

---

---

**Коррозия металлов и сплавов.  
Ускоренные испытания на  
коррозионную стойкость для  
определения восприимчивости к  
межкристаллитной коррозии  
аустенитных нержавеющей сталей**

*Corrosion of metals and alloys – Accelerated corrosion test for  
intergranular corrosion susceptibility of austenitic stainless steels*

ISO 21610:2009

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f8122d64-7259-44e7-b624-239799c737a6/iso-21610-2009>

Ответственность за подготовку русской версии несёт GOST R  
(Российская Федерация) в соответствии со статьёй 18.1 Устава ISO



Ссылочный номер  
ISO 21610:2009(R)

### Отказ от ответственности при работе в PDF

Настоящий файл PDF может содержать интегрированные шрифты. В соответствии с условиями лицензирования, принятыми фирмой Adobe, этот файл можно распечатать или смотреть на экране, но его нельзя изменить, пока не будет получена лицензия на установку интегрированных шрифтов в компьютере, на котором ведется редактирование. В случае загрузки настоящего файла заинтересованные стороны принимают на себя ответственность за соблюдение лицензионных условий фирмы Adobe. Центральный секретариат ISO не несет никакой ответственности в этом отношении.

Adobe - торговый знак Adobe Systems Incorporated.

Подробности, относящиеся к программным продуктам, использованным для создания настоящего файла PDF, можно найти в рубрике General Info файла; параметры создания PDF оптимизированы для печати. Были приняты во внимание все меры предосторожности с тем, чтобы обеспечить пригодность настоящего файла для использования комитетами – членами ISO. В редких случаях возникновения проблемы, связанной со сказанным выше, просим информировать Центральный секретариат по адресу, приведенному ниже.

## iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

ISO 21610:2009

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f8122d64-7259-44e7-b624-239799c737a6/iso-21610-2009>



### ДОКУМЕНТ ЗАЩИЩЕН АВТОРСКИМ ПРАВОМ

© ISO 2009

Все права сохраняются. Если не задано иначе, никакую часть настоящей публикации нельзя копировать или использовать в какой-либо форме или каким-либо электронным или механическим способом, включая фотокопии и микрофильмы, без предварительного письменного согласия офиса ISO по адресу, указанному ниже, или членом ISO в стране регистрации пребывания.

ISO copyright office  
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20  
Tel. + 41 22 749 01 11  
Fax + 41 22 749 09 47  
E-mail [copyright@iso.org](mailto:copyright@iso.org)  
Web [www.iso.org](http://www.iso.org)

Опубликовано в Швейцарии

**Содержание**

Страница

Предисловие .....	iv
<b>1 Область применения .....</b>	<b>1</b>
<b>2 Нормативные ссылки .....</b>	<b>1</b>
<b>3 Термины и определения .....</b>	<b>1</b>
<b>4 Контрольные образцы .....</b>	<b>1</b>
<b>5 Методы испытания.....</b>	<b>7</b>
<b>6 Оценка межкристаллитной коррозии .....</b>	<b>9</b>
<b>7 Протокол испытания.....</b>	<b>11</b>
<b>Приложение А (информативное) Рекомендованные стандартные размеры образцов и рекомендованные химические и электролитические методики удаления продуктов коррозии .....</b>	<b>12</b>
<b>Библиография.....</b>	<b>15</b>

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

ISO 21610:2009

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f8122d64-7259-44e7-b624-239799c737a6/iso-21610-2009>

## Предисловие

Международная организация по стандартизации (ISO) является всемирной федерацией национальных организаций по стандартизации (комитетов-членов ISO). Разработка международных стандартов обычно осуществляется техническими комитетами ISO. Каждый комитет-член, заинтересованный в деятельности, для которой был создан технический комитет, имеет право быть представленным в этом комитете. Международные правительственные и неправительственные организации, имеющие связи с ISO, также принимают участие в работах. Что касается стандартизации в области электротехники, то ISO работает в тесном сотрудничестве с Международной электротехнической комиссией (IEC).

Проекты международных стандартов разрабатываются в соответствии с правилами Директив ISO/IEC, Часть 2.

