (1/2). Отметьте, что Методы микроскопирования А и D предполагают минимальные размеры включений, подлежащих оценке; таким образом, область или образец может содержать включения, которые можно идентифицировать, но не оценить, поскольку они меньше минимального размера включений для ненулевого диапазона.

18.6 Для процедур анализа изображений, если повторный анализ одного и того же образца выполняется сразу же, начиная с такого же места расположения и повторного измерения тех же областей, воспроизводимость невероятно высокая. Диапазоны наихудших областей обычно идентичны, однако иногда они могут демонстрировать вариацию одной половины предела интенсивности для одного из восьми возможных диапазонов (от А до D, узкий и широкий). Количество областей на каждом уровне интенсивности для каждого типа включений и толщины обычно изменяется менее чем на 5%.

18.6.1 Если оцениваемый образец подвергается повторной полировке, а затем снова оценивается в параллельной плоскости той же самой лабораторией, результаты будут обоснованно воспроизводимыми. Диапазоны наихудших областей будут обычно изменяться не более чем на одну половину уровня интенсивности для некоторых типов

включений и категорий толщины, однако большие отклонения периодически учитываются из-за связанной с этим изменчивости содержания включений.

18.6.2 Изменяемость межлабораторных испытаний не была оценена, однако можно ожидать, что она будет больше. Данная изменчивость будет находиться на минимальном уровне, если каждая лаборатория контролирует подготовку образцов согласно инструкциям, указанным в Методике E768.

18.6.3 Использование ручных операций, в отличие от автоматических операций, может внести погрешность в выбор области.

19. Ключевые слова

19.1 окись алюминия; автоматический анализ изображения; комплексные включения; испытание на разрушение; сферические включения; включения; диапазон включений; решетка включений; диапазон включений JK; оптическая микроскопия; контроль макроструктуры травлением; магнитная дефектоскопия; оксид; диапазон SAM; силикат; сталь; метод постепенного уменьшения; решетка; сульфид

ASTM не занимает какую-либо позицию в отношении законности каких-либо патентных прав, заявляемых в связи с каким-либо пунктом, упомянутым в данном стандарте. Пользователи данного стандарта четко уведомлены, что определение законности любых таких патентных прав и риск нарушения таких прав полностью относятся на их ответственность.

Данный стандарт подлежит переработке в любое время ответственным техническим комитетом и должен пересматриваться каждые пять лет и, если не пересматривается, то либо повторно утверждается, либо аннулируется. Ваши комментарии приветствуются либо для пересмотра данного стандарта, либо для дополнительных стандартов, и должны направляться в Центральное управление ASTM. Ваши комментарии будут тщательно рассмотрены на собрании ответственного технического комитета, которое Вы можете посетить. Если Вы считаете, что Ваши комментарии не были выслушаны внимательно, Вы должны сообщить свое мнение Комитету по стандартам ASTM по указанному ниже адресу.

Правами на данный стандарт обладает ASTM, 100 Барр Харбор Драйв, а/я С700, Западный Коншохокен, Пенсильвания 19428-2959, США. Индивидуальные перепечатки (единичные или множественные копии) данного стандарта можно получить, связавшись с ASTM по вышеуказанному адресу или по 610-832-9585 (телефон), 610-832-9555 (факс), или service@astm.org (электронная почта), или через страницу ASTM в сети Интернет (www.astm.org/COPYRIGHT/).