



/Перевод с английского языка/

/Логотип: NACE International

The Corrosion Society/

("NACE Интернейшнл" - Международный комитет NACE по коррозии)

/NACE (National Association of Corrosion Engineers) -

NACE - Национальная ассоциация инженеров-коррозионистов/

Стандарт NACE TM0284-2003

Стандартный  
метод испытаний

### Оценка сталей для трубопроводов и сосудов высокого давления на сопротивляемость водородному растрескиванию

Данный международный стандарт NACE представляет собой согласованное мнение тех отдельных организаций-членов, которые просмотрели этот документ, область его применения и его положения. Его применение ни в коей мере не мешает кому бы то ни было, независимо от того, принял ли он стандарт или нет, изготавливать, продавать, покупать или использовать продукцию, технологию или методы, не соответствующие требованиям данного стандарта. Ничто, содержащееся в данном стандарте Международного комитета NACE, не подлежит толкованию как предоставление каких бы то ни было прав, косвенным или иным путём, на изготовление, продажу или применение в связи с каким бы то ни было методом, аппаратом или продукцией, защищёнными патентной грамотой, либо как освобождение кого бы то ни было от ответственности за нарушение патентной грамоты или защиту от такой ответственности. Данный стандарт предъявляет минимум требований и ни в коем случае не может восприниматься как ограничение на использование наилучших технологий и материалов. Ничто в данном стандарте не имелось в виду применять в каких бы то ни было случаях, относящихся к объекту. В особых случаях непредвиденные обстоятельства могут опорочить полезность данного стандарта. Международный комитет NACE не несёт никакой ответственности за толкование или применение данного стандарта иными сторонами и принимает на себя ответственность только за /его/ официальные толкования, изданные Международным комитетом NACE в соответствии с регламентирующей процедурой и линией поведения, которые предотвращают издание толкований отдельными лицами, не имеющими права на это.

Лица, использующие данный стандарт Международного комитета NACE, отвечают за пересмотр соответствующих регулирующих документов по охране здоровья и окружающей среды, по безопасности, а также за определение их применимости в отношении к данному стандарту до того, как начинать пользоваться им. Данный стандарт Международного комитета NACE не может непременно касаться всех проблем здоровья и безопасности или опасности для окружающей среды, связанных с применением материалов, оборудования и/или операций, описанных или упомянутых в данном стандарте. Лица, использующие данный стандарт Международного комитета NACE, отвечают также за введение в практику, до начала пользования данным стандартом, соответствующих мероприятий по охране здоровья, защите окружающей среды и безопасности, в случае необходимости после консультаций с соответствующими регламентирующими органами, с целью согласования их с любыми существующими регламентирующими требованиями.

#### ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ:

Стандарты "NACE Интернейшнл" подлежат периодическому просмотру; они могут быть пересмотрены или отменены в любое время без предварительного уведомления. Согласно её правилам повторное утверждение, пересмотр или отмена стандарта должны проводиться не позже, чем через пять лет после первой публикации стандарта. Лица, пользующиеся этими стандартами, предупреждаются о том, что они должны пользоваться их последними редакциями. Покупатели стандартов "NACE Интернейшнл" могут получить текущие сведения обо всех стандартах и других публикациях этой организации по адресу: отдел обслуживания, 1440 South Creek Drive, Houston, Texas 77084-8340 (телефон +1 [281]228-6200).

Пересмотрено 17.01.2003 г.  
Пересмотрено 30 марта 1996 г.  
Вновь подтверждено в марте 1997  
/Впервые/ утверждено в феврале 1984 г.  
NACE International  
1440 South Creek Dr.  
Houston, Texas 77084-4906  
+1 (281)228-6200

ISBN 1-57590-021-1  
© 2003, NACE International

/Стр. i оригинала/

### Предисловие

Поглощение водорода, получаемого при коррозии стали во влажной среде, содержащей сульфид водорода ( $H_2S$ ), может привести к некоторым следствиям, зависящим от свойств стали, характеристик окружающей среды и иных переменных величин. Одним из вредных результатов, наблюдающихся в трубопроводных и автоклавных сталях, является распространение трещин вдоль направления прокатки стали. Трещины на одной плоскости склонны к слиянию с трещинами на прилегающих плоскостях с образованием следов через всю толщину. Трещины могут уменьшать фактическую толщину стенки до тех пор, пока труба или сосуд высокого давления не окажется под пере-напряжением и не треснет. Иногда растрескивание сопровождается образованием пузырей. Некоторые повреждения поверхности, вызванные таким растрескиванием, были описаны.<sup>1,2</sup>

Термины "ступенчатое растрескивание" (SWC), растрескивание под действием давления водорода", "пузырчатое растрескивание" и "ступенчатое водородное растрескивание" использовались в прошлом для описания растрескивания такого типа в трубопроводных и автоклавных сталях, однако сейчас они считаются устаревшими. Термин "водородное растрескивание" (HIC) широко использовался для описания растрескивания такого типа, и был принят Международным комитетом NACE. Поэтому в данном стандартном способе испытаний он и применяется.

