
**Материалы металлические. Испытание
на усталость с заданным крутящим
моментом**

Metallic materials. Torque-controlled fatigue testing

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 1352:2011

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/d9c010fb-7556-4717-9cd7-a459c9738165/iso-1352-2011>

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



Ссылочный номер
ISO 1352:2011(R)

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 1352:2011

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/d9c010fb-7556-4717-9cd7-a459c9738165/iso-1352-2011>



ДОКУМЕНТ ЗАЩИЩЕН АВТОРСКИМ ПРАВОМ

© ISO 2011

Все права сохраняются. Если не указано иное, 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 ISO, которое должно быть получено после запроса о разрешении, направленного по адресу, приведенному ниже, или в комитет-член ISO в стране запрашивающей стороны.

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
Web www.iso.org

Опубликовано в Швейцарии

Содержание

Страница

Предисловие	iv
1 Область применения	1
2 Нормативные ссылки	1
3 Термины и определения	1
4 Символы и сокращенные термины	3
5 Принцип испытания	3
6 План испытания	4
7 Форма и размер образца	4
7.1 Форма	4
7.2 Размеры	5
7.2.1 Образцы круглого поперечного сечения	5
7.2.2 Образцы трубчатого поперечного сечения	5
8 Подготовка образцов	6
8.1 Общие положения	6
8.2 Процедура механической обработки	6
8.3 Отбор образцов и маркировка	6
8.4 Состояние поверхности образца	7
8.5 Размерные проверки	7
8.6 Хранение и обращение	7
9 Аппаратура	7
9.1 Испытательная машина	7
9.2 Приборное оснащение для мониторинга испытания	9
10 Процедура испытания	9
10.1 Установка образца	9
10.2 Скорость испытания	9
10.3 Приложение крутящего момента	10
10.4 Расчет номинального напряжения при кручении	10
10.5 Регистрация температуры и влажности	10
10.6 Разрушение и критерии прекращения	10
11 Протокол испытания	10
Приложение А (информативное) Представление результатов	14
Приложение В (информативное) Проверка точности установки по оси машин усталостных испытаний на кручение	18
Приложение С (информативное) Однородность измерений состояния деформации (напряжения) при кручении	20
Библиография	23

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. ISO работает в тесном сотрудничестве с Международной электротехнической комиссией (IEC) по всем вопросам стандартизации в области электротехники.

Международные стандарты разрабатываются в соответствии с правилами, установленными в Директивах ISO/IEC, Часть 2.

Основная задача технических комитетов состоит в подготовке международных стандартов. Проекты международных стандартов, одобренные техническими комитетами, рассылаются комитетам-членам на голосование. Их опубликование в качестве международных стандартов требует одобрения, по меньшей мере, 75 % комитетов-членов, принимающих участие в голосовании.

Следует иметь в виду, что некоторые элементы этого документа могут быть объектом патентных прав. Организация ISO не должна нести ответственность за идентификацию какого-либо одного или всех патентных прав.

ISO 1352 подготовлен Техническим комитетом ISO/TC 164, *Механические испытания металлов*, Подкомитетом SC 5, *Испытания на усталость*.

Данное второе издание отменяет и заменяет первое издание (ISO 1352:1977), которое пересмотрено технически.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/d9c010fb-7556-4717-9cd7-a459c9738165/iso-1352-2011>

Материалы металлические. Испытание на усталость с заданным крутящим моментом

1 Область применения

Настоящий международный стандарт определяет условия проведения испытаний на усталость металлических образцов путем скручивания с постоянной амплитудой при номинально упругом напряжении без намеренного введения концентраций напряжения. Испытания обычно проводятся при температуре окружающей среды (идеально между 10 °C и 35 °C) путем приложения чистого крутящего момента к образцу вокруг его продольной оси.

Хотя форма, подготовка и тестирование образцов круглого и трубчатого поперечного сечения описаны в настоящем международном стандарте, в него не включены компоненты и прочие специальные типы испытаний. Так же не включены, малоцикловые усталостные испытания на кручение, выполняемые с контролем углового перемещения с постоянной амплитудой, ведущие к разрушению после нескольких тысяч циклов.

2 Нормативные ссылки

Следующие ссылочные нормативные документы являются обязательными для применения настоящего документа. Для жестких ссылок применяется только цитируемое издание документа. Для плавающих ссылок необходимо использовать самое последнее издание нормативного ссылочного документа (включая любые изменения).

ISO 554:1976, *Стандартные атмосферы для кондиционирования и/или испытания. Технические условия*

3 Термины и определения

Для данного документа применяются следующие термины и определения.

