



中华人民共和国国家标准

GB/T 12443—2017/ISO 1352:2011
代替 GB/T 12443—2007

金属材料 扭矩控制疲劳试验方法

Metallic materials—Torque-controlled fatigue testing

(ISO 1352:2011, IDT)

2017-02-28 发布

2017-11-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

目 次

前言	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 符号及说明	3
5 试验原理	3
6 试验方案	3
7 试样形状和尺寸	4
8 试样制备	7
9 设备	9
10 试验程序	10
11 试验报告	11
附录 A (资料性附录) 试验结果	12
附录 B (资料性附录) 扭转疲劳试验机的同轴度校验	15
附录 C (资料性附录) 扭应变(应力)的测量一致性	17
参考文献	19

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 GB/T 12443—2007《金属材料 扭应力疲劳试验方法》，与 GB/T 12443—2007 相比主要技术变化如下：

- 在适用范围上增加圆管截面试样(见第 1 章)；
- 规范性引用文件中删除了 GB/T 3075、GB/T 7733、GB/T 10623，增加了 ISO 554(见第 2 章)；
- 采用循环周次为 N 下的疲劳强度“ τ_N ”代替扭转疲劳极限“ τ_D ”(见 3.9, 2007 年版 4.1.1)；
- 增加圆管截面试样尺寸符号和定义(见第 4 章)；
- 增加第 6 章试验方案并引用 GB/T 24176 对疲劳试验结果进行数据处理和计算(见第 6 章)；
- 对试样加工中精加工部分提出明确要求(见 8.2, 2007 年版 5.3)；
- 对设备扭矩传感器的准确度要求由 3% 提高到 1%，并对温度补偿和数据记录精度提出明确要求(见 9.1.2, 2007 年版 6.1.1)；
- 修改了对试验中频率过高导致试样升温的处理要求(见 10.2, 2007 年版 6.2.2)；
- 增加圆形截面试样及圆管截面试样的扭应力计算公式(见 10.4)；
- 将原标准第 7 章数据处理内容放入附录 A，删除扭转疲劳极限的测定方法；(见附录 A，2007 年版第 7 章)；
- 增加资料性附录 B 扭转试验机同轴度校验的要求(见附录 B)；
- 增加资料性附录 C 扭应变(应力)测量一致性的要求(见附录 C)；
- 增加参考文献。

本标准使用翻译法等同采用 ISO 1352:2011《金属材料 扭矩控制疲劳试验方法》。

本标准做了下列编辑性修改：

- 为了便于使用，将第 4 章中的符号和说明统一列表说明，增加表 1，后续表号顺延；标准中的公式统一编号；
- 按照标准中图出现的顺序，将图 1 和图 2 的图号互换；
- 删除了原 ISO 标准参考文献[4]。

本标准由中国钢铁工业协会提出。

本标准由全国钢标准化技术委员会(SAC/TC 183)归口。

本标准起草单位：钢铁研究总院、冶金工业信息标准研究院。

本标准起草人：刘涛、高怡斐、董莉。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

- GB/T 12443—1990、GB/T 12443—2007。

金属材料 扭矩控制疲劳试验方法

1 范围

本标准规定了金属试样在给定扭矩、恒定幅值、名义上受弹性应力、不引起应力集中条件下的疲劳试验。试验通常在室温(10 ℃~35 ℃)大气条件下进行,沿试样的纵轴加载。

本标准适用于圆形截面试样及圆管截面试样的切取、制备和试验。不包括构件及其他特殊类型的试验。同样也不包括恒幅角位移控制的低周扭转疲劳试验,其失效周次通常只有几千次。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

ISO 554:1976 标准大气环境条件和试验的说明(Standard atmospheres for conditioning and/or testing—Specifications)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

最大应力 maximum stress

τ_{\max}

在应力循环中剪切应力的最大代数值(见图 1)。

3.2

最小应力 minimum stress

τ_{\min}

在应力循环中剪切应力的最小代数值(见图 1)。

3.3

平均应力 mean stress

τ_m

剪切应力的静态分量(见图 1)。

注:最大剪切应力与最小剪切应力代数和的一半,见式(1):

$$\tau_m = \frac{\tau_{\max} + \tau_{\min}}{2} \dots\dots\dots(1)$$

3.4

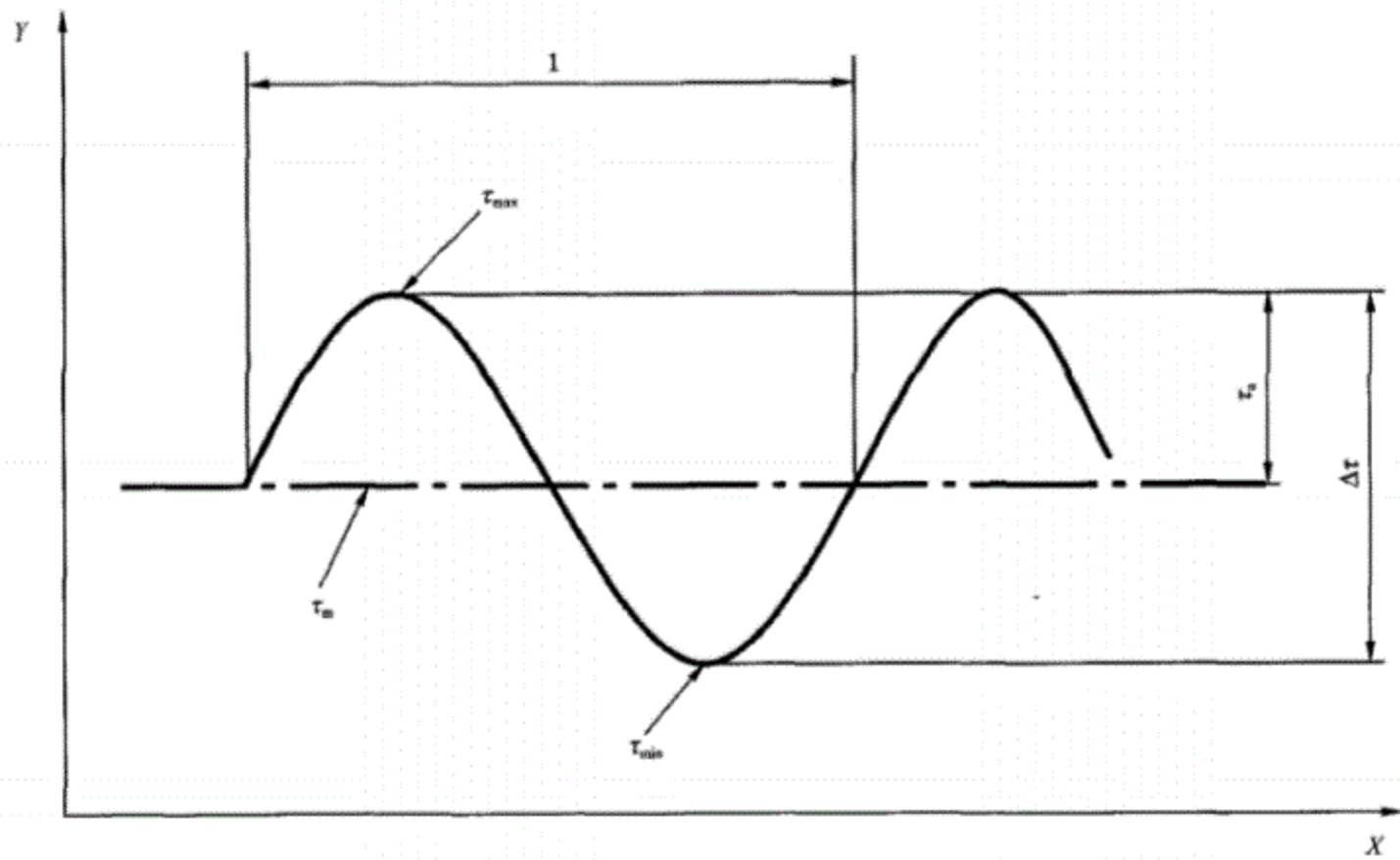
应力幅值 stress amplitude

τ_a

剪切应力的动态分量(见图 1)。

注:最大剪切应力与最小剪切应力代数差的一半,见式(2):

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



说明:

X 轴——时间;

Y 轴——应力;

