ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 52891— 2007

КОНТРОЛЬ ОСТАТОЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОЙ ИНТЕРФЕРОМЕТРИИ

Общие требования

Издание официальное

БЗ 11—2008/397

Москва
Стандартинформ
2009

gost.e-ecolog.ru

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 РАЗРАБОТАН Институтом проблем механики Российской академии наук (ИПМех РАН)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 132 «Техническая диагностика»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 декабря 2007 г. № 585-ст

4 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, 2009

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 Обозначения и сокращения 2
4 Требования к безопасности работ 2
5 Требования к объекту контроля 2
6 Требования к средствам измерений 3
7 Порядок подготовки к проведению измерений 3
8 Порядок проведения измерений 4
9 Правила обработки результатов измерений 5
10 Правила оформления результатов измерений 5
Библиография 6

Введение

Остаточные технологические напряжения могут являться одной из причин разрушения конструкций по [1],что делает актуальными методы и инструментальные средства их объективного контроля.

Основная трудность определения остаточных напряжений состоит в том, что эти напряжения уравновешены по материалу конструкции. Одним из способов нарушения этой уравновешенности и проявления остаточных напряжений через перемещения является создание несквозного зондирующего отверстия или кольцевой проточки по [2], которые вносят лишь незначительный дефект, обычно соизмеримый с допустимыми технологическими дефектами конструкции.

Размеры и глубина зондирующих отверстий, допустимые для изделий, предполагаемых к дальнейшей эксплуатации, определяются пользователем данного стандарта, осуществляющим такую эксплуатацию.

Наиболее эффективными способом регистрации перемещений в окрестности зондирующего отверстия является способ лазерной интерферометрии. В основе этого способа лежит интерферометрическая регистрация малых перемещений, возникающих в окрестности несквозного отверстия, просверленного в исследуемой зоне материала объекта контроля с остаточными напряжениями по [3].

Настоящий стандарт послужит методической основой применения метода лазерной интерферометрии в сочетании со сверлением зондирующего отверстия для определения остаточных напряжений при решении широкого класса инженерных задач, требующих оперативной оценки напряженного состояния материала в составе ответственных технических объектов.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

КОНТРОЛЬ ОСТАТОЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОЙ ИНТЕРФЕРОМЕТРИИ

Общие требования

Control of residual technological stresses by laser interferometrical method.
General requirements

Дата введения — 2010—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает основные требования к порядку определения остаточных технологических напряжений в материале технических объектов методом зондирующего отверстия с использованием лазерной интерферометрии как в лабораторных, так и в натурных условиях при отработке и контроле технологий изготовления изделий и конструкций, при оценке остаточного ресурса в процессе эксплуатации.

Настоящий стандарт распространяется на лазерно-интерферометрический метод определения главных напряжений и их ориентации в приповерхностном слое материала конструкции, глубина которого определяется глубиной зондирующего отверстия.

В настоящем стандарте описаны два способа выполнения измерений:

- полный анализ с применением ступенчатого сверления для определения поля остаточных напряжений по глубине;
- оценочный экспресс-анализ, допускающий упрощенный порядок подготовки поверхности объекта контроля, проведения измерений и расчета напряжений.

Настоящий стандарт устанавливает порядок определения напряжений, усредненных по глубине сверления или по глубине ступени при ступенчатом сверлении.

Настоящий стандарт распространяется на определение остаточных напряжений, возникающих вследствие сварки, термообработки, пластической деформации, накопления усталостных повреждений и т. п., а также напряжений, созданных в объекте внешними нагрузками.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 12.1.004—91 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования

ГОСТ 12.1.040—83 Система стандартов безопасности труда. Лазерная безопасность. Общие положения

ГОСТ 12.2.003—91 Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.3.002—75 Система стандартов безопасности труда. Процессы производственные. Общие требования безопасности

ГОСТ 2601—84 Сварка металлов. Термины и определения основных понятий

ГОСТ 2789—73 Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики

ГОСТ 13344—79 Шкурка шлифовальная тканевая водостойкая. Технические условия

Издание официальное

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный стандарт заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться заменяющим (измененным) стандартом. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Обозначения и сокращения

3.1 В настоящем стандарте применены следующие обозначения:

E — модуль упругости (Юнга), ГПа;

σ — уровень остаточных напряжений, МПа;

σ_1, σ_2 — главные напряжения, усредненные по глубине зондирующего отверстия, МПа;

$\Delta\sigma$ — абсолютная погрешность измерения напряжений, МПа;

σ_T — предел текучести, МПа;

D, h — диаметр и глубина зондирующего отверстия, мм;

x, y, z — прямоугольная система координат;

β, γ — углы поворота направлений главных напряжений относительно осей координат;

λ — длина волны лазерного излучения, мкм;

w — перемещение кромки отверстия, мкм;

N — число интерференционных полос;

R_a — среднеарифметическое отклонение профиля, мкм.