3.1

максимальное напряжение
maximum stress

τ_{\max}
самое высокое алгебраическое значение касательного напряжения в цикле напряжения

3.2

минимальное напряжение
minimum stress

τ_{\min}
самое низкое алгебраическое значение касательного напряжения в цикле напряжения

3.3

среднее напряжение
mean stress

τ_m
статическая компонента тангенциального (касательного) напряжения

ПРИМЕЧАНИЕ Это половина алгебраической суммы максимального касательного напряжения и минимального касательного напряжения:

$$\tau_m = \frac{\tau_{\max} + \tau_{\min}}{2}$$

3.4
амплитуда напряжения
stress amplitude

τ_a
переменная компонента напряжения

ПРИМЕЧАНИЕ Это половина алгебраической разности максимального касательного напряжения и минимального касательного напряжения:

$$\tau_a = \frac{\tau_{\max} - \tau_{\min}}{2}$$

3.5
число циклов
number of cycles

N
количество циклов, проведенных на любом этапе во время испытания

3.6
коэффициент асимметрии цикла напряжений
stress ratio

R
алгебраическое отношение минимального касательного напряжения к максимальному касательному напряжению за один цикл

ПРИМЕЧАНИЕ Оно выражается как

$$R = \frac{\tau_{\min}}{\tau_{\max}}$$

3.7
размах напряжений

$\Delta\tau$
Диапазон между максимальным и минимальным касательным напряжениями

ПРИМЕЧАНИЕ Оно выражается как

$$\Delta\tau = \tau_{\max} - \tau_{\min}$$

3.8
усталостная долговечность при разрушении
fatigue life at failure

N_f
число циклов нагружения до разрушения при определенном режиме

3.9
усталостная прочность при N циклах
fatigue strength at N cycles

τ_N
значение амплитуды касательного напряжения при заявленном коэффициенте асимметрии цикла напряжений, при котором образец должен иметь долговечность из N циклов

3.10**крутящий момент****torque***T*

скручивающее усилие, создающее касательное напряжение или деформацию скручивания относительно оси образца

4 Символы и сокращенные термины

D диаметр или ширина между плоскостями концов захвата образца

ПРИМЕЧАНИЕ Значение *D* может отличаться для каждого конца образца.

d диаметр образца круглого поперечного сечения, где напряжение максимально

d_o наружный диаметр испытываемого сечения образца с трубчатым поперечным сечением, где напряжение максимально

d_i внутренний диаметр испытываемого сечения образца с трубчатым поперечным сечением

L_c длина испытываемой секции

L_p параллельная длина испытываемой секции образца

L_g расчетная длина испытываемой секции образца

r радиус перехода на концах испытываемой секции, который сопрягает *d* с *D* (см. Рисунки 3 и 4)

ПРИМЕЧАНИЕ Эта кривая не обязательно должна быть правильной дугой круга на всем расстоянии между концом испытываемой секции и началом расширенного конца для типов образцов, показанных на Рисунке 3.

5 Принцип испытания

Номинально идентичные образцы устанавливаются на машину для испытания на усталость при кручении и подвергаются нагрузке, необходимой для проведения циклов нагружения при кручении. Типы таких циклических нагружений показаны на Рисунке 1. Форма волны должна быть синусоидальной с постоянной амплитудой, если не установлено иначе.

В симметричном относительно оси образце, изменение среднего крутящего момента не вводит другой тип напряжения и среднее напряжение при кручении всегда можно рассматривать с положительным знаком.

Крутящий момент прикладывается к образцу относительно продольной оси, проходящей через центр тяжести поперечного сечения.

Испытание продолжается до разрушения образца или пока не будет превышено предварительно определенное количество циклов нагружения.

Трещины, образованные при усталостном испытании на кручение могут быть параллельны продольной оси образца, перпендикулярны продольной оси или находится под любым углом к оси.

Испытания проводятся при температуре окружающей среды (идеально между 10 °C и 35 °C), если не установлено иначе заказчиком.

На результаты усталостных испытаний могут влиять атмосферные условия и когда требуются контролируемые условия, применяется ISO 554:1976, 2.1.

6 План испытания

Перед началом испытаний заинтересованные стороны должны взаимно согласовать следующее, как и любые модификации:

- a) форму используемого образца (см. Раздел 7);
- b) используемый коэффициент асимметрии цикла напряжений;
- c) цель испытаний, т. е. что из нижеследующего определяется:
 - усталостная долговечность при заданной амплитуде напряжения;
 - усталостная прочность при заданном количестве циклов;
 - полная кривая усталости Велера или кривая S–N;
- d) количество образцов, подвергаемых испытанию и последовательность испытания;
- e) число циклов, которому подвергается образец до прекращения испытания.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Некоторые методы представления данных приведены в Приложении А. Некоторые подробности, включая методику анализа данных и статистическое представление данных, находятся в ISO 12107.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Обычно применяемое число циклов для прекращения испытания равно

- 10^7 циклов для конструкционных сталей, и
- 10^8 циклов для других сталей и не железных сплавов.