1 ——1 个应力循环。

图 1 疲劳应力循环

3.5

循环周次 number of cycles

N

试验任意阶段的循环次数。

3.6

应力比 stress ratio

R

在同一循环周次中最小剪切应力与最大剪切应力的代数比值。

注: 可以表达为:

$$R = \frac{\tau_{\min}}{\tau_{\max}} \dots\dots\dots (3)$$

3.7

应力范围 stress range

$\Delta\tau$

最大剪切应力与最小剪切应力之间范围。

注: 可以表达为:

$$\Delta\tau = \tau_{\max} - \tau_{\min} \dots\dots\dots (4)$$

3.8

失效疲劳寿命 fatigue life at failure

N_f

在特定条件下失效的应力循环周次。

3.9

循环周次为 N 的疲劳强度 fatigue strength at N cycles

τ_N

在固定应力比条件下试样寿命达到 N 周次对应的剪切应力幅值。

3.10

扭矩 torque

T

相对于试样轴线产生剪切应力或切向变形的切向力。

4 符号及说明

见表 1。

表 1 符号及说明

符号	单位	说明
D	mm	试样夹持部分的直径或宽度
d	mm	圆形截面试样应力最大位置的直径
d_o	mm	圆管截面试样应力最大位置的外径
d_i	mm	圆管截面试样的内径
L_c	mm	试样试验部分长度
L_p	mm	试样平行工作部分长度(与 L_c 区别)
L_g	mm	试样标距长度
r	mm	在试样试验区域端部从 d 到 D 过渡部分的半径(见图 3 和图 4)

注 1: 试样两端的 D 值可以不相同。
注 2: 如图 3 所示的试样类型从试验区域端部到夹持部分开始的圆弧过渡部分不一定是一个完整的圆弧。

5 试验原理

将名义尺寸相同的试样安装于扭转疲劳试验机上并施加循环扭应力。如图 2 所示的任意一种循环应力类型均可以使用。如无特殊要求,试验波形应为恒幅正弦波。对于轴对称试样,扭矩平均值的改变不会引入不同类型的应力系统,扭转的平均应力总是被标记为正值。当试样失效或试验周次超过指定应力循环周次时终止试验。扭转疲劳试验产生的裂纹可以平行于试样轴线、垂直于试样轴线或与试样轴线成任意夹角。疲劳试验结果可能受大气条件影响,对于条件控制的要求见 ISO 554:1976 的 2.1。

6 试验方案

在开始试验之前,应对下列项目进行确认:

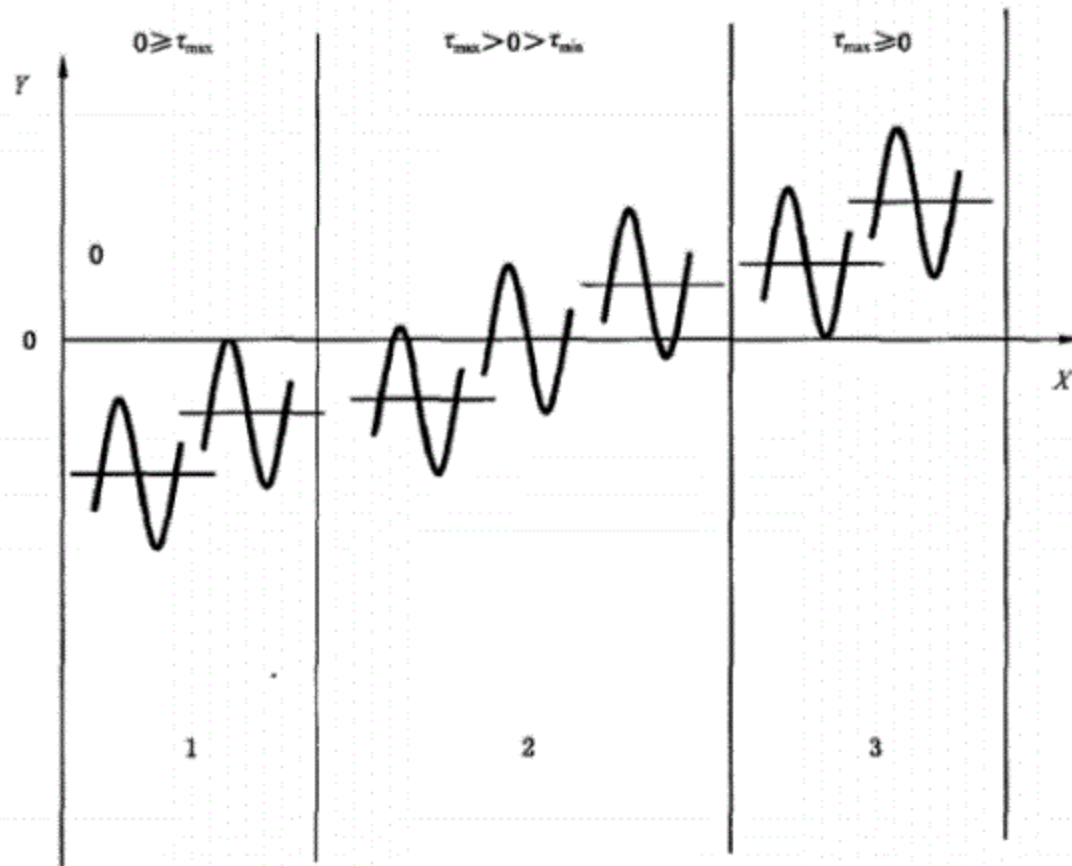
- a) 试样类型(见第 7 章);

- b) 应力比;
- c) 试验目标,例如:
 - 在特定应力幅值下的疲劳寿命;
 - 在特定循环周次下的疲劳强度;
 - S-N 曲线(Wöhler 曲线);
- d) 试样数量及试验顺序;
- e) 试验终止前试样的循环周次。

注 1: 附录 A 提供了几种结果表达方式,详见 GB/T 24176^[1],包括数据分析程序和统计表达。

注 2: 通常使用的试验终止循环周次是:

- 对于结构钢为 10^7 次;
- 对于其他金属材料为 10^8 次。



说明:

- X 轴——时间;
- Y 轴——应力;
- 1 ——压应力;
- 2 ——交变应力;
- 3 ——拉应力。

图 2 循环应力的类型

7 试样形状和尺寸

7.1 类型

通常可以采用包含机械加工试验区域的试样(如图 3 和图 4 所示类型之一)。

试样可以是：

——圆形截面试样，试样试验区域到端部为圆滑过渡（见图 3）；

——圆管截面试样，试样试验区域到端部外表面为圆滑过渡（见图 4）。

对于圆管试样试样端部的内径应大于或等于试样工作区域的内径。对于试样端部的内径大于试样工作区域的内径的试样，裂纹萌生或失效在试验工作区域以外导致试验无效的，宜作为试验在当前完成循环周次下的不连续（中断）试验。