3.2 В настоящем стандарте применены следующие сокращения:

НС — напряженное состояние;

ОК — объект контроля;

СИ — средства измерений.

4 Требования к безопасности работ

4.1 К проведению контроля допускают лиц, прошедших обучение по используемому методу и аппаратуре контроля остаточных технологических напряжений.

4.2 При проведении работ по определению механических напряжений лазерно-интерферометрическим методом оператор должен руководствоваться ГОСТ 12.1.040, ГОСТ 12.2.003, ГОСТ 12.3.002 и правилами технической безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей, утвержденными Госэнергонадзором.

4.3 Работу проводят в соответствии с требованиями безопасности, изложенными в инструкции по эксплуатации аппаратуры, входящей в состав используемых средств измерений.

4.4 В методике проведения лазерно-интерферометрических измерений для контроля конкретного элемента технической системы указывают требования, соблюдение которых обязательно при работе по контролю объектов на данном предприятии.

4.5 При организации работ по контролю соблюдают требования пожарной безопасности по ГОСТ 12.1.004.

5 Требования к объекту контроля

5.1 Местонахождение зоны контроля и состояние поверхности в этой зоне должны обеспечить условия установки оптического блока интерферометра и возможность создания зондирующего отверстия.

5.2 Толщина ОК в зоне сверления во избежание роста погрешности измерения сверх установленной в 9.3 должна быть не менее трех максимальных глубин зондирующего отверстия.

5.3 Должен быть известен материал ОК и его модуль упругости E.

5.4 Поверхность ОК в области измерений подготавливают в соответствии с 7.3.

6 Требования к средствам измерений

6.1 Состав средств измерений

СИ включают:

- оптический блок;
- компьютер с видеовходом;
- программное обеспечение;
- механический блок.

6.2 Назначение и устройство средств измерений

6.2.1 Оптический блок предназначен для наблюдения за микроперемещениями исследуемого участка поверхности ОК и представляет собой выносной модуль (интерферометрический датчик поля перемещений), размещенный в корпусе, приспособленном для закрепления в разных пространственных положениях в различных местах ОК, например, на плоскости, на выпуклой или вогнутой цилиндрической поверхности, около выступающих и входящих углов и др.

Выносной модуль содержит источник лазерного излучения, оптическую систему и видеокамеру.

6.2.2 Компьютер с видеовходом предназначен для приема и обработки, в том числе в реальном масштабе времени, сигнала, поступающего с видеокамеры выносного модуля, с помощью специализированного программного обеспечения.

6.2.3 Программное обеспечение СИ предназначено для отображения исследуемого участка поверхности ОК на экране компьютера, записи изображений исследуемого участка поверхности ОК до и после сверления зондирующего отверстия, создания интерферограммы путем обработки исходных изображений, определения типа напряжений (растягивающие или сжимающие) в режиме наблюдения интерферограммы в реальном масштабе времени и расчета величины и направления главных остаточных напряжений.

6.2.4 Механический блок предназначен для образования зондирующего отверстия. В качестве механического блока может быть использовано как специальное оборудование, так и оборудование общего назначения.

Специальное оборудование, предназначенное, например, для химического травления, для сверления корончатыми сверлами, для абразивной обработки, для высокоскоростного сверления и т. п., применяют для образования отверстий в труднообрабатываемых материалах, в том числе неметаллических, а также для высокоточных лабораторных измерений, в том числе для ступенчатого сверления.

Для экспресс-анализа ОК, выполненных из легкообрабатываемых конструкционных материалов, применяют металлорежущее оборудование общего назначения, в том числе ручные сверлильные машины.

6.3 Требования к методическому обеспечению средств измерений

6.3.1 Методическое обеспечение СИ должно содержать документы, устанавливающие:

- назначение и область применения СИ;
- состав и основные характеристики средств аппаратного и программного обеспечения, включающие нормы на погрешность измерения;
- методы и средства достижения совместимости СИ, в том числе информационной, электрической, энергетической, программной, конструкторской, эксплуатационной;
- правила агрегатирования средств аппаратного и программного обеспечения и организации их взаимодействия;
- руководство, устанавливающее порядок проведения работ по измерению напряжений.