Основной задачей технических комитетов является подготовка международных стандартов. Проекты международных стандартов, принятые техническими комитетами, рассылаются комитетам-членам на голосование. Их опубликование в качестве международных стандартов требует одобрения не менее 75 % комитетов-членов, принимающих участие в голосовании.

Следует иметь в виду, что некоторые элементы настоящего международного стандарта могут быть объектом патентных прав. Международная организация по стандартизации не может нести ответственность за идентификацию какого-либо одного или всех патентных прав.

ISO 21610 подготовил Технический комитет ISO/TC 156, *Коррозия металлов и сплавов*.

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

ISO 21610:2009

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f8122d64-7259-44e7-b624-239799c737a6/iso-21610-2009>

# Коррозия металлов и сплавов. Ускоренные испытания на коррозионную стойкость для определения восприимчивости к межкристаллитной коррозии аустенитных нержавеющей сталей

## 1 Область применения

1.1 Настоящий международный стандарт задает ускоренные методы для определения восприимчивости к межкристаллитной коррозии аустенитных нержавеющей сталей. Эти заданные стандартные методы обеспечивают получение идентичных результатов по сравнению с использованием ISO 3651-1 и ISO 3651-2, но длительность проведения ускоренного испытания на коррозионную стойкость короче.

1.2 Настоящий международный стандарт применяется для проведения испытаний разных видов металлопродукции, включая двухслойный прокат, сварные соединения, наплавленный металл и металл сварного шва.

1.3 Задаются два испытательных метода:

- метод А: испытание на коррозионную стойкость в растворе пентагидрата сульфата меди и концентрированной серной кислоты и фтористого медного соединения в присутствии металлической меди;
- метод В: испытание на коррозионную стойкость в растворе пентагидрата сульфата меди, концентрированной серной кислоты и фтористого медного соединения в присутствии металлической меди.

## 2 Нормативные ссылки

Следующие ссылочные документы являются обязательными для применения настоящего документа. Для устаревших ссылок применяется только цитируемое издание. Для недатированных ссылок применяется самое последнее издание ссылочного документа (включая поправки).

ISO 3651 (все части), *Стали нержавеющей. Определение стойкости к межкристаллитной коррозии*

ISO 8044, *Коррозия металлов и сплавов. Общие термины и определения*

## 3 Термины и определения

В настоящем документе применяются термины и определения, данные в ISO 8044 .

## 4 Контрольные образцы

4.1 Контрольные образцы могут быть взяты из

- любого места в стальных плитах с шириной среза, равной или меньше 10 мм, или из полосы или проволоки,

- осевой зоны (в продольном направлении) проката (сортового и фасонного с круглым, квадратным и шестиугольным поперечным сечением),
- любого удобного места в других видах катаного металла,
- осевой зоны (в продольном или поперечном сечении) отрезков труб,
- любого удобного места в трубах,
- тела или припуска кованой заготовки, или
- приливов литой заготовки или специально отлитых образцов для проведения испытаний.

4.2 Контрольные образцы следует изготавливать из образцов разных типов материалов или изделий, как указано Таблице 1