由圆管截面试样得到的疲劳试验结果不总是能与圆形截面试样得到的试验结果进行比较。因此，当对同种材料不同截面下疲劳寿命进行比较时应特别注意。

典型的试样端部类型见图 5。建议选择满足对中要求的试样端部类型。

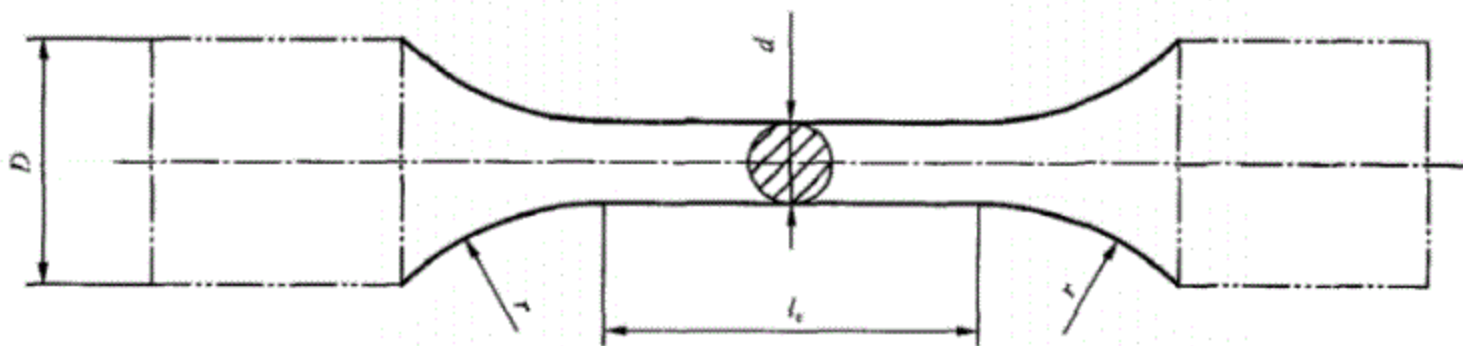


图 3 圆形截面试样

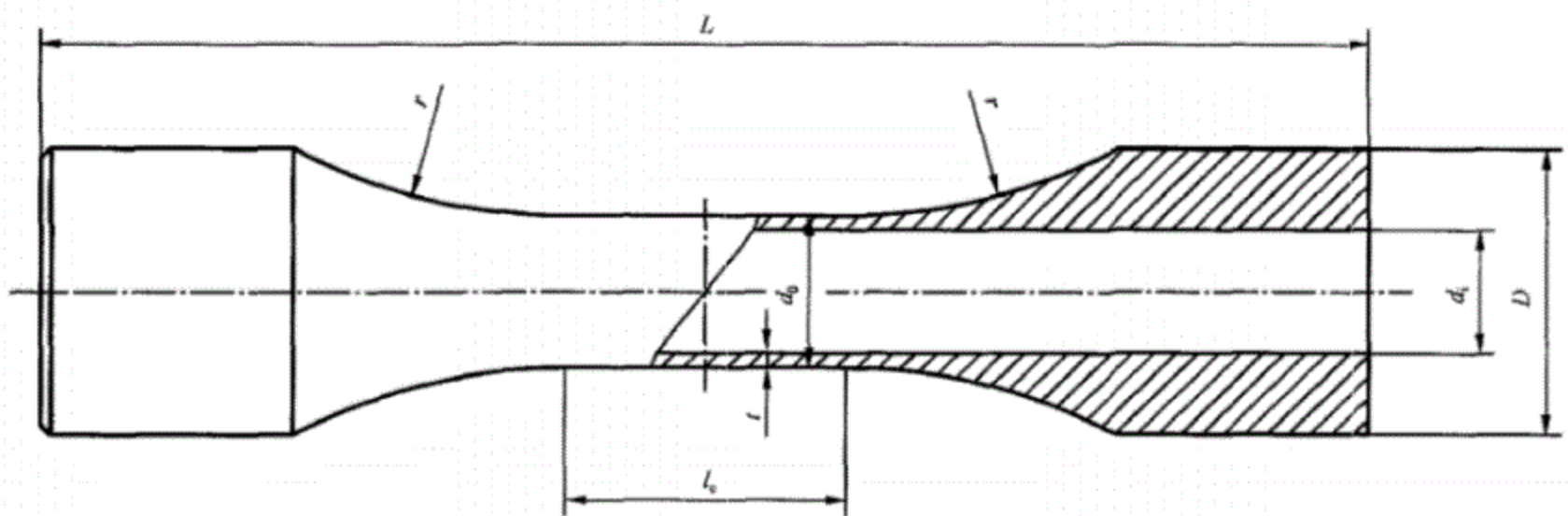


图 4 圆管截面试样

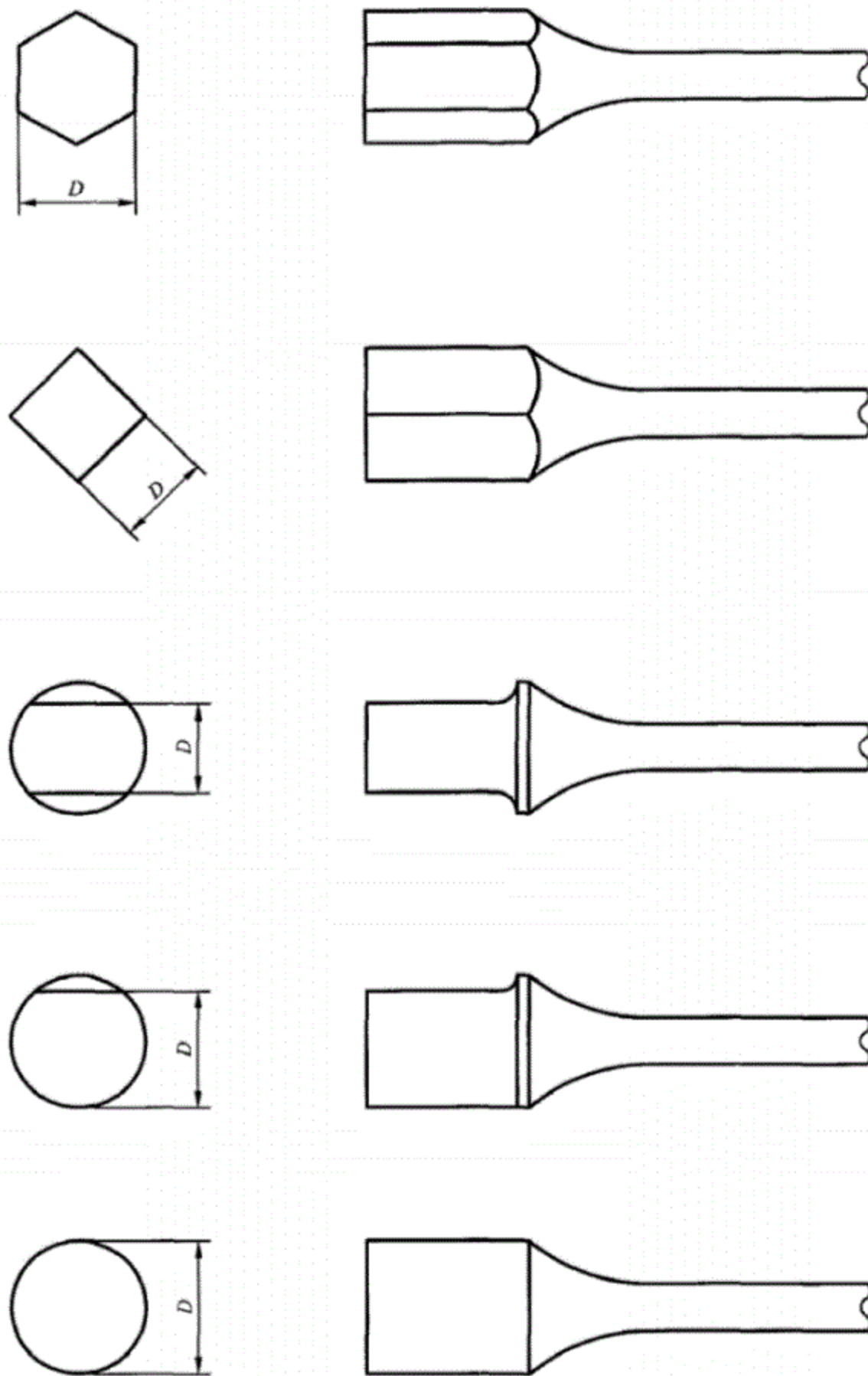


图5 试样典型夹持端

7.2 尺寸规格

7.2.1 圆形截面试样

建议的几何尺寸如表2所示(见图3)。

表2 圆形截面试样的尺寸

参数	尺寸
标距部分直径, d	$5 \text{ mm} \leq d \leq 12 \text{ mm}$
试样试验部分长度, L_c	$L_c \leq 5 d$
圆弧过渡(从平行工作部分到夹持端), r	$r \geq 3 d$
外部直径(夹持端), D	$D \geq 2 d$
对于 d 的公差应为 $\pm 0.05 \text{ mm}$	

为了计算施加的扭矩,每件试样的实际直径都应被测量,测量准确度为 0.01 mm 。当对试样进行测量时应注意不要划伤试样表面。

试样的形位公差应满足如下要求(这些值用于表达试样轴线或参考面的关系):

- 平行度:不大于 $0.005d$;
- 同心度:不大于 $0.005d$ 。

7.2.2 圆管截面试样

通常对于圆形截面试样的考虑也同样适用于圆管截面试样。

试样的壁厚应足够大以避免在循环加载过程中由于超过最小壁厚边界而产生失稳。试样的几何尺寸如表3所示(见图4)。

表3 圆管截面试样的尺寸

参数	尺寸
试验区域的壁厚, t	$0.05d_0 \leq t \leq 0.1d_0$
试验区域的外径, d_0	d_0
圆弧过渡(从平行工作部分到夹持端), r	$r \geq 3d_0$
试验区域长度, L_c	$d_0 \leq L_c \leq 3d_0$
夹持部分直径, D	$D \geq 1.5d_0$
外径 d_0 与内径 d_i 的同心度宜不超过 $0.01 t$ 。	

