ICS 77.040.10
CCS H 22

中华人民共和国国家标准

GB/T 46592—2025

金属材料　微试样力学试验　取样和试样制备方法

Metallic materials—Mechanical testing of miniature specimen—Sampling and specimen preparation methods

2025-10-31 发布　　2026-05-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会　发布

目　　次

前言 …… Ⅲ
引言 …… Ⅳ
1　范围 …… 1
2　规范性引用文件 …… 1
3　术语和定义 …… 1
4　一般要求 …… 2
5　试料的准备和微试样选择 …… 2
6　微试样的制备 …… 3
附录 A（资料性）　常见的微损取样方法 …… 5
附录 B（资料性）　典型的微试样类型 …… 7
附录 C（资料性）　推荐的微试样制备加工方法 …… 15
参考文献 …… 17

前　言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则　第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国钢铁工业协会提出。

本文件由全国钢标准化技术委员会(SAC/TC 183)归口。

本文件起草单位：华东理工大学、冶金工业信息标准研究院、国家能源集团新能源技术研究院有限公司、沈阳化工研究院有限公司、衡阳华菱钢管有限公司、国标(北京)检验认证有限公司、德阳市亿威科技有限公司、国合通用(青岛)测试评价有限公司、华材科技试验场(洛阳)有限公司。

本文件主要起草人：涂善东、王宁、侯慧宁、王琼琦、杜晋峰、谈建平、刘继林、邱鹏、张显程、杨明亮、李铸铁、张剑睿、周帼彦、董莉、靳晓坤、贺乐、崔玉、胡年有、梁锡炳、薛朝、孙彬涵、程春生、郭碧城、卓华、胡翔、臧昊良、张渊博、黄军、夏咸喜。

引　言

微试样力学测试技术是20世纪80年代～90年代针对核电设备辐照脆化发展起来的，目前已在火电、石化及化工等行业的重大装备结构完整性评价中推广应用。微试样力学试验适合以下几种情况：a)待测材料尺寸有限，不能加工成常规的力学性能测试试样；b)辐照材料的性能测试，辐照空间有限且需减少试验人员的暴露；c)需要获得微结构或结构不同微区力学性能的场合，如焊接接头热影响区、涂层、薄膜、梯度材料等；d)常规试验需要切取的材料量对设备或结构造成明显损伤或破坏的场合；e)不能破坏取样的重大设备，如加氢反应器等。对前三种情况，只需要直接制备微试样，而后两种情况，需要先对设备或者结构采用微损方法制取试料后才能进行微试样的制备。微试样取样是一种在重大设备表面“挖取”极少量服役材料的取样方法，当在役设备或重大结构需要取样时，可利用现有的取样技术和方法得到适宜的试料，用于后续微试样力学及其他性能的测试。

本文件给出了微试样取样的基本要求与原则、取样后的缺陷评定及修补原则、样坯的制取要求以及微试样力学性能测试的试样类型与制备要求。

金属材料　微试样力学试验
取样和试样制备方法

1　范围

本文件规定了微试样力学试验用试料获取和试样制备的一般要求、试料的准备、微试样选择及微试样制备的相关要求。

本文件适用于力学试验用微试样的取样和制备。

如产品标准或供需双方协议对取样和试样制备另有规定，按其规定执行。

2　规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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。

