

---

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

---



НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
СТАНДАРТ  
РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р ИСО  
17641-1—  
2011

---

# ИСПЫТАНИЯ РАЗРУШАЮЩИЕ СВАРНЫХ ШВОВ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Испытания на сопротивляемость образованию  
горячих трещин в сварных соединениях.

Процессы дуговой сварки

Часть 1

Общие положения

ISO 17641-1:2004

Destructive tests on welds in metallic materials — Hot cracking tests for weldments  
— Arc welding processes — Part 1: General  
(IDT)

Издание официальное



Москва  
Стандартинформ  
2012

## Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила применения национальных стандартов Российской Федерации — ГОСТ Р 1.0—2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения»

### Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН Федеральным государственным учреждением «Научно-учебный центр «Сварка и контроль» при МГТУ им. Н.Э. Баумана» (ФГУ НУЦСК при МГТУ им. Н.Э. Баумана), Национальным агентством контроля и сварки (НАКС) на основе собственного аутентичного перевода на русский язык стандарта, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 364 «Сварка и родственные процессы»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30 ноября 2011 г. № 661-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ИСО 17641-1:2004 «Разрушающие испытания сварных швов металлических материалов. Испытания на сопротивляемость образованию горячих трещин в сварных соединениях. Процессы дуговой сварки. Часть 1. Общие положения» (ISO 17641-1:2004 «Destructive tests on welds in metallic materials — Hot cracking tests for weldments — Arc welding processes — Part 1: General»)

При применении настоящего стандарта рекомендуется использовать вместо ссылочных международных стандартов соответствующие им национальные стандарты Российской Федерации, сведения о которых приведены в дополнительном приложении ДА

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок — в ежемесячно издаваемых информационных указателях «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет*

© Стандартинформ, 2012

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

## Содержание

1 Область применения . . . . .	1
2 Нормативные ссылки . . . . .	1
3 Термины и определения . . . . .	2
4 Показатели, обозначения и единицы измерения. . . . .	2
5 Основы теории образования горячих трещин . . . . .	2
6 Виды испытаний . . . . .	3
7 Описание испытаний . . . . .	3
8 Применения . . . . .	4
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов ссылочным национальным стандартам Российской Федерации . . . . .	6

## Введение

ИСО 17641-1 подготовлен Европейским комитетом по стандартизации (СЕН) в сотрудничестве с техническим комитетом ИСО/ТК 44 «Сварка и родственные процессы», подкомитетом ПК 5 «Испытания и контроль сварных швов» в соответствии с Соглашением о техническом сотрудничестве между ИСО и СЕН (Венское Соглашение).

ИСО 17641 состоит из следующих частей под общим наименованием «Разрушающие испытания сварных швов металлических материалов. Испытания на сопротивляемость образованию горячих трещин в сварных соединениях. Процессы дуговой сварки»:

- часть 1. Общие положения;
- часть 2. Испытания с естественной жесткостью;
- часть 3. Испытания с приложением внешней нагрузки (технический отчет).

**ИСПЫТАНИЯ РАЗРУШАЮЩИЕ СВАРНЫХ ШВОВ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ****Испытания на сопротивляемость образованию горячих трещин в сварных соединениях.  
Процессы дуговой сварки****Часть 1****Общие положения**Destructive tests on welds in metallic materials. Hot cracking tests for weldments.  
Arc welding processes. Part 1. General

Дата введения — 2013—01—01

**1 Область применения**

Настоящий стандарт содержит основные положения, касающиеся образования горячих трещин в металле сварного шва и основном металле, и испытания, применяемые для оценки сопротивляемости образованию этих трещин при дуговой сварке.

Часть 2 (испытания с естественной жесткостью) устанавливает испытания, которые следует использовать для оценки сопротивляемости образованию горячих трещин металла сварного шва. Деформации, вызывающие образование трещин, создаются за счет жесткости сварного узла.