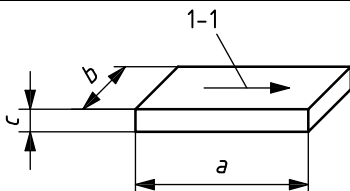
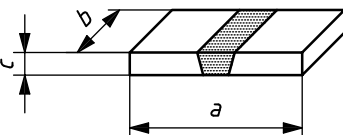
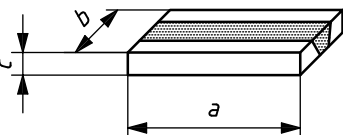
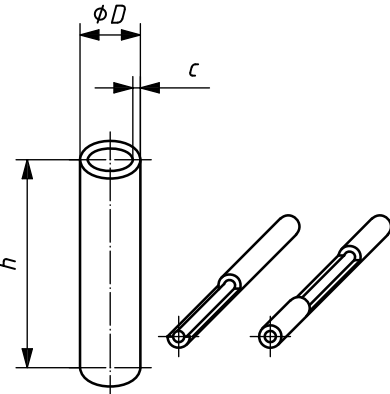
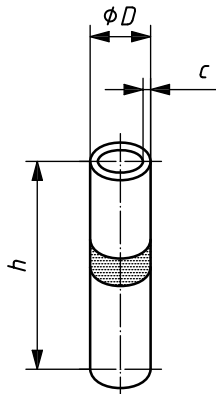
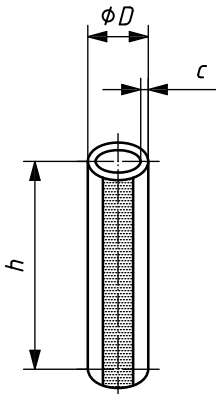
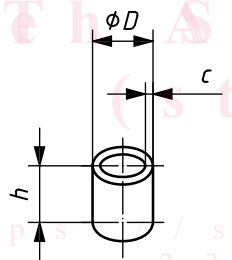
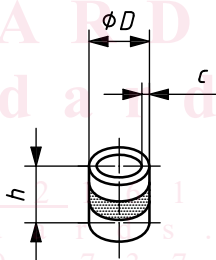
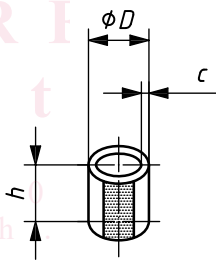
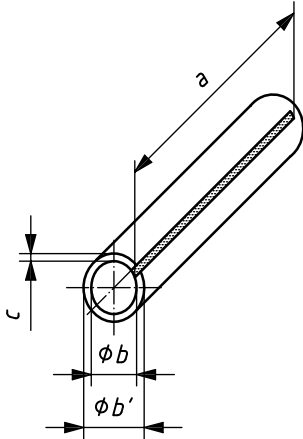
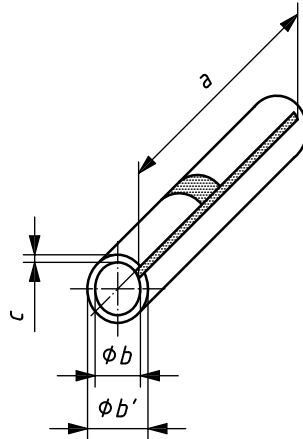
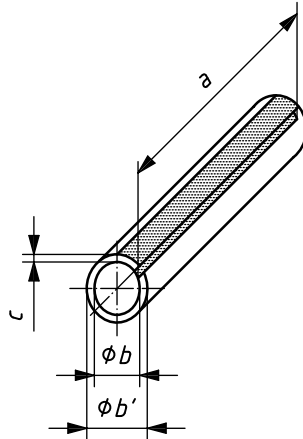
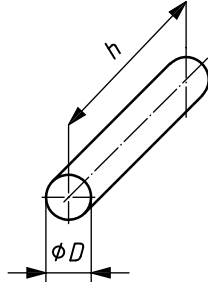
Таблица 1 — Типы образцов

Тип образца материала или изделия	Контрольный образец
Стальные плиты, полоса, проволока, прокат сортовой или фасонный, отрезки труб, кованые, литые заготовки, наплавленный металл из сварных швов	Плоский (см. Таблицу 2)
Цилиндрический диаметром не меньше 10 мм	Цилиндрический (см. Таблицу 2)
Трубы	Плоский, сегментированный, кольцевой ( $D > h$ ), трубчатый ( $D < h$ ) (см. Таблицу 2), где $D$ есть внешний диаметр и $h$ – высота (длина отрезка)

Допускается:

- подвергать кольца и трубные отрезки с заданной толщиной стенки не меньше 1,5 мм разворачиванию, выпрямлению или сплющиванию и последующей резке боковых сторон с целью получения плоских контрольных образцов,
- удалять стенку трубчатого образца на 1/2 его длины окружности с одного из его концов или в середине его длины на 1/2 всей длины (см. Таблицу 2) и
- изготавливать контрольные образцы из катаного плакированного толстого листа или биметаллических труб таким же образом, как из плоского листового проката и обычных труб соответственно (контрольные образцы могут быть изготовлены из основного слоя после удаления другого слоя и межфазовой области путем машинной обработки).