Водородное растрескивание имеет отношение к водородному вспучиванию, которое с 1940-х годов было признано проблемой для сосудов, работающих с кислыми продуктами.<sup>3</sup> Однако довольно скоро водородное растрескивание нашло широкое признание и в качестве вероятной проблемы и в трубопроводах. Вследствие аварий на трубопроводах двух компаний, произошедших в начале 1970-х годов, несколько компаний начали изучение растрескивания и опубликовали результаты испытаний различных сталей. Однако многие исследователи обнаружили, что они не могут воспроизвести опубликованные результаты испытаний. В конечном счёте было определено, что отсутствие воспроизводимости в основном является следствием разницы в методах испытаний. Поэтому комитет T-1F NACE по металлургии нефтепромышленного оборудования организовал исследовательскую группу T-1F-20 для изучения этой проблемы и подготовки стандартного метода испытаний.

Этот стандарт первоначально был подготовлен в 1984 г. с целью предоставления стандартного набора условий испытаний для непротиворечивой оценки трубопроводных сталей и сравнения результатов испытаний от разных лабораторий. Позднее интерес относительно повреждения из-за водородного растрескивания обратился к толстолистовым сталям для сосудов высокого давления. Требования к толстолистовым сталям включили испытания на устойчивость к водородному растрескиванию с использованием данного стандарта. Поэтому сфера действия данного стандарта была изменена с включением испытаний автоклавных толстолистовых сталей.

Условия испытаний были разработаны не для симулирования какой бы то ни было конкретной трубопрокатной или технологической операции. Испытание направлено только на оценку стойкости к водородному растрескиванию, а не каких-либо иных неблагоприятных результатов воздействия кислой среды, таких как растрескивание под действием напряжений в сульфидсодержащей среде, точечная коррозия или потеря веса вследствие коррозии.

Испытания могут проводиться с различными целями, а использование их результатов находится за пределами сферы действия данного стандарта. Те, кто проводит испытания, должны знать, что в некоторых случаях на результаты испытаний могут влиять изменения в свойствах на различных местах одного участка трубопроводной трубы или листа, так же, как и изменения в нагреве стали. Когда испытания используются как основание для продажи, число и расположение испытываемых образцов следует тщательно обсудить.<sup>4</sup> Этот стандарт предназначен только для конечных пользователей, изготовителей, заводов и испытательных лабораторий.

Данный стандарт был пересмотрен исследовательской группой T-1F-20 в 1996 г. и вновь в 2003 г. исследовательской группой 082 (прежде T-1F-20) по ступенчатому растрескиванию трубопроводных сталей и опубликован NACE под покровительством группы 32 по особым технологиям в нефтегазовом производстве – металлургии – (прежде – единый комитет T-1F по металлургии нефтепромыслового оборудования).

В стандартах NACE выражения "должен", "нужно", "стóбит" и "можно" используются в соответствии с определением этих выражений в "Руководстве по стилю публикаций NACE", 4-е издание, § 7.4.1.9. /Слова/ "должен" и "нужно" применяются для выражения обязательных требований. Термин "стóбит" применяется в тех случаях, когда говорится о желательном и рекомендуемом, но не обязательном. Термин "можно" используется для выражения факультативных положений.