Часть 3 (испытания с приложением внешней нагрузки) описывает испытания, которые могут быть использованы для оценки сопротивляемости образованию горячих трещин основного металла и металла сварного шва. Деформации, вызывающие образование трещин, создаются путем нагружения испытуемого образца внешней силой.

**П р и м е ч а н и е** — Испытания, приведенные в части 3, требуют использования нестандартного специального оборудования. Лаборатории применяют разные процедуры, условия испытаний и размеры образцов. Поэтому, хотя воспроизводимость внутри одной лаборатории обычно является хорошей, при испытаниях в разных лабораториях иногда возможны расхождения.

**2 Нормативные ссылки**

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие международные стандарты. Для датированных ссылок последующие поправки или изменения любых из этих публикаций действительны для настоящего стандарта только после введения поправок и изменений к нему.

ЕН ИСО 17641-2:2005 Разрушающие испытания швов на металлических материалах. Испытания свариваемых деталей на горячее растрескивание в процессе дуговой сварки. Часть 2. Самоограничивающиеся испытания (ISO 17641-2:2005)

EN ISO 17641-2:2005 Destructive tests on welds in metallic materials — Hot cracking tests for weldments — Arc welding processes — Part 2: Self-restraint tests (ISO 17641-2:2005)

СЕН ИСО/ТО 17641-3:2005 Разрушающие испытания сварных швов металлических материалов. Испытания на сопротивляемость образованию горячих трещин в сварных соединениях. Процессы дуговой сварки. Часть 3. Испытания с приложением внешней нагрузки (ИСО/ТО 17641-3:2005)

CEN ISO/TR 17641-3:2005 Destructive tests on welds in metallic materials — Hot cracking tests for weldments — Arc welding processes — Part 3: Externally loaded tests (ISO/TR 17641-3:2005)

### 3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

**3.1 горячие трещины (hot cracks):** Нарушения сплошности материала, происходящие при высокой температуре вдоль границ зерен (дендритные границы), когда деформация или темп деформации превышают определенный уровень.

**Примечание** — Мелкие трещины, видимые только при увеличении более чем в 50 раз, часто рассматриваются как микротрещины.

**3.1.1 кристаллизационные трещины (solidification cracks):** Горячие трещины, образующиеся при кристаллизации жидкой фазы металла сварного шва.

**Примечание** — Обычно они выходят на поверхность сварного шва, но иногда могут быть под поверхностью.

**3.1.2 ликвационные трещины (liquation cracks):** Горячие трещины, образующиеся при расплавлении ликватов в зоне термического влияния (ЗТВ) основного металла или в многопроходных швах, когда наплавленный металл повторно нагревается при выполнении последующих проходов сварки.

**3.1.3 трещины, вызванные падением пластичности (ductility dip cracks):** Горячие трещины, образующиеся при сварке из-за снижения высокотемпературной пластичности. Как и ликвационные трещины они могут возникать в ЗТВ или в многопроходных швах.

**3.2 испытания с естественной жесткостью (self-restraint tests):** Испытания, при которых деформация шва образца происходит за счет напряжений, возникающих при сварке жестко закрепленного узла.

**3.3 испытания с приложением внешней нагрузки (externally loaded tests):** Испытания, при которых деформация шва образца происходит за счет напряжений, возникающих под действием внешней силы, создаваемой специальным испытательным оборудованием.

### 4 Показатели, обозначения и единицы измерения

Примененные в стандарте показатели, обозначения и единицы измерения приведены в таблице 1.