Таблица 1 — Типы контрольных образцов

Тип образца	Тип образца без сварки	Образцы со сваркой	
		Тип 1	Тип 2
Плоский			
Трубчатый			
Кольцо			
Сегмент			
Цилиндр			

**4.3** Для выявления трещин следует брать контрольные образцы, размеры которых позволяют делать следующее:

- a) сгибать под углом  $(90 \pm 3)$  плоские образцы, сегменты, цилиндрические и трубчатые образцы диаметром не более 5 мм;
- b) сплющивать и формовать в конус кольцевые и трубчатые образцы диаметром не более 5 мм;
- c) обследовать поверхность сгиба в сечении достаточной толщины для получения надежного распознавания межкристаллитных трещин.

**4.4** Контрольные образцы необходимой толщины изготавливаются из болванки путем обработки металла резанием.

- a) Контрольные образцы металлических плит следует брать только с одной стороны; если одна из сторон плиты прошла обработку, то образцы следует брать с обработанной стороны.
- b) Контрольные образцы из сортового и фасонного проката, кованных заготовок, литья и труб следует брать с любой удобной поверхности.
- c) Контрольные образцы труб после горячей или холодной деформации следует брать с внешней стороны.
- d) Контрольные образцы горячекатаных труб следует брать либо с внутренней, либо наружной поверхности.
- e) Контрольные образцы труб, которые были открыты для воздействия эксплуатационных условий, следует брать с той стороны, которая была в контакте с рабочей окружающей средой.

**4.5** Следующие типы и виды контрольного образца следует изготавливать из сварных соединений (см. Таблицу 2).

- плоские образцы типа 1 или 2 следует изготавливать из сварных соединений плиты, секции или фасонного проката, отливок и поковок.
- кольцевые, трубчатые и сегментные контрольные образцы типа 2 следует изготавливать из труб, соединенных электросваркой.
- сегментные, кольцевые или трубчатые контрольные образцы следует изготавливать из кольцевых сварных соединений труб.
- плоские образцы типов 1 или 2, а также сегментные, кольцевые или трубчатые образцы типа 1 следует изготавливать из сварных соединений двухслойных труб.

**4.6** Усиление сварного шва в сварных контрольных образцах (Таблица 2, типы 1 и 2) следует срезать машинной обработкой до глубины, не превышающей 1 мм.

Желаемую толщину контрольного образца следует достигать средствами машинной обработки резанием и металл следует удалять с той стороны, которая не контактирует с коррозионной средой. Если контактная сторона не известна, машинную обработку резанием следует осуществлять на той стороне, где металл сварного шва подвергается наименьшему воздействию в течение процесса сварки.

Толщину стенки сварных трубчатых образцов следует уменьшить в соответствии с 4.4.

**4.7** Электроды с покрытием, присадочную проволоку или ленту следует проверять путем испытаний наплавленного металла или металла сварного шва, сделанного с использованием упомянутых выше материалов.



Наплавленный металл следует тестировать путем использования плоских контрольных образцов (см. Таблицу 2). Контрольные образцы следует вырезать из многослойных наплавов, сделанных из проверенных сварочных материалов (нижние слои наплавов, которые ни используются для изготовления контрольных образцов, можно было бы сделать из других материалов одинакового химического состава). В случае, когда химический состав толстолистовой стали, на которую наплавляется металл, подобен химическому составу наплавленного металла, то количество нижних слоев, которые не следует использовать для изготовления контрольного образца, может быть уменьшено до трех.

Металл из сварочного шва следует тестировать с использованием контрольных образцов, которые следует вырезать из верхних слоев многослойной наплавки шва проверяемого сварного соединения. Толщина шва в зоне, из которой вырезается контрольный образец, должна быть не менее 15 мм. Для сварного соединения следует использовать толстолистовую сталь, химический состав которой подобен химическому составу металла сварочного шва.