6.3.2 Описание функциональных возможностей СИ в эксплуатационных, конструкторских и программных документах ОК и СИ должно отражать характеристики аппаратного и программного обеспечения.

6.4 Первичная информация для каждой зоны контроля должна постоянно храниться на внешних носителях, защищенных от несанкционированного доступа.

7 Порядок подготовки к проведению измерений

7.1 Подготовка к проведению измерений содержит следующие основные этапы:

- анализ технических документов на объект и составление карты обследования;
- подготовка объекта к измерениям.

7.2 Анализ технических документов и составление карты обследования

7.2.1 На основании изучения технической документации на объект проводят анализ:

- материалов, из которых изготовлены элементы объекта; их физико-механических характеристик, режимов термической обработки;
- видов НС элементов конструкций;
- условий эксплуатации.

7.2.2 На основании анализа, проведенного в соответствии с 7.2.1, и с учетом требований 4.4 и 4.5 составляют карту характерных участков контроля объекта, например, для сварных соединений - сварной шов, зона термического влияния, зона основного металла (см. ГОСТ 2601).

7.2.3 Исходя из видов НС и упругих характеристик материала в зонах контроля, выбирают необходимое расположение, количество, диаметр и глубину зондирующих отверстий на участках измерений.

Примечание — Во избежание возрастания погрешности измерения центры зондирующих отверстий должны располагаться друг от друга не менее чем на 4—5 их диаметров. Максимальная глубина зондирующего отверстия рекомендуется не более 1/3 толщины ОК в зоне сверления во избежание искажения напряженно-деформированного состояния и роста погрешности измерения сверх установленной в 9.3.

7.3 Подготовка объекта к измерениям

7.3.1 Первичная подготовка включает очистку от грязи, ржавчины, брызг металла от сварки, промывку и обезжиривание участков измерений и мест для установки прибора.

7.3.2 Вторичная подготовка включает следующие действия:

- в зонах контроля выбирают или подготавливают для каждого засверливания плоские участки с характерными размерами не менее пяти диаметров зондирующего отверстия;
- при необходимости выравнивают участки шлифованием или иной механической обработкой; шероховатость подготовленной поверхности должна быть не более R_a 3.2 мкм по ГОСТ 2789.

Примечание — Следует учитывать, что механическая обработка может изменить поверхностные остаточные напряжения, и поэтому она неприемлема в случае исследования остаточных напряжений в приповерхностном слое толщиной 0,2—0,3 мм;

При проведении полного анализа после механической обработки рекомендуется удалить поверхностный слой травлением на глубину 0,2—0,3 мм.

- проводят разметку отверстий на исследуемом участке (в типовых случаях рекомендуется подготовить шаблон размещения отверстий);
- при проведении экспресс-анализа намеченные точки можно накернить;
- после разметки исследуемый участок протирают бязевым или ватным тампоном, увлажненным спиртом, ацетоном или бензином чистоты Ч4.

Примечание — Для усиления диффузного рассеивания поверхность в зоне наблюдения, т. е. около намечаемых отверстий, можно дополнительно обработать шлифовальной шкуркой зернистостью 4—8 Н по ГОСТ 13344 или нанести на нее тонкий слой краски серебрянки.

8 Порядок проведения измерений

8.1 Проведение единичного измерения

8.1.1 Оптический блок прибора устанавливают на исследуемом участке.

8.1.2 Запускают программу обработки первичной оптической информации.

8.1.3 Проводят первую экспозицию исследуемого участка.

8.1.4 Проводят сверление зондирующего отверстия на выбранную глубину.

8.1.5 Проводят вторую экспозицию.

8.2 Проведение следующих измерений производят повторением 8.1; при проведении ступенчатого сверления зондирующего отверстия для каждой ступени повторяют действия по 8.1.3—8.1.5.

Примечание — Между экспозициями недопустимо:

- касаться корпуса оптического блока;
- прикасаться к участку измерения чем-либо, кроме сверла и специальной мягкой кисточки для удаления стружки.

Магнитную стружку допускается удалять намагниченным предметом, не прикасаясь к поверхности.