7 Форма и размер образца

7.1 Форма

Обычно используется образец с полностью обработанной секцией, подвергаемой испытанию, один из типов которой показан на Рисунках 3 и 4.

Образец может иметь

- круглое поперечное сечение с тангенциально сопрягаемыми галтелями между испытываемой секцией и концами (см. Рисунок 3), или
- трубчатое поперечное сечение с тангенциально сопрягаемыми галтелями между испытываемой секцией и концами по наружной поверхности (см. Рисунок 4).

Для трубчатых образцов диаметр внутренней поверхности на концах может быть больше или равен диаметру испытываемой секции. Для образца, имеющего внутренний диаметр на концах больше, чем диаметр испытываемой секции, возникновение трещины или разрушение за пределами испытываемой секции делает испытание недействительным, которое считается прерванным при совершенном количестве циклов.

Результаты усталостных испытаний, полученные на образцах с трубчатым поперечным сечением не всегда сравнимы с результатами образцов с круглым поперечным сечением. Поэтому с осторожностью

следует сравнивать усталостную долговечность одного и того же материала, но полученную на образцах разных поперечных сечений.

Типичные концы образца показаны на Рисунке 5. Рекомендуется выбирать концы образцов соответствующие критерию выравниванию по прямой линии.

7.2 Размеры

7.2.1 Образцы круглого поперечного сечения

Рекомендуется применять геометрические размеры, приведенные в Таблице 1 (см. также Рисунок 3).

Таблица 1 — Размеры образцов круглого поперечного сечения

Диаметр цилиндрической расчетной длины, в миллиметрах	$5 \leq d \leq 12$
Длина испытываемой секции	$L_c \leq 5d$
Радиус перехода (от параллельной секции к концу захвата)	$r \geq 3d$
Наружный диаметр (конец захвата)	$D \geq 2d$
Допуск на d должен быть $\pm 0,05$ мм.	

Для расчета нагрузки при прикладываемом крутящем моменте необходимо измерить реальный диаметр каждого образца с точностью 0,01 мм. Следует соблюдать осторожность, чтобы не повредить поверхность образца при измерении до испытания.

Важно, чтобы общие допуски на образец соответствовали двум следующим:

- параллельность: $0,005d$ или лучше [ISO 1352:2011](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/d9c010fb-7556-4717-9cd7-8165/iso-1352-2011)
- concentricity: $0,005d$ или лучше [8165/iso-1352-2011](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/d9c010fb-7556-4717-9cd7-8165/iso-1352-2011)

Эти значения выражены относительно оси или базовой плоскости начала отсчета.

7.2.2 Образцы трубчатого поперечного сечения

В общем, соображения, применяемые к образцам круглого поперечного сечения применимы также к испытаниям трубчатых образцов.

Толщина стенки образца должна быть достаточно большой, позволяющей избежать неустойчивости во время циклического нагружения без нарушения критерия тонкостенной трубы, т. е. необходимого отношения среднего диаметра к толщине стенки, равного 10:1 или больше.

Рекомендуется применять геометрические размеры, приведенные в Таблице 2 (см. также Рисунок 4).

Таблица 2 — Размеры образцов трубчатого поперечного сечения

Толщина стенки испытываемой секции, t	$0,05d_o$ до $0,1d_o$
Наружный диаметр испытываемой секции	d_o
Радиус перехода (от параллельной секции к концу захвата), r	$\geq 3d_o$
Длина испытываемой секции, L_c	$1d_o$ до $3d_o$
Наружный диаметр (конец захвата)	$D \geq 1,5d_o$
Концентричность наружного диаметра d_o , и внутреннего диаметра, d_i , должна выдерживаться в пределах $0,01t$.	

8 Подготовка образцов

8.1 Общие положения

При любой программе усталостных испытаний, предназначенной для определения внутренних свойств материала, рекомендуется соблюдать следующие рекомендации по подготовке образцов. Допускаются отклонения от этих рекомендаций, если программа испытания нацелена на определение влияния специфического фактора (поверхностная обработка, окисление и т.п.). Во всех случаях любое отклонение должно указываться в протоколе испытаний. Образцы должны обрабатываться механически из обычного материала свободного от напряжений, если не согласовано иначе с заказчиком.