8 试样制备

8.1 一般要求

对于任何以得到材料固有性能为目的的疲劳试验项目,按照下述建议进行试样的制备是非常重要的。如果试验的目的是确定特殊因素的影响(例如表面热处理、氧化等)则允许对下述建议有偏离。在任何情况下,偏离应在试验报告中注明。除非与客户另有协议,试样宜取自材料的无应力部分。

8.2 机械加工步骤

对试样的机械加工可能会在试样表面引入残余应力从而影响试验结果。这些应力可能由加工阶段的热梯度而引入,并导致材料的变形或显微组织的变化。然而,在精加工阶段特别是在最终抛光阶段通

过采取适当的精加工程序可以降低残余应力的产生。对于硬质金属,磨削加工比工具加工(车或铣)更合适。

- 磨削:从试样的最终直径前的 0.1 mm 开始,加工量不超过 0.005 mm/次。
- 抛光:使用逐次变细的的砂布或砂纸去掉最后的 0.025 mm。建议最终抛光的方向沿着试样轴向。
- 打磨:对于圆管截面试样圆孔宜进行打磨。

如果不注意上述步骤,可能由加工过程中的温度升高或应变硬化造成材料显微结构(相变或表面再结晶)及力学性能的变化,导致试验无效。

试样制备过程中对于某些材料由于某种元素或化合物的污染其力学性能会变差,例如氯对钢和钛合金的影响。因此,宜避免使用这些污染物(例如切削液)。在试样储存时的清洁和除油也应注意。

8.3 取样和标记

从半成品或部件上进行取样对试验结果有重要影响。因此,有必要对每一个试样的取样方向和位置进行明确标识。

附在试验报告上的取样图应明确指出:

- 每个试样的位置;
- 半成品加工的特征方向(例如轧制方向,挤压方向等);
- 每个试样的标记。

试样在制备过程中应有唯一性标识。标识可以采用任何可靠的方式标记在试样上不会被加工掉或对试验质量产生影响的区域。试验前标识应分别标记在试样两端。

8.4 试样的表面状态

试样的表面条件可能影响试验结果。通常这与以下几条因素有关:

- 试样表面粗糙度;
- 存在的残余应力;
- 材料显微组织的改变;
- 污染物的引入。

为了减小上述因素的影响,应遵循以下建议:

- 表面粗糙度对试验结果的影响很大程度上取决于试验条件。试样表面腐蚀或非弹性变形可以减弱其影响。
- 试样平行工作部分的表面粗糙度 Ra 应不大于 $0.2 \mu\text{m}$ 。
- 试样局部的加工刮伤。最终工序宜消除所有在车削过程中产生的环向刮伤,在精磨工序后应进行机械抛光。在低倍放大镜(约 20 倍)下的检查宜只能看到由最终抛光剂级别产生的抛光痕迹。应在热处理后进行抛光操作。如果不能实现,那么热处理宜在真空或惰性气体保护条件下进行以避免试样表面氧化。热处理宜避免改变研究材料的显微结构特性。试验报告应详细描述热处理和机械加工程序。

8.5 尺寸检查

宜在最终机械加工完成后对试样尺寸进行测量,且测量方法应保证不改变试样的表面状态。

8.6 储存和运输

制备完成后,试样宜妥善保存避免损伤(接触刮伤、氧化等)。如果在试样存储过程中发现试样表面有任何损伤宜进行二次抛光去除。建议采用配有封头的独立小盒或软管,在某些情况下,应在真空瓶或干燥器中储存。宜尽量减少运输的次数。特别要注意试样的标记。试验前应在试样的两端进行标识。

9 设备

9.1 试验机

9.1.1 一般要求

试验应在具有顺时针/逆时针加载扭矩能力的试验机上进行,加载应平稳启动并且在通过零点时没有反冲。试验初始加载到指定水平不应有过冲。达到指定水平的响应时间应尽可能的短。试验机应具有足够的侧向、扭转刚度和同轴度。当进行给定的波形循环测试时完整的试验加载系统(包括扭矩传感器、夹具和试样)应能控制和测量扭矩。试样在轴向方向上应不受约束以避免附加载荷的引入。试验机的扭矩测量系统应在静态下采用合适的方法进行校准并溯源到国家标准。了解在扭矩传感器和试样之间由于惯性质量而引入的动态误差的潜在影响是非常重要的。惯性扭矩误差可以表示为扭矩范围的百分数。它随试验频率的变化而变化且受试样的柔度影响很大(参见 ISO 4965^[2] 此标准适用于轴向疲劳试验,其给出的原理也适用于扭转疲劳试验)。

试验机应配有准确度为 1% 的计数装置,并能在试样失效时自动停机。

9.1.2 扭矩传感器

扭矩传感器应为疲劳级别的。指示的扭矩输出至计算机自动记录系统或在特殊限制条件下输出至非自动的记录设备上。扭矩传感器的能力应足够覆盖试验中测量的扭矩范围,准确度优于 1%。扭矩传感器应具有温度补偿,且每摄氏度的零点漂移不超过满量程的 0.002%。每摄氏度的灵敏度变化不超过满量程的 0.002%。

9.1.3 试样夹具

夹具应能传递循环扭矩至试样且在试验过程中其环向上不产生反冲。夹具的几何尺寸精度应满足 9.1.4 规定的同轴度要求。

夹具应能进行反复装卸且具有定位面用于保证试样的同轴度。在试验过程中其还应保证在没有反冲的情况下施加反向扭矩。

9.1.4 对中检查

疲劳试验应保证应力的均匀分布。对于轴向疲劳试验机和扭转疲劳试验机均采用同一对中检查方法对试验机的轴向对中进行测量。

此外,对于疲劳试样工作区域的应力分布应进行记录。加载应力的一致性受试验机和试样两方面控制。加载应力一致性应在系列试验开始前或加载链发生改变后进行检查。

注 1: 附录 B 简单描述了对中检查方法。

注 2: 附录 C 描述了在扭转试验中测量和记录加载应力一致性的程序。

9.1.5 轴向载荷

扭转试验,轴向载荷应为零。

9.2 试验检测仪表

9.2.1 记录系统

数据记录设备应能够以满量程 1% 的准确度记录扭矩传感器与时间的数据。

计算机数据采集系统的采集速率应足够快;非计算机数据采集系统应具有高速记录或储存装置,两种采集系统均需能够对每个试验循环进行慢速回放以确认其峰谷值扭矩。

9.2.2 循环计数器

循环计数器应能够记录加载的循环次数,当试样失效时它应能自动停止计数。

9.2.3 检查和校准

宜每年或更高频次(如有要求)对试验机及其控制、测量系统的正常运行进行检查。检定周期间隔不超过 13 个月,除非试验机正在进行长时试验且试验周期超过 13 个月,对于这种情况应在试验结束后对试验机进行检定。此外,每一个传感器及其附属电子元件应作为一个整体进行检查。扭矩测量系统应溯源到国家标准。

10 试验程序

10.1 试样的安装

仔细确认每一个试样固定到位(上、下、左、右)确保试样轴线延着试验机的扭矩轴且施加了给定应力。在试样安装过程中应仔细确认试样上未受到(或只受到最小)轴向应力。

10.2 试验频率

扭矩循环的频率取决于采用试验机的类型和试验程序的要求。试验频率的选取应适用于特定的材料、试样和试验机的组合。

当试验频率过高时可能会发生试样自热从而影响疲劳试验寿命和强度结果。对于这种情况,建议记录温度的升高并在报告中注明。如果试验程序允许,试样温升过高时宜降低试验频率。

注:如果条件的影响是显著的,那么试验结果可能是与试验频率强相关的。

10.3 扭矩的施加

对于每个试样的加载,加载程序应该相同。平均扭矩和扭矩范围的控制准确度应在扭矩范围的 $\pm 1\%$ 以内。

10.4 名义扭转应力的计算

扭转(剪切)应力 τ 由施加于圆形或圆管截面的试样上的扭矩 T 计算得到。扭转应力总是在试样工作区域的外径上最大。在弹性加载条件下,名义扭转应力从扭转轴处为零到在外径处最大且为线性关系。建议采用式(5)和式(6)计算扭转应力 τ 。