/Стр.ii оригинала/

**"NACE Интернейшнл"**  
**Стандартный метод испытаний**

**Оценка трубопроводных и автоклавных сталей  
на сопротивляемость водородному растрескиванию**

Содержание	Страница	
	ориги- нала	пере- вода
1. Общие положения	1	4
2. Реагенты	1	4
3. Испытательная аппаратура	1	4
4. Образцы для испытаний – стали для трубопроводов	1	5
5. Образцы для испытаний – лист для сосудов высокого давления	5	7
6. Методика испытаний	7	8
7. Оценка испытательных образцов	8	9
8. Составление отчёта о результатах испытаний	9	10
Ссылки	10	11
Приложение А – Анализ безопасности – это управление токсичностью H <sub>2</sub> S	10	11
Приложение В – Пояснительные заметки о методе испытаний	11	12
Приложение С – Определение концентрации H <sub>2</sub> S в испытательном растворе	12	12
Рисунок 1 – Принципиальная схема типичного комплекта для испытаний	2	5
Рисунок 2 – Бесшовная труба и основной металл продольношовной сварной трубы	2	5
Рисунок 3 – Область сварного шва продольношовной сварной трубы	3	6
Рисунок 4 – Область сварного шва трубы ERW	4	6
Рисунок 5 – Основной металл спиральношовной сварной трубы	4	6
Рисунок 6 – Область сварного шва спиральношовной сварной трубы	5	6
Рисунок 7 – Место расположения образца для испытаний для листов толщиной до 30 мм включительно	6	7
Рисунок 8 – Место расположения образца для испытаний для листов толщиной свыше 30 до 88 мм включительно	6	8
Рисунок 9 – Место расположения образца для испытаний для листов толщиной свыше 88 мм	7	8
Рисунок 10 – Ориентация образцов для испытаний в сосуде высокого давления	7	8
Рисунок 11 – Образец для испытаний и размеры трещин, используемые при расчёте CSR, CLR и CTR	9	10

**Раздел 1: Общие положения**

## 1.1.

Этот стандарт устанавливает методику испытаний для оценки сопротивляемости трубопроводных и автоклавных толстолистовых сталей водородному растрескиванию, вызываемому поглощением водорода из-за сероводородной коррозии.

## 1.1.1.

Включены особые методики или требования для испытаний тонкостенных труб (толщина стенки - до 6 мм), труб малого диаметра (номинальный диаметр трубы от 2 до 6) труб, сваренных методом контактной сварки сопротивлением (ERW), и бесшовных трубопроводных труб. Эти тонкостенные материалы малого диаметра следует испытывать таким же образом, как и другие трубопроводные трубы, если в данном стандарте не указано иное.

## 1.2.

Метод испытаний заключается в том, что испытываемые ненагруженные образцы, подвергаются воздействию одного из двух стандартных испытательных растворов - либо раствора А - раствора хлорида натрия, уксусной кислоты ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ), насыщенного  $\text{H}_2\text{S}$ , - при комнатной температуре и давлении, либо раствора В - искусственного раствора морской воды, насыщенного  $\text{H}_2\text{S}$ , - при комнатной температуре и давлении. Через определённое время испытываемые образцы вынимают и подвергают оценке.

## 1.3.

Метод испытаний не предназначен для дублирования условий эксплуатации. Он рассчитан на создание воспроизводимых условий испытаний, способных за относительно короткий срок определить различие в чувствительности разных образцов стали к водородному растрескиванию.

**ПРИМЕЧАНИЕ:** Длительность испытаний может быть недостаточной для развития максимального растрескивания в любой данной стали, однако было обнаружено, что она является адекватной для целей данного испытания.

## 1.4.

Стандарт не содержит критериев приемлемости или отклонения. Методы, используемые для определения приемлемости и отклонения, для сравнения различных сталей, для сортировки сталей или в иных целях, находятся за пределами сферы действия данного стандарта.

**Раздел 2: Реагенты**

## 2.1.

Реагентами для раствора А должны быть газообразный азот для продувки, газообразный  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{CH}_3\text{COOH}$  и дистиллированная или деионизированная вода. Реагентами для раствора В должны быть газообразный азот для продувки, газообразный  $\text{H}_2\text{S}$  и искусственная морская вода.

**ПРИМЕЧАНИЕ:**  $\text{H}_2\text{S}$  ВЫСОКОТОКСИЧЕН, И ОБРАЩАТЬСЯ С НИМ НАДО ОСТОРОЖНО (см. Приложение А).

## 2.2.

$\text{NaCl}$  и  $\text{CH}_3\text{COOH}$  должны быть химикатами реagentного сорта.

## 2.3.

Газы должны быть reagentного сорта или химически чистыми, а вода должна быть дистиллированной или деионизированной (см. Приложение В).

## 2.4.

Искусственную морскую воду следует готовить в соответствии со стандартом D 1141<sup>5</sup> ASTM<sup>(1)</sup>, основные растворы 1 и 2 (без ионов тяжёлых металлов).

**Раздел 3: Испытательная аппаратура**

## 3.1.

Испытания можно проводить в любом подходящем герметическом сосуде, достаточно большом для испытываемых образцов с условиями для продувки и введения  $\text{H}_2\text{S}$ . Ни один из материалов в испытательном комплекте не должен загрязнять испытательную среду или воздействовать на неё. Принципиальная схема типичного испытательного комплекта представлена на рис. 1.

