

Стандартные методы испытаний и определения для механических испытаний изделий из стали¹

Настоящий стандарт издается под постоянным обозначением А 370; цифра, следующая сразу же за обозначением стандарта, указывает на год введения стандарта, а в случае его пересмотра - на год последнего пересмотра. Цифра в скобках обозначает год последнего повторного утверждения стандарта. Надстрочным индексом /e/ помечены редакционные поправки со времени последнего пересмотра или повторного утверждения.

Данный стандарт был утвержден для использования организациями Министерства Обороны.

1. Сфера охвата*

* Перечень изменений находится в конце данного стандарта.

1.1 Данные методы испытаний² охватывают процедуры и определения для механических испытаний ковких и литых сталей, нержавеющей сталей и связанных сплавов. Различные механические испытания, описанные в данном стандарте, используются для определения свойств, предусмотренных спецификациями на продукцию. Следует избегать отклонений в методах испытаний и придерживаться стандартных методов испытаний с целью получения воспроизводимых и сопоставимых результатов. В случаях, когда требования к проведению испытаний для определенных изделий являются специфическими или находятся в противоречии с данными общими процедурами, требования к проведению испытаний, предусмотренные спецификацией на продукцию, имеют преимущественное значение.

1.2 Описаны следующие механические испытания:

	Разделы
Растяжение	с 5 по 13
Изгиб	14
Твердость	15
по Бринеллю	16
по Роквеллу	17
измеренная переносным оборудованием	18
Ударные	с 19 по 28
Ключевые слова	29

1.3 Приложения, охватывающие специфичные для определенных изделий детали, присоединены к данным методам испытаний следующим образом:

Приложение

¹ Эти методы испытаний и определения находятся в юрисдикции Комитета ASTM A01 по Стали, Нержавеющей Стали и Связанным Сплавам, и являются прямой ответственностью Подкомитета по Механическим Испытаниям, Химическому Анализу и Методам Обработки Изделий из Стали и Процессов A01.13. Настоящее издание утверждено 1 мая 2005. Опубликовано в мае 2005. Первоначально утверждено в 1953. Последнее предыдущее издание утверждено в 2003 как А 370 - 03а.

² Для применений ASME Правила Эксплуатации Котлов и Сосудов Высокого Давления смотри соответствующую Спецификацию SA-370 в Разделе II данных Правил.

Изделия сортового проката	A1.1
Трубчатые изделия	Приложение A2
Крепежные детали	Приложение A3
Изделия из проволоки круглого сечения	Приложение A4
Значимость ударных испытаний образца с надрезом	Приложение A5
Перевод относительного удлинения в процентах круглых образцов в эквивалентные значения для плоских образцов	Приложение A6
Испытание пряди многожильного каната	Приложение A7
Округление результатов испытаний	Приложение A8
Методы испытаний стальных арматурных прутков	Приложение A9
Процедура Использования и Контроля моделирования термодинамического цикла	Приложение A10

1.4 Значения, указанные в единицах дюймы-фунты, рассматриваются в качестве стандартных.

1.5 В случае если на данный документ дается ссылка в спецификации на изделие с метрической системой, значения предела текучести и прочности на растяжение могут определяться в единицах дюймы-фунты (ksi) и затем переводиться в единицы измерения SI (Mpa). Удлинение, определяемое в базовых длинах в единицах дюймы-фунты, 2 или 8 дюймов, может фиксироваться в базовых длинах в единицах измерения SI, 50 или 200 мм соответственно, как применимо. Наоборот, в случае если на данный документ дается ссылка в спецификации на изделие с системой ичисления дюймы-фунты, значения предела текучести и прочности на растяжение могут определяться в единицах измерения SI и затем переводиться в единицы дюймы-фунты. Удлинение, определяемое в базовых длинах в единицах измерения SI, 50 или 200 мм, может фиксироваться в базовых длинах в единицах дюймы-фунты, 2 или 8 дюймов, соответственно, как применимо.

1.6 Если необходима информация по критериям оценки испытательных лабораторий, можно обратиться к Практике A 880 и E 1595.

1.7 Данный стандарт не подразумевает решение всех вопросов по технике безопасности, связанных с его использованием, если таковые имеются. Пользователь этого стандарта несет ответственность за установление соответствующих норм техники безопасности и охраны труда и за определение применимости регулятивных ограничений перед использованием.

2. Справочные Документы

2.1 Стандарты ASTM³:

- А 703/А 703М Спецификация на Стальные Отливки, Общие Требования, для Деталей под Давлением
- А 781/А 781М Спецификация на Отливки, Сталь и Сплавы, Общие Требования, для Общего Промышленного Использования
- А 833 Метод Определения Твердости на Вдавливание Металлических Материалов посредством Сравнительных Твёрдомеров
- А 880 Практика для Критериев Использования в Оценке Испытательных Лабораторий и Организаций для Контроля и Проверки Стали, Нержавеющей Стали и Связанных Сплавов
- Е 4 Инструкции по Определению Нагрузки Испытательных Установок
- Е 6 Терминология, относящаяся к Методам Механических Испытаний
- Е 8 Методы Испытаний для Испытаний Металлических Материалов на Растяжение
- Е 8М Методы Испытаний для Испытаний Металлических Материалов на Растяжение [Метрическая Система Мер]
- Е 10 Метод Испытаний для Определения Твердости по Бринеллю Металлических Материалов
- Е 18 Методы Испытаний для Определения Твердости по Роквеллу и Поверхностной Твердости по Роквеллу Металлических Материалов
- Е 23 Методы Испытаний для Ударных Испытаний Образцов с Надрезом Металлических Материалов
- Е 29 Методика Использования Значащих Цифр в Результатах Испытаний для Определения Соответствия Спецификациям
- Е 83 Метод Проверки и Классификации Системы Экстензометра
- Е 110 Метод Определения Твердости на Вдавливание Металлических Материалов посредством Переносных Твёрдомеров
- Е 190 Метод Испытаний для Испытаний Сварных Швов на Пластичность при Загибе с Оправкой
- Е 290 Метод Испытаний для Испытаний Материалов на Пластичность при Загибе
- Е 1595 Метод Оценки Работы Лабораторий Механических Испытаний⁴

2.2 Стандарты ASME⁵:

ASME Правила Эксплуатации Котлов и Сосудов Высокого Давления, Раздел VIII, Категория I, Часть UG-8

3. Общие Меры Предосторожности

3.1 Определенные методы изготовления, такие как загиб, формовка и сварка, или операции, включающие нагрев, могут повлиять на свойства испытываемого материала. Поэтому спецификации на изделия охватывают этап производства, на котором должно проводиться механическое испытание. Свойства, полученные в результате испытаний до изготовления, необязательно являются показательными для изделия после того, как оно было окончательно изготовлено.

³ Справочные стандарты ASTM можно найти на вебсайте ASTM www.astm.org или на сайте Службы работы с покупателями ASTM service@astm.org. Информацию по томам Ежегодника Стандартов ASTM можно найти на странице вебсайта ASTM Краткое Описание стандартных Документов.

⁴ Отменено

⁵ Можно запросить в Американском обществе Инженеров-Механиков (ASME), ASME International Headquarters, Three Park Ave., New York, NY 10016-5990.

- 3.2 Ненадлежащая механическая обработка или подготовка образцов для испытаний может дать ошибочные результаты. Необходимо предпринять меры для обеспечения хорошего качества изготовления при механической обработке. Образцы, обработанные механически ненадлежащим образом, следует отбраковать и заменить.
- 3.3 Дефекты в образце также могут повлиять на результаты. Если в образцах для испытаний выявлены дефекты, должно применяться положение о повторном испытании применимой спецификации на изделие.
- 3.4 Если образец показал неудовлетворительные результаты по механическим причинам, таким как неисправность испытательного оборудования или несоответствующая подготовка образца, его можно отбраковать и взять другой.

4. Ориентация образцов для испытаний

- 4.1 Термины «продольное испытание» и «поперечное испытание» используются только в спецификациях на кованные изделия и не применимы к отливкам. Когда такая ссылка дается на заготовку под образец или образец для испытаний, применяются следующие определения:
- 4.1.1 Продольное испытание, если специально не определено иначе, означает, что продольная ось образца параллельна направлению наибольшего удлинения стали во время прокатки иликовки. Усилие, прилагаемое к продольному образцу для испытаний на растяжение, находится в направлении наибольшего удлинения, а ось складки продольного образца на загиб находится под прямыми углами к направлению наибольшего удлинения (Рис. 1, Рис. 2а, и 2б).

Рисунок 1

Отношение заготовок под образец и испытательных образцов к направлению прокатки или удлинению (Применимо к кованным изделиям общего назначения)

- продольный образец
- продольный плоский образец для испытаний на растяжение
- продольный круглый образец для испытаний на растяжение
- продольный образец для испытаний на загиб
- → обозначает направление прокатки или удлинения
- продольный образец для ударных испытаний
- поперечный образец
- поперечный плоский образец для испытаний на растяжение
- поперечный образец для испытаний на загиб
- поперечный образец для ударных испытаний

- 4.1.2 Поперечное испытание, если специально не определено иначе, означает, что продольная ось образца находится под прямым углом к направлению наибольшего удлинения стали во время прокатки иликовки. Усилие, прилагаемое к поперечному образцу для испытаний на растяжение, находится под прямыми углами к направлению наибольшего удлинения, а ось складки поперечного образца на загиб параллельна наибольшему удлинению (Рис. 1).
- 4.1.3 Термины «радиальное испытание» и «тангенциальное испытание» используются в спецификациях на некоторые кованные круглые изделия и не применимы к отливкам. Когда такая ссылка дается на заготовку под образец или образец для испытаний, применяются следующие определения:
- 4.1.4 Радиальное испытание, если специально не определено иначе, означает, что продольная ось образца перпендикулярна оси изделия и совпадает с одним из радиусов окружности, проведенным с точкой на оси изделия в качестве центра (Рис. 2а).
- 4.1.5 Тангенциальное испытание, если специально не определено иначе, означает, что продольная ось образца перпендикулярна плоскости, содержащей ось изде-

лия и касательную к окружности, проведенную с точкой на оси изделия в качестве центра (Рис. 2а, 2b, 2с и 2d).

Испытание на растяжение

5. Описание

- 5.1.1 При испытании на растяжение, относящегося к механическим испытаниям изделий из стали, механически обработанный образец или образец полного сечения испытываемого материала подвергается измеренной нагрузке, достаточной для того, чтобы вызвать разрушение. Искомые свойства в результате испытаний определены в Терминологии Е 6.
- 5.1.2 В общем, оборудование и методы испытаний приведены в Испытательных Методах Е 8. Однако есть определенные исключения из практик Испытательных Методов Е 8 при испытании стали, и они охвачены в данных методах испытаний.

Рисунок 2

Расположение продольных образцов для испытаний на растяжение в кольцах, вырезанных из трубчатой продукции

- (а) валы и роторы
- тангенциальное испытание
 - пролонгация
 - радиальное испытание
 - пролонгация
 - продольное испытание
- (b) полые поковки
- пролонгация
 - тангенциальное испытание
 - продольное испытание
- (с) дисковые поковки
- пролонгация
 - тангенциальное испытание
 - пролонгация
 - тангенциальное испытание
- (d) кольцевые поковки
- пролонгация
 - тангенциальное испытание
 - пролонгация
 - тангенциальное испытание

6. Терминология

- 6.1.1 Для определений терминов, относящихся к испытаниям на растяжение, включая предел прочности при растяжении, физический предел текучести, предел текучести, относительное удлинение и уменьшение площади, необходимо обратиться к Терминологии Е 6.

7. Испытательная Аппаратура и Операции

- 7.1.1 *Системы нагрузок* – Существует два общих типа систем нагрузок, механическая (с винтовым приводом) и гидравлическая. Они отличаются в основном изменчивостью скорости приложения нагрузки. Более старые винтовые приводные установки ограничены небольшим количеством фиксированных установленных скоростей крейцкопфа. Некоторые современные установки с винтовым приводом и все гидравлические установки обеспечивают бесступенчатое регулирование по всему диапазону скоростей.

7.2 Установка для проведения испытаний на растяжение должна поддерживаться в удовлетворительном рабочем состоянии, использоваться только с надлежащим диапазоном нагрузок и периодически калиброваться в соответствии с последней редакцией Инструкций Е 4.

Примечание 1 – Многие установки оборудованы записывающим устройством напряжений и деформаций для автоматического построения зависимости деформации от напряжения. Необходимо отметить, что в некоторых записывающих устройствах элемент измерения нагрузки находится совершенно отдельно от индикатора нагрузки испытательной установки. Такие записывающие устройства калибруются отдельно.

7.3 *Приложение нагрузки* – Это функция захватного или зажимного устройства испытательной установки по передаче нагрузки от головок установки к испытываемому образцу. Существенным требованием является то, что нагрузка должна распределяться по оси. Это подразумевает, что центры действия захватов должны быть соосны, насколько это целесообразно, с осью образца в начале и во время испытания, и что загиб или кручение выдерживалось на минимуме. Для образцов с уменьшенным сечением захват образца должен быть ограничен головкой образца. В случае если некоторые сечения испытываются в полном размере, неизбежны неосевые нагрузки, и в таких случаях это допустимо.

7.4 *Скорость испытания* – Скорость испытания не должна превышать скорость, при которой показания нагрузки и напряжения могут точно записываться. При контроле во время производства скорость испытаний обычно выражается: (1) в показателях установившихся скоростей крейцкопфа (скорость движения крейцкопфа испытательной установки не под нагрузкой, (2) в показателях скорости разделения двух головок испытательной установки под нагрузкой, (3) в показателях скорости напряжения образца, или (4) в показателях скорости деформирования образца. В качестве адекватных для большинства изделий из стали рекомендуются следующие ограничения по скорости испытаний:

Примечание 2 – Испытания на растяжение с использованием установок с замкнутым контуром (с регулированием скорости с обратной связью) не следует проводить с использованием регулирования нагрузки, так как этот режим испытания вызовет ускорение крейцкопфа после текучести и повышение измеренного предела текучести.

7.4.1 Можно использовать любую удобную скорость испытания до $\frac{1}{2}$ установленного физического предела текучести или предела текучести. Когда этот предел достигнут, установившуюся скорость разделения крейцкопфов необходимо настроить таким образом, чтобы она не превышала 1/16 дюйма в минуту на дюйм уменьшенного сечения, или расстояние между захватами для образцов, не имеющих уменьшенного сечения. Эта скорость должна поддерживаться до физического предела текучести или предела текучести. При определении предела прочности на растяжение, установившаяся скорость разделения головок не должна превышать $\frac{1}{2}$ дюйма в минуту на дюйм уменьшенного сечения, или расстояние между захватами для образцов, не имеющих уменьшенного сечения. В любом случае, минимальная скорость испытания должна быть не менее 1/10 установленных максимальных скоростей для определения физического предела текучести или предела текучести и предела прочности на растяжение.

7.4.2 Допускается настройка скорости испытательной установки путем настройки установившейся скорости крейцкопфа на вышеуказанные значения, так как скорость разделения головок под нагрузкой при этих настройках установки меньше заданных значений установившейся скорости крейцкопфа.

7.4.3 В качестве альтернативы, если установка оборудована устройством индикации скорости нагрузки, скорость установки с половины установленного физического предела текучести или предела текучести до физического предела текучести

или предела текучести может регулироваться таким образом, чтобы скорость напряжения не превышала 100 000 psi (690 Мра)/мин. Однако, минимальная скорость изменения напряжения не должна быть менее 10 000 psi (70 Мра)/мин.

8. Параметры образцов для испытаний

- 8.1.1 *Отбор* – Заготовки под образцы для испытаний должны выбираться в соответствии с применимыми спецификациями на изделия.
- 8.1.2 *Ковкие стали* - Изделия из ковкой стали обычно испытываются в продольном направлении, но в некоторых случаях, когда позволяет размер и это оправдано эксплуатацией, испытание проводится в поперечном, радиальном или тангенциальном направлениях (смотри Рис. 1 и Рис. 2).
- 8.1.3 *Стальные поковки* – Для свободных поковок металл для испытаний на растяжение, как правило, обеспечивается путем допуска удлинения или расширения с одного или обоих концов поковок, на всех или на репрезентативном количестве, как предусмотрено применимыми спецификациями на изделия. Образцы обычно берутся из среднего радиуса. Некоторые спецификации на изделия допускают использование репрезентативного прутка или разрушения производственной детали с целью испытания. Для кольцевых или дискообразных поковок металл для испытаний обеспечивается путем увеличения диаметра, толщины или длины поковки. Главное удлинение полученных высадкой дискообразных или кольцевых поковок, которые деформируются или удлиняются путем ковки в направлении, перпендикулярном оси поковки, как правило, находится вдоль концентрических окружностей, и для таких поковок тангенциальные образцы для испытаний на растяжение берутся из дополнительного металла с края или конца поковки. Для некоторых поковок, таких как роторы, требуется проведение испытаний на растяжение в радиальном направлении. В этих случаях образцы вырезаются из предусмотренного местоположения.
- 8.1.4 *Литые стали* – Заготовки под образцы для отливок, из которых готовятся образцы для испытаний на растяжение, должны соответствовать требованиям Спецификаций А 703/А 703М или А 781/ А 781М, как применимо.
- 8.1.5 *Размер и допуски* – Образцы для испытаний должны иметь полную толщину или сечение материала непосредственно после прокатки, или могут быть механически обработанными по форме и размерам, показанным на Рисунках 3-6 включительно. Выбор размера и типа образца предписывается применимой спецификацией на изделия. Образцы полного сечения должны испытываться 8-дюймовой (200-мм) базовой длиной, если в спецификации на изделия не указано иначе.
- 8.1.6 *Заготовка образцов для испытаний* – Образцы должны быть вырезаны ножницами, пилой, кольцевой пилой или кислородной резкой из частей материала. Обычно они обрабатываются механически таким образом, чтобы получить уменьшенное поперечное сечение в середине длины для того, чтобы получить равномерное распределение напряжения по поперечному сечению и локализовать зоны излома. Если заготовки под образцы вырезаются ножницами, пилой, кольцевой пилой или кислородной резкой, необходимо аккуратно удалить механической обработкой все деформированные, деформированные в холодном состоянии участки или участки термического влияния с кромок сечения, используемого для оценки испытания.
- 8.1.7 *Старение образцов* – Если не указано иначе, должно допускаться старение образцов для испытаний на растяжение. Используемый термический цикл должен быть таким, чтобы влияния предыдущей обработки не менялись материально.

Это можно выполнить путем старения при комнатной температуре в течение от 24 до 48 часов или более короткого времени при слегка повышенных температурах путем кипения в воде, нагрева в масле или в печи.

8.1.8 *Измерение Размеров Образцов для Испытаний:*

8.1.9 *Стандартные прямоугольные образцы для испытаний на растяжение* – Эти формы образцов показаны на Рисунке 3. Для определения площади поперечного сечения, размер ширины центра должен измеряться с точностью до 0.005 дюйма (0.13 мм) для образцов с базовой длиной 8 дюймов (200-мм) и 0.001 дюйма (0.025 мм) для образцов с базовой длиной 2 дюйма (50-мм) на Рисунке 3. Размер толщины центра должен измеряться с точностью до 0.001 дюйма для обоих образцов.

8.1.10 *Стандартные круглые образцы для испытаний на растяжение* – Эти формы образцов показаны на Рисунке 4 и Рисунке 5. Для определения площади поперечного сечения, диаметр должен измеряться в центре базовой длины с точностью до 0.001 дюйма (0.025 мм) (смотри Таблицу 1).

8.1.11 *Общая информация* – Образцы для испытаний должны быть либо большей частью полноразмерными, либо обработанными механически, как предписано в спецификации на изделия для испытываемого материала.

Рисунок 3 Квадратные образцы для испытаний на растяжение
Размеры

	Стандартные образцы				Неполноразмерные образцы	
	Толстолистовые, шириной 1 ½ дюйма		Тонколистовые, шириной ½ дюйма		шириной ¼ дюйма	
	дюймы	мм	дюймы	мм	дюймы	мм
G- базовая длина (Примечания 1 и 2)	8.00 ± 0.01	200 ± 0.25	2.000 ± 0.005	50.0 ± 0.10	1.000 ± 0.003	25.0 ± 0.080
W- ширина (Примечания 3, 5 и 6)	1 ½ + 1/8 - 1/4	40 + 3 - 6	0.500 ± 0.010	12.5 ± 0.25	0.250 ± 0.002	6.25 ± 0.05
T- толщина (Примечание 7)			толщина материала ½	толщина материала 13		
R- радиус галтели, мин (Примечание 4)	½	13	½	13	¼	6
L- полная длина, мин (Примечания 2 и 8)	18	450	8	200	4	100
A- длина уменьшенного сечения, мин	9	225	2 ¼	60	1 ¼	32
B- длина головки образца, мин (Примечание 9)	3	75	2	50	1 ¼	32
C- ширина головки образца, приблизительно (Примечания 4, 10 и 11)	2	50	¾	20	3/8	10

Примечание 1 – Для образцов шириной 1 ½ дюйма (40 мм) отметки керном для измерения удлинения после разрушения должны наноситься на плоскую поверхность или кромку образца и находиться в пределах уменьшенного сечения. Можно использовать группу из девяти или более отметок керном, находящихся на расстоянии 1 дюйм (25 мм) друг от друга, или одну пару или более отметок керном, находящихся на расстоянии 8 дюймов (200 мм) друг от друга.

Примечание 2 - Для образцов шириной ½ дюйма (12.5 мм) контрольные метки для измерения удлинения после разрушения должны наноситься на ½ дюймовую (12.5 мм) наружную поверхность или на кромку образца в пределах уменьшенного сечения. Можно использовать группу из трех или более меток, находящихся на расстоянии 1.0 дюйма (25 мм) друг от друга, или одну пару или более меток, находящихся на расстоянии 2 дюйма (50 мм) друг от друга.

Примечание 3 – Для трех размеров образцов концы уменьшенного сечения не должны отличаться по ширине более чем на 0.004, 0.002 или 0.001 дюйма (0.10, 0.05 или 0.025 мм) соответственно. Также возможно постепенное уменьшение ширины от концов к центру, но ширина в любом конце не должна быть более чем на 0.015 дюйма, 0.005 дюйма или 0.003 дюйма (0.40, 0.10 или 0.08 мм) соответственно, больше ширины в центре.

Примечание 4 – Для каждого типа образца радиусы всех галтелей должны быть равными друг другу с допуском 0.05 дюйма (1.25 мм), а центры кривой двух галтелей в определенном конце должны располагаться напротив друг друга (на линии, перпендикулярной осевой линии) в пределах допуска 0.10 дюйма (2.5 мм).