Т а б л и ц а 1 — Показатели, обозначения и единицы измерения

Обозначение	Показатель	Единица измерения
$MSI_{(TT)}$	Показатель склонности к возникновению микротрещин (испытание на растяжение) <sup>a</sup>	мм/мм
$MSI_{(LBT)}$	Показатель склонности к возникновению микротрещин (испытание на продольный изгиб) <sup>b</sup>	мм/мм
$L_{tot}$	Суммарная длина всех обнаруженных в образце горячих трещин	мм
$V_{crit}$	Критическая скорость деформации для возникновения первой горячей трещины	мм/с
BTR	Температурный интервал хрупкости, т. е. разница между NST и DTR (см. СЕН ИСО/ТО 17641-3:2003, рисунок 2)	К
<sup>a</sup> $MSI = L_{MF}/L_0 \cdot d \cdot \pi$ <sup>b</sup> $MSI = L_{MF}/b \cdot l_0$		

### 5 Основы теории образования горячих трещин

Горячие трещины возникают в сварном шве и ЗТВ основного материала, когда деформации, развивающиеся при охлаждении сварного соединения или под действием извне, превосходят пластичность металла в определенной зоне сварного соединения. Они имеют размеры от очень малых ликвационных трещин (длиной менее 1 мм) в ЗТВ или многопроходных швах до крупных кристаллизационных трещин, которые могут распространяться на всю длину сварных соединений.

**Примечание 1** — Эти трещины не следует путать с холодными трещинами, которые всегда возникают при температурах ниже 200 °С.

Горячие трещины не ограничиваются конкретными системами сплавов. Они могут возникать в сталях, в том числе коррозионно-стойких, сплавах на основе никеля, меди и алюминия. Причины возникновения горячих трещин много, но обычно они возникают, когда локальная пластичность недостаточна для противодействия развивающимся сварочным деформациям. Недостаток пластичности может зависеть от свойств микроструктуры и ориентации (по отношению к направлению деформирования) и в некоторых случаях от присутствия хрупких включений и прослоек с низкой температурой плавления. В этом отношении некоторые системы сплавов очень чувствительны к присутствию примесей, таких как сера, фосфор, свинец и другие. Общеизвестно, что аустенитные однофазные микроструктуры, особенно металла сварного шва, в том или ином виде склонны к горячему растрескиванию. Содержание примесей в таких сталях и сплавах влияет на возникновение трещин.

**Примечание 2** — Точный механизм образования горячих трещин пока полностью не выяснен.

## 6 Виды испытаний

### 6.1 Испытания с естественной жесткостью

Эти испытания зависят от жесткости (закрепления) сварного узла, в результате которой возникает деформация, достаточная для возникновения трещин. Испытания с естественной жесткостью включают в себя испытания:

- а) заключающиеся в сварке жестко закрепленного узла и непосредственной проверке испытуемого шва на наличие трещин;
- б) заключающиеся в сварке стыкового сварного шва с полным проплавлением, из которого вырезают образец, подвергаемый дополнительной деформации для обнаружения ранее возникших горячих трещин (особенно микротрещин), облегчения выявления их направления и размеров. Для разрушения после сварки применяют растяжение или изгиб. Они не предназначены для инициирования новых трещин.

Испытания под действием сварочных напряжений пригодны только для оценки горячих трещин металла сварного шва.

### 6.2 Испытания с приложением внешней нагрузки

Эти испытания предусматривают внешнее нагружение образца во время процесса сварки или уже сваренного образца, который одновременно нагревают и нагружают.

Испытания с приложением внешней нагрузки включают в себя испытания:

- а) при которых нагрузка прикладывается при выполнении сварного шва;
- б) при которых сварной шов повторно нагревается и одновременно нагружается, чтобы получить возможность оценки склонности к возникновению трещин.

Эти испытания внешней нагрузкой пригодны для оценки образования горячих трещин металла сварного шва, основного металла и зоны термического влияния.

## 7 Описание испытаний

### 7.1 Испытания с естественной жесткостью

#### 7.1.1 Общие положения

Подробности процедур испытания приведены в ЕН ИСО 17641-2.