Когда используются тонкие стальные листы для получения желаемой толщины сварного шва, то может быть использована специальная подкладка под шов. По своему химическому составу эта подкладка должно быть аналогична химическому составу свариваемых стальных листов. (В случае, когда заранее предполагается увеличение по краям контрольных образцов тонколистовой стали, то подобное увеличение следует делать по всей поверхности подкладки под шов.)

Металл из сварочного шва следует тестировать путем использования сварных контрольных образцов (см. Таблицу 2, типы 1 и 2), которые изготавливаются из контрольных сварных соединений стали, стойкой к межкристаллитной коррозии, а также предпочтительно с использованием присадочных материалов, специально предназначенных для сварки исследуемой стали.

**4.8** Рекомендованные размеры контрольных образцов указаны в Приложении А. Также разрешается использовать разные размеры образцов для испытаний.

**4.9** Для проведения испытаний листовой стали, труб, металлических секций, проволоки и ленты следует изготовить набор, по меньшей мере, из двух контрольных образцов.

По меньшей мере, четыре контрольных образца следует изготовить из каждой ковальной или литой заготовки и свариваемой детали для проведения испытаний всех типов стали и сплава, представляющих интерес. Два образца из четырех следует использовать для сравнительной оценки.

Контрольные образцы следует сгибать под углом  $(90 \pm 3)$ , но их не следует подвергать воздействию кипящего испытательного раствора. Если необходимо проверить образцы на стойкость к межкристаллитной коррозии с обеих сторон, то их следует изгибать в Z-образную форму.

#### **4.10 Сенсibiliзирующая обработка**

##### **4.10.1 Нестабилизированные стали**

Нестабилизированные стали следует проверять на стойкость к межкристаллитной коррозии, используя образцы в состоянии поставки при условии, что сталь не содержит титан или ниобий, а заданное максимальное содержание углерода составляет не больше 0,030%. Испытания нестабилизированной стали в состоянии поставки проводятся в том случае, если в сопроводительной технической документации нет других указаний.

##### **4.10.2 Стабилизированные стали**

**4.10.2.1** Проверку на стойкость к межкристаллитной коррозии стабилизированных сталей и сплавов, содержащих титан или ниобий, с заданным максимальным содержанием углерода не свыше 0,030 % следует осуществлять с помощью контрольных образцов. Если эти стали и сплавы используются в состоянии поставки, то контрольные образцы следует делать из металла, взятого с производственной линии и затем прошедшего термическую обработку при температуре до  $(700 \pm 10)$  °C в течение 30 мин с последующим охлаждением в воде (см. ISO 3651-1 и ISO 3651-2).

По соглашению с заказчиком может быть проведена разная сенсibiliзирующая термическая обработка.

Либо металл, из которого изготавливаются контрольные образцы, либо сами контрольные образцы могут проходить сенсibiliзирующую термическую обработку.

Если возникают расхождения в интерпретации результатов испытаний, то образцы для испытаний следует подвергнуть сенсibiliзирующей термической обработке. Для этого обезжиренные образцы следует поместить в печь, предварительно нагретую до температуры сенсibiliзации.

**4.10.2.2** Стали, которые надо использовать в нагартованном или частично нагартованном состоянии следует тестировать с использованием контрольных образцов, которые не проходили сенсibiliзирующую термическую обработку.

**4.10.2.3** На предприятиях, которые делают сварные соединения, контрольные образцы из свариваемых деталей могут быть использованы без сенсibiliзирующей термической обработки, если режим сварки должным образом управляется.

**4.10.2.4** В случаях, когда стали и сплавы надо проверять на стойкость к межкристаллитной коррозии после повторной термической обработки, которая отличается от сенсibiliзации, то тестирование следует проводить в соответствии с подпунктом (4.10), как для испытания новой партии металла.

**4.10.2.5** В случаях, когда в процессе изготовления изделия, контрольные сварные соединения подвергаются термической обработке, которая может влиять на их свойства, то контрольные образцы следует обрабатывать в подобных условиях.

**4.10.2.6** Окалину, которая образуется на поверхности контрольного образца во время термической обработки с целью закалки или сенсibiliзации, следует удалить химическим или электрохимическим травлением или механическим процессом до зашлифовки или полировки. Глубину любой обработки поверхности следует рассчитывать на величину не более 1 мм.