Примечание 5 - Для каждого из трех размеров образцов при необходимости может использоваться более узкая ширина (W и C). В таких случаях ширина уменьшенного сечения должна быть настолько большой, насколько это позволяет ширина испытываемого материала; однако, если не указано специально, предусмотренные в спецификации на изделие требования к удлинению не должны применяться, если используются данные более узкие образцы. Если ширина материала менее W, стороны могут быть параллельными по всей длине образца.

Примечание 6 – Образцы можно изменить, сделав стороны параллельными по всей длине образца, с соответствием ширины и допусков по ширине указанным выше допускам. При необходимости может использоваться более узкий образец. В этом случае ширина должна быть настолько большой, насколько это позволяет ширина испытываемого материала. Если ширина составляет 1 ½ дюйма (38 мм) или менее, стороны могут быть параллельными по всей длине образца.

Примечание 7 – Размер T – это толщина испытательного образца в соответствии с применимыми спецификациями на изделие. Минимальная номинальная толщина образца шириной 1 ½ дюйма (40 мм) должна составлять 3/16 дюйма (5 мм), кроме случаев, разрешенных спецификациями на изделие. Максимальная номинальная толщина образцов шириной ½ дюйма (12.5 мм) и ¼ дюйма (6 мм) должна составлять ¾ дюйма (19 мм) и ¼ дюйма (6 мм) соответственно.

Примечание 8 – Для оказания помощи в получении осевой нагрузки во время испытания образцов шириной ¼ дюйма (6 мм), полная длина должна быть такой, какую позволит материал.

Примечание 9 – Желательно, если возможно, сделать длину головки образца достаточно большой для того, чтобы образец проходил в захваты на расстояние, равное двум третям длины захватов или более. Если толщина образцов шириной ½ дюйма (13 мм) превышает 3/8 дюйма (10 мм), во избежание провала в головке образца может появиться необходимость в использовании более длинных захватов и соответственно более длинных головок образцов.

Примечание 10 – Для стандартных тонколистовых образцов и неполноразмерных образцов концы образца должны быть симметричны осевой линии уменьшенного сечения в пределах 0.01 и 0.005 дюйма (0.25 и 0.13 мм) соответственно. Однако для стали, если концы образца шириной ½ дюйма (12.5 мм) симметричны в пределах 0.05 дюйма (1.0 мм), образец может считаться удовлетворительным для всех испытаний, кроме арбитражных.

Примечание 11 – Для стандартных толстолистовых образцов концы образца должны быть симметричны осевой линии уменьшенного сечения в пределах 0.25 дюйма (6.35 мм), кроме арбитражных испытаний, в случае которых концы образца должны быть симметричны осевой линии уменьшенного сечения в пределах 0.10 дюйма (2.5 мм).

- 8.1.12 Образцы, подготовленные несоответствующим образом, часто являются причиной неудовлетворительных результатов испытаний. Поэтому важно предпринять меры предосторожности при подготовке образцов, в частности, при механической обработке с целью обеспечения хорошего качества изготовления.
- 8.1.13 Желательно, чтобы площадь поперечного сечения образца была наименьшей в центре базовой длины для обеспечения излома в пределах базовой длины. Это обеспечивается посредством сужения в базовой длине, допускаемого для каждого образца, описанного в следующих разделах.
- 8.1.14 Для хрупких материалов желательно, чтобы на концах базовой длины были галтели большого радиуса.

Рисунок 4 Стандартный 0.500 дюймовый (12.5 мм) круглый образец для испытаний на растяжение с базовой длиной 2 дюйма (50 мм) и примеры образцов малого размера пропорционально стандартным образцам

Размеры

Номинальный диаметр	Стандартный образец				Образцы малого размера пропорционально стандартным образцам					
	дюймы	мм	дюймы	мм	дюймы	мм	дюймы	мм	дюймы	мм
	0.500	12.5	0.350	8.75	0.250	6.25	0.160	4.00	0.113	2.50
G- базовая длина	2.00 ± 0.005	50.0 ± 0.10	1.400 ± 0.005	35.0 ± 0.10	1.000 ± 0.005	25.0 ± 0.10	0.640 ± 0.005	16.0 ± 0.10	0.450 ± 0.005	10.0 ± 0.10
D- диаметр (Примечание 1)	0.500 ± 0.010	12.5 ± 0.25	0.350 ± 0.007	8.75 ± 0.18	0.250 ± 0.005	6.25 ± 0.12	0.160 ± 0.003	4.00 ± 0.08	0.113 ± 0.002	2.50 ± 0.05
R- радиус галтели, мин	3/8	10	¼	6	3/16	5	5/32	4	3/32	2
A- длина уменьшенного сечения, мин (Примечание 2)	2 ¼	60	1 ¾	45	1 ¼	32	¾	20	5/8	16

Примечание 1 – У уменьшенного сечения может быть постепенное сужение от концов к центру, при этом концы не более чем на 1 процент больше в диаметре, чем центр (контрольный размер).

Примечание 2 – При желании длина уменьшенного сечения может быть увеличена для размещения экстензометра любой удобной базовой длины. Тем не менее, контрольные отметки для измерения удлинения следует располагать с интервалами на указанных базовых длинах.

Примечание 3 – Базовая длина и галтели должны соответствовать рисунку, но концы могут быть любой формы, соответствующей держателям испытательной установки таким образом, чтобы нагрузка была осевой (смотри Рис. 9). Если концы удерживаются клиновыми захватами, по возможности желательнее, чтобы длина головки образца была достаточно большой для того, чтобы образец проходил в захваты на расстояние, равное двум третям длины захватов или более.

Примечание 4 – В круглых образцах на Рис. 5 и Рис. 6 базовые длины равны четырем номинальным диаметрам. В некоторых спецификациях на изделие могут предусматриваться другие образцы, но если соотношение 4-к-1 не сохраняется в пределах допусков на размер, значения удлинения не могут быть сопоставимы со значениями удлинения, полученными в случае стандартных образцов для испытаний.

Примечание 5 – Использование образцов диаметром менее 0.250 дюйма (6.25 мм) должно быть ограничено случаями, когда испытываемый материал имеет недостаточный размер для получения более крупных образцов или когда все стороны согласны на их использование для приемочных испытаний. Для меньших образцов требуется соответствующее оборудование и большие навыки, как в механической обработке, так и в испытаниях.

Примечание 6 – Пять часто используемых размеров образцов имеют диаметры приблизительно 0.505, 0.357, 0.252, 0.160 и 0.113 дюйма для обеспечения простых вычислений напряжения из нагрузок, так как соответствующие площади поперечного сечения равны или близки к 0.200, 0.100, 0.0500, 0.0200 и 0.0100 дюйма² соответственно. Таким образом, если фактические диаметры согласуются с данными величинами, напряжения (или силы) могут быть вычислены, используя простые множители 5, 10, 20, 50 и 100 соответственно. (Метрические эквиваленты данных фиксированных диаметров не дают в результате соответственно подходящую площадь поперечного сечения и множители.)

9. Толстолистовые образцы

9.1 Стандартный толстолистовой образец для испытаний показан на Рисунке 3. Этот образец используется для испытаний металлических материалов в форме листа, фасонных профилей и профилей сортового проката, а также плоских материалов с номинальной толщиной 3/16 дюйма (5 мм) или более. Если позволяют спецификации на изделия можно использовать другие типы образцов.

Примечание 3 – Если требуется спецификацией на изделия, для листового или полосового материала можно использовать образцы с базовой длиной 8 дюймов, показанные на Рисунке 3.

10. Тонколистовые образцы

10.1 Стандартный тонколистовой образец для испытаний показан на Рис. 3. Этот образец используется для испытания металлических материалов в форме тонких и толстых листов, плоской проволоки, полос, лент и мелкосортного проката, имеющих номинальную толщину в диапазоне от 0.005 до $\frac{3}{4}$ дюймов (от 0.13 до 19 мм). Если допускается спецификацией на изделие, могут использоваться другие типы, согласно Разделу 9 (смотри Примечание 3).

11. Круглые образцы

11.1 Стандартный круглый образец для испытаний диаметром 0.500 дюймов (12.5 мм), показанный на Рис. 4, обычно используется для испытаний металлических материалов, как литых, так и ковких.

11.2 На Рис. 4 также показаны образцы малого размера пропорционально стандартным образцам. Они могут использоваться, когда необходимо испытать материал, из которого нельзя приготовить стандартный образец или образцы, показанные на Рис. 3. Можно использовать другие размеры малоразмерных круглых образцов. В любом таком образце малого размера важно, чтобы базовая длина для измерения удлинения была в четыре раза больше диаметра образца (смотри Примечание 4, Рис. 4).

11.3 Форма концов образцов, выходящих за пределы базовой длины, должна по материалу и форме подходить держателям и зажимам испытательной установки таким образом, чтобы нагрузки прилагались в осевом направлении. На Рис. 5 показаны образцы с различными типами концов, которые дали удовлетворительные результаты.

12. Контрольная метка

12.1 Образцы, показанные на Рис. 3-6, должны иметь контрольные метки, нанесенные посредством кернера, разметок, составным устройством или начерчены чернилами. Эти контрольные метки служат для определения процентного удлинения. Отметки керном должны быть слабыми, острыми и размещены с точными интервалами. Локализация напряжения на метках делает твердый образец чувствительным к началу излома на отметках керном. Контрольные метки для измерения удлинения после излома должны наноситься на плоскую поверхность или кромку плоского образца для испытаний на растяжение и находиться в пределах параллельного сечения; для образца с 8-дюймовой базовой длиной, Рис. 3, может использоваться одна группа 8-дюймовых контрольных меток или более, промежуточные отметки в пределах базовой длины – произвольно. На квадратные образцы с 2-дюймовой базовой длиной, Рис.3, и круглые образцы, Рис. 4, контрольные метки наносятся посредством двустороннего кернера или разметок. Может использоваться одна группа контрольных меток или более; однако, одна группа должна находиться приблизительно в центре уменьшенного сечения. В случае образца полного сечения необходимо соблюдать те же меры предосторожности.

Рисунок 5 Предлагаемые виды концов для стандартных круглых образцов для испытаний на растяжение

Размеры

	Образец 1		Образец 2		Образец 3		Образец 4	
	дюймы	мм	дюймы	мм	дюймы	мм	дюймы	мм
G- базовая длина	2.000 ± 0.005	50.0 ± 0.10	2.000 ± 0.005	50.0 ± 0.10	2.000 ± 0.005	50.0 ± 0.10	2.000 ± 0.005	50.0 ± 0.10
D- диаметр (Примечание 1)	0.500 ± 0.010	12.5 ± 0.25	0.500 ± 0.010	12.5 ± 0.25	0.500 ± 0.010	12.5 ± 0.25	0.500 ± 0.010	12.5 ± 0.25
R- радиус галтели, мин	3/8	10	3/8	10	2	2	10	10
A- длина уменьшенного сечения	2 ¼, мин	60, мин	2 ¼, мин	60, мин	1/16	100, приблизительно	3/8	60, мин
L- полная длина, приблизительно	5	125	5 ½	140	4 приблизительно	140	2 ¼, мин	120
B – головка образца (Примечание 2)	1 3/8, приблизительно	35, приблизительно	1, приблизительно	25, приблизительно	5 ½	20, приблизительно	4 ¾	13, приблизительно
C – диаметр концевое сечения	¾	20	¾	20	3/4, приблизительно	18	½, приблизительно	22
E – длина плечика и сечения галтели, приблизительно	...	...	5/8	16	...	...	7/8	20
F – диаметр плечика	...	...	5/8	16	23/32	...	3/4	16
	...	...			...		5/8	

Примечание 1 - У уменьшенного сечения может быть постепенное сужение от концов к центру, при этом в диаметре концы не более чем на 0.005 дюйма (0.10 мм) процента больше, чем центр.

Примечание 2 – На образце 5 желательно, если возможно, сделать длину головки образца достаточно большой для того, чтобы образец проходил в захваты на расстояние, равное двум третям длины захватов или более.

Примечание 3 – Показанные типы концов применимы для стандартного 0.500 дюймового (12.5 мм) круглого образца для испытаний на растяжение; подобные типы могут использоваться для неполноразмерных образцов. Для высокопрочных хрупких материалов предлагается использование резьбы серии UNF (3/4 на 16, 1/2 на 20, 3/8 на 24 и 1/4 на 28) с целью избежания разрушения на участке резьбы.

13. Определение свойств при растяжении

13.1 *Физический предел текучести* – Физический предел текучести - это первое напряжение в материале, меньше чем максимально достижимое напряжение, при котором происходит увеличение деформации без увеличения напряжения. Физический предел текучести предназначен для применения только для материалов, которые могут демонстрировать уникальные характеристики увеличения деформации без увеличения напряжения. Диаграмма зависимости деформаций от напряжений характеризуется резким изгибом или нарушением непрерывности. Физический предел текучести определяется одним из следующих методов:

13.1.1 *Метод падения балансира или остановки указателя* - В данном методе приложите увеличивающуюся нагрузку к образцу при равномерной скорости. Если используется рычажное и уравнивающее устройство, держите балансир в равновесии путем прогона противовеса при приблизительно стабильной скорости. По достижении физического предела текучести материала увеличение нагрузки остановится, но прогонит противовес немного за пределы положения равновесия, а балансир установки упадет на короткий, но ощутимый интервал времени. Если используется установка, оборудованная циферблатом указателя нагрузки, существует остановка или приостановка указателя индикатора нагрузки, соответствующая падению балансира. Отметьте нагрузку при “падении балансира” или “остановке указателя” и запишите соответствующее напряжение в качестве физического предела текучести.

13.1.2 *Метод автографской диаграммы* – Если диаграмма зависимости деформаций от напряжений с резким изгибом получена посредством автографского записывающего устройства, возьмите напряжение, соответствующее верхней точке изгиба (Рис. 7), или напряжение, при котором кривая падает, в качестве физического предела текучести.

13.1.3 *Метод общего удлинения под нагрузкой* – При испытаниях материала на физический предел текучести, и если образцы для испытаний не демонстрируют четкую непропорциональную деформацию, которая характеризует физический предел текучести, измеряемый описанными в 13.1.1 и 13.1.2 методами падения балансира, остановки указателя или автографской диаграммы, значение, эквивалентное по своей практической значимости физическому пределу текучести, можно определить следующим методом и записать в качестве физического предела текучести: приложите экстензометр Класса С или лучше (Примечание 4 и Примечание 5) к образцу. Когда достигается нагрузка, вызывающая заданное удлинение (Примечание 6), запишите соответствующее нагрузке напряжение в качестве физического предела текучести (Рис. 8).

Примечание 4 – Существуют автоматические приборы, определяющие нагрузку при заданном общем удлинении без построения кривой зависимости деформаций от напряжений. Такие приборы могут использоваться, если продемонстрирована их точность. Множительный штангенциркуль и другие подобные приборы приемлемы для использования при условии, что была продемонстрирована их эквивалентная экстензометру Класса С точность.

Примечание 5- Следует сделать ссылку на Метод Е 83.

Примечание 6 - Для стали с заданным физическим пределом текучести не более 80 000 psi (550 Мпа) соответствующим значением является 0.005 дюйма/дюйм базовой длины. Для значений выше 80 000 psi этот метод недействителен, если только не увеличивается ограничивающее общее удлинение.

Примечание 7 – На форму начального участка автографически определенной кривой зависимости деформаций от напряжений (или кривой зависимости удлинения от нагрузки) могут повлиять многочисленные факторы, такие как посадка образца в зажимах, выпрямление загнутого благодаря остаточным напряжениям образца, и быстрая нагрузка, допустимая в 7.4.1. Обычно отклонения на этом участке кривой следует игнорировать при введении к кривой модульной линии, такой как та, что используется для определения текучести удлинения-при-нагрузке.

Рисунок 6 Стандартный образец для испытания на растяжение для чугуна
Размеры

	Образец 1		Образец 2		Образец 3	
	дюймы	мм	дюймы	мм	дюймы	мм
G- длина параллели	Должна быть равна или более диаметра D					
D- диаметр	0.500 ± 0.010	12.5 ± 0.25	0.750 ± 0.015	20.0 ± 0.40	1.25 ± 0.025	30.0 ± 0.60
R- радиус галтели, мин	1	25	1	25	2	50
A- длина уменьшенного сечения, мин	1 ¼	32	1 ½	38	2 ¼	60
L- полная длина, мин	3 ¾	95	4	100	6 3/8	160
B – головка образца, приблизительно	1	25	1	25	1 ¾	45
C – диаметр концевое сечения, приблизительно	¾	20	1 1/8	30	1 7/8	48
E – длина плечика, мин	¼	6	¼	6	5/16	8
F – диаметр плечика	5/8 ± 1/64	16.0 ± 0.40	15/16 ± 1/64	24.0 ± 0.40	1 7/16 ± 1/64	36.5 ± 0.40

Примечание 1 – Уменьшенное сечение и плечики (размеры A, D, E, F, G и R) должны быть указаны, но концы могут быть любой формы, соответствующей держателям испытательной установки таким образом, чтобы нагрузка была осевой. Обычно на концы наносится резьба, а размеры концов B и C такие же, что и приведенные выше размеры.

Таблица 1 Множители, которые должны использоваться для различных диаметров круглых образцов для испытаний

Стандартный образец			Образцы малого размера пропорционально стандартным образцам					
0.500 дюймовый круглый			0.350 дюймовый круглый			0.250 дюймовый круглый		
Фактический диаметр, дюймы	Площадь, дюймы ²	Множитель	Фактический диаметр, дюймы	Площадь, дюймы ²	Множитель	Фактический диаметр, дюймы	Площадь, дюймы ²	Множитель

A Значения в круглых скобках могут использоваться для облегчения вычисления напряжений, в фунтах на дюйм в квадрате, согласно 5 Рис.4.

Рисунок 7 Диаграмма зависимости деформаций от напряжений с указанием физического предела текучести, соответствующего верхней части излома

- напряжение
- деформация
- физический предел текучести

Рисунок 8 Диаграмма зависимости деформаций от напряжений с указанием физического предела текучести или предела текучести методом удлинения при нагрузке

- напряжение
- деформация
- om = заданное удлинение при нагрузке

Рисунок 9 Диаграмма зависимости деформаций от напряжений для определения предела текучести методом сдвига

- напряжение
- деформация
- om = заданный сдвиг

13.2 *Предел текучести* - Пределом текучести является напряжение, при котором материал демонстрирует заданное предельное отклонение от пропорциональности напряжений – деформаций. Отклонение выражается в показателях деформации, процентного сдвига, общего удлинения под нагрузкой и т.д. Определите предел текучести по одному из следующих методов:

13.2.1 Метод сдвига – Для определения предела текучести “методом сдвига” необходимо получить данные (автографские или цифровые), на основе которых можно начертить диаграмму зависимости деформаций от напряжений с четкой модульной характеристикой испытываемого материала. Затем на диаграмме зависимости деформаций от напряжений (Рис. 9) отложите Om , равное заданному значению сдвига, начертите mn , параллельное OA , и, таким образом, определите r , пересечение mn с кривой зависимости деформаций от напряжений, соответствующей нагрузке R , которая является нагрузкой предела текучести. При записи значений предела текучести, полученных данным методом, значение заданного или используемого сдвига, или и того и другого, должно указываться в круглых скобках после термина предела текучести, например:

$$\text{Предел текучести (сдвиг 0.2 \%)} = 52\,000 \text{ psi (360 Мра)} \quad (1)$$

Если сдвиг составляет 0.2 % или более, используемый экстензометр должен отвечать требованиям прибора Класса В2 в диапазоне деформации от 0.05 до 1.0 %. Если предусмотрен меньший сдвиг, возможно появится необходимость указать более точный прибор (то есть, прибор Класса В1) или уменьшить нижний предел диапазона деформации (например, до 0.01 %) или и то и другое. Для автоматических приборов смотри также Примечание 9.

Примечание 8 – Для диаграмм зависимости деформаций от напряжений, не имеющих четкого модуля, таких как диаграммы для некоторых деформированных в холодном состоянии материалов, рекомендуется использование метода удлинения под нагрузкой. Если метод сдвига используется для материалов без четкого модуля, необходимо применять соответствующее для данного материала модульное значение: 30 000 000 psi (207 000 Мра) для углеродистой стали; 29 000 000 psi (200 000 Мра) для ферритной нержавеющей стали; 28 000 000 psi (193 000 Мра) для аустенитной нержавеющей стали. В случае специальных сплавов необходимо связаться с изготовителем с целью обсуждения соответствующих модульных значений.

13.2.2 *Метод удлинения при нагрузке* – Для испытаний по определению пригодности или отбраковки материала, чьи характеристики напряжения-деформации хорошо известны из предыдущих испытаний подобных материалов, в которых строились диаграммы зависимости деформаций от напряжений, общая деформация, соответствующая напряжению, при котором происходит заданный сдвиг (смотри Примечание 9 и Примечание 10), будет известна в удовлетворительных пределах. Напряжением образца, по достижении этой общей деформации, является значение предела текучести. При записи значений предела текучести, полученных данным методом, значение заданного или используемого “удлинения”, или и того и другого, должно указываться в круглых скобках после термина предела текучести, например:

$$\text{Предел текучести (0.5 \% EUL) = 52 000 psi (360 Мра)} \quad (2)$$

Можно удовлетворительно получить значение общей деформации путем использования экстензометра Класса В1 (Примечание 4, Примечание 5 и Примечание 7).

Примечание 9 - Существуют автоматические приборы, определяющие условный предел текучести без построения кривой зависимости деформаций от напряжений. Такие приборы могут использоваться, если продемонстрирована их точность.

Примечание 10 – Соответствующее увеличение удлинения при нагрузке будет наглядно изменяться пропорционально диапазону прочности конкретной испытываемой стали. В общем, величина удлинения при нагрузке, применяемая к стали при любом уровне прочности, может быть определена из суммы пропорциональной деформации и пластической деформации, ожидаемой при заданном пределе текучести. Используется следующее уравнение:

$$\text{Удлинение при нагрузке, дюйм/дюйм базовой длины} = (YS/E) + r \quad (3)$$

где:

YS = установленный предел текучести, psi или Мра,

E = модуль эластичности, psi или Мра, и

r = ограничивающая пластическая деформация, дюйм/дюйм.

13.3 *Предел прочности при растяжении* – Вычислите предел прочности при растяжении путем деления максимальной нагрузки, которую выдерживает образец во время испытания на растяжение, на исходную площадь поперечного сечения образца.

13.4 *Удлинение:*

13.4.1 Аккуратно совместите концы разрушенного образца и измерьте расстояние между контрольными метками с точностью до 0.01 дюйма (0.25 мм) для базовых длин 2 дюйма и менее, и с точностью до 0.5 % базовой длины для базовых длин более 2 дюймов. Можно использовать процентное показание по шкале с точностью до 0.5% базовой длины. Удлинением является увеличение в длине базовой длины, выражаемое в виде процента исходной базовой длины. При записи величин удлинения, укажите как процентное увеличение, так и исходную базовую длину.