#### 7.1.2 Испытание на сопротивляемость образованию горячих трещин в шве таврового соединения (T-joint weld cracking test)

Процедура испытания предназначена для оценки склонности к возникновению кристаллизационных трещин металла однопроходного углового сварного шва. Применяют три типа образца с увеличивающейся от образца к образцу жесткостью, которая обеспечивается увеличением толщины листа и/или применением в испытуемом узле ребер жесткости. Оценка является по существу качественной, поскольку прямое измерение сварочных напряжений недоступно. Оценка основывается на длине и положении трещин (если они есть) в испытуемом сварном шве.

#### 7.1.3 Испытание растяжением металла сварного шва (weld metal tensile test)

Это испытание предназначено для оценки сопротивляемости металла сварного шва, вырезанного из стыкового соединения, образованию ликвационных трещин и трещин, вызванных падением пластичности. Разрушение цилиндрического образца, вырезанного из стыкового шва, открывает трещины, возникшие при сварке. При проверке соседней с изломом области трещины могут быть обнаружены и измерены.

**Примечание** — См. ЕН ИСО 17641-2, рисунки 2 и 3.

**7.1.4 Испытание продольным изгибом (longitudinal bend test)**

Это испытание предназначено для оценки сопротивляемости образованию трещин при кристаллизации, ликвации и падении пластичности наплавленного металла стыковых швов. Изгиб продольных образцов, вырезанных из стыкового шва, открывает возникшие при сварке трещины, которые могут быть обнаружены и измерены.

Примечание — См. ЕН ИСО 17641-2, рисунки 4 и 5.

**7.2 Испытания с приложением внешней нагрузки****7.2.1 Общие положения**

Подробности процедур испытания приведены в СЕН ИСО/ТО 17641-3.

**7.2.2 Испытание растяжением с нагревом (hot tensile test)**

Сопротивляемость образованию горячих трещин определяют путем выполнения испытания растяжением с нагревом, имитирующим сварочный термический цикл. Чтобы оценить сопротивляемость образованию кристаллизационных и ликвационных трещин используют разные процедуры и размеры образцов:

а) чтобы моделировать возникновение кристаллизационных трещин, образец нагревают до температуры плавления, а зажимы оборудования фиксируют образец таким образом, что усадочная деформация металла вызывает образование трещин;

б) чтобы моделировать возникновение ликвационных трещин, серию образцов нагревают до температуры чуть ниже температуры солидуса, а оценка сопротивляемости образованию трещин основывается на испытании некоторого числа образцов для построения кривой пластичности при высоких температурах.

**7.2.3 Испытание нагрузкой, действующей вдоль сварного шва (varestraint test) и испытание нагрузкой, действующей поперек сварного шва (transvarestraint test)**

Испытания нагрузкой, действующей вдоль и поперек сварного шва, используют для определения сопротивляемости образованию горячих трещин путем нагружения образца одновременно с его сваркой.

При испытании нагрузкой, действующей вдоль сварного шва, нагрузку прикладывают в направлении, совпадающем с осью сварного шва. Испытание дает возможность оценки возникновения кристаллизационных, ликвационных трещин и трещин, возникающих из-за падения пластичности металла.

При испытании нагрузкой, действующей поперек сварного шва, нагрузку прикладывают в поперечном по отношению к оси сварного шва направлении. Испытание применяют для оценки сопротивляемости образованию только кристаллизационных трещин. В заданный момент выполнения сварочной операции производят нагружение образца путем его изгиба вокруг оправки определенной формы. По завершении испытания визуально оценивают и измеряют трещинообразование. Сопротивляемость образованию трещин оценивают по длине трещин на стороне, подвергшейся растяжению.

**7.2.4 Испытание регулируемым растяжением плоского образца (controlled flat tensile test)**

Это испытание проводят путем растяжения одного плоского образца, который растягивают в продольном направлении в испытательном оборудовании, обеспечивающим линейное увеличение скорости нагружения. Управляемая нагрузка прикладывается во время выполнения сварного шва. Скорость растяжения, вызывающая горячее растрескивание, характеризуется как критическая скорость растяжения и используется в качестве меры сопротивляемости образованию горячих трещин.