Химическое травление следует осуществлять одним из следующих растворов:

- $(620 \pm 3)$  мл  $\text{HNO}_3$  ( $\rho_{20} = 1,35$  г/мл);
- $(76,0 \pm 0,1)$  г  $\text{NH}_4\text{F}$ ;
- вода  $(300 \pm 3)$  мл;
- температура  $(20 \pm 5)$  °C;

или электрохимическим способом следующим образом:

- $(34 \pm 1)$  мл ортофосфорной кислоты ( $\rho_{20} = 1,68$  г/мл);
- $(11 \pm 1)$  мл  $\text{HNO}_3$  ( $\rho_{20} = 1,35$  г/мл);
- вода  $(955 \pm 3)$  мл;
- температура 40 °C – 50 °C;
- плотность тока  $0,5 \times 10^4$  А·м<sup>-2</sup> –  $0,6 \times 10^4$  А·м<sup>-2</sup>.

Травление образцов следует осуществлять до полного удаления окарины. После травления контрольные образцы следует осторожно сполоснуть водой.

Другие травящие растворы и режимы протравливания могут быть использованы для снятия любой окалины, если они обеспечивают полную очистку, а для сталей, стойких к межкристаллитной коррозии, также предотвращают как избирательное травление вдоль границ зерен, так и язвенную коррозию.

В случае возникновения разногласий по результатам испытания, травление следует проводить растворами, предписанными выше.

**4.11** Шероховатость контролируемых поверхностей образцов для испытаний до начала тестирования следует сохранять на уровне 0,8 мкм. Необходимую чистовую доводку следует осуществлять путем полировка или шлифовки. Не следует допускать перегрева исследуемой поверхности.

Контрольные образцы, изготовленные из труб, которые подверглись холодной или горячей формовке или получены холодной прокаткой или холодным волочением металлических заготовок или из металлопродукции со специально обработанной поверхностью, не следует полировать или шлифовать, если это не предусмотрено в технической документации.

**4.12** Контрольные образцы следует маркировать перед тестированием. Опознавательные метки следует наносить либо штамповкой, либо электрическим разрядом в случае хрупкого материала на одном или обоих концах образца на расстоянии 5 – 10 мм от края.

**4.13** Перед проведением испытания образцы следует очистить от масла (обезжирить), используя подходящие органические растворы высокого качества (класса реагента). Если образец помещается в испытательный сосуд непосредственно после завершения процесса травления или ополаскивания, то процедуру обезжиривания можно пропустить.

## 5 Методы испытания

### 5.1 Метод А

#### 5.1.1 Принцип метода

Контрольные образцы стали вместе с металлической медью следует поместить в водный раствор  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  более высокой концентрации по сравнению с методом, заданным в ISO 3651-2.

Предложенный метод относится к ускоренным испытаниям и его следует использовать для проверки марок стали, рассмотренных в ISO 3651-2.

#### 5.1.2 Испытательный раствор

Испытательный раствор подготавливается, как указано ниже, с использованием реагентов аналитического качества. В  $(1\,000 \pm 3)$  мл воды добавляется  $(50 \pm 0,1)$  г  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , затем небольшими долями –  $(250 \pm 3)$  мл  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ( $\rho_{20} = 1,84$  г/мл).

#### 5.1.3 Последовательность этапов испытания

**5.1.3.1** Испытание проводится в стеклянной колбе, оснащенной конденсатором, или в сосуде, изготовленном из стойкой к коррозии, стабилизированной хромоникелевой стали с крышкой и конденсатором. Слой медных опилок следует насыпать на дно реакционного сосуда, а сверху положить контрольные образцы.

Допускается делать следующее:

- a) Вместо медных опилок использовать подвешенные медные пластинки с отверстиями диаметром 5 мм – 7 мм и острыми кромками для обеспечения надежного контакта с верхней и нижней поверхностью контрольных образцов. В этом случае образцы лучше ополаскиваются испытательным раствором, и происходит более надежное удаление продуктов коррозии. Если