13.4.2 Если какая-либо часть излома находится за пределами средней половины базовой длины или в отметке керном или разметке в пределах уменьшенного сечения, полученная величина удлинения может не являться репрезентативной для данного материала. Если измеренное таким образом удлинение удовлетворяет минимальным установленным требованиям, проведение дальнейшего испытания не требуется, но если удлинение меньше минимальных требований, отбракуйте испытание и проведите повторное испытание.

- 13.4.3 Методы автоматического испытания на растяжение с использованием экстензометров позволяют осуществлять измерения удлинения описанным ниже методом. Удлинение может быть измерено и записано либо этим способом, либо как в вышеуказанном методе путем соединения разрушенных концов. И тот и другой результат является действительным.
- 13.4.4 Удлинение при разрушении определяется как удлинение, измеренное непосредственно перед резким уменьшением силы, связанным с разрушением. Для многих пластичных материалов, не демонстрирующих резкое уменьшение силы, удлинение при разрушении может браться как деформация, измеренная непосредственно перед тем, как сила падает ниже 10% максимальной силы, встречавшейся во время испытания.
1. Удлинение при разрушении должно включать упругое и пластичное удлинение и может определяться автографским или автоматическим методами с использованием экстензометров, поверенных в интересующем диапазоне деформации. Для имеющих менее 5 % удлинения материалов используйте экстензометр Класса В2 или лучший; для материалов, имеющих удлинение более или равное 5 %, но менее 50 % используйте экстензометр Класса С или лучший; для материалов, имеющих удлинение 50 % или более, используйте экстензометр Класса D или лучший. Во всех случаях базовая длина экстензометра должна быть базовой длиной, предусмотренной для испытываемого образца. В силу нехватки точности при соединении разрушенных концов, удлинение после разрушения, измеренное описанными в предыдущих параграфах ручными методами, может отличаться от удлинения после разрушения, определяемого экстензометрами.
 2. Процентное удлинение при разрушении можно высчитать непосредственно из данных по удлинению при разрушении и записать вместо процентного удлинения, как высчитано в 13.4.1. Однако эти два параметра не являются взаимозаменяемыми. Использование метода удлинения при разрушении обычно дает более повторяемые результаты.
 3. *Уменьшение площади* – Соедините концы разрушенного образца и измерьте средний диаметр или ширину и толщину в наименьшем поперечном сечении с той же точностью, что и исходные размеры. Разница между полученной таким образом площадью и площадью исходного поперечного сечения, выраженной в проценте исходной площади, является уменьшением площади.

Испытание на загиб

14. Описание

- 14.1 Испытание на загиб является одним методом оценки пластичности, но он не может считаться количественным средством прогнозирования эксплуатационных характеристик в операциях по загибу. Степень испытания на загиб – это в первую очередь функция угла загиба и внутренний диаметр, по которому загибается образец, и поперечное сечение образца. Эти условия варьируются в зависимости от расположения и ориентации испытательного образца и химического состава, свойств при растяжении, твердости, типа и качества указанной стали. Методы проведения испытания можно посмотреть в Методах Испытаний Е 190 и Е 290.
- 14.2 Если не указано иначе, допускается старение образца для испытания на загиб. Используемый цикл времени и температуры должен быть таковым, чтобы эффекты предыдущей обработки материально не менялись. Это можно выполнить путем старения при комнатной температуре в течение от 24 до 48 часов или в течение более короткого времени при умеренно повышенной температуре путем кипячения в воде или нагрева в масле или печи.

14.3 Загните испытательный образец при комнатной температуре по внутреннему диаметру, как определено применимыми спецификациями на изделие, до предусмотренной степени, без сквозного растрескивания по наружной поверхности загнутого участка. Скорость загиба обычно не является важным фактором.

Испытание на твердость

15. Общее

15.1 Испытание на твердость является средством определения сопротивления проникновению и иногда применяется для получения быстрой аппроксимации предела прочности при растяжении. Таблицы 2, 3, 4 и 5 служат для перевода измерений твердости из одной шкалы в другую или для аппроксимации предела прочности при растяжении. Эти переводные величины были получены из созданных компьютером кривых и представлены с точностью до 0.1 деления, чтобы обеспечить точное воспроизводство этих кривых. Все переведенные величины твердости должны считаться приблизительными, однако переведенные числа твердости по Роквеллу необходимо округлять до ближайшего целого числа.

Таблица 2 Приблизительные переводные числа твердости для неаустенитных сталей^A (по Роквеллу С на другие числа твердости)

					Поверхностная твердость по Роквеллу			
Шкала С по Роквеллу, нагрузка 150 кгс, алмазный индентор	Число твердости по Виккерсу	Твердость по Бригеллю, нагрузка 3000 кгс, 10 мм шарик	Твердость по Кнупу, нагрузка 500 гс и более	Шкала А по Роквеллу, нагрузка 60 кгс, алмазный индентор	Шкала 15N, нагрузка 15 кгс, алмазный индентор	Шкала 30N, нагрузка 30 кгс, алмазный индентор	Шкала 45N, нагрузка 45 кгс, алмазный индентор	Приблизительный предел прочности при растяжении, ksi (Мпа)

^A В данной таблице даются приблизительная взаимозависимость величин твердости и приблизительная прочность на растяжение сталей. Возможно, что отношение твердости-прочности на растяжение сталей различных составов и характера обработки будут отличаться от представленных в данной таблице данных. Данные данной таблицы не должны использоваться для аустенитных нержавеющей сталей, но они доказали свою применимость к ферритным и мартенситным нержавеющей сталям. Данные данной таблицы не должны использоваться для установления отношения между величинами твердости и прочности на растяжение нагартованной проволоки. В случае если требуются более точные переводы, они должны создаваться специально для каждого состава стали, термообработки и компонента.

Таблица 3 Приблизительные переводные числа твердости для неаустенитных сталей^А (по Роквеллу В на другие числа твердости)

						Поверхностная твердость по Роквеллу			
Шкала В по Роквеллу, нагрузка 100 кгс, 1/16 дюймовый (1.588 мм) шарик	Число твердости по Виккерсу	Твердость по Бринеллю, нагрузка 3000 кгс, 10 мм шарик	Твердость по Кнупу, нагрузка 500 гс и более	Шкала А по Роквеллу, нагрузка 60 кгс, алмазный индентор	Шкала F по Роквеллу, нагрузка 60 кгс, 1/16 дюймовый (1.588 мм) шарик	Шкала 15Т, нагрузка 15 кгс, 1/16 дюймовый (1.588 мм) шарик	Шкала 30Т, нагрузка 30 кгс, 1/16 дюймовый (1.588 мм) шарик	Шкала 45Т, нагрузка 45 кгс, 1/16 дюймовый (1.588 мм) шарик	Приблизительный предел прочности при растяжении, ksi (Мра)

^А В данной таблице даются приблизительная взаимозависимость величин твердости и приблизительная прочность на растяжение сталей. Возможно, что отношение твердости-прочности на растяжение сталей различных составов и характера обработки будут отличаться от представленных в данной таблице данных. Данные данной таблицы не должны использоваться для аустенитных нержавеющей сталей, но они доказали свою применимость к ферритным и мартенситным нержавеющей сталям. Данные данной таблицы не должны использоваться для установления отношения между величинами твердости и прочности на растяжение нагартованной проволоки. В случае если требуются более точные переводы, они должны создаваться специально для каждого состава стали, термообработки и компонента.

Таблица 4 Приблизительные переводные числа твердости для аустенитных сталей^А (по Роквеллу С на другие числа твердости)

Поверхностная твердость по Роквеллу				
Шкала С по Роквеллу, нагрузка 150 кгс, алмазный индентор	Шкала А по Роквеллу, нагрузка 60 кгс, алмазный индентор	Шкала 15N, нагрузка 15 кгс, алмазный индентор	Шкала 30N, нагрузка 30 кгс, алмазный индентор	Шкала 45N, нагрузка 45 кгс, алмазный индентор

Таблица 5 Приблизительные переводные числа твердости для аустенитных сталей (по Роквеллу В на другие числа твердости)

Поверхностная твердость по Роквеллу						
Шкала В по Роквеллу, нагрузка 100 кгс, 1/16 дюймовый (1.588 мм) шарик	Диаметр вдавливания по Бринеллю, мм	Твердость по Бринеллю, нагрузка 3000 кгс, 10 мм шарик	Шкала А по Роквеллу, нагрузка 60 кгс, алмазный индентор	Шкала 15Т, нагрузка 15 кгс, 1/16 дюймовый (1.588 мм) шарик	Шкала 30Т, нагрузка 30 кгс, 1/16 дюймовый (1.588 мм) шарик	Шкала 45Т, нагрузка 45 кгс, 1/16 дюймовый (1.588 мм) шарик

15.2 *Испытание твердости:*

15.2.1 Если спецификация на изделие допускает альтернативное испытание твердости для определения соответствия установленным требованиям к твердости, должны использоваться приведенные в Таблицах 2, 3, 4 и 5 переводы.

15.2.2 При записи переведенных чисел твердости, измеренная твердость и шкала испытаний должны указываться в круглых скобках, например: 353 НВ (38 HRC). Это означает, что значение твердости 38 было получено, используя шкалу Роквелла С, и переведено в твердость по Бринеллю 353.

16. Испытание твердости по Бринеллю

16.1 *Описание:*

16.1.1 К плоской поверхности испытываемого образца посредством твердого шарика заданного диаметра прилагается установленная нагрузка. Средний диаметр вдавливания используется в качестве базы для вычисления числа твердости по Бринеллю. Отношение прикладываемой нагрузки, деленной на площадь поверхности вдавливания, предпологаемо сферического, называется числом твердости по Бринеллю (НВ) в соответствии со следующим уравнением:

$$НВ = P / [(\pi D / 2)(D - \sqrt{D^2 - d^2})] \quad (4)$$

где:

НВ = число твердости по Бринеллю,

P = прикладываемое усилие, кг-сила,

D = диаметр стального шарика, мм, и

d = средний диаметр вдавливания, мм.

Примечание 11 - число твердости по Бринеллю более удобно получается из стандартных таблиц, таких как Таблица 6, которые показывают числа, соответствующие различным диаметрам вдавливания, обычно с приращением 0.05 мм.

Примечание 12 – В Методе Испытаний Е 10 значения указаны в единицах SI, тогда как в данном разделе используются единицы кг/м.

16.1.2 В стандартном испытании по Бринеллю с использованием 10-мм шарика для твердых материалов применяется усилие 3000-кгс, для тонких сечений или мягких материалов – нагрузка 1500 или 500-кгс (смотри Приложение А2, Стальные Трубчатые Изделия). Если указано, можно использовать другие нагрузки и ин-

денторы иных размеров. При записи величин твердости необходимо указать диаметр шарика и нагрузку, кроме случаев, когда применяется 10-мм шарик и нагрузка 3000-кгс.

- 16.1.3 Диапазон твердости можно точно установить только для закаленного и отпущенного или нормализованного и отпущенного материала. Для отожженного материала следует указать лишь максимальное значение. Для нормализованного материала по соглашению можно установить минимальную или максимальную твердость. В общем, не следует применять требования к твердости к необработанному материалу.
- 16.1.4 Твердость по Бринеллю может требоваться, когда не указаны свойства при растяжении.
- 16.2 *Прибор* – Оборудование должно удовлетворять следующим требованиям:
 - 16.2.1 *Испытательная установка* – Твердомер для измерения твердости по Бринеллю приемлем для использования в диапазоне нагрузок, в пределах которого его прибор измерения нагрузки имеет точность до ± 1 %.
 - 16.2.2 *Измерительный микроскоп* – Деления шкалы микрометра микроскопа или иных измерительных приборов, применяемых для измерения диаметра вдавливания, должны обеспечивать непосредственное измерение диаметра до 0.1 мм и оценку диаметра до 0.05 мм.

Примечание 13 – Данное требование применяется только к конструкции микрометра и не является требованием для измерения вдавливания, смотри 16.4.3.

- 16.2.3 *Стандартный шарик* – Стандартный шарик для испытаний твердости по Бринеллю имеет диаметр 10 мм (0.3937 дюйма), при этом отклонение от данного значения не должно превышать 0.005 мм (0.0004 дюйма) в любом диаметре. Подходящий для использования шарик не должен демонстрировать постоянное изменение в диаметре более 0.01 мм (0.0004 дюйма) при вдавливании в образец с усилием 3000 кгс.
- 16.2.4 *Образец для испытаний* - Испытания твердости по Бринеллю проводятся на подготовленных участках. С поверхности должно удаляться достаточно металла с целью избежания обезуглероженного металла и других поверхностных недостатков. Толщина испытываемого образца должна быть таковой, чтобы на противоположной вдавливанию стороне образца не появилось выпуклости или иных отметок в результате воздействия усилия.
- 16.3 *Процедура:*
 - 16.3.1 Важно, чтобы в применимых спецификациях на изделие четко указывалось, в каких положениях необходимо делать вдавливания на определение твердости по Бринеллю, и требуемое количество таких вдавливания. Расстояние центра вдавливания от кромки образца или кромки другого вдавливания должно быть не менее чем в два с половиной раза больше диаметра вдавливания.
 - 16.3.2 Усилие прилагается в течение минимум 15 с.
 - 16.3.3 Измерьте два диаметра вдавливания под прямыми углами с точностью до 0.1 мм, оцените с точностью до 0.05 мм и округлите с точностью до 0.05 мм. Если два диаметра отличаются более чем на 0.1 мм, отбракуйте показания и сделайте новое вдавливание.

**Таблица 6 Числа твердости по Бринеллю^А
(Шарик диаметром 10 мм, Прилагаемые нагрузки 500, 1500 и 3000 кгс)**

Диаметр вдавливания, мм	Число твердости по Бринеллю			Диаметр вдавливания, мм	Число твердости по Бринеллю			Диаметр вдавливания, мм	Число твердости по Бринеллю			Диаметр вдавливания, мм	Число твердости по Бринеллю		
	нагрузка 500 кгс	нагрузка 1500 кгс	нагрузка 3000 кгс		нагрузка 500 кгс	нагрузка 1500 кгс	нагрузка 3000 кгс		нагрузка 500 кгс	нагрузка 1500 кгс	нагрузка 3000 кгс		нагрузка 500 кгс	нагрузка 1500 кгс	нагрузка 3000 кгс

^А Подготовлено отделом теоретической механики, Институт методики разработки стандартов.

16.3.4 Не используйте стальной шарик для испытания стали с твердостью свыше 450 НВ и карбидный шарик для испытания стали с твердостью свыше 650 НВ. Не рекомендуется проводить испытание твердости по Бринеллю материалов с твердостью более 650 НВ.

1. Если при испытаниях образца используется шарик, предельное значение твердости которого меньше числа твердости по Бринеллю, которое демонстрирует образец, как определено в 16.4.4, шарик должен либо отбраковываться и меняться на новый, либо повторно измеряться для обеспечения соответствия требованиям Метода Испытаний Е 10.

16.5 *Подробная процедура* - Подробные требования к данному испытанию указаны в последней редакции Метода Испытаний Е 10.

17. Испытание твердости по Роквеллу

17.1 *Описание:*

17.1.1 В данном испытании величина твердости получается путем определения глубины проникновения алмазного наконечника или стального шарика в образец при определенных произвольно установленных условиях. Сначала прилагается предварительное усилие 10 кгс, которое вызывает начальное проникновение, устанавливает пенетратор на материал и удерживает его в положении. Основное усилие, которое зависит от используемой шкалы, прилагается, увеличивая глубину вдавливания. Основное усилие снимается и, при все еще действующем предварительном усилии, определяется число твердости по Роквеллу, которое пропорционально разнице проникновения между основным и предварительным усилиями; обычно это выполняется при помощи установки и показывается на индикаторе с круговой шкалой, цифровом дисплее, принтере или ином приборе. Это произвольное число, которое увеличивается с увеличением твердости. Ниже приведены наиболее часто используемые шкалы:

Обозначение шкалы	Пенетратор	Основное усилие	Предварительное усилие
		кгс	кгс
B	1/16-дюймовый стальной шарик	100	10
C	Алмазный индентор	150	10

17.1.2 Твердомеры для проведения испытаний поверхностной твердости по Роквеллу используются для испытания очень тонкой стали или тонких поверхностных слоев. Усилия 15, 30 или 45 кгс прилагаются на отвержденный стальной шарик или алмазный пенетратор для охвата того же диапазона величин твердости, что и для более сильных нагрузок. Шкалы поверхностной твердости следующие:

Обозначение шкалы	Пенетратор	Основное усилие	Предварительное усилие
		кгс	кгс
15T	1/16-дюймовый стальной шарик	15	3
30T	1/16-дюймовый стальной шарик	30	3
45T	1/16-дюймовый стальной шарик	45	3
15N	Алмазный индентор	15	3
30N	Алмазный индентор	30	3
45N	Алмазный индентор	45	3

17.2 *Протоколирование твердости* – При записи величин твердости числа твердости должны всегда предшествовать обозначению шкалы, например: 96 HRB, 40 HRC, 75 HR15N или 77 HR30T.

17.3 *Контрольные плитки* – Для того, чтобы убедиться в том, что твердомеры находятся в хорошем состоянии, они должны проверяться посредством стандартизованных плиток для испытаний твердости по Роквеллу.

17.4 *Подробная процедура* - Подробные требования к данному испытанию указаны в последней редакции Метода Испытаний E 18.

18. Определение твердости посредством переносной испытательной установки

18.1.1 18.1 Хотя предпочтение, как правило, отдается использованию стандартного стационарного твердомера для измерения твердости по Бринеллю или Роквеллу, в силу размера или расположения детали не всегда представляется возможность провести испытание на твердость, используя такое оборудование. В этом случае должно проводиться испытание твердости с использованием переносного оборудования, как описано в Методе A 833 или Методе Испытаний E 110.

Ударные испытания по Шарпи

19. Краткое изложение

19.1 Ударное испытание по Шарпи с V-образным надрезом является динамическим испытанием, в котором надрезанный образец ударяется и ломается одним ударом в специально предназначенной испытательной установке. Измеренными испытательными значениями могут быть поглощенная энергия, процентное сдвиговое разрушение, расширение в поперечном направлении напротив надреза или комбинация перечисленного выше.

19.2 Температуры испытания, отличные от комнатной температуры (температуры окружающей среды), зачастую указываются спецификации на изделие или об-

щих требованиях (в дальнейшем именуемые спецификацией). Хотя температура испытаний иногда имеет отношение к предполагаемой температуре эксплуатации, две температуры не должны быть идентичными.

19.3

20. Значение и использование

20.1 *Характеристика вязкости против характеристики хрупкости* - сплавы с объемно центрированной кубической структурой или ферритные сплавы демонстрируют значительный переход в характеристике при проведении ударных испытаний в диапазоне температур. При температурах выше перехода, образцы для ударных испытаний разрушаются вязким (обычно слиянием микропустот) механизмом, поглощая относительно большие объемы энергии. При низких температурах они разрушаются хрупким способом (обычно отрывом по плоскости спайности), поглощая меньше энергии. В пределах диапазона перехода разрушение, как правило, будет смесью участков вязкого и хрупкого разрушения.

20.2 Диапазон температур перехода от одного типа поведения к другому варьируется в соответствии с испытываемым материалом. Эту характеристику перехода можно определить различными способами для целей спецификации.

20.2.1 Спецификация может потребовать минимальный результат испытаний для поглощенной энергии, вида излома, расширения в поперечном направлении или их комбинации при установленной температуре испытаний.

20.2.2 Спецификация может потребовать определения температуры перехода, при которой поглощенная энергия или вид излома достигает установленного уровня, когда испытание проводится в диапазоне температур.

20.3 Дальнейшая информация по значению ударных испытаний приведена в Приложении A5.

21. Прибор

21.1 *Испытательные установки:*

21.1.1 Установка для ударных испытаний по Шарпи – это установка, в которой надрезанный образец ломается одним ударом свободно раскачивающегося маятника. Маятник отпускается с заданной высоты. Так как высота, на которую поднимается маятник перед качением, и масса маятника известны, энергия удара предопределена. Обеспечивается средство для индикации поглощенной энергии при разрушении образца.

21.1.2 Другой основной чертой установки является крепление (смотри Рис. 10), спроектированное для поддержки образца в виде простой балки в заданном положении. Крепление смонтировано таким образом, что надрезанная лицевая поверхность образца была вертикальна. Маятник ударяет по другой вертикальной лицевой поверхности непосредственно напротив надреза. Размеры опор образца и ударяющей кромки должны соответствовать Рис. 10.

Рисунок 10 Ударное испытание по Шарпи (простая двухопорная балка)

- 8 мм стержень (0.315")
- лезвие маятника
- 0.25 мм стержень (0.010")
- образец
- 1 мм стержень (0.039")
- пята
- образец
- центр удара
- пята

- образец
- центр удара (W/2)
- опора образца
- пята

Все допуски на размеры должны быть в пределах ± 0.05 (0.002 дюйма), если не указано иначе.

Примечание 1 – А должна быть параллельна В в пределах 2:1000 и находиться в одной плоскости с В в пределах 0.05 мм (0.002 дюйма).

Примечание 2 - С должна быть параллельна D в пределах 20:1000 и находиться в одной плоскости с D в пределах 0.125 мм (0.005 дюйма).

Примечание 3 – Шероховатость немаркированных деталей должна составлять 4 μm (125 $\mu\text{in.}$).

21.1.3 Установки для испытаний по Шарпи, используемые для испытаний стали, обычно имеют мощность в диапазоне энергии от 220 до 300 фунт-сила-фут (от 300 до 400 Дж). Иногда используются установки с меньшей мощностью; однако, мощность установки должна в значительной степени превышать поглощенную энергию образцов (смотри Методы Испытаний Е 23). Линейная скорость в точке удара должна быть в диапазоне от 16 до 19 футов/сек (от 4.9 до 5.8 м/с).

21.2 *Температурная среда:*

21.2.1 Для испытания при температурах, отличных от температуры окружающей среды, необходимо предварительно обработать образцы для испытаний по Шарпи в среде при контролируемой температуре.

21.2.2 Низкотемпературными средами обычно являются охлажденные жидкости (такие как вода, лед плюс вода, сухой лед плюс органические растворители или жидкий азот) или охлажденные газы.

21.2.3 Средами повышенной температуры обычно являются нагретые жидкости, такие как минеральные или силиконовые масла. Могут использоваться печи с циркулирующим воздухом.