<sup>(1)</sup> ASTM International (ASTM), 100 Barr Harbor Dr., West Conshohocken, PA 19428-2959.

## Раздел 4: Образцы для испытаний - стали для трубопроводов

### 4.1. Размер

#### 4.1.1.

Каждый образец для испытания должен быть длиной  $100 \pm 1$  мм и шириной  $20 \pm 1$  мм

#### 4.1.2.

Толщина испытываемого образца должна равняться полной толщине стенки трубы до максимальной величины в 30 мм. Для стенок толще 30 мм толщина образца для испытаний должна составлять либо полную толщину стенки трубы либо быть ограничена максимальной толщиной в 30 мм, как описано в разделе 5. С каждой поверхности (т.е. внутренней и наружной) может быть удалён максимум 1 мм. Выравнивать заготовку образца не следует.

#### 4.1.3.

Для тонкостенных, сваренных методом контактной сварки сопротивлением, и бесшовных труб малого диаметра толщина испытательного образца должна составлять не менее 80% от всей толщины стенки трубы. В таких случаях следует подвергать испытанию изогнутые образцы, вырезанные из трубопроводной трубы; заготовки образцов для испытаний изгибать не следует.

/Стр.2 оригинал

### 4.2. Количество, расположение и ориентация

#### 4.2.1.

От каждой проверяемой трубы следует отобрать для испытаний три образца.

#### 4.2.2.

Для сварных труб образцы для испытаний следует отбирать со шва, под углом  $90^\circ$  к шва и  $180^\circ$  от шва. Для бесшовных труб образцы для испытаний следует отбирать под углом  $120^\circ$  в стороне возле окружности.

#### 4.2.3.

Образцы для испытаний следует отбирать от труб с продольной осью испытательных образцов:

- (a) параллельно продольной оси трубы - для бесшовных труб и основного металла продольношовных труб;
- (b) параллельно шву - для основного металла спиральношовных труб;
- (c) перпендикулярно шву - для области шва сварных труб;
- (d) параллельно шву - для области шва трубопроводных труб, сваренных методом контактной сварки сопротивлением. Шов должен находиться примерно посередине испытываемого образца.

На рис. 2-6 представлена ориентация образцов для испытаний, где их следует размещать и проверять после подвергания воздействию.

### Расходомер

Цилиндр $H_2S$	Трап (ловушка; сепаратор - ?)	Образцы для испытаний	Трап	10%-ный раствор $NaOH$
----------------	----------------------------------	-----------------------	------	------------------------

Рис. 1

Принципиальная схема типичного испытательного комплекта

### Проверяемые торцы

Продольная ось  
трубы

Рис. 2

Бесшовная труба и основной металл продольношовной трубы  
(все размеры - в мм)

Ось трубы и направление прокатки

Проверяемые торцы

**Рис. 3**  
**Область шва продольношовной трубы**  
**(все размеры - в мм)**

Проверяемые швы

Сварка методом контактной сварки сопротивлением

a: малый диаметр, тонкая труба

/Стр.4 оригинал

Продольная ось трубы

Проверяемые торцы

Сварка методом контактной сварки сопротивлением

b: большой диаметр

**Рис. 4**  
**Область шва трубы, полученной методом контактной сварки сопротивлением**  
**(все размеры - в мм)**

Ось трубы

Направление прокатки

Проверяемые швы

T = толщина

**Рис. 5**  
**Основной металл спиральношовной трубы**  
**(все размеры - в мм)**

/Стр.5 оригинал

Ось трубы

Проверяемые швы

Направление прокатки

T = толщина

**Рис. 6**  
**Область шва спиральношовной трубы**  
**(все размеры - в мм)**

#### 4.3. Подготовка

##### 4.3.1.

Заготовки для испытательных образцов можно отбирать любым подходящим способом. Если заготовка была вырезана путём пламенной резки, то поверхность, подвергнутую тепловому воздействию, следует удалить путём шлифовки, отпилки или обработки на станке.

##### 4.3.2.

Поверхности четырёх срезанных углов каждого образца следует подвергнуть шлифовке с охлаждением или без него и окончательно отполировать бумагой с абразивом 320.

##### 4.3.3.

Покрытие поверхностей срезанных углов не разрешается; подвергаться воздействию испытательного раствора должны все шесть поверхностей.