在圆形截面试样的外径处： $\tau = \frac{16T}{\pi d^3}$ (5)

在圆管截面试样的外径处： $\tau = \frac{16Td_0}{\pi(d_0^4 - d_1^4)}$ (6)

10.5 温度、湿度的记录

在试验过程中环境温度和湿度的最大值和最小值应进行记录。
如果试样产生自热,应监测并记录试样的温度。

10.6 失效和终止条件

10.6.1 失效

如无特殊协议,试样的失效准则是指试样彻底分离。
在特殊情况下,其他准则(例如出现可见疲劳裂纹、试样发生塑性变形或裂纹扩展的速率)也适用。

10.6.2 终止试验

当试样失效或达到客户指定的循环周次时可终止试验。

11 试验报告

11.1 通用信息

- 对于系列试验的试验报告应包括以下信息:
- 本标准编号;
 - 试验材料,材料牌号,力学性能,试样的热处理制度;
 - 在试验材料上的取样位置;
 - 试样类型和公称直径;
 - 试样的表面状态。

11.2 试样信息

- 对于每个独立的试样,试验报告应包括如下信息:
- a) 横截面尺寸;
 - b) 施加的最小和最大峰值扭矩;
 - c) 应力加载条件;
 - d) 频率和疲劳寿命;
 - e) 采用的试验机的描述,型号和序列号,扭矩传感器序列号,夹具编号;
 - f) 如果发生自热(超过 35 ℃)试样的温度;
 - g) 最大和最小环境温度和相对湿度;
 - h) 试验终止条件和寿命(例如 10⁷ 次),或试样完全失效或者其他条件;
 - i) 对要求试验条件的其他偏离或其他。

附录 A
(资料性附录)
试验结果

A.1 一般要求

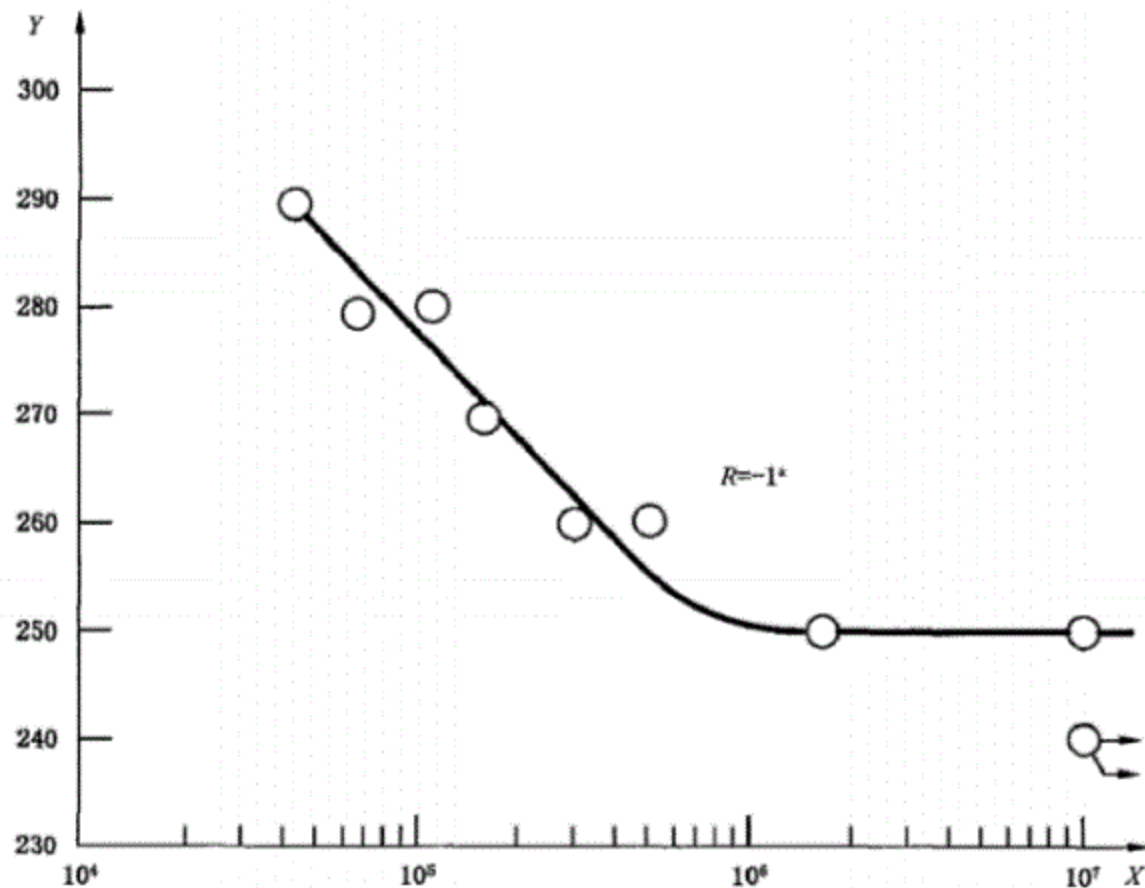
研究设计和试验结果的应用决定了如何选择最适合的试验结果表达方式。这些表达方式可以是图表或其他可用的方式。疲劳试验的结果通常表示为图表。在疲劳数据报告中,试验条件宜清晰注明。

A.2 Wöhler 曲线或 S-N 曲线

对于试验结果的图表表达通常以失效循环周次为横坐标以应力幅值或其他应力(取决于应力循环类型)为纵坐标画图。在图上近似的延试验数据的中线画一条光滑曲线称为 Wöhler 曲线或 S-N 曲线。循环周次通常采用对数坐标,试验人员可以选择应力采用线性坐标或对数坐标。对于每一组不同的应力比 R 可以独立做出曲线。试验结果通常绘制于同一张图上。应力采用线性坐标的示例如图 A.1 所示。

A.3 平均应力图

采自 Wöhler 曲线或 S-N 曲线的疲劳强度绘制于疲劳强度图中。试验结果可以用图表形式直接表达。对于特定的寿命,应力幅值与平均应力的曲线图(Haigh 图)如图 A.2 所示,最大应力、最小应力与平均应力的曲线图(Smith 图)如图 A.3 所示。试验结果可以绘制于同一张图中。