21.3 *Манипуляторы* – Обычно для удаления образцов из среды и их размещения на пяте используются клещевые захваты, специально адаптированные для того, чтобы подходить к надрезу ударного образца (смотри Методы Испытаний Е 23). В случаях если крепление установки не обеспечивает автоматическую центровку образца, клещевые захваты могут подвергаться точной обработке на станке для обеспечения центрирования.

22. Отбор проб и количество образцов

22.1 *Отбор проб:*

1. заготовки под образец или местоположения испытания.
2. Если спецификацией предусмотрен минимальный средний результат испытаний, должны испытываться три образца.
3. Если по спецификации требуется Местоположение и ориентация испытания должны оговариваться в спецификациях. Если это не оговаривается, расположение и испытания для ковких изделий должно быть таким же, что и для образцов для испытаний на растяжение, а ориентация должна быть продольной с надрезом, расположенным перпендикулярно основной поверхности испытываемого изделия.

22.1.2 *Количество образцов.*

1. Ударное испытание по Шарпи состоит из всех образцов, взятых из отдельной определение температуры перехода, обычно необходимо от восьми до двенадцати образцов.

22.2 *Тип и размер:*

22.2.1 Кроме предусмотренных в 22.2.2 случаев используйте стандартный полноразмерный образец для испытаний по Шарпи с V-образным надрезом (Тип А), как показано на Рис. 11.

22.2.2 *Образцы с недостаточным размером (неполноразмерные образцы).*

1. Для плоских материалов толщиной менее 7/16 дюйма (11 мм), или если ожидается, что поглощенная энергия превысит 80% полной шкалы, используйте стандартные неполноразмерные образцы.

Рисунок 11 Образцы для ударных испытаний по Шарпи (простая двухопорная балка)

(а) стандартный полноразмерный образец

Примечание 1 – Допустимые отклонения должны быть следующими:

Длина надреза до кромки	$90 \pm 2^\circ$
Прилежащие стороны должны быть	$90^\circ \pm 10$ мин.
Размеры поперечного сечения	± 0.075 мм (± 0.003 дюйма)
Длина образца (L)	+ 0, -2.5 мм (+ 0, -0.100 дюйма)
Центровка надреза (L/2)	± 1 мм (± 0.039 дюйма)
Угол надреза	$\pm 1^\circ$
Радиус надреза	± 0.025 мм (± 0.001 дюйма)
Глубина надреза	± 0.025 мм (± 0.001 дюйма)
Требования к шероховатости	2 μ m (63 μ in.) на надрезанной поверхности и противоположной наружной поверхности; 4 μ m (125 μ in.) на двухдругих поверхностях

(b) стандартный неполноразмерный образец

Примечание 2 – в случае неполноразмерных образцов все допуски на размеры для стандартных образцов остаются неизменными, за исключением ширины, которая варьируется, как показано выше, и для которой допуск должен составлять $\pm 1\%$.

2. Для трубчатых материалов, испытываемых в поперечном направлении, если отношение между диаметром и толщиной стенки не позволяет применение полноразмерного образца, используйте стандартные образцы с недостаточным размером или образцы стандартного размера, имеющие кривизну наружного диаметра (OD), согласно следующему:

(1) Образцы стандартного размера и недостаточного размера могут иметь исходную поверхность наружного диаметра трубчатого изделия, как показано на Рис. 12. Все другие размеры должны соответствовать требованиям Рис. 11.

Примечание 14 – Для материалов с уровнем ударной вязкости свыше приблизительно 50 фунт-сила-фут образцы с исходной поверхностью наружного диаметра могут давать значения, превышающие значения, полученные при использовании традиционных образцов для испытаний по Шарпи.

3. Если стандартный полноразмерный образец нельзя подготовить, необходимо подготовить по возможности наибольший стандартный неполноразмерный образец. Образцы должны быть механически обработаны таким образом, чтобы образец не включал материал ближе, чем 0.020 дюйма (0.5 мм) к поверхности.

4. Допуски для стандартных неполноразмерных образцов приведены на Рис. 11. Размеры стандартных неполноразмерных образцов следующие: 10 x 7.5 мм, 10 x 6.7 мм, 10 x 5 мм, 10 x 3.3 мм и 10 x 2.5 мм.

5. Сделайте надрез на узкой лицевой поверхности стандартного неполноразмерного образца таким образом, чтобы надрез был перпендикулярен лицевой поверхности шириной 10 мм.

22.3 *Подготовка надреза* – Механическая обработка надреза является критичной, поскольку было продемонстрировано, что в результате очень незначительных колебаний

радиуса и профиля надреза или следов обработки в донной части надреза результаты испытаний могут быть ошибочными (Смотри Приложение А5).

23. Калибровка

23.1 *Точность и Чувствительность* – Калибровка и настройка установок для проведения ударных испытаний по Шарпи проводится в соответствии с требованиями Методов Испытаний Е 23.

24. Отделка – Регулирование температуры

24.1 Если спецификацией или заказчиком предусматривается специальная температура, контролируйте температуру нагревательной или охлаждающей среды в пределах $\pm 2^\circ\text{F}$ (1°C) так как действие колебаний температуры на результаты испытаний по Шарпи может быть очень значительным.

Примечание 15 – Для некоторых сталей, например, аустенитных, возможно, нет необходимости применения такой ограниченной температуры.

Примечание 16 – Так как температура испытательной лаборатории часто варьируется от 60 до 90°F (от 15 до 32°C), испытание, проводимое при “комнатной температуре” может проводиться при любой температуре, входящей в данный диапазон.

Рисунок 12 Трубчатый образец для ударных испытаний, имеющий исходную поверхность OD

Размер	Описание	Требование
A	Механически обработанная поверхность	28 мм минимум
B	Исходная поверхность OD	13.5 мм максимум
T	Толщина образца	рисунок 11
t	Толщина концов	$\frac{1}{2}$ T минимум

Рисунок 13 Определение процента вязкого разрушения

- надрез
- площадь сдвига (тусклая)
- площадь отрыва по плоскости спайности (блестящая)

Примечание 1 - Измерьте средние размеры A и B с точностью до 0.02 дюйма или 0.5 мм.

Примечание 2 – Определите процент вязкого разрушения, используя Таблицу 7 или Таблицу 8.

Таблица 7 Процент сдвига для измерений, сделанных в дюймах

Примечание 1 – Так как таблица подготовлена для ограниченных измерений или размеров A и B, 100% сдвига должно фиксироваться, когда A или B являются нулевыми.

Размер B, дюймы	Размер A, дюймы

Таблица 8 Процент сдвига для измерений, сделанных в миллиметрах

Примечание 1 – Так как таблица подготовлена для ограниченных измерений или размеров A и B, 100% сдвига должно фиксироваться, когда A или B являются нулевыми.

Размер B, мм	Размер A, мм

Рисунок 14 Карты вида излома и компаратор процента вязкого разрушения

Рисунок 15 Половинки разрушенных образцов для испытаний по Шарпи с надрезом, соединенные для измерения расширения в поперечном направлении, Размер А

Рисунок 16 Прибор для измерения расширения в поперечном направлении для образцов для ударных испытаний по Шарпи

Накладная на материал			
Номер позиции	Количество	Описание	Материал и размер
1	1	Циферблатный узел В стопор 4 x 5/8 x 1/2	Сталь SAE 1015-1020
2	1	Опорная плита 7 x 4 x 3/4	Сталь SAE 1015-1020
3	1	Подушка 6 1/4 x 3 1/2 x 1/16	Резина
4	2	Передняя шляпка соединительной муфты с винтовой резьбой	Сталь 1/4 20 x 1" LG
5	1	Передняя шляпка соединительной муфты с винтовой резьбой	Сталь 1/4 20 x 3/4" LG
6	1	Циферблатный индикатор	(Смотри Примечание 2)

- смотри деталь В
- подушка (3)
- примечание: эти поверхности должны быть в одной и той же плоскости - нахлест на установку
- № 2 starrett контактная точка
- 06 R (тип)
- деталь В (увеличена)
- после монтажа позиций 1 и 2, прикрепите резиновую подушку (позиция 3) к основанию
- деталь А (увеличена)
- просверлить 1/4 - 20 NC – 2
- смотри деталь А
- просверлить (.437) диаметр
- просверлить (.281) диаметр и С - отверстие (.437) диаметр x 31 глубина
- примечания:
 - 1) блестящие элементы хромовой пластины 1 и 2
 - 2) циферблатный индикатор – starrett № 25-241 диапазон .001-.250 колодка с регулируемым движением назад контактная точка № 2

25. Процедура

25.1 Температура:

25.1.1 Предварительно обработайте подлежащие разрушению образцы, выдержав их в среде при температуре испытания в течение не менее 5 минут в жидкой среде и 30 минут в газовой среде.

25.1.2 Перед каждым испытанием поддерживайте температуру клещевых захватов для захвата образца на том же уровне, что и температура образца с тем, чтобы не повлиять на температуру в месте надреза.

25.2 Позиционирование и разрушение образцов:

25.2.1 Аккуратно расположите образец по центру пяты и освободите маятник, чтобы он разрушил образец.

25.2.2 Если маятник не выпускается в течение 5 секунд после удаления образца из среды предварительной обработки, не разрушайте образец. Верните образец в среду предварительной обработки на период времени, предусмотренный в 25.1.1.

25.3 Извлечение образцов – В случае, если необходимо определить вид излома или расширение в поперечном направлении, извлеките совпадающие куски каждого сломанного образца перед разрушением следующего.

25.4 Индивидуальные испытательные значения:

25.4.1 *Энергия удара* – Запишите поглощенную энергию удара с точностью до фунт-сила-фут (Дж).

25.4.2 *Вид излома*:

1. Определите процент площади вязкого разрушения любым из следующих методов:
 - (1) Измерьте длину и ширину хрупкого участка поверхности излома, как показано на Рис. 13, и определите долю вязкой составляющей (процент площади сдвига) по Таблице 7 или 8 в зависимости от единиц измерения.
 - (2) Сравните вид излома образца с картами вида излома, как показано на Рис. 14.
 - (3) Увеличьте поверхность излома и сравните с предварительно калиброванной прозрачной палеткой или измерьте процент площади сдвига в изломе посредством планиметра.
 - (4) Сфотографируйте поверхность излома при соответствующем увеличении и измерьте долю вязкой составляющей в изломе посредством планиметра.
2. Определите индивидуальные значения поверхности излома с точностью до 5 % вязкого излома и запишите значение.

25.4.3 *Расширение в поперечном направлении*:

1. Расширение в поперечном направлении – это увеличение ширины образца, измеренное в тысячных дюйма (мили) на стороне сжатия, против надреза разрушенного образца для испытаний по Шарпи с V-образным надрезом, как показано на Рис. 15.
2. Изучите каждую половину образца для того, чтобы удостовериться в том, что выступы не были повреждены, соприкоснувшись с пятой, посадочной поверхностью установки и т.д. Избавьтесь от таких образцов, так как они могут стать причиной ошибочных показаний.
3. Проверьте стороны образца, перпендикулярные надрезу, чтобы убедиться в том, что во время ударных испытаний на сторонах не образовалось заусенцев. Если есть заусенцы, осторожно удалите их путем затирки наждачным полотном или подобной абразивной поверхностью, удостовераясь в том, чтобы во время удаления заусенцев не стирались измеряемые выступы.
4. Измерьте степень расширения с каждой стороны каждой половины относительно плоскости, определяемой недоформованным участком стороны образца при помощи измерительного прибора, подобно показанному на Рис. 16 и 17.
5. Так как траектория разрушения редко делит точку максимального расширения с обеих сторон образца пополам, сумма больших величин, измеренных для каждой стороны, является величиной испытания. Расположите половинки одного образца таким образом, чтобы стороны сжатия были лицом друг к другу. Используя измерительный прибор, измерьте выступ каждой половины образца, при этом должна измеряться та же самая сторона образца. Измерьте две разрушенные половинки индивидуально. Повторите процедуру по измерению выступов на обратной стороне половинок образца. Наибольшее из двух значений для каждой стороны является расширением данной стороны образца.
6. Измерьте индивидуальные величины расширения в поперечном направлении с точностью до мила (0.025 мм) и запишите эти значения.
7. За исключением приведенных ниже случаев любой образец, который не разделяется на два куска при разрушении одним ударом, должен считаться неразрушенным. Если образец можно разделить усилием, прилагаемым голыми руками, можно считать, что образец был разделен ударом.

26. Интерпретация результатов испытаний

26.1 Если критерий приемки для любого ударного испытания определяется в качестве минимального среднего значения при заданной температуре, результатом испытаний должно быть среднее (среднее арифметическое) индивидуальных значений испытания трех образцов из одного местоположения испытания.

26.1.1 Если оговаривается минимальный средний результат испытания:

1. Результат испытания приемлем, если есть соответствие всему из ниже перечисленного:

- (1) Результат испытания равен или превышает установленное минимальное среднее (приведенное в спецификации),
- (2) Индивидуальное значение испытания не более чем одного образца меньше установленного минимального среднего, и
- (3) Индивидуальное значение испытания любого образца составляет не менее чем две третьих установленного минимального среднего.

2. Если требования к приемке 26.1.1.1 не удовлетворены, проведите одно повторное испытание трех дополнительных образцов из того же местоположения. Каждое индивидуальное значение повторно испытанных образцов должно быть равным или превышать установленное минимальное среднее значение.

26.2 *Испытание, определяющее минимальную температуру перехода:*

26.2.1 *Определение температуры перехода* – Для особых целей температурой перехода является температура, при которой определенное испытательное значение материала равно или превышает установленное минимальное испытательное значение.

26.2.2 *Вычисление температуры перехода:*

1. Разрушите один образец при каждой из ряда температур выше и ниже предполагаемой температуры перехода, используя приведенные в Разделе 25 процедуры. Запишите каждую температуру испытаний с точностью до 1°F (0.5 °C).
2. Нанесите индивидуальные результаты испытаний (фунт-сила-фут или процентный сдвиг) в качестве ординаты, а соответствующую температуру испытания – в качестве абсциссы и постройте оптимальную кривую через нанесенные на графике точки.
3. Если температура перехода указана в качестве температуры, при которой достигается испытательное значение, определите температуру, при которой вычерченная кривая пересекает заданное испытательное значение путем графической интерполяции (экстраполяция не допускается). Запишите данную температуру перехода с точностью до 5°F (3 °C). Если табличные результаты испытаний четко показывают, что температура перехода ниже заданной, нет необходимости наносить данные на график. Запишите самую низкую температуру испытаний, для которой испытательное значение превышает заданное значение.
4. Результат испытания принимается, если вычисленная температура перехода равна или ниже заданного значения.
5. Если вычисленная температура перехода выше заданного значения, но не более чем на 20°F (12 °C), испытайте достаточно образцов в соответствии с Разделом 25 для построения двух дополнительных кривых. Результат испытания принимается, если вычисленная температура обоих дополнительных испытаний равна или ниже установленного значения.

26.2.3 Если разрешено или необходимо использование неполноразмерных образцов, либо и то и другое, измените установленное требование к проведению испытания в соответствии с Таблицей 9 или температуру испытания в соответствии с ASME Правила Эксплуатации Котлов и Сосудов Высокого Давления, Таблица UG-84.2, либо и то и другое. Большие значения энергии или меньшие температуры испытаний могут согласовываться покупателем и поставщиком.

27. Протоколы

27.1 Протоколы испытаний должны содержать следующую информацию, как применимо:

27.1.1 Полное описание испытываемого материала (то есть, номер спецификации, марку, класс или тип, размер, номер плавки).

27.1.2 Ориентацию образца по отношению к оси материала.

27.1.3 Размер образца.

27.1.4 Температуру испытаний и индивидуальное испытательное значение для каждого разрушенного образца, включая первичные и повторные испытания.

27.1.5 Результаты испытаний.

27.1.6 Температуру перехода и критерии для ее вычисления, включая первичные и повторные испытания.

28. Отчет

28.1 В спецификации должна определяться информация, которую необходимо включить в отчет.

29. Ключевые слова

29.1 испытание на загиб; твердость по Бринеллю; ударное испытание по Шарпи; удлинение; температура перехода в хрупкое состояние; испытание на твердость; твердость, определяемая посредством переносной испытательной установки; уменьшение площади; твердость по Роквеллу; предел прочности при растяжении; испытание на растяжение; предел текучести.

Таблица 9 Критерии приемки различных неполноразмерных образцов для испытаний по Шарпи с V-образным надрезом

Полный размер	10 на 10 мм	¾ раз-мера	10 на 7.5 мм	2/3 размера	10 на 6.7 мм	½ раз-мера	10 на 5 мм	1/3 размера	10 на 3.3 мм	¼ раз-мера	10 на 2.5 мм
фунт-сила-фут	[Дж]	фунт-сила-фут	[Дж]	фунт-сила-фут	[Дж]	фунт-сила-фут	[Дж]	фунт-сила-фут	[Дж]	фунт-сила-фут	[Дж]
40	[54]	30	[41]	27	[37]	20	[27]	13	[18]	10	[14]
35	[48]	26	[35]	23	[31]	18	[24]	12	[16]	9	[12]
30	[41]	22	[30]	20	[27]	15	[20]	10	[14]	8	[11]
25	[34]	19	[26]	17	[23]	12	[16]	8	[11]	6	[8]
20	[27]	15	[20]	13	[18]	10	[14]	7	[10]	5	[7]
16	[22]	12	[16]	11	[15]	8	[11]	5	[7]	4	[5]
15	[20]	11	[15]	10	[14]	8	[11]	5	[7]	4	[5]
13	[18]	10	[14]	9	[12]	6	[8]	4	[5]	3	[4]
12	[16]	9	[12]	8	[11]	6	[8]	4	[5]	3	[4]
10	[14]	8	[11]	7	[10]	5	[7]	3	[4]	2	[3]
7	[10]	5	[7]	5	[7]	4	[5]	2	[3]	2	[3]

Приложения (Обязательная информация)

A1. Изделия сортового проката из стали

A1.1 Сфера хвата

A1.1.1 Это приложение определяет только те детали, которые являются специфичными для горячекатаных и холоднотянутых стальных стержней или прутков и которые не охвачены в общем разделе данных методов испытаний.

A1.2 Ориентация образцов для испытаний

Сортовой прокат из углеродистой и легированной стали и сечения сортового проката в силу относительно небольших размеров поперечного сечения обычно испытываются в продольном направлении. В особых случаях, если позволяет размер, и изготовление или обслуживание детали оправдывает испытание в поперечном направлении, выбор и местоположение испытания или испытаний являются предметом согласования между изготовителем и покупателем.

A1.3 Испытание на растяжение

A1.3.1 *Сортовой прокат из углеродистой стали* - сортовой прокат из углеродистой стали обычно не указывается в требованиях к испытаниям на растяжение в состоянии непосредственно после прокатки для круглого, квадратного, шестигранного и восьмигранного профиля диаметром или с расстоянием между параллельными наружными поверхностями менее ½ дюйма (13 мм), а также для других профильных сечений, кроме полосового проката, менее 1 дюйма² (645 мм²) в площади поперечного сечения.

A1.3.2 *Сортовой прокат из легированной стали* - Сортовой прокат из легированной стали обычно не испытывается в состоянии непосредственно после прокатки.

A1.3.3 Если указаны испытания на растяжение, метод отбора образцов для горячекатаных и холоднотянутых стальных стержней или прутков различных размеров должен соответствовать Таблице A1.1, если в спецификации на изделие не указано иначе.

A1.4 Испытание на загиб

A1.4.1 Если указаны испытания на загиб, рекомендуемая методика для горячекатаных и холоднотянутых стальных стержней или прутков различных размеров должна соответствовать Таблице A1.2.

A1.5 Испытание на твердость

A1.5.1 *Испытания сортового проката на твердость* - полосовой прокат, круглые, квадратные, шестигранные и восьмигранные профили – проводится на поверхности после минимального удаления 0.015 дюйма с целью обеспечения точной степени твердости.

Таблица A1.1 Методика отбора образцов для испытаний на растяжение для сортового проката из стали

Примечание 1 –В случаях, когда трудно определить площадь поперечного сечения сортового проката путем простого измерения, площадь в квадратных дюймах может быть высчитана путем деления массы на линейный дюйм образца в фунтах на 0.2833 (масса 1 дюйма³ стали), либо путем деления массы на линейный фут образца на 3.4 (масса стали 1 дюйм в квадрате и 1 фут длиной).

Толщина, дюймы (мм)	Ширина, дюймы (мм)	Горячекатаные прутки	Холодотянутые прутки
полосовой прокат			
Менее 5/8 (16)	До 1 ½ (38), вкл.	Полное сечение на 8-дюймовую (203-мм) базовую длину (Рис. 4).	Обработайте фрезой уменьшенное сечение до 2-дюймовой (51 мм) базовой длины и приблизительно на 25% меньше ширины образца.
	Свыше 1 ½ (38)	Полное сечение, или обработайте фрезой до 1 ½ дюймовой (38 мм) ширины на 8-дюймовую (203 мм) базовую длину (Рис. 4).	Обработайте фрезой уменьшенное сечение до 2-дюймовой (51 мм) базовой длины и 1 ½ дюймовой ширины.
От 5/8 до 1 ½ (от 16 до 38), не вкл.	До 1 ½ (38), вкл.	Полное сечение на 8-дюймовую базовую длину или механически обработайте стандартный образец ½ на 2-дюймовую (13 на 51 мм) базовую длину из центра сечения (Рис. 5)	Обработайте фрезой уменьшенное сечение до 2-дюймовой (51 мм) базовой длины и приблизительно на 25% меньше ширины образца или механически обработайте стандартный образец ½ на 2-дюймовую (13 на 51 мм) базовую длину из центра сечения (Рис. 5).
	Свыше 1 ½ (38)	Полное сечение или обработайте фрезой 1 ½ (38 мм) дюймовую ширину на 8-дюймовую (203 мм) базовую длину (Рис. 4) или механически обработайте стандартный образец ½ на 2-дюймовую (13 на 51 мм) базовую длину из середины между кромкой и центром сечения (Рис. 5).	Обработайте фрезой уменьшенное сечение до 2-дюймовой базовой длины и 1 ½ дюймовой ширины или механически обработайте стандартный образец ½ на 2-дюймовую базовую длину из середины между кромкой и центром сечения (Рис. 5).
1 ½ (38) и более		Полное сечение на 8-дюймовую (203 мм) базовую длину или механически обработайте стандартный образец ½ на 2-дюймовую (13 на 51 мм) базовую длину из середины между поверхностью и центром (Рис. 5).	Механически обработайте стандартный образец ½ на 2-дюймовую (13 на 51 мм) базовую длину из середины между поверхностью и центром (Рис. 5).
Круглые, квадратные, шестигранные и восьмигранные профили			
Диаметр или расстояние между параллельными наружными поверхностями, дюймы (мм)	Горячекатаные прутки		Холодотянутые прутки
Менее 5/8	Полное сечение на 8-дюймовую (203 мм) базовую длину или механически обработайте до неполноразмерного образца (Рис. 5).		Механически обработайте до неполноразмерного образца (Рис. 5).