8.2 Процедура механической обработки

Механическая обработка образцов может вводить остаточное напряжение на поверхности образца, которое влияет на результаты испытания. Эти напряжения могут возникнуть в результате перепада температур на этапе механической обработки — напряжения, связанные с деформацией материала или микроструктурных изменений. Однако они могут быть сокращены при использовании соответствующей окончательной механической обработки, особенно перед этапом финишной обработки. Для более твердых металлов лучше использовать шлифование, а не токарную обработку или фрезерование.

- Шлифование: от 0,1 мм от окончательного размера со скоростью не более 0,005 мм/проход.
- Полирование: снимают последние 0,025 мм абразивной бумагой с уменьшающимся размером зерна. Рекомендуется, чтобы окончательное направление полирования происходило вдоль оси образца.
- Для трубчатых образцов отверстие должно быть окончательно хонинговано.

Не соблюдение вышеупомянутого могут быть вызваны изменением микроструктуры материала. Это явление происходит в результате повышения температуры и механического упрочнения при обработке. Это может быть случай фазового превращения или, что более часто, результат поверхностной рекристаллизации. Это делает недействительным испытание, поскольку изменяются механические свойства материала.

Введение загрязняющих примесей: механические свойства некоторых материалов ухудшаются в присутствии некоторых элементов или соединений. Примером является действие хлора на стали и титановые сплавы. Поэтому следует избегать применения продуктов, содержащих такие элементы, при подготовке образцов (режущие жидкости, и т.п.). Также рекомендуется промывка и обезжиривание образцов перед хранением.

8.3 Отбор образцов и маркировка

Отбор образцов испытываемых материалов из полуфабриката или детали может иметь основное влияние на результаты, полученные при испытании. Поэтому необходимо четко указывать место расположения и ориентацию каждого образца.

Чертеж отбора образца, прикрепленный к протоколу испытания, должен четко указывать

- положение каждого образца,
- характерные направлений, в которых работает полуфабрикат (направление прокатки, вытяжки и т.п., по месту), и
- маркировку каждого образца.

В процессе подготовке на образце должна находиться уникальная идентифицирующая метка. Она должна быть нанесена любым надежным методом в зоне, недостижимой при механической обработке, и не должна вредить качеству испытания.

Метка идентификации должна наноситься на каждый конец образца перед испытанием.

8.4 Состояние поверхности образца

Состояние поверхности образцов может влиять на результаты испытания. Обычно это связано с одним из следующих факторов:

- шероховатостью поверхности образца;
- наличием остаточных напряжений;
- изменением микроструктуры материала;
- введением загрязняющих примесей.

Чтобы свести к минимуму действие этих факторов, рекомендуется следующее.

Действие шероховатости поверхности на полученные результаты зависит в большой степени от условий испытания, и это действие уменьшается в результате поверхностной коррозии образца или неупругой (пластической) деформации.

Желательно, какие бы ни были условия испытания, получить среднюю шероховатость поверхности менее чем 0,2 мкм *Ra* (или эквивалентную) в пределах параллельной секции.

Другим важным параметром, не перекрываемым средней шероховатостью, является наличие локализованных следов механической обработки. Финишные операции должны удалить все поверхностные следы токарной обработки. Очень рекомендуется финишное шлифование, а затем механическое полирование. Визуальный контроль с низким увеличением (приблизительно $\times 20$) должен показывать только следы, соответствующие твердости среды окончательного полирования.

Желательно проводить операцию окончательного полирования после термической обработки. Если это невозможно, термическую обработку проводят в вакууме или в инертном газе для предотвращения окисления поверхности образца. Эта обработка не должна менять характеристик микроструктуры исследуемого материала. Подробности процедуры термической и механической обработки должны вноситься в протокол с результатами испытания.

8.5 Размерные проверки

Размеры измеряются после завершения последнего этапа механической обработки с помощью метрологического метода, не изменяющего состояние поверхности.

8.6 Хранение и обращение

После подготовки образцы должны храниться так, чтобы избежать риска повреждения (царапин при контакте, окисления и т. п.). Если во время хранения на поверхности образца обнаружено повреждение, его следует удалить и повторно полировать. Рекомендуется применение индивидуальных ящиков или труб с пробками. В некоторых случаях необходимо хранение в вакууме или в эксикаторе.

Обращение следует сократить до минимально необходимого. Особое внимание уделяется маркировке образца. Идентификационный знак должен наноситься на каждый конец образца перед испытанием.

9 Аппаратура

9.1 Испытательная машина

9.1.1 Общие положения

Испытания должны проводиться на машине, имеющей возможность создавать крутящую нагрузку по часовой и против часовой стрелки, с плавным пуском и без люфта при проходе через ноль. Стартовые настройки испытания должны позволять достижения требуемого уровня без перегрузки. Временные