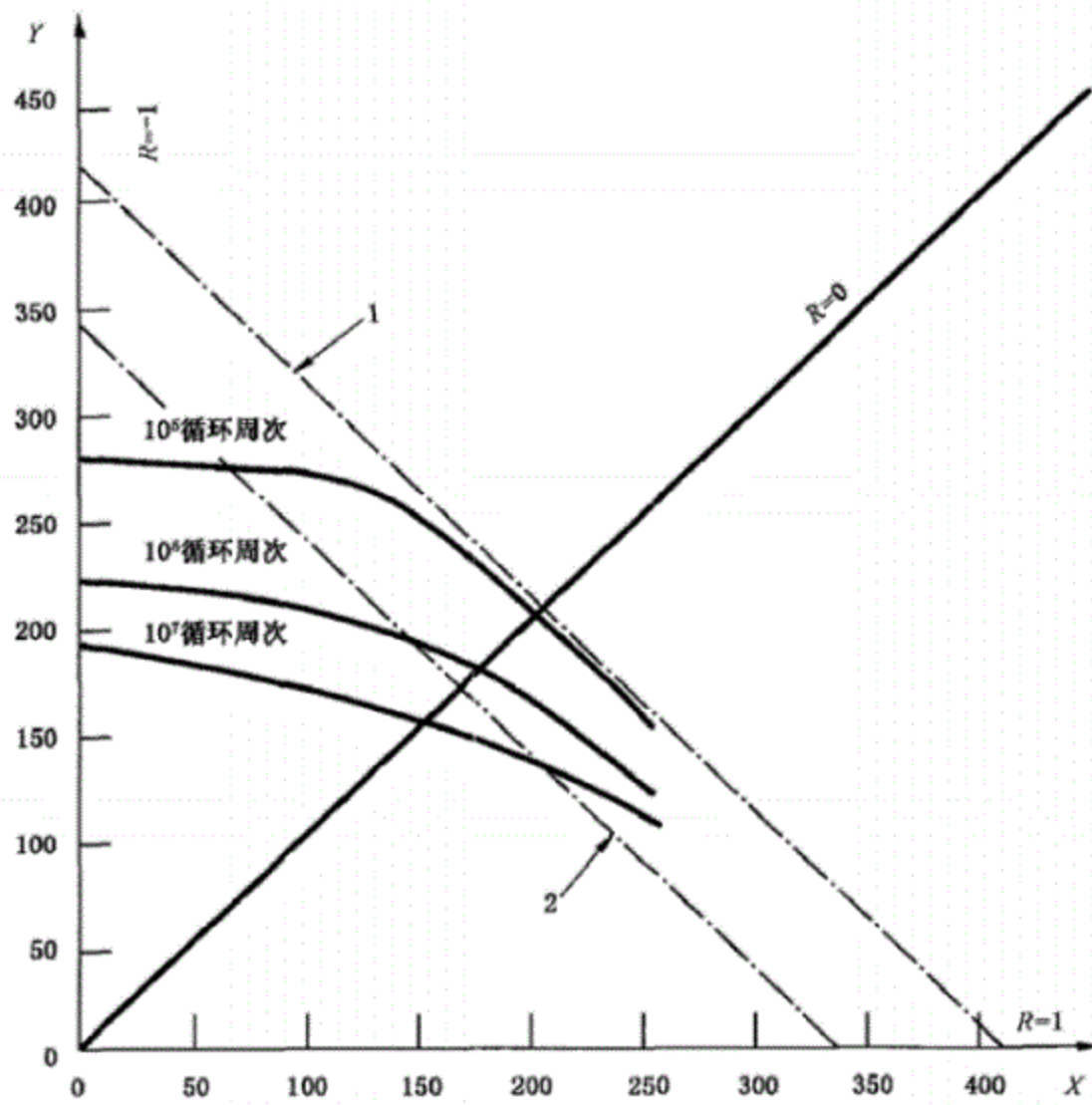


说明:

X ——失效循环周次,单位为次;

Y ——应力幅值(τ_s),单位为牛每平方米(N/mm²)。

图 A.1 Wöhler 曲线或 S-N 曲线($R = -1$, 室温)



说明:

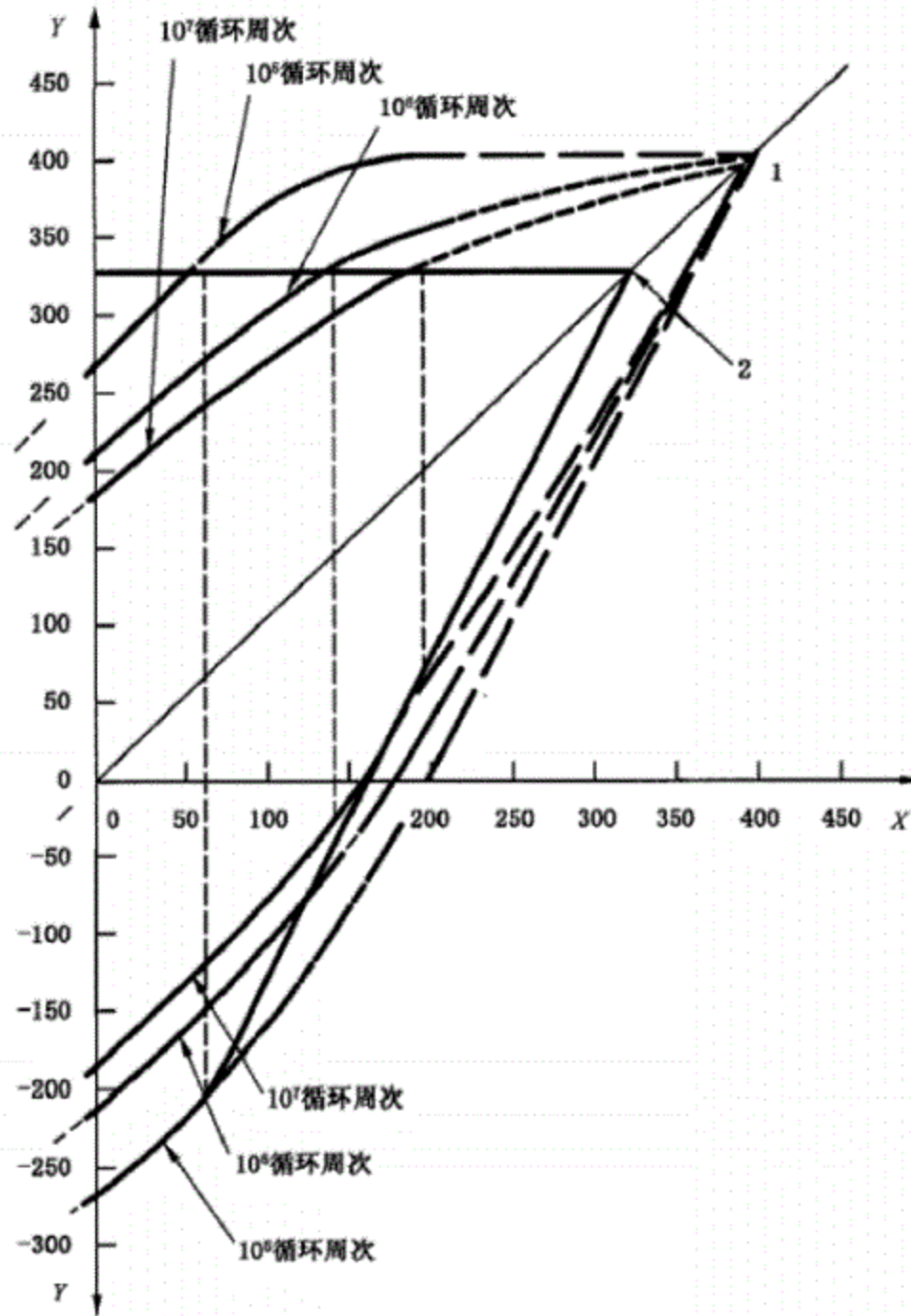
X —— 平均应力, τ_m , 单位为牛每平方米(N/mm^2);

Y —— 应力幅值, τ_a , 单位为牛每平方米(N/mm^2);

1 —— 剪切应力;

2 —— 0.2% 偏置应力。

图 A.2 应力幅值-平均应力曲线图(Haigh 图)



说明:

X ——平均应力, τ_m , 单位为牛每平方米(N/mm^2);

Y ——最大应力和最小应力(τ_{max} 和 τ_{min}), 单位为牛每平方米(N/mm^2);

1 ——剪切应力;

2 ——0.2%偏置应力。

图 A.3 最大应力和最小应力-平均应力曲线图(Smith 图)

附录 B

(资料性附录)

扭转疲劳试验机的同轴度校验

B.1 应采用标准轴向同轴度试样或圆棒同轴度设备进行同轴度检查。圆棒同轴度设备参见图 B.1。轴向同轴度试样参见图 B.2,此试样宜与试验用试样具有相似的几何尺寸。建议同轴度试样采用热处理硬化钢。

B.2 圆棒同轴度装置作为非应变片装置对于试验系统的同轴度检查具有质量高、相对快速的优点。如图 B.2 所示的设备由分开的圆棒和套管组成,并精确公差控制。建议套管和圆棒采用相同的材料制造。

B.3 为了检查由角偏差、侧向偏差或加载链偏差引起的不对中,轴向应变测量的同轴度试样应具备固定于图 B.2 所示位置的电阻应变片。将应变片试样的上端或下端(不是两端同时)固定于夹持设备上,环境温度应能够使桥式放大电器进行平衡和参考零点的调整。此时将同轴度试样的上下两端夹紧。

B.4 试样宜施加不超过最大拉应变 0.4% 的扭转应变或者试样试验时施加的最大扭应变(当这一取值不超过拉应变的 0.4% 时)。根据参考文献[2]的描述计算最大弯曲应变,弯曲应变由试验机分量和试样分量组成。如果最大弯曲应变的试验机分量在 2 个仪器平面中的 1 个或 2 个中超过 50 微应变,宜调整试验机架作动器、夹具或载荷传感器,并重新测量直至达到 50 微应变。