От 5/8 до 1 ½ (от 16 до 38), не вкл.	Полное сечение на 8-дюймовую (203 мм) базовую длину или механически обработайте стандартный образец ½ на 2-дюймовую (13 на 51 мм) базовую длину из центра сечения (Рис. 5).	Механически обработайте стандартный образец ½ на 2-дюймовую (13 на 51 мм) базовую длину из центра сечения (Рис. 5).
1 ½ (38) и более	Полное сечение на 8-дюймовую (203 мм) базовую длину или механически обработайте стандартный образец ½ на 2-дюймовую (13 на 51 мм) базовую длину из середины между поверхностью и центром сечения (Рис. 5).	Механически обработайте стандартный образец ½ на 2-дюймовую (13 на 51 мм) базовую длину из середины между поверхностью и центром сечения (Рис. 5).
Сортовой прокат другого сечения		
Все размеры	Полное сечение на 8-дюймовую (203 мм) базовую длину или подготовьте образец 1 ½ дюйма (38 мм) шириной (если возможно) на 8-дюймовую (203 мм) базовую длину.	Обработайте фрезой уменьшенное сечение до 2-дюймовой (51 мм) базовой длины и приблизительно на 25% меньше ширины образца.

Таблица A1.2 Рекомендованная практика отбора образцов для испытаний на загиб для сортового проката из стали

Полосовой прокат		
Толщина, дюймы (мм)	Ширина, дюймы (мм)	Рекомендуемый размер
До ½ (13), вкл.	До ¾ (19), вкл. Свыше ¾ (19)	Полное сечение. Полное сечение или механически обработайте до ширины не менее ¾ дюйма (19 мм) на толщину образца.
Свыше ½ (13)	Все	Полное сечение или механически обработайте до образца 1 на ½ дюйма (25 на 13 мм) из середины между центром и поверхностью.
Круглые, квадратные, шестигранные и восьмигранные профили		
Диаметр или расстояние между параллельными наружными поверхностями, дюймы (мм)	Рекомендуемый размер	
До 1 ½ (38), вкл. Свыше 1 ½ (38)	Полное сечение. Механически обработайте до образца 1 на ½ дюйма (25 на 13 мм) из середины между центром и поверхностью.	

A2. Трубчатые изделия из стали

A2.1 Сфера охвата

A2.1.1 Это приложение распространяется на образцы для испытаний и методики испытаний, применимые к трубчатым изделиям и не охваченные в общем разделе Методов Испытаний и Определений А 370.

A2.1.2 Трубчатые формы, на которые распространяется данная спецификация, включают круглые, квадратные, прямоугольные и специальные формы.

A2.2 Испытание на растяжение

A2.2.1 Полноразмерные продольные образцы для испытаний:

A2.2.1.1 В качестве альтернативы использованию продольных полосовых образцов или продольных круглых образцов, применяются образцы полноразмерных трубчатых сечений для испытаний на растяжение, при условии что испытательное оборудование имеет достаточную мощность. В конце таких трубчатых образцов на достаточно большое расстояние должны быть вставлены металлические заглушки со скользящей посадкой, чтобы обеспечить захват образцов захватами испытательной установки без разрушения. Конструкция, которую можно использовать для таких заглушек, показана на Рис. A2.1. Заглушки не должны заходить в ту часть образца, на которой измеряется удлинение (Рис. A2.1). Следует следить за тем, чтобы, насколько это осуществимо, нагрузка в таких случаях прилагалась в осевом направлении. Длина образца полного сечения зависит от базовой длины, предусмотренной для измерения удлинения.

A2.2.1.2 Если иначе не требуется спецификацией на изделие, базовая длина составляет 2 дюйма или 50 мм, кроме труб с наружным диаметром 3/8 дюйма (9.5 мм) или менее, в случае которых обычно используется базовая длина, равная четырем наружным диаметрам, когда требуется удлинение, сопоставимое с удлинением, полученным в случае образцов большего размера.

A2.2.1.3 Для определения площади поперечного сечения образца полного сечения, измерения должны записываться в качестве среднего значения или средней величины между наибольшим и наименьшим измерениями наружного диаметра и среднего значения или средней величины толщины стенки, с точностью до 0.001 дюйма (0.025 мм), а площадь поперечного сечения определяется по следующему уравнению:

$$A = 3.1416_t(D - t) \quad (A2.1)$$

где:

A = площадь поперечного сечения, дюйм²

D = наружный диаметр, дюймы, и

t = толщина стенки трубы, дюймы

Примечание A2.1 – Существуют другие методы определения площади поперечного сечения, такие как взвешивание образцов, которые имеют такую же точность или которые соответствуют цели.

Рисунок A2.1 Металлические заглушки для испытаний трубчатых образцов, соответствующее расположение заглушек в образцах и образцов в головках испытательной установки

- базовая длина
- захваты испытательной установки не должны заходить за этот предел.

A2.2.2 Продольные полосовые образцы:

A2.2.2.1 В качестве альтернативы использованию полноразмерных продольных образцов или продольных круглых образцов, применяются продольные полосовые образцы, полученные из полос, вырезанных из трубчатого изделия, как показано на Рис. A.2.3. Для сварных конструкционных труб такие образцы для испытаний должны браться из положения не менее 90° от сварного шва; для других сварных трубчатых изделий такие образцы должны браться из положения приблизительно 90° от сварного шва. Если иначе не требуется спецификацией на изделие, базовая длина составляет 2 дюйма или 50 мм. Образцы должны испытываться с использованием плоских захватов или захватов, контур поверхности которых соответствует кривизне трубчатого изделия, или концы образца должны быть сплюснены без нагрева перед испытанием образца с использованием плоских захватов. Должен использоваться образец, показанный на Рис. 3 под номером 4, если мощность испытательного оборудования или размеры и характер испытываемого трубчатого изделия не вызывает необходимость использования образца № 1, 2 или 3.

Примечание А2.2 – Точная формула для вычисления площади поперечного сечения образцов показанного на Рис. А2.3 типа, взятого из круглой трубы, приведена в Методах Испытаний Е 8 или Е 8М.

Рисунок А2.2 Расположение продольных образцов для испытаний на растяжение в кольцах, вырезанных из трубчатых изделий.

Примечание – Кромки заготовки для образца должны быть вырезаны параллельно друг другу.

А2.2.2.2 Ширина должна измеряться с каждого конца базовой длины, чтобы определить параллелизм, а также в центре. Толщину следует измерять в центре и использовать с центральным измерением ширины для определения площади поперечного сечения. Размер центральной ширины следует записывать с точностью до 0.005 дюйма (0.127 мм), а измерение толщины – с точностью до 0.001 дюйма.

А2.2.3 Поперечные полосовые образцы для испытаний:

А2.2.3.1 В общем, не рекомендуется проводить испытания на растяжение на трубчатых изделиях, номинальный диаметр которых менее 8 дюймов. Если требуется, поперечные образцы для испытаний на растяжение могут браться из колец, вырезанных из концов труб, как показано на Рис. А2.4. Сплющивание образца может осуществляться либо после отделения его от трубы, как на Рис. А2.4 (а), либо до его отделения, как на Рис. А2.4 (б), и в холодном или горячем состоянии; но если сплющивание осуществляется в холодном состоянии, образец может впоследствии нормализоваться. Образцы от труб, для которых предусмотрена термообработка, после сплющивания в холодном или горячем состоянии, должны подвергаться той же обработке, что и трубы. Для труб с толщиной стенки менее $\frac{3}{4}$ дюйма (19 мм), поперечный образец для испытаний должен иметь форму и размеры, указанные на Рис. А2.5 и одна из или обе поверхности могут быть механически обработаны для обеспечения равномерной толщины. Образцы для испытаний сварных стальных труб на растяжение в поперечном направлении для определения прочности сварных швов должны располагаться перпендикулярно сварным швам и иметь шов приблизительно в середине своей длины.

А2.2.3.2 Ширина должна измеряться с каждого конца базовой длины для определения параллелизма, а также в центре. Толщина должна измеряться в центре и использоваться с центральным измерением ширины для определения площади поперечного сечения. Размер центральной ширины следует записывать с точностью до 0.005 дюйма (0.127 мм), а измерение толщины – с точностью до 0.001 дюйма (0.025 мм).

А2.2.4 Круглые образцы для испытаний:

А2.2.4.1 Если предусмотрено в спецификации на изделие, могут использоваться круглые образцы для испытаний, показанные на Рис. 4.

А2.2.4.2 Диаметр круглого образца измеряется в центре образца с точностью до 0.001 дюйма (0.025 мм).

А2.2.4.3 Образцы малого размера, пропорциональные стандартным, как показано на Рис. 4, могут использоваться, когда необходимо испытать материал, из которого невозможно подготовить стандартный образец. Могут применяться другие размеры малоразмерных образцов. В случае любого такого образца малого размера важно, чтобы базовая длина для измерения удлинения была равна четырем диаметрам образца (смотри Примечание 4, Рис. 4). Требования к удлинению для круглых образцов 2-дюймовой базовой длины в спецификации на изделие должны применяться к образцам малого размера.

А2.2.4.4 Для поперечных образцов сечение, из которого берется образец, не должно быть сплющено или деформировано иным способом.

А2.2.4.5 Продольные образцы для испытаний берутся из полос, вырезанных из трубчатого изделия, как показано на Рис. А2.2.

А2.3 Определение предела текучести в поперечном направлении, метод гидравлического кольцевого расширения

A2.3.1 Испытания на твердость проводятся на наружной поверхности, внутренней поверхности или поперечном сечении стенки, в зависимости от ограничений спецификации на изделие. Для получения точных величин твердости может потребоваться подготовка поверхности.

A2.3.2 Испытательная установка и метод для определения поперечного предела текучести кольцевого образца были разработаны и описаны в A2.3.3-8.1.2.

A2.3.3 Схематический чертеж вертикального поперечного сечения испытательной установки показан на Рис A2.6.

A2.3.4 При определении поперечного предела текучести на данной установке используется короткий кольцевой испытательный образец (обычно 3 дюйма (76 мм) длиной). После того как большая круглая гайка убирается из установки, определяется толщина стенки кольцевого образца и образец вдвигается по маслонепроницаемой резиновой прокладке. Затем гайка меняется, но не загибается плотно к образцу. Между гайкой и образцом остается небольшой зазор в целях обеспечения свободного радиального движения образца по мере его испытания. Затем внутрь резиновой прокладки подается масло под давлением через напорную линию под контролем соответствующего клапана. Точно калиброванный манометр служит для измерения давления масла. Любой воздух в системе удаляется через спускной трубопровод. По мере увеличения давления масла резиновая прокладка расширяется, что в свою очередь оказывает воздействие на образец по окружности. По мере нарастания давления контактные кромки прокладки выступают в качестве уплотнения для предотвращения протекания масла. При продолжающемся увеличении давления кольцевой образец подвергается растягивающему напряжению и удлиняется соответственно. Вся наружная окружность кольцевого образца считается базовой длиной, и деформация измеряется подходящим экстензометром, который будет описан позже. Когда на экстензометре достигается общая деформация или удлинение под давлением, считывается давление масла в фунтах на квадратный дюйм и, используя формулу Барлоу, высчитывается удельный предел текучести. Определяемый таким образом предел текучести является правильным результатом, так как испытательный образец не был деформирован в холодном состоянии путем сплющивания и близко приближается к тем же условиям, что и трубчатое сечение, из которого он вырезается. Далее испытание непосредственно моделирует условия эксплуатации в трубопроводах. Один блок испытательной установки может применяться для нескольких разных размеров труб путем использования подходящих резиновых прокладок и адаптеров.

Примечание A2.3 - Формула Барлоу может приводиться двумя способами:

$$(1) P = 2St/D \quad (A2.2)$$

$$(2) S = PD/2t \quad (A2.3)$$

где:

P – внутреннее гидростатическое давление, psi,

S – удельное напряжение по окружности в стенке трубки, вызванное внутренним гидростатическим давлением, psi,

t - толщина стенки трубки, дюймы, и

D – наружный диаметр трубки, дюймы.

Рисунок A2.3 Размеры и допуски для продольных полосовых образцов для испытаний на растяжение для трубчатых изделий

- D уменьшенное сечение
- 3 дюйма мин.
- C базовая длина
- Пруток 1 дюйм мин.

РАЗМЕРЫ

Образец №	Размеры, дюймы			
	A	B	C	D
1	$\frac{1}{2} \pm 0.015$	11/16 приблизительно	2 ± 0.015	2 ¼ мин
2	$\frac{3}{4} \pm 0.031$	1 приблизительно	2 ± 0.015	2 ¼ мин
3	1 ± 0.062	1 ½ приблизительно	4 ± 0.015	4 ½ мин
			2 ± 0.015	2 ¼ мин
4	$1 \frac{1}{2} \pm 1/8$	2 приблизительно	4 ± 0.015	4 ½ мин
			2 ± 0.015	2 ¼ мин
			4 ± 0.015	4 ½ мин
			8 ± 0.015	9 мин

Примечание 1 – Площадь поперечного сечения можно рассчитать умножив A и t.

Примечание 2 – Размер t - это толщина испытательного образца, предусмотренная применимыми спецификациями на материал.

Примечание 3 – Уменьшенное сечение должно быть параллельно в пределах 0.010 дюйма и может иметь постепенное сужение ширины от концов к центру, при этом концы не более чем на 0.010 дюйма шире центра.

Примечание 4 – Концы образца должны быть симметричны осевой линии уменьшенного сечения в пределах 0.10 дюйма.

Примечание 5 – Метрический эквивалент: 1 дюйм = 25.4 мм.

Примечание 6 – Образцы со сторонами, параллельными по всей своей длине, разрешены, кроме контрольных испытаний, при условии, что: (а) применяются вышеуказанные допуски; (б) для определения удлинения представлено адекватное количество отметок; (с) если определяется предел текучести, используется подходящий экстензометр. Если происходит разрушение на расстоянии менее 2A от кромки захватного прибора, определяемые свойства при растяжении могут не являться репрезентативными для материала. Если свойства удовлетворяют минимальным установленным требованиям, дальнейшее испытание не требуется, но если они меньше минимальных требований, отбракуйте результаты и проведите повторное испытание.

Рисунок A2.4 Расположение поперечных образцов для испытаний на растяжение в кольце, вырезанном из трубчатых изделий.

Рисунок A2.5 Поперечные образцы для испытаний на растяжение, обработанные механически из колец, вырезанных из трубчатых изделий.

- приблизительно 2"
- уменьшенное сечение 2 ¼ " мин
- 3" мин
- прутки 1" мин
- 2.000" ± 0.005" базовая длина

Примечание 1 - Размер t - это толщина испытательного образца, предусмотренная применимыми спецификациями на материал.

Примечание 2 – Уменьшенное сечение должно быть параллельно в пределах 0.010 дюйма и может иметь постепенное сужение ширины от концов к центру, при этом концы не более чем на 0.010 дюйма шире центра.

Примечание 3 – Концы образца должны быть симметричны осевой линии уменьшенного сечения в пределах 0.10 дюйма.

Примечание 4 – Метрический эквивалент: 1 дюйм = 25.4 мм.

A2.3.5 Экстензометр с роликовой цепью, подходящий для измерения удлинения кольцевого образца, показан на Рис. A2.7 и Рис. A2.8. На Рис. A2.7 показан экстензометр в положении, но в разжатом состоянии, на кольцевом образце. Небольшая шпилька, через которую передается и измеряется циферблатным индикатором деформация, проходит через полый резьбовой стержень. Когда экстензометр зажат, как показано на Рис. A2.8, требуемое растягивающее усилие, которое необходимо для удержания инструмента на месте и удаления какого-либо провисания, приводится в действие на роликовой цепи пружиной. Напряжение на пружине может регулироваться, как требуется, при помощи винта с накачанной головкой. Удаляя или добавляя ролики, роликовую цепь можно приспособлять для разных размеров трубчатых сечений.

A2.4 Испытания на твердость

A2.4.1 Испытания на твердость проводятся на наружной или внутренней поверхности на концах трубы, как применимо.

A2.4.2 Стандартная 3000-кгс нагрузка по Бринеллю может вызвать слишком большую деформацию в тонкостенном трубчатом образце. В этом случае должна прилагаться 500-кгс нагрузка или следует использовать внутреннее придание жесткости посредством внутренней пяты. Испытание по Бринеллю не должно применяться к трубчатым изделиям с наружным диаметром менее 2 дюймов (51 мм) или с толщиной стенки менее 0.200 дюйма (5.1 мм).

A2.4.3 Испытания твердости по Роквеллу обычно проводятся на внутренней поверхности, плоскости на наружной поверхности или поперечном сечении стенки в зависимости от ограничений для изделия. Испытания твердости по Роквеллу не проводятся на трубах с наружным диаметром менее 5/16 дюйма (7.9 мм) или на внутренних поверхностях труб с внутренним диаметром менее ¼ дюйма (6.4 мм). Испытания твердости по Роквеллу не проводятся на отожженных трубах с толщиной стенки менее 0.065 дюйма (1.65 мм) или деформированных в холодном состоянии или термообработанных трубах с толщиной стенки менее 0.049 дюйма (1.24 мм). Для труб с толщиной стенки менее значений толщины стенки, позволяющих проводить обычные испытания твердости по Роквеллу, иногда происходит замена на испытание поверхностной твердости по Роквеллу. Показания твердости по Роквеллу в поперечном направлении могут браться на трубах с толщиной стенки 0.187 дюйма (4.75 мм) или более. Кривизна и толщина стенки образца накладывают ограничения на испытание твердости по Роквеллу. Если проводится сравнение измерений твердости на наружной поверхности и на внутренней поверхности, потребуются корректировка показаний для компенсации эффекта кривизны. Шкала твердости В по Роквеллу используется для всех материалов с ожидаемым диапазоном твердости от В0 до В100. Шкала твердости С по Роквеллу используется для материалов с ожидаемым диапазоном твердости от С20 до С68.

A2.4.4 Испытания поверхностной твердости по Роквеллу обычно проводятся на наружной поверхности, когда это возможно, и когда нет чрезмерного отскакивания. Иначе, испытания могут проводиться на внутренней поверхности. Испытания поверхностной твердости по Роквеллу не должны проводиться на трубах с внутренним диаметром менее ¼ дюйма (6.4 мм). Ограничения по толщине стенки для испытания поверхностной твердости по Роквеллу приведены в Таблице A2.1 и Таблице A2.2.

A2.4.5 Если наружный диаметр, внутренний диаметр или толщина стенки исключает получение точных величин твердости, трубчатые изделия должны определяться в свойствах на растяжение и таким образом испытываться.

A2.5 Манипулирующие испытания

A2.5.1 Для проверки вязкости определенных трубчатых изделий проводятся следующие испытания:

A2.5.1.1 *Испытание на сплющивание* – Испытание на сплющивание, обычно проводимое на вырезанных из трубчатых изделий образцах, выполняется путем сплющивания вырезанных из трубы колец до предусмотренной степени между параллельными пластинами (Рис. A2.4). Степень сложности испытания определяется по расстоянию между параллельными пластинами и варьируется в соответствии с размерами трубы. Образец для испытания на сплющивание должен быть не менее 2 ½ дюйма (63.5 мм) длиной. Образец должен сплющиваться в холодном состоянии до степени, предусмотренной применимыми спецификациями на материал.

A2.5.1.2 *Испытание на реверсивное(обратное)сплющивание* – Испытание на реверсивное сплющивание предназначено в первую очередь для применения в случаях электросварных труб для обнаружения недостаточного проплавления или нахлестов в результате снятия грата сварного шва. Образец состоит из длины трубы приблизительно 4 дюйма (102 мм)

длиной, который разделен продольно, по 90° с каждой стороны сварного шва. Затем образец открывается и сплющивается, при этом шов находится в точке максимального загиба (Рис. А2.9).

А2.5.1.3 Испытание на раздавливание – Испытание на раздавливание, которое иногда называют испытанием на осадку, обычно проводится на котельных и других напорных трубах, для оценки вязкости (Рис. А2.10). В качестве образца берется вырезанное из трубы кольцо приблизительно $2\frac{1}{2}$ дюйма (63.5 мм) длиной. Он помещается на конец и раздавливается кувалдой или прессом в продольном направлении на расстояние, предусмотренное применимыми спецификациями на материал.

А2.5.1.4 Испытание труб на отбортовку – испытание труб на отбортовку предназначено для определения вязкости котельных труб и их способности выдерживать операцию загиба в трубный лист. Испытание проводится на кольце, вырезанном из трубы, обычно не менее 4 дюймов (100 мм) длиной и состоит в том, что фланец переворачивается под прямыми углами к телу трубы на ширину, предусмотренную применимыми спецификациями на материал. Для выполнения этого испытания рекомендуется использовать раздающий инструмент и штамп, показанные на Рис. А2.11.

А2.5.1.5 Испытание на раздачу трубы – Для определенных типов напорных труб проводится испытание, альтернативное испытанию труб на отбортовку. Это испытание состоит в том, что коническая оправка с уклоном 1 к 10, как показано на Рис. А2.12 (а) или 60° прилежащим углом, как показано на Рис. А2.12 (b) вколачивается в вырезанное из трубы сечение, приблизительно 4 дюйма (100 мм) длиной, и, таким образом, образец раздается до тех пор, пока внутренний диаметр не увеличится до предусмотренной применимыми спецификациями на материал степени.

А2.5.1.6 Испытание на загиб – Для используемых для намотки труб, размерами 2 дюйма и менее, с целью определения вязкости и бездефектности сварного шва проводится испытание на загиб. В этом испытании достаточная длина полноразмерной трубы загибается в холодном состоянии на 90° вокруг цилиндрической оправки диаметром, в 12 раз превышающим номинальный диаметр трубы. Для плотной намотки труба загибается в холодном состоянии на 180° вокруг оправки диаметром, в 8 раз превышающим номинальный диаметр трубы.