9 Правила обработки результатов измерений

9.1 Обработку результатов измерений проводят с помощью специализированной программы создания и обработки электронных спекл-интерферограмм.

Обработанная спекл-интерферограмма обычно представляет собой симметричную систему полос, число которых пропорционально значениям главных напряжений σ_1 и σ_2, существовавших в этом месте объекта до высверливания отверстия, а ориентация осей симметрии системы полос совпадает с направлениями β, γ главных напряжений относительно выбранной системы координат *x, y, z*.

9.2 В случае измерения нормальных перемещений число полос *N*, сосчитанное по какому-либо направлению от центра отверстия, длина волны λ и перемещение *w* кромки отверстия связаны формулой

$$w = N\frac{\lambda}{2}. \qquad (1)$$

Перемещения кромки отверстия связаны с уровнем остаточных напряжений в окрестности зондирующего отверстия, который определяется из решения соответствующей задачи теории упругости, заложенного в специализированную программу, или приближенно (при $\sigma < 0{,}4\ \sigma_T$) для целей экспресс-анализа по формуле

$$\sigma = \left(A + \frac{B}{h}\right)\frac{D_0}{D}\frac{E}{E_{Al}}N, \qquad (2)$$

где *A* и *B* — аппроксимирующие константы: (*A* = 30 МПа, *B* =10 МПа·мм);

D_0 — эталонный диаметр, равный 2 мм;

E_{Al} — модуль упругости алюминия, равный 70 ГПа.

9.3 Погрешность средств измерений

Погрешность СИ определяется точностью определения микроперемещений поверхности тела в окрестности зондирующего отверстия.

При проведении экспресс-анализа число полос визуально определяют по интерферограмме с точностью ±0,5 полосы. Возникающая при этом абсолютная погрешность определения напряжений зависит от модуля упругости материала исследуемого объекта и параметров отверстия и определяется по приближенной формуле

$$\Delta\sigma = \left(A + \frac{B}{h}\right)\frac{D_0}{2D}\frac{E}{E_{Al}}. \qquad (3)$$

Примечание — Максимальная погрешность имеет место при минимальном внедрении в материал, например, при *h* = 1 мм, *D* = 4 мм погрешность измерения составляет 10 МПа для алюминия и сплавов на его основе и 30 МПа для сталей. С увеличением глубины и диаметра зондирующего отверстия погрешность измерения данным методом соответственно снижается.

10 Правила оформления результатов измерений

10.1 Зондирующие отверстия нумеруют, их координаты и размеры записывают в карту (протокол) контроля (рекомендуется вести в электронном виде и в специальном журнале), участки измерений фотографируют.

10.2 Описание каждого зондирующего отверстия и результаты измерений фиксируют в протоколе.

10.3 Дополнительные сведения, подлежащие записи, порядок оформления и хранения протоколов (или заключения) устанавливают в технической документации на контроль.

10.4 Если измерения напряжений являются частью научно-исследовательских работ, результаты измерений оформляют в соответствии с общими требованиями и правилами оформления отчетов о научно-исследовательских работах.

10.5 Результаты обследования должны сохраняться до следующего контроля ОК.

Библиография

[1] Биргер И.А. Остаточные напряжения. — М.: Машгиз, 1963, 232 с.
[2] Каксаткин Б.С., Кудрин А.Б., Лобанов Л.М., Пивторак В.А., Полухин П.И., Чиченев Н.А. Экспериментальные методы исследования деформаций и напряжений. — Киев: Наукова думка, 1981, 584 с.
[3] Островский Ю.И., Бутусов М.М., Островская Г.В. Голографическая интерферометрия. — М.: Наука, 1977, 399 с.

УДК 531.781.2:620.171+ 681.787.7:006.354 ОКС 77.040.10 Т59

Ключевые слова: остаточные технологические напряжения, лазерная интерферометрия, метод зондирующего отверстия

Редактор *Н.О. Грач*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *В.И. Варенцова*
Компьютерная верстка *И.А. Налейкиной*

Сдано в набор 30.04.2009. Подписано в печать 02.06.2009. Формат 60 × 84 1/8. Бумага офсетная. Гарнитура Ариал.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 1,40. Уч.-изд. л. 0,70. Тираж 168 экз. Зак. 344.

ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru
Набрано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» на ПЭВМ.
Отпечатано в филиале ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» — тип. «Московский печатник», 105062 Москва, Лялин пер., 6.

gost.e-ecolog.ru