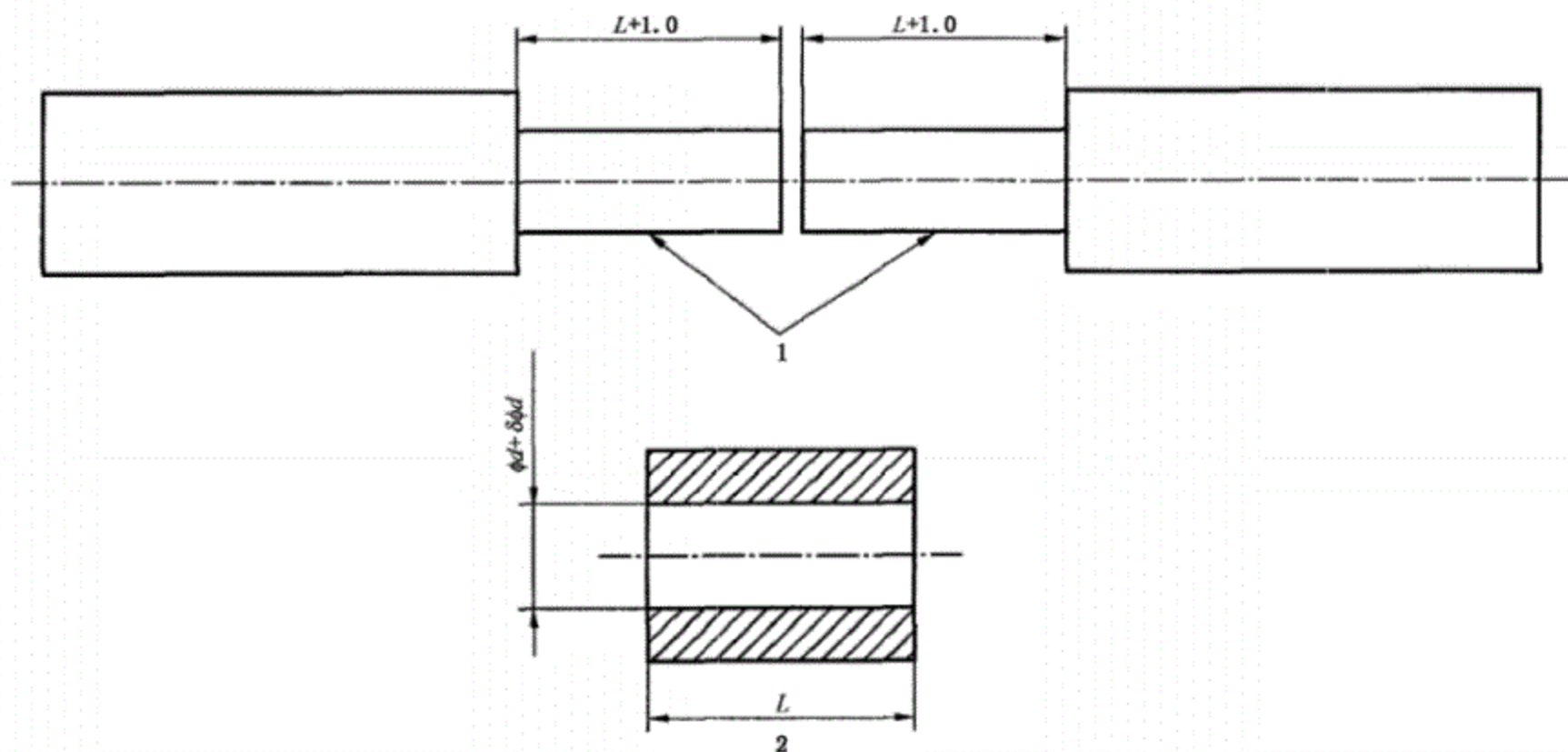
建议按照参考文献[3]的程序进行同轴度试样的制备和同轴度检查。

当于试样上施加系列扭转载荷或扭转应变应特别小心,因为轴向应变片不能监测试样上的扭转应变或扭转变形。因此,建议施加的扭转载荷由同种材料、同样尺寸的试样预先测定。

B.5 宜施加反向扭矩并重复程序以确保同轴度满足要求(例如 <5.0%)。

B.6 如果检查结果不满意,则:

- 应重复相同的步骤若干次以确定测量的复现性;
- 证实测试结果是由于试验设备的问题引起的而不是试样问题;
- 应检查加载链各个单元(夹具、传感器、机架)的几何同轴度。



说明:

- 1——分离圆棒;
- 2——套管。

图 B.1 同轴度圆棒示例

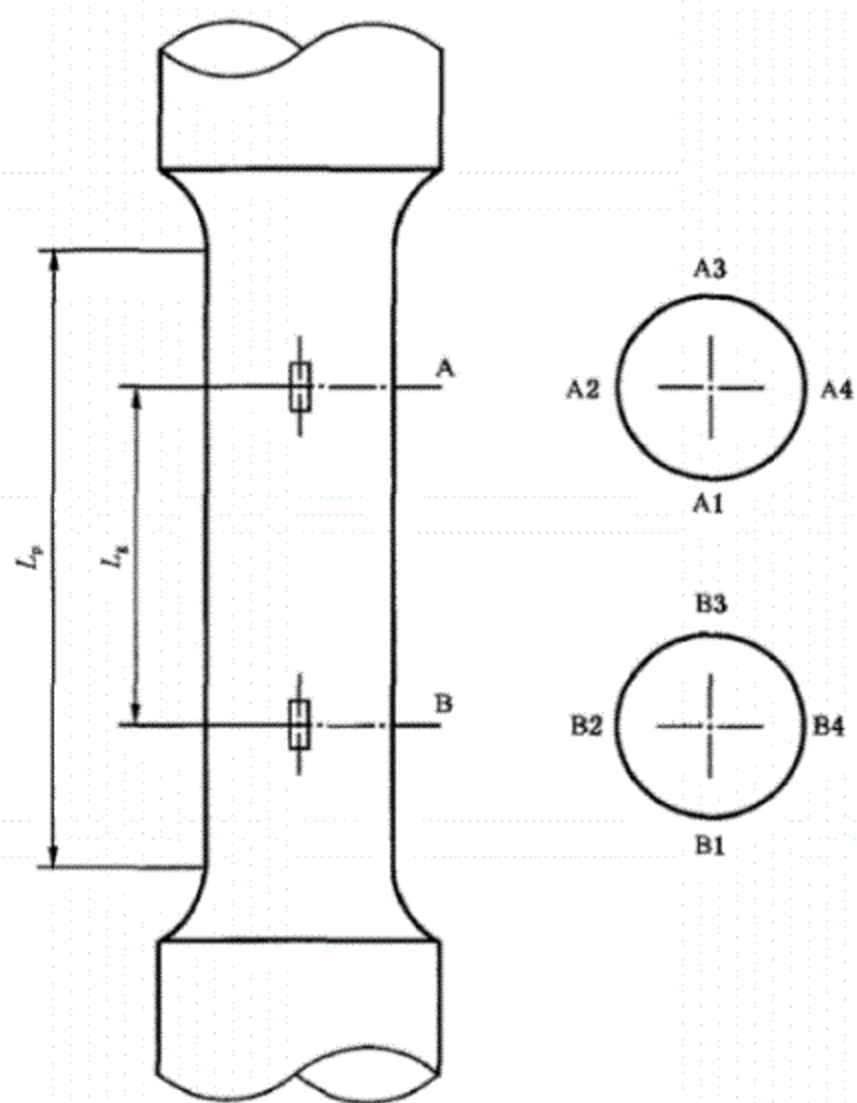


图 B.2 应变片试样

附录 C

(资料性附录)

扭应变(应力)的测量一致性

C.1 在正式疲劳试验开始之前,确保每个疲劳试样工作区域应力分布的均匀性对于疲劳试验来说是非常重要的。疲劳寿命通常由试样上的最大应力和最大缺陷的联合作用决定。失效位置经常既不在最大应力处也不在最大缺陷处,但是实际的失效位置是由应力和缺陷尺寸的组合决定的。通过测量试样的均匀应力分布,所有缺陷上均作用相同的应力,这样失效将发生在临界缺陷处。当应力均匀时,随着试样工作区域的增大疲劳的分散性将会降低。