А2.5.1.7 Испытание сварных швов на загиб с оправкой в поперечном направлении – Это испытание на загиб используется для определения вязкости швов, полученных сваркой оплавлением. Используемые образцы имеют ширину приблизительно $1\frac{1}{2}$ дюйма (38 мм), длину не менее 6 дюймов (152 мм) и сварной шов в центре. Они механически обработаны в соответствии с Рис. А2.13 в случае испытаний на загиб с растяжением внешней и обратной стороны шва, и в соответствии с Рис. А2.14 в случае испытаний на боковой загиб. Размеры плунжера должны соответствовать размерам, приведенным на Рис. А2.15, а другие размеры приспособления для испытаний на загиб должны быть в значительной степени такими же, что и приведенные на том же рисунке размеры. Испытание должно проходить с использованием образца для испытаний на загиб с растяжением внешней стороны шва и образца для испытаний на загиб с растяжением обратной стороны шва, либо двух образцов для испытаний на боковой загиб. При испытаниях на загиб с растяжением внешней стороны шва происходит загиб внутренней поверхности трубы на плунжер; при испытаниях на загиб с растяжением обратной стороны шва происходит загиб наружной поверхности трубы на плунжер; при испытаниях на боковой загиб загиб происходит таким образом, чтобы одна из боковых поверхностей стала выпуклой поверхностью образца для испытаний на загиб.

- (а) Провал испытания на загиб зависит от появления трещин на участке загиба, от характера и размера, описанных в спецификациях на изделия.

Рисунок А2.6 Испытательная установка для определения предела текучести кольцевых образцов в поперечном направлении

- испытательный образец
- линия продувки воздуха
- гайка
- резиновая прокладка

Рисунок А2.7 Экстензометр с роликовой цепью, разжатое состояние

Рисунок А2.8 Экстензометр с роликовой цепью, зажатое состояние

Таблица А2.1 Ограничения по толщине стенки испытаний поверхностной твердости отожденных или пластичных материалов для трубчатых изделий из стали^А (Шкала “Т” (1/16-дюймовый шарик))

Толщина стенки, дюймы (мм)	Усилие, кгс
Свыше 0.050 (1.27)	45
Свыше 0.035 (0.89)	30
0.020 и более (0.51)	15

^А Обычно используется наибольшее рекомендуемое для заданной толщины стенки усилие.

Таблица А2.2 Ограничения по толщине стенки испытаний поверхностной твердости деформированного в холодном состоянии или термообработанного материала для трубчатых изделий из стали^А (Шкала “N” (алмазный индентор))

Толщина стенки, дюймы (мм)	Усилие, кгс
Свыше 0.035 (0.89)	45
Свыше 0.025 (0.51)	30
0.015 и более (0.38)	15

^А Обычно используется наибольшее рекомендуемое для заданной толщины стенки усилие.

Рисунок А2.9 Испытание на реверсивное сплющивание

Рисунок А2.10 Образец для испытания на раздавливание

Рисунок А2.11 Раздающий инструмент и штамп для испытания на отбортовку

Примечание 1 – Метрический эквивалент: 1 дюйм = 25.4 мм.

Раздающий инструмент

A = Наружный диаметр трубы менее 5/8”

B = Наружный диаметр трубы менее 3/8”

C = Наружный диаметр трубы плюс 3/16”

Штамп

- положение после использования раздающего инструмента
- 1/32” пруток
- положение после использования рихтовального молота
- вкладыши
- A = Наружный диаметр трубы плюс 1/32”

Рисунок А2.12 Конические оправки для испытания на раздачу трубы

- уклон 1 к 10
- 60° прилежащий угол

Рисунок А2.13 Образцы для испытаний на загиб в поперечном направлении с растяжением внешней и обратной стороны шва

Примечание 1 - Метрический эквивалент: 1 дюйм = 25.4 мм.

- Образец для испытаний на загиб с растяжением внешней стороны шва
- Образец для испытаний на загиб с растяжением обратной стороны шва

Рисунок А2.14 Образец для испытаний на боковой загиб для черных металлов

- если вырезан посредством газопламенной резки, то не менее 1/8” должно механически обрабатываться от краев
- от 3/8 до 1 1/2
- смотри примечание

Если t превышает 1 1/2, используйте один из следующих вариантов:

1. Сделайте надрез вдоль линии, отмеченной стрелой. Кромка может быть обрезана газопламенной резкой и может быть механически обработана или не обработана.
2. Образцы могут резаться на приблизительно равные полоски шириной между $\frac{3}{4}$ дюйма и $1\frac{1}{2}$ дюйма для испытания или образцы могут загибаться на полную ширину (смотри требования по ширине приспособления для испытаний на загиб, Рис. 32).

Примечание 1 - Метрический эквивалент: 1 дюйм = 25.4 мм.

Рисунок A2.15 Приспособление для испытаний на загиб с оправкой

Толщина испытательного образца, дюймы	A	B	C	D	
$\frac{3}{8}$ t	$1\frac{1}{2}$ 4t	$\frac{3}{4}$ 2t	$2\frac{3}{8}$ $6t + \frac{1}{8}$	$1\frac{3}{16}$ $3t + \frac{1}{16}$	
					Материал
$\frac{3}{8}$ t	$2\frac{1}{2}$ $6\frac{2}{3}t$	$1\frac{1}{4}$ $3\frac{1}{3}t$	$3\frac{3}{8}$ $8\frac{2}{3}t + \frac{1}{8}$	$1\frac{11}{16}$ $4\frac{1}{2}t + \frac{1}{16}$	Материалы с установленным минимальным пределом прочности на растяжение 95 ksi или более.

A3. Стальные крепежные детали

A3.1 Сфера охвата

A3.1.1 Это приложение охватывает определения и методики испытаний, которые применимы к стальным крепежным деталям, на которые не распространяется общий раздел Методов Испытаний и Определений A 370. Стандартные испытания, предусмотренные отдельными спецификациями на изделие, должны проводиться согласно общему разделу данных методов.

A3.1.2 Данные испытания приведены для облегчения проведения испытаний контроля качества продукции и приемочных испытаний посредством определенных более точных испытаний, которые должны применяться для арбитража в случае разногласий по результатам испытаний.

A3.2 Испытания на растяжение

A3.2.1 Предпочтительно, чтобы болты испытывались в полный размер, и обычно при таком испытании болтов указывается минимальная предельная нагрузка в фунтах, нежели минимальный предел прочности в фунтах на квадратный дюйм. В качестве минимальной длины болта установлен тройной номинальный диаметр болта, при условии испытаний, описанных в оставшейся части данного раздела. Разделы A3.2.1.1-A3.2.1.3 применяются при испытаниях болтов в полный размер. Раздел A3.2.1.4 применяется, когда в отдельных спецификациях на изделие разрешается использование механически обработанных образцов.

A3.2.1.1 *Расчетная нагрузка* - В силу определенного использования отдельных классов болтов, желательно, чтобы была возможность подвергнуть их напряжению, во время использования, до установленного значения без получения какой-либо остаточной деформации. Чтобы быть уверенным в получении этого качества устанавливается расчетная нагрузка. Испытание при расчетной нагрузке состоит из оказания на болт напряжения с установленной нагрузкой, которое болт должен выдержать без остаточной деформации. Альтернативное испытание, которое определяет предел текучести полноразмерного болта, также разрешено. Может использоваться любой из следующих методов, 1 или 2, но Метод 1 должен быть арбитражным методом в случае какого-либо спора касательно приемки болтов.

A3.2.1.2 *Испытание длинных болтов при расчетной нагрузке* – Если требуется проведение испытаний полного размера, Метод расчетной нагрузки 1 должен быть ограни-

чен в применении до болтов, длина которых не превышает 8 дюймов (203 мм) или 8 номинальных диаметров, что больше. Для болтов, длина которых превышает 8 дюймов или 8 номинальных диаметров, что больше, должен применяться Метод расчетной нагрузки 2.

- (а) *Метод 1, Измерение Длины* - полная длина прямого болта должна измеряться в его точной осевой линии инструментом, способным измерять изменения в длине 0.0001 дюйма (0.0025 мм) с точностью до 0.0001 дюйма в любом 0.001-дюймовом (0.025-мм) диапазоне. Предпочтительным методом измерения длины должен быть метод измерения между коническими центрами, механически обработанными на осевой линии болта, при этом сопряженные центры должны быть на измерительных пятках. Головка или стержень болта должны маркироваться так, чтобы его можно было разместить в одинаковое положение для всех измерений. Болт должен устанавливаться в испытательное оборудование в соответствии с АЗ.2.1.4, и необходимо применять расчетную нагрузку, предусмотренную в спецификации на изделие. После снятия этой нагрузки длина болта снова должна измеряться и показывать отсутствие остаточного удлинения. Допуск ± 0.0005 дюйма (0.0127 мм) допускается между измерениями, сделанными перед приложением нагрузки и измерением, сделанным после снятия нагрузки. Переменные величины, такие как прямолинейность и центрирование резьбы (плюс погрешность измерения) могут вызвать видимое удлинение крепежных деталей, когда первоначально применяется расчетная нагрузка. В таких случаях крепежные детали могут повторно испытываться, используя нагрузку на 3 процента выше, и считаться удовлетворительными, если длина после приложения этой нагрузки остается такой же, что и до приложения этой нагрузки (в пределах 0.0005-дюймового допуска для погрешности измерения).

АЗ.2.1.3 *Расчетная нагрузка-время приложения нагрузки* - Расчетная нагрузка должна поддерживаться в течение 10 с перед снятием нагрузки, если используется Метод 1.

- (1) *Метод 2, Предел текучести* – Болт должен устанавливаться в испытательное оборудование согласно АЗ.2.1.4. По мере приложения нагрузки, общее удлинение болта или любой части болта, которая включает шесть открытых ниток резьбы, должны измеряться и записываться для того, чтобы построить диаграмму зависимости деформаций от напряжений или напряжений-деформаций. Нагрузка или напряжение в смещении равном 0.2 процента длины болта, на котором расположены 6 полных ниток резьбы, должно определяться методом, описанным в 13.2.1 данных методов, А 370. Эта нагрузка или напряжение должно быть не меньше той, что предписана в спецификации на изделие.

АЗ.2.1.4 *Испытание полноразмерных болтов на осевое растяжение* – Болты должны испытываться в держателе с приложением нагрузки в осевом направлении между головкой и гайкой или в подходящем зажимном приспособлении (Рис.АЗ.1), и у того и у другого должно иметься резьбовое соединение для обеспечения полной прочности соединения болта. Гайка или зажимное приспособление должны собираться на болте, оставляя свободными шесть полных ниток резьбы болта между захватами, кроме тяжелых шестигранных конструкционных болтов, четыре нитки резьбы которых должны быть свободными между захватами. Для того чтобы удовлетворить требованиям данного испытания необходимо, чтобы было разрушение при растяжении в стержне или резьбовом участке, при этом разрушения в соединении стержня и головке быть не должно. Если необходимо записать или представить данные по пределу прочности болтов при растяжении в значениях ψ_t , площадь напряжений должна рассчитываться

из среднего значения среднего внутреннего диаметра и диаметра шага наружной резьбы Класса 3 следующим образом:

$$A_s = 0.7854 [D - (0.9743/n)]^2 \quad (A3.1)$$

где:

A_s = площадь напряжений, дюймы²,

D = номинальный диаметр, дюймы, и

n = количество ниток резьбы на дюйм.

A.3.2.1.5 Испытание полноразмерных болтов на растяжение при помощи клина – Целью этого испытания является получить предел прочности при растяжении и продемонстрировать “качество головки” и вязкость болта со стандартной головкой, подвергая его внецентренному нагружению. Предельная нагрузка на болт должна определяться согласно A3.2.1.4, кроме того, что 10° клин должен размещаться под тем же болтом, который испытывался ранее на расчётную нагрузку (смотри A3.2.1.1). Головку болта необходимо разместить таким образом, чтобы ни один угол шестиугольника или квадрата не принимал рабочую нагрузку, то есть плоская поверхность головки должна быть выровнена с направлением равномерной толщины клина (Рис. A3.2). Клин должен иметь прилежащий угол 10° между своими наружными поверхностями и толщину половины номинального диаметра болта с короткой стороны отверстия. Отверстие в клине должно иметь следующий зазор превышающий номинальный размер болта, а его кромки, верхняя и нижняя, должны закругляться на следующий радиус:

Номинальный размер болта, дюймы	Зазор в отверстии дюймы (мм)	Радиус углов отверстия дюймы (мм)
от ¼ до ½	0.030 (0.76)	0.030 (0.76)
от 9/16 до ¾	0.050 (1.3)	0.060 (1.5)
от 7/8 до 1	0.063 (1.5)	0.060 (1.5)
от 1 1/8 до 1 ¼	0.063 (1.5)	0.125 (3.2)
от 1 3/8 до 1 ½	0.094 (2.4)	0.125 (3.2)

A3.2.1.6 Испытание термообработанных болтов с резьбой до головки при помощи клина – для термообработанных болтов с минимальным пределом прочности на растяжение более 100 000 psi (690 Мпа) и с резьбой, нарезанной на расстоянии 1 диаметра или ближе до нижней стороны головки, угол клина должен составлять 6° для размеров от ¼ до ¾ дюйма (от 6.35 до 19.0 мм) и 4° для размеров свыше ¾ дюйма.

Рисунок A3.2 Детали Испытания при помощи клина

c = зазор отверстия клина

d = диаметр болта

R = радиус

T = толщина клина с короткой стороны отверстия, равное одной половине диаметра болта

A3.2.1.7 Испытания на растяжение болтов, обработанных механически до круглых испытательных образцов:

(1) В случаях болтов, диаметр которых менее 1 ½ дюйма (38 мм), и которые требуют проведения испытаний с механической обработкой, должны использоваться предпочтительно стандартные ½-дюймовые (13-мм) круглые испытательные образцы с 2-дюймовой (50-мм) базовой длиной (Рис. 4); однако в случае болтов с небольшим поперечным сечением, из которых невозможно будет взять такой стандартный испытательный образец, необходимо использовать один из малоразмерных-образцов-пропорциональных-стандартным (Рис. 4), и уменьшенное сечение образца должно быть как можно больше. Во всех случаях продольная ось образца должна быть

концентрична оси болта; головка и резьбовой участок болта можно оставить нетронутыми, как показано на Рис. А3.3 и Рис. А3.4, или придать им такую форму, которая будет соответствовать держателям или захватам испытательной установки, так чтобы нагрузка прилагалась в осевом направлении. Базовая длина для измерения удлинения должна составлять четыре диаметра образца.

- (2) В случае болтов с диаметром 1 ½ дюйма и выше, из болтов необходимо выточить стандартный ½-дюймовый круглый испытательный образец с 2-дюймовой (50-мм) базовой длиной, ось которого должна находиться на полпути между центром и наружной поверхностью стержня болта, как показано на Рис. А3.5.
- (3) Механически обработанные образцы должны испытываться на растяжение для определения предусмотренных в спецификации на изделие свойств. Методы испытания и определения свойств должны соответствовать Разделу 13 данных методов испытаний.

Рисунок А3.3 Образец для испытаний на растяжение для болтов с корпусом со скошенными фасками

- минимальный рекомендуемый радиус 3/4 дюйма, но разрешено не менее 1/2 дюйма
- параллельное сечение
- 2" ± 0.005" базовая длина для удлинения после разрушения

Примечание 1 – Метрический эквивалент: 1 дюйм = 25.4 мм.

Рисунок А3.4 Примеры малоразмерных образцов, пропорциональных стандартным образцам с 2-дюймовой базовой длиной

- уменьшенное сечение 1 ¼" мин
- базовая длина
- прутки 1/4" мин.

Примечание 1 – Метрический эквивалент: 1 дюйм = 25.4 мм.

Рисунок А3.5 Расположение стандартного круглого образца для испытаний на растяжение с 2-дюймовой базовой длиной при выточке из болта большого размера.

А3.3 Испытания крепежных деталей с наружной резьбой на твердость

А3.3.1 Если указано, крепежные детали с наружной резьбой должны испытываться на твердость. Крепежные детали с шестигранными или квадратными головками должны испытываться на твердость по Бринеллю или Роквеллу сбоку или сверху головки. Крепежные детали с наружной резьбой с другими типами головок должны испытываться на твердость по Бринеллю или Роквеллу на одном конце. Из-за возможной деформации от нагрузки по Бринеллю следует убедиться в том, что это испытание удовлетворяет требованиям Раздела 16 данных методов испытаний. В случаях, когда испытание на твердость по Бринеллю невыполнимо, его можно заменить на испытание твердости по Роквеллу. Процедуры испытания твердости по Роквеллу должны соответствовать Разделу 18 данных методов испытаний.

А3.3.2 В случае возникновения спора между покупателем и продавцом в отношении того, соответствуют или превышают крепежные детали с наружной резьбой пределы твердости спецификации на изделия, для целей арбитража, твердость может браться на двух поперечных сечениях репрезентативной пробной крепежной детали, выбранной случайным образом. Показания твердости должны браться в положениях, показанных на Рис. А3.6. Все величины твердости должны соответствовать пределам твердости спецификаций на изделие для того, чтобы крепежные детали, представленные пробой, считались соответствующими. Это положение для арбитражного разбирательства спора не должно использоваться для приемки неприемлемых дефектных крепежных деталей.

А3.4 Испытание гаек

А3.4.1 *Расчётная нагрузка* – Пробная гайка должна собираться на закаленной оправке с резьбой или на болте, соответствующем определенной спецификации. Должна прилагаться нагрузка, направленная по оси с оправкой или болтом и равная заданной расчётной нагрузке гайки. Гайка должна выдерживать эту нагрузку без обдира или разрушения. Если нитки резьбы оправки повреждаются во время испытания, индивидуальные испытания должны отбраковываться. На оправку должна нарезаться резьба согласно допуску Класса 3 Американского Национального Стандарта, кроме того, что наружный диаметр должен быть минимальным наружным диаметром с допуском + 0.002 дюйма (0.051 мм).

А3.4.2 *Испытание на твердость* – Твердость гаек по Роквеллу должна определяться на верхней и нижней поверхности гайки. Твердость гаек по Бринеллю должна определяться на боковой поверхности гайки. По выбору изготовителя может использоваться любой метод, принимая во внимание размер и марку испытываемых гаек. Если стандартное испытание твердости по Бринеллю вызывает деформацию гайки, необходимо использовать предварительную нагрузку или заменить его на испытание твердости по Роквеллу.

Рисунок А3.6 Местоположение испытаний на твердость для болтов, являющихся предметом спора

- D ном
- D ном
- D ном
- ½ радиуса
- ½ радиуса
- сечение В-В
- сечение А-А
- X = местоположение отпечатков при определении твердости

А4. Изделия из проволоки круглого сечения

А4.1 Сфера охвата

А4.1.1 Это дополнение охватывает прибор, образцы и методы испытаний, характерные для изделий из стальной проволоки, которые не рассматриваются в общем разделе Методов Испытаний А 370.

А4.2 Прибор

А4.2.1 *Захватное устройство* – Должны использоваться захваты клинового или амортизирующего типа, как показано на Рис. А4.1 и Рис. А4.2 (Примечание А4.1). При использовании захватов обоих типов необходимо принять меры предосторожности, чтобы ось испытательного образца располагалась приблизительно на осевой линии головки испытательной установки (Примечание А4.2). При использовании клиновых захватов применяемые сзади захватов вкладыши должны иметь соответствующую толщину.

Примечание А4.1 – Испытательные установки обычно оборудованы клиновыми захватами. Эти клиновые захваты, независимо от типа испытательной установки, можно отнести к “обычному типу” клиновых захватов. Использование мелкозернистого (180 или 240) абразивного полотна в клиновых захватах “обычного” типа, при котором абразив соприкасается с проволочным образцом, может помочь уменьшить соскальзывание и поломку образца на кромках захвата при растягивающих нагрузках до приблизительно 1000 фунтов. Для испытаний образцов проволоки, которые могут быть разрезаны на кромках клиновым захватом “обычного типа”, подходит захватное устройство амортизирующего типа.

Для испытаний круглой проволоки использование цилиндрической опорной поверхности в клиновом захватном устройстве является факультативным.

Примечание А4.2 – Любой дефект испытательной установки, который может вызвать неосевое приложение нагрузки, следует устранить.

Рисунок А4.1 Захватное устройство клинового типа

- сферический подшипник
- крейцкопф испытательной установки
- зубчатые наружные поверхности на захватах
- образец
- цилиндрическая опорная поверхность
- сечение А-А

Рисунок А4.2 Захватное устройство амортизирующего типа

- сферический подшипник
- образец

А4.2.2 Заостренный микрометр – Следует использовать микрометр с заостренным шпинделем и пятой, подходящий для считывания размеров проволочного образца на разрушенных концах с точностью до 0.001 дюйма (0.025 мм) после разрушения образца в испытательной установке.

А4.3 Испытательные образцы

А4.3.1 Должны использоваться испытательные образцы с полной площадью поперечного сечения проволоки, которую они представляют. Стандартная базовая длина образцов должна составлять 10 дюймов (254 мм). Однако если не требуется определение значений удлинения, разрешена любая подходящая базовая длина. Общая длина образцов должна быть, по крайней мере, равна базовой длине (10 дюймов) плюс 2 x длину проволоки, необходимую для полного использования применяемых захватов. Например, в зависимости от используемого типа испытательной установки и захватов, минимальная общая длина образца может варьироваться от 14 до 24 дюймов (от 360 до 610 мм) для образца с 10-дюймовой базовой длиной.

А4.3.2 Любой ломающийся в захватах образец должен отбраковываться, и необходимо провести испытание нового образца.

А4.4 Удлинение

А4.4.1 При определении остаточного удлинения концы разрушенного образца необходимо аккуратно совместить, а расстояние между контрольными метками измерить с точностью до 0.01 дюйма (0.25 мм) при помощи делительного устройства и шкалы или другого подходящего устройства. Удлинение – это увеличение в длине базовой длины, выраженное в качестве процента исходной базовой длины. При записи значений удлинения необходимо представлять как процентное увеличение, так и исходную базовую длину.

А4.4.2 При определении общего удлинения (эластичное плюс пластичное удлинение) может использоваться автографический метод или метод экстензометра.

А4.4.3 Если разрушение происходит вне средней трети базовой длины, полученное значение удлинения может не являться репрезентативным значением материала.

А4.5 Уменьшение площади

А4.5.1 Концы разрушенного образца необходимо аккуратно совместить, а размеры наименьшего поперечного сечения измерить с точностью до 0.001 дюйма (0.025 мм) при помощи заостренного микрометра. Разница между найденной таким образом площадью и площадью исходного поперечного сечения, выраженной в качестве процента исходной площади, является уменьшением площади.

А4.5.2 Испытание на уменьшение площади не рекомендуется проводить на проволоке с диаметром менее 0.092 дюйма (2.34 мм) из-за трудностей измерения уменьшенных поперечных сечений.

A4.6 Испытание твердости по Роквеллу

A4.6.1 В случае термообработанной проволоки диаметром 0.100 дюйма (2.54 мм) и более образец перед испытанием должен сплющиваться с двух параллельных сторон посредством зачистки. Испытание на твердость не рекомендуется проводить на диаметрах твердотянутой проволоки или термообработанной проволоки менее 0.100 дюйма (2.54 мм). В случае круглой проволоки наиболее предпочтительно проведение испытания на предел прочности при растяжении, нежели испытания на твердость.