**8 Применения**

Возможные применения различных испытаний изложены в таблицах 2 и 3.

Т а б л и ц а 2 — Испытания на сопротивляемость образованию горячих трещин на образцах с естественной жесткостью и их применение

Тип испытания	Вид трещин	Результат	Применение
Испытание на сопротивляемость образованию горячих трещин в сварном шве таврового соединения	Кристаллизационные	Качественный	Сертификация сварочных материалов. Сертификационное испытание сварочных материалов



Окончание таблицы 2

Тип испытания	Вид трещин	Результат	Применение
Испытание растяжением металла сварного шва	Кристаллизационные	Качественный или количественный, если используется показатель чувствительности к возникновению микротрещин $MSI_{(TT)}$	Аттестация процедуры сварки. Испытание образца изготовленного изделия. Сертификация сварочных материалов. Сертификационное испытание сварочных материалов
	Ликвационные		
	Возникающие из-за падения пластичности металла		
Испытание продольным изгибом	Кристаллизационные	Качественный или количественный, если используется $MSI_{(LBT)}$	Аттестация процедуры сварки. Испытание образца изготовленного изделия. Сертификация сварочных материалов. Сертификационное испытание сварочных материалов
	Ликвационные		
	Возникающие из-за падения пластичности металла		

Т а б л и ц а 3 — Испытания на сопротивляемость образованию горячих трещин на образцах с приложением внешней нагрузки и их применение

Тип испытания	Вид трещин	Результат	Применение
Испытание нагрузкой, действующей вдоль сварного шва	Кристаллизационные	$L_{tot}$ BTR	Основной материал, выбор и сертификация. Металл сварного шва, выбор и сертификация. Процедуры сварки
	Ликвационные	$L_{tot}$	
	Возникающие из-за падения пластичности металла	$L_{tot}$	
Испытание нагрузкой, действующей поперек сварного шва	Кристаллизационные	$L_{tot}$	Выбор металла сварного шва. Процедуры сварки
Испытание регулируемым растяжением плоского образца	Кристаллизационные	$V_{crit}$	Выбор материала. Узлы с многопроходными сварными швами. Процедуры сварки. Сочетания материалов
	Ликвационные	$V_{crit}$	
	Возникающие из-за падения пластичности металла	$V_{crit}$	
Испытание растяжением с нагревом	Кристаллизационные	BTR	Выбор и сертификация материала
	Ликвационные	BTR	

Приложение ДА  
(справочное)Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов  
ссылочным национальным стандартам Российской Федерации

Т а б л и ц а ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего национального стандарта
ЕН ИСО 17641-2:2005	—	*
СЕН ИСО/ТО 17641-3:2003	—	*

\* Соответствующий национальный стандарт отсутствует. До его утверждения рекомендуется использовать перевод на русский язык данного международного стандарта. Перевод данного международного стандарта находится в Национальном агентстве контроля и сварки (НАКС).

УДК 621.791.053:006.354

ОКС 25.160.40

В09

Ключевые слова: сварные швы, дуговая сварка, горячие трещины, испытания

---

Редактор *Н.В. Таланова*  
Технический редактор *Н.С. Гришанова*  
Корректор *А.С. Черноусова*  
Компьютерная верстка *В.И. Грищенко*

Сдано в набор 02.11.2012. Подписано в печать 10.12.2012. Формат 60x84<sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Гарнитура Ариал. Усл. печ. л. 1,40.  
Уч.-изд. л. 0,80. Тираж 120 экз. Зак. 1088.

---

ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.  
[www.gostinfo.ru](http://www.gostinfo.ru) [info@gostinfo.ru](mailto:info@gostinfo.ru)

Набрано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» на ПЭВМ.

Отпечатано в филиале ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» — тип. «Московский печатник», 105062 Москва, Лялин пер., 6.