施加应力的均匀性由试验机和试样两方面决定。为了测量施加的扭应力的均匀性应在与试样主轴(即施加主应力方向)成 45° 夹角的方向上安装应变片。

C.2 从一组实际测试试样中选择一件来进行测量是比较好的方案,因为这样可以一次将施加应力均匀性的试验机分量和试样分量都测出来。对于扭转试验,建议采用与试样轴线成 45° 的应变片或4个应变片组成的呈 45° 角的阵列[见图 C.1a)]。对于纯扭转试样的主应力其方向与试样轴线呈 45° 角。因此,单个与试样轴线呈 45° 角的应变片或应变花阵列可以测量主应力。应变片应等间距在试样横截面上延环向间隔 90° 。应变花阵列的轴向与试样纵轴的夹角宜不超过 $\pm 2^\circ$ 。

对于1层4个应变片阵列不能安放在同一横截面上应按照图 C.1b)所示分2层2个应变片阵列安装。

建议所有应变片阵列互相匹配且工作长度约为 $0.1L$ 。或更小。

C.3 将应变片阵列试样的上端或下端(不是两端同时)固定于夹持设备上,环境温度应能够使桥式放大器进行平衡和参考零点的调整。此时将同轴度试样的上下两端夹紧。

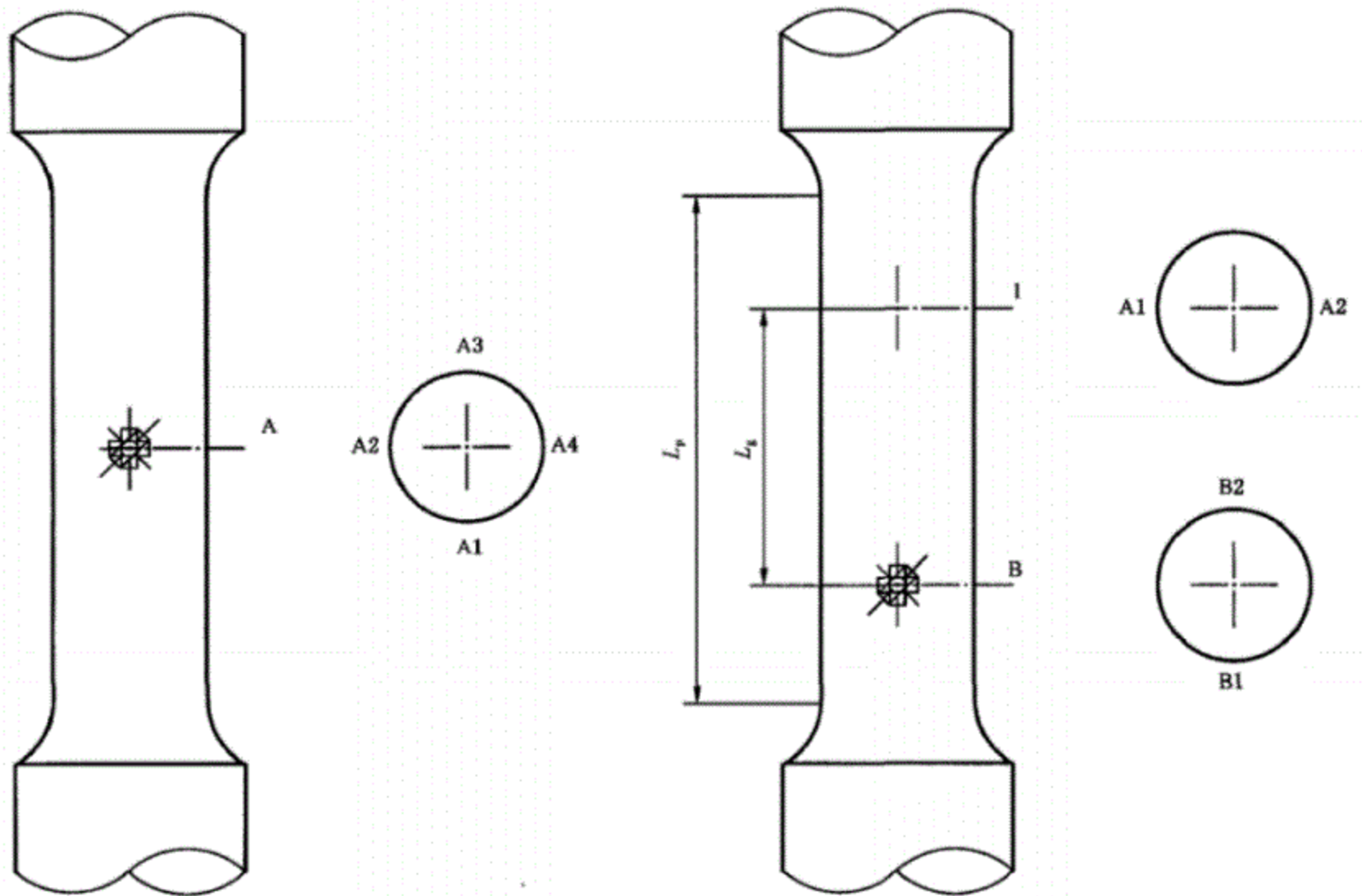
应变测量设备和数据采集系统应具有1微应变的分辨率,准确度不超过监测读数的 $\pm 0.5\%$ 或 ± 3 微应变,取其大者。

C.4 试样宜施加试验时施加的最大扭应变(当这一取值不超过应变的 0.4% 时)。如果采用应变片阵列,那么通过对应变片阵列数据的分析可以得到一组名义应变[名义应变包括轴向、环向何剪切(45°)方向]。在反向扭矩条件下重复之前的步骤应报出4个测量点的3向(0° 、 45° 和 90°)应变分量。如果只采用了 45° 应变片,那么报出 45° 的名义应变测量值。

C.5 当完成 C.4 的内容后,从试验机上将应变片试样取下并将其旋转 180° ,并安装于试验机上重复 C.4 的内容。当完成2套扭矩施加后,应变片数据应分别用参考文献[2]的公式进行计算得到非均匀应力状态的试验机分量和试样分量。如果采用应变片阵列,那么这些公式应分别应用于3向应变片用于分离试验机分量和试样分量。进行分离后,采用应变片阵列数据的标准分析方法可以测定施加应力均匀性在试验机分量和试样分量上的方向和重要性。

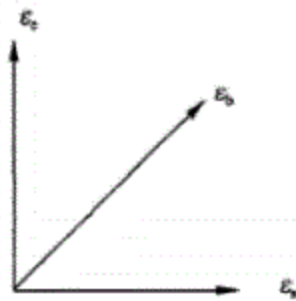
C.6 理想地,如果每件试样都进行了应变片测量,那么通过 C.5 得到结果可以使试验中试样在试验机上某一位置扭转产生的应力分布均匀性达到最佳。但是这将会产生很大的开销进而导致无法实施。然而,从一个典型试样上获取的信息对于试样加工质量及得到采用完美试样情况下的应力分布均匀性(只考虑试验机分量的非均匀性应力状态)是非常重要的。如果试样分量对非均匀性应力状态的贡献很大,则应更注意试样加工。如果试验机分量对非均匀性应力状态的贡献很大且轴向对中是相对较好的,那么说明扭转作动器没有与设备其他部件很好的对中。

C.7 关键是获得对于各种可能试样的试验区域的最好应力分布均匀性。



a) 1层4个应变片阵列

b) 2层2个应变片阵列



$$\epsilon_{\theta\theta} = \epsilon_x$$

$$\epsilon_{\theta\theta} = \epsilon_c$$

$$\gamma_{\theta\theta} = 2\epsilon_b - \epsilon_x - \epsilon_c$$

0°-45°-90°应变片阵列

图 C.1 应变片试样

参 考 文 献

- [1] GB/T 24176 金属材料 疲劳试验 数据统计方案与分析方法 (GB/T 24176—2009, ISO 12107:2003, IDT)
- [2] ISO 4965:1979 Axial load fatigue testing machines—Dynamic force calibration—Strain gauge technique
- [3] KANDIL, F.A., A Procedure for the Measurement of Machine Alignment in Axial Testing, VAMAS report NO.42, ISSN 1016-2186, National Physical Laboratory, February 2003
-

中华人民共和国
国家标准
金属材料 扭矩控制疲劳试验方法
GB/T 12443—2017/ISO 1352:2011

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 www.spc.net.cn

总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238
读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 1.5 字数 42 千字
2017年3月第一版 2017年3月第一次印刷

*

书号: 155066·1-55701 定价 24.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107



GB/T 12443-2017