A4.7 Испытание на завивку

A4.7.1 Данное испытание применяется в качестве средства испытания пластичности определенных видов проволоки.

A4.7.2 Испытание заключается в намотке проволоки по спирали на оправку установленного диаметра на требуемое количество витков, при этом витки располагаются близко друг от друга. (Если не указано иначе, требуемое количество витков должно составлять пять.) Завивка может осуществляться вручную или при помощи электросилового устройства. Скорость завивки не может превышать 15 витков в минуту. Диаметр оправки должен указываться в соответствующей спецификации на изделия из проволоки.

A4.7.3 Считается, что испытанная проволока провалилась, если она разрушается или появляются какие-либо продольные или поперечные трещины, которые можно увидеть невооруженным глазом после первого полного витка. Разрушенная в первом витке проволока должна испытываться повторно, так как такие разрушения могут быть вызваны загибом проволоки на радиус менее установленного когда начинается испытание.

A4.8 Навивочное испытание

A4.8.1 Данное испытание применяется для определения наличия недостатков в такой степени, в которой они могут вызвать растрескивание или расщепление во время навивки пружины или вытягивания пружины. Бунт установленной длины навивается на оправку установленного диаметра. Затем навитый бунт растягивается на установленное постоянное увеличение в длине и изучается на равномерность шага без расщепления или разрушения. Требуемый диаметр оправки, длина навитого бунта и постоянное увеличение вытянутой длины бунта могут варьироваться в зависимости от диаметра проволоки, свойств и типа.

A5. Примечания по значимости ударных испытаний образца с надрезом

A5.1 Характеристики надреза

A5.1.1 Испытания по Шарпи и по Изоду поднимают вопрос о характеристике надреза (хрупкость против вязкости) путем применения сосредоточенной перегрузки напряжения. Определяемые значения энергии – это сравнения по величине на выбранном образце, но они не могут переводиться в значения энергии, которые могли бы послужить для вычислений технического проектирования. Характеристика надреза, указанная в индивидуальном испытании, применима только к используемому размеру образца, геометрии надреза и условиям испытания, и не может распространяться на другие размеры образцов и условия.

A5.1.2 Характеристику надреза металлов и сплавов с гранцентрированной кубической структурой, большой группы цветных металлов и аустенитных сталей можно оценить на основе их общих свойств при растяжении. Если они хрупкие при растяжении, они будут хрупкими при нанесении надреза, в то время как если они пластичные при растяжении, они будут пластичными при нанесении надреза, кроме необычайно острых или глубоких надрезов (намного сильнее, нежели стандартные образцы для испытаний по Шарпи или Изоду). Даже низкие температуры не меняют эту характеристику данных материалов.

Напротив, как показало испытание на растяжение, характеристика ферритных сталей в надрезанном состоянии нельзя предсказать из их свойств, выявленных в результате испытания на растяжение. Для изучения этих материалов очень полезны испытания по Шарпи или Изоду соответственно. Некоторые металлы, демонстрирующие нормальную вязкость в испытаниях на растяжение, тем не менее, могут разрушиться хрупким способом во время испытания или использования в надрезанном состоянии. Надрезанные состояния включают ограничения деформации в направлениях перпендикулярных основному напряжению или многоосным напряжениям и концентрациям напряжений. Именно в этой области испытания по Шарпи и Изоду доказали свою пригодность для определения чувствительности стали к характеристике надрез-хрупкость, хотя они не могут непосредственно использоваться для оценки эксплуатационной надежности структуры.

A5.1.3 Сама испытательная установка должна быть достаточно жесткой или испытания высокопрочных низкоактивных материалов могут вызвать чрезмерные потери энергии упругой деформации либо по направлению вверх через маятниковый вал, либо по направлению вниз через основание установки. Если опоры пяты, ударная кромка маятника или фундаментные болты установки не достаточно закреплены, испытания пластичных материалов в диапазоне 80 фунт-сила-фут (108 Дж) могут фактически показать значения выше от 90 до 100 фунт-сила-фут (от 122 до 136 Дж).

A5.2 Влияние надреза на прочность детали

A5.2.1 В результате надреза появляется комбинация многоосных напряжений, связанных с ограничениями деформации в направлениях перпендикулярных основному напряжению и концентрации напряжений в вершине (основании) надреза. Состояние сильного надреза, как правило, нежелательно, и оно представляет серьезное значение в тех случаях, когда оно инициирует внезапное и полное разрушение хрупкого типа. Некоторые металлы могут быть деформированы вязким способом даже при низких температурах жидкого воздуха, в то время как другие могут растрескаться. Это отличие в поведении можно лучше понять, учитывая прочность сцепления материала (или свойство, которое удерживает его вместе) и ее отношение к физическому пределу текучести. В случаях хрупкого разрушения прочность сцепления превышает до того как происходит значительная пластическая деформация, и вид излома становится кристаллическим. В случаях вязкого или сдвигового типа разрушения окончательному разрушению предшествует значительная деформация, а вид разрушенной поверхности становится вместо кристаллического волокнистым. В промежуточных случаях разрушение происходит после небольшого количества деформации и вид ее частично кристаллический и частично волокнистый.

A5.2.2 Когда брусок с надрезом нагружен, поперек вершины надреза проходит нормальное напряжение, которое склонно инициировать разрушение. Свойством, которое удерживает его от отрыва по плоскости спайности, или держит его вместе, является “сила сцепления”. Пруток разрушается, когда нормальное напряжение превышает силу сцепления. Когда это происходит без деформации прутка, это является условием для хрупкого разрушения.

A5.2.3 При испытании, хотя не в эксплуатации из-за побочных эффектов, обычно чаще пластическая деформация предшествует разрушению. В дополнение к нормальному напряжению прилагаемая нагрузка также создает касательные напряжения приблизительно под углом 45° к нормальному напряжению. Упругая работа прекращается, как только касательное напряжение превышает предел прочности материала при сдвиге и начинается деформация или пластическая текучесть. Это является условием для вязкого (пластического) разрушения.

A5.2.4 Эта характеристика, хрупкая или вязкая, зависит от того, превышает ли нормальное напряжение силу сцепления перед тем, как касательное напряжение превысит предел прочности при сдвиге. Из этого следуют несколько важных фактов характеристики надреза. Если надрез сделать более острым или более глубоким, нормальное напряжение в вершине надреза увеличится относительно касательного напряжения и прутки станут более подвержены хрупкому разрушению (смотри Таблицу A5.1). Также по мере увеличения скорости деформации, увеличивается предел прочности при сдвиге и вероятность хрупкого разрушения. С другой стороны, повышая температуру, оставляя надрез и скорость деформации такими же, предел прочности при сдвиге уменьшается и вязкая характеристика повышается, что ведет к разрушению при сдвиге.

A5.2.5 Отклонения в размерах надреза серьезно повлияют на результаты испытаний. Испытания образцов стали E 4340⁶ показали эффект отклонений размеров на результаты испытаний по Шарпи (смотри Таблицу A5.1).

A5.3 Влияние размеров

A5.3.1 Увеличение ширины или глубины образца способствует увеличению объема металла, подверженного деформации, и посредством этого фактора увеличению поглощения энергии при разрушении образца. Однако, любое увеличение размера, в частности ширины, также способствует увеличению степени ограничения и, способствуя возбуждению хрупкого разрушения, может уменьшить количество поглощаемой энергии. В случаях, когда образец стандартного размера находится на грани хрупкого разрушения, это особенно верно, и для разрушения образца с двойной шириной может фактически потребоваться меньше энергии, нежели на образец стандартной ширины.

A5.3.2 При изучении таких эффектов, когда размер материала не позволяет использовать стандартный образец, как, например, если материалом является ¼-дюймовый лист, обязательно используются малоразмерные образцы. Такие образцы (смотри Рис. 6 Методов Испытаний E 23) базируются на образце Типа A Рис. 4 Методов Испытаний E 23.

A5.3.3 Общее соотношение между значениями энергии, полученными от образцов разных размеров или формы, невозможны, но ограниченные соотношения могут быть установлены для целей спецификации на основе специальных исследований определенных материалов и определенных образцов. С другой стороны, в изучении относительного эффекта изменения параметров процесса, оценка путем использования некоторого произвольно выбранного образца с некоторым выбранным надрезом во многих случаях расположит методы в соответствующем порядке.

A5.4 Влияние условий испытаний

A5.4.1 Условия испытания также влияют на характеристику надреза. Влияние температуры на характеристику стали в надрезанном состоянии является таким явно выраженным эффектом, что зачастую проводятся сравнения путем изучения изломов образца и построения кривой значения энергии и вида излома в зависимости от температуры на основе результатов испытаний прутков с надрезом при ряде температур. Если выдерживается достаточно низкая температура испытаний для начала хрупкого излома по кристаллографическим плоскостям скольжения, может произойти крайне резкий перепад в силе удара или относительно постепенный спад в сторону низких температур. Этот перепад значения энергии начинается, когда образец начинает демонстрировать кристаллический вид в изломе. Температура перехода, при которой происходит этот эффект охрупчивания, значи-

⁶ Fahey, N.H/ "Эффекты переменных в ударных испытаниях по Шарпи", Исследования материалов и стандарты на материалы, Том 1, № 11, ноябрь 1961, стр. 872.

тельно варьируется в зависимости от размера детали или испытательного образца, а также от геометрии надреза.

A5.4.2 Далее приведены некоторые из многочисленных определений температуры перехода, используемые в настоящее время: (1) наименьшая температура, при которой образец демонстрирует 100% волокнистый излом, (2) температура, когда вид излома на 50% кристаллический и на 50% волокнистый, (3) температура, соответствующая значению энергии 50% разницы между значениями, полученными при 100 % и 0 % волокнистого излома, и (4) температура, соответствующая значению удельной энергии.

Таблица A5.1 Эффект изменения размеров надреза на стандартные образцы

	Высокоактивный образец, фунт-сила-фут (Дж)	Высокоактивный образец, фунт-сила-фут (Дж)	Низкоактивный образец, фунт-сила-фут (Дж)
Образец стандартных размеров	76.0 ± 3.8 (103.0 ± 5.2)	44.5 ± 2.2 (60.0 ± 3.0)	12.5 ± 1.0 (16.9 ± 1.4)
Глубина надреза, 0.084 дюйма (2.13 мм) ^A	72.2 (97.9)	41.3 (56.0)	11.4 (15.5)
Глубина надреза, 0.0805 дюйма (2.04 мм) ^A	75.1 (101.8)	42.2 (57.2)	12.4 (16.8)
Глубина надреза, 0.0775 дюйма (1.77 мм) ^A	76.8 (104.1)	45.3 (61.4)	12.7 (17.2)
Глубина надреза, 0.074 дюйма (1.57 мм) ^A	79.6 (107.0)	46.0 (62.4)	12.8 (17.3)
Радиус в вершине надреза 0.005 дюйма (0.127) ^B	72.3 (98.0)	41.7 (56.5)	10.8 (14.6)
Радиус в вершине надреза 0.015 дюйма (0.381) ^B	80.0 (108.5)	47.4 (64.3)	15.8 (21.4)

^A Стандарт 0.079 ± 0.002 дюйма (2.00 ± 0.05 мм)

^B Стандарт 0.010 ± 0.001 дюйма (0.25 ± 0.025 мм)

A5.4.3 Специфичная для испытаний по Шарпи проблема происходит, когда высокопрочные, низкоактивные образцы испытываются при низких температурах. Эти образцы не могут выйти из установки в направлении колебания маятника, а скорее выходят в боковом направлении. Для обеспечения того, чтобы сломанные половинки образцов не рикошетили от некоторых компонентов установки и не соприкоснулись с маятником до того, как он закончит колебание, в более старых установках может потребоваться внесение изменений. Эти изменения отличаются в зависимости от конструкции установки. Несмотря на это основная проблема остается той же в отношении того, что необходимо принять меры для предотвращения рикошета разрушенных образцов в любую часть раскачивающегося маятника. Если позволяет конструкция, сломанные образцы можно отклонять от боковых поверхностей установки, но все же в случае других конструкций может появиться необходимость держать сломанные образцы в пределах определенного участка до тех пор, пока маятник не пройдет через пяты. Некоторые низкоактивные высокопрочные стальные образцы выходят из маятниковых копров со скоростью более 50 футов (15.3 м)/с, хотя маятник ударил их в момент прохождения со скоростью приблизительно 17 футов (5.2 м)/с. Если усилие, которое оказывают сломанные образцы на маятник, достаточно, маятник замедлится и будут записаны ошибочно высокие значения энергии. Эта проблема является причиной многих противоречий в результатах испытаний по Шарпи, зафиксированных разными исследователями в пределах диапазона от 10 до 25 фунт-сила-фут (от 14 до 34 Дж). В Разделе Прибор (параграф о зазоре образца) Методов Испытаний E 23 обсуждается две основных конструкции установок и изменение, доказавшее свою эффективность в минимизации заклинивания.

A5.5 Скорость деформирования

A5.5.1 Скорость деформирования также является переменной величиной, которая влияет на характеристику надреза стали. Ударные испытания показывают отчасти более высокие значения поглощения энергии, нежели статические испытания при температуре выше температуры перехода и все же, в некоторых случаях, обратное является верным при температуре ниже температуры перехода.

А5.6 Взаимосвязь с обслуживанием

А5.6.1 В то время как испытания по Шарпи и Изоду могут не точно предсказать вязкое или хрупкое поведение стали, как обычно широко используется в больших массах или в качестве компонентов большой структуры, они могут использоваться в качестве приемочных испытаний идентификации для разных партий одной и той же стали или при выборе между двумя разными сталями, когда была установлена взаимосвязь с надежным поведением при эксплуатации. Возможно, появится необходимость проводить испытания при выбранных соответствующим образом температурах, отличных от комнатной температуры. В этом случае эксплуатационная температура или температура перехода полномасштабных образцов не дает желаемые температуры перехода для испытаний по Шарпи или Изоду, так как размер и геометрия надреза могут так сильно отличаться. Химический анализ, испытания на растяжение и твердость могут не показать влияние некоторых важных факторов обработки, которые влияют на восприимчивость к хрупкому излому, а также не различают эффект низких температур при возбуждении хрупкого поведения.

А6. Процедура перевода процентного удлинения стандартного круглого образца для испытаний на растяжение в эквивалентное процентное удлинение стандартного плоского образца

А6.1 Сфера охвата

А6.1.1 В данном методе определяется процедура перевода процентного удлинения после разрушения, полученного от стандартного испытательного образца с диаметром 0.500-дюйма (12.7-мм) на 2-дюймовую (51-мм) базовую длину, в стандартные плоские испытательные образцы ½ дюйма на 2 дюйма и 1 ½ дюйма на 8 дюймов (38.1 на 203 мм).

А6.2 Основное уравнение

А6.2.1 Переводные данные в данном методе базируются на уравнении Бертелла⁷, и используются Оливером⁸ и другими. Отношения между удлинением в стандартном испытательном образце с диаметром 0.500-дюйма на 2-дюйма и других стандартных образцах можно вычислить следующим образом:

$$e = e_o [4/47 (\sqrt{A})/L]^a \quad (\text{А6.1})$$

где:

e_o = процентное удлинение после разрушения в стандартном испытательном образце с 2-дюймовой базовой длиной и диаметром 0.500 дюйма,

e = процентное удлинение после разрушения в стандартном испытательном образце с базовой длиной L и площадью поперечного сечения A , и

a = неизменная характеристика испытательного материала.

А6.3 Применение

А6.3.1 При применении вышеуказанного уравнения константа a является характеристикой испытательного материала. Было доказано, что величина $a = 0.4$ дает удовлетворительные переводы для углеродистой, марганцовисто-углеродистой, молибденовой и хромомолибденовой стали в пределах диапазона предела прочности при растяжении от 40 000 до 85

⁷ Bertelle, С.А., *Giornale del Genio Civile*, Том 60, 1922, стр. 343.

⁸ Оливер, Д.А., Доклады Институтов Инженеров-Механиков, 1928, стр.827.

000 psi (от 275 до 585 МПа) и в горячекатаном, в горячекатаном и нормализованном или в отожженном состоянии, с отпуском или без него. Обратите внимание на то, что состояние холодного редуцирования и закалки и отпуска исключаются. Для отожженной аустенитной нержавеющей стали удовлетворительные переводы дает величина $a = 0.127$.

А6.3.2 Таблица А6.1 была рассчитана при $a = 0.4$ со стандартным испытательным образцом с диаметром 0.500-дюйма (12.7-мм) на 2-дюймовую (51-мм) базовую длину в качестве эталонного образца. В случае неполноразмерных образцов с диаметром 0.350-дюйма (8.89-мм) на 1.4-дюймовую (35.6 -мм) базовую длину и с диаметром 0.250-дюйма (6.35-мм) на 1.0-дюймовую (25.4-мм) базовую длину множитель в уравнении будет 4.51 вместо 4.47. Небольшую погрешность при использовании Таблицы А6.1 для неполноразмерных образцов, можно не учитывать. Таблица А6.2 для отожженной аустенитной стали была рассчитана при $a = 0.127$ со стандартным испытательным образцом с диаметром 0.500-дюйма на 2-дюймовую базовую длину в качестве эталонного образца.

Таблица А6.1 Углеродистые и легированные стали - материальная константа $a = 0.4$. Коэффициенты умножения для перевода процентного удлинения стандартного образца для испытаний на растяжение с диаметром 1/2-дюйма на 2-дюймовую базовую длину в стандартные плоские образцы 1/2 на 2-дюйма и 1 1/2 на 8 дюймов

Толщина, дюймы	Образец 1/2 на 2-дюйма	Образец 1 1/2 на 8-дюймов	Толщина, дюймы	Образец 1 1/2 на 8-дюймов

Таблица А6.2 Отожженная аустенитная нержавеющая сталь - материальная константа $a = 0.127$. Коэффициенты умножения для перевода процентного удлинения стандартного образца для испытаний на растяжение с диаметром 1/2-дюйма на 2-дюймовую базовую длину в стандартный плоский образец 1/2 на 2-дюйма и 1 1/2 на 8 дюймов

Толщина, дюймы	Образец 1/2 на 2-дюйма	Образец 1 1/2 на 8-дюймов	Толщина, дюймы	Образец 1 1/2 на 8-дюймов

А6.3.3 Приведенное для стандартного образца с диаметром 0.500-дюйма на 2-дюймовую базовую длину удлинение может быть переведено в удлинение плоского образца 1/2 на 2-дюйма или 1 1/2 на 8 дюймов (38.1 на 203-мм) путем умножения указанного коэффициента в Таблице А6.1 и Таблице А6.2.

А6.3.4 Эти переводы удлинения не должны использоваться в случаях, когда соотношение ширины к толщине испытательного участка превышает 20, как в тонколистовых образцах с толщиной менее 0.025 дюйма (0.635 мм).

А6.3.5 В то время как переводы считаются надежными в пределах установленных ограничений и как правило могут использоваться в записи спецификаций, когда желательно показать эквивалентные требования к удлинению для нескольких стандартных образцов ASTM для испытаний на растяжение, охваченных Методами Испытаний А 370, следует рассмотреть металлургические влияния, зависящие от толщины материала после обработки.

А7. Методы испытания пряди многожильного каната для предварительно напряжённого железобетона

А7.1 Сфера охвата

A7.1.1 В данном методе представлены процедуры для испытаний на растяжение пряди многожильного каната для предварительно напряжённого железобетона. Данный метод предназначен для использования при оценке свойств пряди, предусмотренных в спецификациях для “предварительно напряжённых стальных прядей”.

A7.2 Общие меры предосторожности

A7.2.1 Вследствие наличия каких-либо явных надрезов, разрезов или загибов образцов, вызванных захватными устройствами испытательной установки, может произойти преждевременное разрушение испытательного образца.

A7.2.2 Если семь жил, составляющих прядь неравномерно нагружены, это может вызвать появление ошибок при испытании.

A7.2.3 На механические свойства пряди может существенно повлиять чрезмерный нагрев во время подготовки образца.

A7.2.4 Эти трудности можно минимизировать, путем выполнения следующих предложенных методов захвата, описанных в A7.4.

A7.3 Захватные устройства

A7.3.1 Истинные механические свойства пряди определяются испытанием, в котором разрушение образца происходит в свободном промежутке между захватами испытательной установки. Следовательно, желательно установить процедуру испытаний с использованием подходящего прибора, который будет последовательно давать такие результаты. Благодаря собственным физическим характеристикам индивидуальных установок нецелесообразно рекомендовать универсальную процедуру захвата, которая подходит для всех испытательных установок. Поэтому, необходимо определить, какой из методов захвата, описанных в пунктах с A7.3.2 по A7.3.8, является наиболее подходящим для имеющегося в наличии испытательного оборудования.

A7.3.2 *Стандартные V – образные захваты с зазубренными зубцами (Примечание A7.1).*

A7.3.3 *Стандартные V – образные захваты с зазубренными зубцами (Примечание A7.1), с использованием амортизационного материала* – В данном методе некоторое количество материала кладется между захватами и образцом для минимизации влияния надреза зубцов. Среди материалов, которые применялись, есть свинцовая фольга, алюминиевая фольга, абразивная шкурка, бра-шайбы, и т.д. Требуемый тип и толщина материала зависит от формы, состояния и шероховатости зубцов.

A7.3.4 *Стандартные V – образные захваты с зазубренными зубцами (Примечание A7.1), с использованием специальной подготовки ухваченных участков образца* – Одним из используемых методов является лужение, в котором ухваченные участки чистятся, обрабатываются флюсом и покрываются множественным погружением в расплавленный сплав на основе олова, выдерживаемый чуть выше точки плавления. Другим методом подготовки является обкладка ухваченных участков в металлические трубы или гибкие трубы с использованием эпоксидной смолы в качестве связующего вещества. Длина обложенного участка должна приблизительно в два раза превышать длину шага скрутки.

A7.3.5 *Специальные захваты с ровными, полуцилиндрическими канавками (Примечание A7.2)* – Канавки и ухваченные участки образца покрываются абразивным шламом, который удерживает образец в гладких канавках, предотвращая скольжение. Шлам состоит из абразива, такого как глинозем Марка 3-F, и носителя, такого как вода или глицерин.

A7.3.6 Стандартные замки используемого для проволочных канатов типа - Ухваченные участки образца крепятся в замках при помощи цинка. Необходимо следовать специальным процедурам по вставлению в замок, которые обычно используются в отрасли промышленности по изготовлению проволочных канатов.

A7.3.7 Устройство жестко закрепленной заделки конца каната в петлю – В наличии есть размеры данных устройств, спроектированных для соответствия каждому размеру испытываемой пряди.

A7.3.8 Зажимные приспособления – Использование зажимных приспособлений, обычно применяемых в целях приложения растягивающего усилия к прядям в формах для разливки металла, не рекомендуется в испытательных целях.

Примечание A7.1 – Количество зубцов должно быть приблизительно от 15 до 30 на дюйм, а минимальная эффективная длина захвата должна составлять приблизительно 4 дюйма (102 мм).

Примечание A7.2 – Радиус кривизны канавок приблизительно такой же, что и радиус испытываемой пряди, и располагается на 1/32 дюйма (0.79 мм) выше плоской поверхности захвата. Это предотвращает два захвата от плотного запираания, когда образец находится на месте.

A7.4 Подготовка образца

A7.4.1 Если температуры расплавленного металла, применяемые во время горячего лужения или вставления в замок металлических материалов, слишком высоки, свыше приблизительно 700°F (370 С°), образец может быть подвержен термическому влиянию с последующей потерей прочности и вязкости. Если используются такие методы подготовки образца, следует поддерживать тщательный контроль температуры.

A7.5 Процедура

A7.5.1 Предел текучести – Для определения предела текучести используйте экстензометр Класса В-1 (Примечание A7.3), как описано в Практике Е 83. Приложите к образцу предварительную нагрузку 10% от ожидаемой минимальной прочности на разрыв, затем присоедините экстензометр и настройте его на отсчет 0.001 дюйма/дюйм базовой длины. Затем увеличьте нагрузку до тех пор, пока экстензометр не покажет удлинение 1%. Запишите нагрузку для данного удлинения в качестве предела текучести. Экстензометр можно убрать от образца после того, как предел текучести определен.

A7.5.2 Удлинение - Для определения удлинения используйте экстензометр Класса D (Примечание A7.3), как описано в Практике Е 83, с базовой длиной не менее 24 дюйма (610 мм) (Примечание A7.4). Приложите к образцу предварительную нагрузку 10% от требуемой минимальной прочности на разрыв, затем присоедините экстензометр (Примечание A7.3) и настройте его на нулевое отсчет. Экстензометр можно убрать от образца до разрушения после превышения установленного минимального удлинения. Определять окончательное значение удлинения необязательно.

A7.5.3 Прочность на разрыв – Определите максимальную нагрузку, при которой одна или более проволок пряди разрушаются. Запишите эту нагрузку в качестве прочности пряди на разрыв.

Примечание A7.3 – Экстензометры для измерения предела текучести и удлинения может быть одним и тем же прибором или двумя разными приборами. Рекомендуется использовать два разных прибора, так как более чувствительный экстензометр для измерения предела текучести, который может быть поврежден во время разрушения пряди, можно убрать после определения предела текучести. Экстензометр для измерения удлинения можно сконструировать с менее чувствительными деталями или таким образом, чтобы если произойдет разрушение в момент, когда экстензометр прикреплен к образцу, это бы вызвало небольшое повреждение.

Примечание A7.4 – Образцы, которые ломаются вне экстензометра или в захватывающих лапках и при этом удовлетворяют минимальным установленным значениям считаются образцами, которые удовлетворили требованиям к механиче-

ским свойствам спецификации на изделие, независимо от того, какая процедура захвата используется. Образцы, которые ломаются вне экстензометра или в захватывающих лапках и при этом не удовлетворяют минимальным установленным значениям, подлежат повторным испытаниям. Образцы, которые ломаются между захватывающими лапками и экстензометром и не удовлетворяют минимальным установленным значениям, подлежат повторным испытаниям согласно применимым спецификациям.

A8. Округление результатов испытаний

A8.1 Округление

A8.1.1 Наблюдаемая величина или рассчитанная величина должна округляться в соответствии с применимыми спецификациями на изделие. При отсутствии установленной процедуры должен использоваться метод округления Практики E 29.

A8.1.1.1 Величины должны округляться в большую или меньшую сторону согласно определенным Практикой E 29 правилам.

A8.1.1.2 В особом случае округления числа “5”, когда за “5” не следует никаких дополнительных чисел кроме “0”, округление должно проводиться в сторону ограничений спецификации, если соблюдение Практики E 29 станет причиной отбраковки материала.

A8.1.2 Рекомендуемые уровни для округления зафиксированных значений результатов испытаний приведены в Таблице 8.1. Данные значения предназначены для обеспечения равномерности при фиксировании и хранении данных, и их следует использовать во всех случаях, кроме тех, когда они противоречат особым требованиям спецификации на изделие.

Примечание A8.1 Для минимизации суммарной погрешности, когда возможно, значения следует приводить до, по крайней мере, одной цифры после цифры конечного (округленного) значения во время промежуточных вычислений (таких как вычисление напряжения из измерений нагрузки и площади) с округлением в качестве последней операции. Точность может быть меньше той, что подразумевается количеством значащих цифр.

Таблица A8.1 Рекомендуемые значения для округления результатов испытаний

Количество испытаний	Диапазон результатов испытаний	Округленная величина ^A
Физический предел текучести, Предел текучести, Предел прочности при растяжении	до 50 000 psi, не вкл. (до 50 ksi) от 50 000 до 100 000 psi, не вкл. (от 50 до 100 ksi) 100 000 psi и выше (100 ksi и выше)	100 psi, (0.1 ksi) 500 psi, (0.5 ksi) 1000 psi, (1.0 ksi)
Удлинение	до 500 МПа, не вкл. от 500 до 1000 МПа, не вкл. 1000 МПа и выше	1 Мпа 5 Мпа 10 Мпа
Уменьшение площади	от 0 до 10%, не вкл. 10% и выше	0.5% 1%
Энергия удара	от 0 до 240 фунт-сила-фут (или от 0 до 325 Дж)	1 фунт-сила-фут (или 1 Дж) ^B
Твердость по Бринеллю	все значения	табличные значения ^C
Твердость по Роквеллу	все шкалы	1 число твердости по Роквеллу

^A Округлите результаты испытаний до ближайшего целого кратного значений в данной колонке. Если значение результата находится непосредственно между двумя округленными значениями, округляйте в соответствии с A8.1.1.2.

^B Эти единицы не эквивалентны, но округление происходит в тех же цифровых диапазонах для каждой. (1 фунт-сила-фут = 1.356 Дж).

^c Округлите средний диаметр отпечатка по Бринеллю с точностью до 0.05 мм и зафиксируйте соответствующее число твердости по Бринеллю, считанное из таблицы без последующего округления.

A9. Методы испытания стальных арматурных прутков

A9.1 Сфера охвата

A9.1.1 В этом приложении охвачены дополнительные детали, специфичные для испытаний стальных арматурных прутков для применения в арматуре железобетона.

A9.2 Испытательные образцы

A9.2.1 Все испытательные образцы должны быть образцами полного сечения прутка в состоянии непосредственно после прокатки.

A9.3 Испытания на растяжение

A9.3.1 *Испытательные образцы* – Образцы для испытаний на растяжение должны быть достаточно длинными для обеспечения 8-дюймовой (200-мм) базовой длины, расстояния не менее двух диаметров прутка между каждой контрольной меткой и захватами, плюс достаточной дополнительной длины для полного заполнения захватов, оставляя некоторую лишнюю длину, выходящую за пределы каждого захвата.

A9.3.2 *Захватное устройство* – Захваты должны быть с прокладкой так чтобы не более ½ дюйма (13 мм) захвата выходило из головки испытательной установки.

A9.3.3 *Контрольные метки* – 8-дюймовая (200 мм) базовая длина должна маркироваться на образце, используя предварительно установленный на 8-дюймов (200 мм) керн или, в качестве альтернативы, может маркироваться керном каждые 2 дюйма (50 мм) вдоль 8-дюймовой (200 мм) базовой длины, на одном из продольных ребер, если есть, или на свободном промежутке модели деформации. Отметки керном не должны наноситься на поперечную деформацию. Желательно делать легкие отметки керном, так как глубокие отметки сильно отпечатываются на бруске и могут повлиять на результаты. Желательно использование керна с пулевидным концом.

A9.3.4 Предел текучести или физический предел текучести должен определяться одним из следующих методов:

A9.3.4.1 Удлинение при нагрузке, используя метод автографических диаграмм или экстензометр, как описано в 13.1.2 и 13.1.3,

A9.3.4.2 Методом падения балансира или остановки в измерителе испытательной установки, как описано в 13.1.1, когда сталь испытывается как остроугольный или четкий тип физического предела текучести.

A9.3.5 Определения удельного напряжения для предела текучести и предела прочности на растяжение полноразмерных образцов должно базироваться на номинальной площади прутка.

A9.4 Испытание на загиб

A9.4.1 Испытания на загиб должны проводиться на образцах достаточной длины для обеспечения свободного загиба и при помощи прибора, который обеспечивает:

A9.4.1.1 Непрерывное и равномерное приложение усилия на протяжении всей продолжительности процесса загиба,

A9.4.1.2 Неограниченное движение образца в точках соприкосновения с прибором и загиб вокруг свободновращающегося пальца, и

A9.4.1.3 Плотная навивка образца вокруг пальца во время процесса загиба.

A9.4.2 Могут использоваться другие приемлемые более жесткие методы испытания на загиб, такие как размещение образца поперек двух свободновращающихся пальцев и приложение усилия загиба при помощи постоянного направляющего пальца.

A9.4.3 Если спецификацией на изделие допускается повторное испытание, должно применяться следующее:

A9.4.3.1 Участки прутка с идентифицирующими маркировками роликами не должны использоваться.

A9.4.3.2 Прутки должны располагаться таким образом, чтобы продольные ребра лежали в плоскости под прямыми углами к плоскости загиба.

A10. Процедура использования и контроля моделирования термодинамического цикла

A10.1 Цель

A10.1.1 Для обеспечения последовательных и воспроизводимых термообработок производственных поковок и испытательных образцов, которые их представляют, когда используется практика моделирования термодинамического цикла.

A10.2 Сфера охвата

A10.2.1 Создание и документирование кривых термического цикла (время-температура) фактического производства (Контрольные карты).

A10.2.2 Средства управления дублированием контрольного цикла во время термообработки производственных поковок. (Термообработка в пределах существенных переменных, установленных во время A1.2.1).

A10.2.3 Подготовка программных карт для моделирующего устройства.

A10.2.4 Мониторинг и контроль смоделированного цикла в пределах ограничений, установленных нормами и правилами ASME.

A10.2.5 Документирование и хранение всех средств управления, проверок, карт и кривых.

A10.3 Ссылочные документы

A10.3.1 *Стандарты ASME⁵:*

ASME Нормы и Правила Эксплуатации Котлов и Сосудов Высокого Давления, Раздел III, последнее издание.

ASME Нормы и Правила Эксплуатации Котлов и Сосудов Высокого Давления, Раздел VIII, Категория 2, последнее издание.

A10.4 Терминология

A10.4.1 *Определения:*

A10.4.1.1 *контрольная карта* – запись термообработки, полученная от поковки, существенно идентичной производственным поковкам, которые она будет представлять. Это карта времени и температуры, показывающая выход от термопар, внедренных в поковку при определенном испытательном погружении и месте или местах испытания.

A10.4.1.2 *программная карта* – металлизированная карта, используемая для программирования моделирующего устройства. Данные время-температура из контрольной карты вручную переносятся в программную карту.

A10.4.1.3 *моделирующая карта* – запись термообработки, которой подвергся образец в моделирующем устройстве. Это карта времени и температуры, и ее можно сравнить непосредственно с контрольной картой на предмет точности дублирования.

A10.4.1.4 *моделирующий цикл* – одна непрерывная термообработка комплекта образцов в моделирующем устройстве. Цикл включает нагрев от температуры окружающей среды, выдержку при температуре и охлаждение. Например, смоделированная аустенизация и закалка комплекта образцов будет одним циклом; смоделированный отпуск тех же образцов будет другим циклом.

A10.5 Процедура

A10.5.1 *Производственные контрольные карты:*

A10.5.1.1 Термопары должны внедряться в каждую поковку, из которой получается главная карта. Температура должна контролироваться записывающим устройством с разрешением, достаточным для четкого определения всех аспектов процесса нагрева, выдержки и охлаждения. Все карты должны четко идентифицироваться и иметь всю относящуюся к делу информацию и идентификацию, необходимую для поддержания постоянных записей.

A10.5.1.2 Термопары должны внедряться под углом 180° друг от друга, если в спецификации на материал предусмотрены испытательные местоположения, расположенные друг от друга на 180°.

A10.5.1.3 Необходимо создать одну контрольную карту (или две, если предусмотрено в соответствии с A10.5.3.1) для представления существенно идентичных поковок (одинаковый размер и форма). Любое изменение размера или геометрии (превышающее допуски черновой обработки) поковки вызовут необходимость создания новой контрольной кривой охлаждения.

A10.5.1.4 Если на контрольную поковку требуется более одной кривой (на расстоянии 180°) и достигнута разница скорости охлаждения, то в качестве контрольной кривой должна использоваться наиболее консервативная кривая.

A10.5.2 *Воспроизводимость параметров термообработки на производственных поковках:*

A10.5.2.1 Вся информация, относящаяся к закалке и отпуску контрольной поковки, должна записываться в соответствующий постоянный протокол, наподобие того, что показан в Таблице A10.1.

A10.5.2.2 Вся информация, относящаяся к закалке и отпуску производственных поковок, должна соответствующим образом записываться, предпочтительно в форму, наподобие той, что используется в A10.5.2.1. Протоколы закалки производственных поковок должны храниться для ссылок на них в будущем. Протокол закалки и отпуска контрольной поковки должен храниться в качестве постоянной записи.

A10.5.2.3 Копия записи контрольной поковки должна храниться с записью термообработки производственной поковки.

A10.5.2.4 Существенные переменные, согласно протоколу термообработки, должны контролироваться в пределах заданных параметров по производственной поковке.

A10.5.2.5 Температура закалочной среды перед закалкой каждой производственной поковки должна быть равной или меньше температуры закалочной среды перед закалкой контрольной поковки.

A10.5.2.6 Время, прошедшее с момента открытия дверки печи для закалки производственной поковки, не должно превышать время, прошедшее с момента открытия дверки печи для закалки контрольной поковки.

A10.5.2.7 Если временной параметр превышен при открытии дверки печи до начала закали, поковку необходимо поместить обратно в печь и довести до температуры выравнивания.

A10.5.2.8 Все поковки, представленные одной и той же контрольной поковкой, должны проходить закалку с одинаковой ориентацией к поверхности закалочной ванны.

A10.5.2.9 Все производственные поковки должны проходить закалку в одной и той же закалочной ванне и с тем же самым возбуждением, что и контрольная поковка.

A10.5.2.10 *Равномерность параметров термообработки* – (1) Разница в фактической температуре термообработки между производственными поковками и контрольной поковкой, используемой для установления для них моделирующего цикла, не должна превышать $\pm 25^{\circ}\text{F}$ ($\pm 14^{\circ}\text{C}$) для цикла закалки. (2) Температура отпуска производственных поковок не должна падать ниже фактической температуры отпуска контрольной поковки. (3) На каждую поковку в производственной загрузке необходимо разместить не менее одной контактной поверхностной термопары. Температура должна записываться для всех поверхностных термопар в Устройстве Записи Времени – Температуры, и такие записи должны храниться в качестве постоянной документации.

A10.5.3 *Моделирование теплового цикла:*

A10.5.3.1 Программные карты должны составляться на основе данных, записанных в контрольных картах. У всех испытательных образцов должна быть такая же скорость нагрева выше AC1, такое же время выдержки и такая же скорость охлаждения, что и у производственных поковок.

A10.5.3.2 Тепловой цикл выше AC1, отрезок цикла выдержки и отрезок охлаждения контрольной карты должны дублироваться, и для проверки адекватности смоделированной термообработки должны устанавливаться допустимые пределы температуры и времени, согласно (a) – (c).

- (a) *Моделирование теплового цикла термообработки заготовок под образцы для поковок и прутков, прошедших закалку и отпуск* – Если данные по скорости охлаждения для поковок и прутков и устройства управления скоростью охлаждения для испытательных образцов есть в наличии, можно провести термообработку испытательных образцов в устройстве.
- (b) Заготовки под образцы должны нагреваться до в значительной степени той же максимальной температуры, что и поковки и прутки. Заготовки под образцы необходимо охладить с той же скоростью, не быстрее, что и скорость охлаждения, являющаяся репрезентативной для испытательных местоположений. Заготовки под образцы должны находиться в пределах 25°F (14°C) и 20 с при всех температурах после начала охлаждения. Заготовки под образцы впоследствии необходимо подвергнуть термической обработке в соответствии с термическими обработками ниже критической температуры, включая отпуск и смоделированную послесварочную термическую обработку.
- (c) *Смоделированная послесварочная термическая обработка испытательных образцов (для поковок и прутков из ферритной стали)* – Кроме поковок и прутков из углеродистой стали (Р Номер 1, Раздел IX Норм и правил) с номинальной толщиной или диаметром 2 дюйма (51 мм) или менее, испытательные образцы должны подвергаться термообработке для моделирования любых термических обработок ниже критической температуры, которым могут подвергнуться поковки и прутки во время изготовления. В смоделированной термической обработке должны использоваться температуры, время и скорости охлаждения, указанные в заказе. Общее время при температуре (температурах) для испытательного материала должно составлять не менее 80% от общего времени при температуре (температурах), которым подвергаются поковки и прутки во время послесварочной термической

обработки. Общее время при температуре (ах) для испытательных образцов может быть представлено в одном цикле.

Таблица А10.1 Переменные, существенные для записи термообработки

	Контрольная поковка	Производственная поковка 1	Производственная поковка 2	Производственная поковка 3	Производственная поковка 4	Производственная поковка 5
Номер программной карты Время при температуре и фактическая температура термообработки Метод охлаждения Толщина поковки Погружение термопары Ниже буфера/резервного запаса (да/нет) Номер поковки Изделие Материал Расположение термопары – 0 градусов Расположение термопары – 180 градусов Закалочная ванна № Дата термообработки Номер печи Номер цикла Установка для термообработки Начальная температура закалочной среды Время от печи до закалки Скорость нагрева выше 1000 °F (538 °C) Температура после удаления из закалки после 5 минут Ориентация поковки в закалке						

А10.5.3.3 Перед термообработкой в моделирующем устройстве испытательные образцы должны механически обрабатываться до стандартных размеров, которые были определены для того, чтобы адекватно позволить последующего устранения обезуглероживания и окисления.

А10.5.3.4 Для непрерывной записи температуры на независимом наружном контролирующем температуру источнике должна использоваться по крайней мере одна термопара на образец. В силу чувствительности и особенностей конструкции нагревательной камеры определенного оборудования, обязательно, чтобы горячие спаи контролирующих и управляющих термопар всегда располагались в том же взаимном положении в отношении и источника нагрева (обычно инфракрасных ламп).

A10.5.3.5 Каждый отдельный образец должен идентифицироваться, и такая идентификация должна быть четко указана в моделирующей карте и протоколе моделирующего цикла.

A10.5.3.6 Моделирующая карта должна сравниваться с контрольной картой на точное воспроизведение смоделированной закалки в соответствии с A10.5.3.2 (а). Если какой-либо из образцов не подвергся термообработке в пределах допустимых пределов температуры и времени, такой образец необходимо отбраковать и заменить на заново механически обработанный образец. Документирование такого действия и причины отклонения от контрольной карты необходимо показать в моделирующей карте и в соответствующем отчете о несоответствии.

A10.5.4 Повторная термообработка и повторные испытания:

A10.5.4.1 В случае провала испытаний необходимо провести повторное испытание в соответствии с правилами, предусмотренными спецификацией на материал.

A10.5.4.2 Если повторное испытание разрешено, новый испытательный образец подвергается термообработке тем же способом, что и предыдущий. Производственная поковка, которую он представляет, подвергнется той же термообработке. Если результаты испытания удовлетворительны, поковка должна приниматься. Если нет, поковка отбраковывается или подвергается повторной термообработке, если допустимо.

A10.5.4.3 Если разрешена повторная термообработка, действуйте следующим образом: (1) Повторная термообработка та же, что и первоначальная термообработка (время, температура, скорость охлаждения): Используя новые испытательные образцы из участка, находящегося как можно ближе к исходным образцам, повторите циклы аустенизации и закалки дважды, после которых проведите цикл отпуска (двойная закалка и отпуск). Производственная поковка подвергается той же двойной закалке и отпуску, что и ее вышеуказанные испытательные образцы. (2) Повторная термообработка с использованием новой практики термообработки. Любое изменение времени, температуры или скорости охлаждения должны составлять новую практику термообработки. Необходимо сделать новую контрольную кривую, а моделирование и испытания проводить согласно первоначальной формулировке.

A10.5.4.4 В итоге каждый испытательный образец и соответствующая ему поковка должны подвергнуться идентичной термообработке или термообработке; иначе испытание считается недействительным.

A10.5.5 Хранение, отзыв и документирование данных моделирования теплового цикла – Все записи, касающиеся моделирования теплового цикла необходимо поддерживать и хранить в течение 10 летнего периода или как предусмотрено покупателем. Информация должна быть организована таким образом, чтобы все практики можно было проверить посредством адекватно документированных записей.

ПЕРЕЧЕНЬ ИЗМЕНЕНИЙ

Комитет A01 определил принципиальные изменения к данному стандарту, которые были внесены со времени последнего выпуска (A 370-03a), и которые могут повлиять на применение данного стандарта. (Утверждено 1 мая 2005.)

(1) Опущенный Раздел A3.5 по Термообработанным или Холоднотянутым Пруткам для Использования в Производстве Стержней, Гаек или других Материалов для Болтовых Соединений.

Американское Общество по Испытаниям Материалов (ASTM) не имеет отношения к действительности любых патентных прав, касающихся любых объектов, упомянутых в настоящем стандарте. Пользователям стандарта

напоминается, что определение действительности любых таких патентных прав и риск их нарушения лежит на их собственной ответственности.

Настоящий стандарт может быть пересмотрен в любое время ответственной Технической Комиссией и должен пересматриваться каждые 5 лет, в противном случае он либо переутверждается, либо аннулируется. Ваши замечания, касающиеся настоящего Стандарта или дополнительных стандартов, следует направлять в Управление ASTM. Они будут внимательно рассмотрены на заседании ответственной Технической Комиссии, в котором Вы сможете принять участие. Если Вы полагаете, что Ваши замечания Комиссией не были справедливо и беспристрастно рассмотрены, сообщите об этом Комитету по Стандартам ASTM по нижеуказанному адресу.

Данный Стандарт охраняется авторским правом ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Индивидуальные дополнительные тиражи (единичные или многоэкземплярные) данного стандарта можно получить, связавшись с ASTM по вышеуказанному адресу или по телефону 610-832-9585, по факсу 610-832-9555, по электронной почте service@astm.org, либо через ASTM website (www.astm.org).