GB/T 2975　钢及钢产品　力学性能试验取样位置及试样制备

GB/T 10623　金属材料　力学性能试验术语

GB/T 20832　金属材料　试样轴线相对于产品织构的标识

3　术语和定义

GB/T 2975 和 GB/T 10623 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

有损取样　destructive sampling

产品、设备或结构因切取测试用试料后，导致无法满足结构完整性或安全运行要求，需进行修补或改变设备的运行参数的取样方法。

3.2

微损取样　minimally destructive sampling

产品、设备或结构切取测试用试料后，经评估仍能满足结构完整性或安全运行要求，不需要进行修补或改变设备运行参数的取样方法。

3.3

微试样　miniature specimen

尺寸显著小于标准试样尺寸，仍能反映材料宏观力学性能的试样。

注 1：微试样可以是标准试样按比例缩小或按比例缩小并适当改变几何尺寸，也可以是特殊形状。一般情况下，微试样工作段体积小于对应标准试样工作段体积的 1/8。

注 2：微试样临界尺寸与材料类型及测试力学参量相关，用材料的晶粒尺寸进行表征，通常是 4 倍～10 倍的晶粒尺寸。晶粒尺寸的测定方法见 GB/T 6394。

3.4

小冲杆试样　small punch specimen

用于小冲杆试验的片状微试样。

3.5

微型拉伸试样　miniature tensile specimen

用于获取材料拉伸性能的微试样。

3.6

微型疲劳试样　miniature fatigue specimen

用于获取材料疲劳强度或循环应力-应变行为的微试样。

3.7

微型蠕变试样　miniature creep specimen

用于获取材料蠕变强度或蠕变行为的微试样。

3.8

微型夏比冲击试样　miniature Charpy impact specimen

用于获取材料冲击吸收能量的微试样。

注：以下简称微型冲击试样。

3.9

微型断裂试样　miniature fracture specimen

用于获取材料断裂韧性、疲劳裂纹扩展、蠕变裂纹扩展的微试样。

3.10

压入试样　indentation specimen

用于仪器化压入试验的试样。

4　一般要求

4.1　样坯的制取宜尽量减少过热或者加工硬化等因素对微试样的力学性能的影响。样坯中不应有影响试验结果的缺陷。

4.2　采用的加工及表面处理方法，宜尽量减少试样尺寸精度、表面粗糙度、加工纹路、表面塑性硬化层以及表面残余应力对力学性能的影响。

4.3　抽样产品、试料、样坯和试样应做标记或标签以确保可追溯至原产品以及它们在原产品中的位置和方向。标记方式和位置不应影响试验结果。

5　试料的准备和微试样选择

5.1　试料的状态

5.1.1　根据产品标准或合同规定，试料状态分为交货状态、标准状态和服役状态。

5.1.2　在交货状态下取样时，可从以下两种条件中选择：

a)　在产品成型和/或热处理完成之后取样；

b)　在热处理之前取样，试料应在与交货产品相同的条件下进行热处理。

5.1.3　在标准状态下取样时，应在产品标准或合同规定的生产阶段取样。

5.1.4　在服役状态下取样时，应记录取样的部位、服役条件及服役时长。

5.2　试料的切取

5.2.1　总则

取样前，宜通过 GB/T 19624 等结构完整性评价方法确定取样方法。

5.2.2 微损取样

5.2.2.1 设备或结构上的微损取样方法有机械式和电火花式，见附录A，推荐使用勺刀“挖取”等机械式取样方法。

5.2.2.2 微损取样的位置应根据产品标准或合同规定选择产品的表面、焊缝、热影响区等位置，亦可对检测有缺陷的位置进行针对性取样。

5.2.2.3 采用微损取样时，应采用合适的措施，避免产品及试料因过热影响力学性能。

5.2.3 有损取样

5.2.3.1 当产品允许破坏性取样时，所采用的试料切割方式不应改变用于制作试样部分试料的特性。有损取样方法包括烧割法、冷剪法等，取样所留加工余量可参考GB/T 2975—2018的附录B。

5.2.3.2 当产品不允许破坏性取样时，可选用附录A给出的取样方法。

5.2.3.3 取样后应根据实际需要对产品进行修补或改变设备的运行参数。

5.3 取样位置

在产品不同位置取样时，力学性能会有差异，应按以下方法进行取样：

a) 对于允许切取大块试料的情况，可按GB/T 2975—2018中附录A的规定，在具有代表性的位置进行取样；

b) 对于采用附录A方法获取试料的情况，应合理布置试料切取位置及方向；

c) 如产品标准或合同对取样位置另有规定的，应按其规定执行。

5.4 试样的轴线方向

试样轴线方向与产品加工主方向的关系应在相应的产品标准或合同中规定。试样轴线的确定应符合GB/T 20832的要求。

5.5 试料的热处理

需要对试料进行热处理时，热处理工艺应按照产品标准或合同的要求进行。

5.6 微试样的选择

5.6.1 为表征材料的宏观力学行为，矩形截面微试样的最小宽度和厚度或圆形截面微试样的最小直径应大于临界尺寸(见3.3)。

5.6.2 典型的微试样类型和几何尺寸见附录B。

5.6.3 应按照相应试验方法的规定和试验机能力选用合适的试样类型和尺寸。

6 微试样的制备

6.1 微试样的加工

推荐的微试样制备加工方法见附录C。采用的最终加工方法应保证试样的尺寸和形状及其公差符合相关微试样试验方法标准的规定。

6.2 尺寸检查

应在精加工完成后对试样的尺寸进行检查，采用的检查方法不应改变试样的表面条件。推荐采用三维激光扫描、共聚焦显微镜等非接触式高精度测量技术。

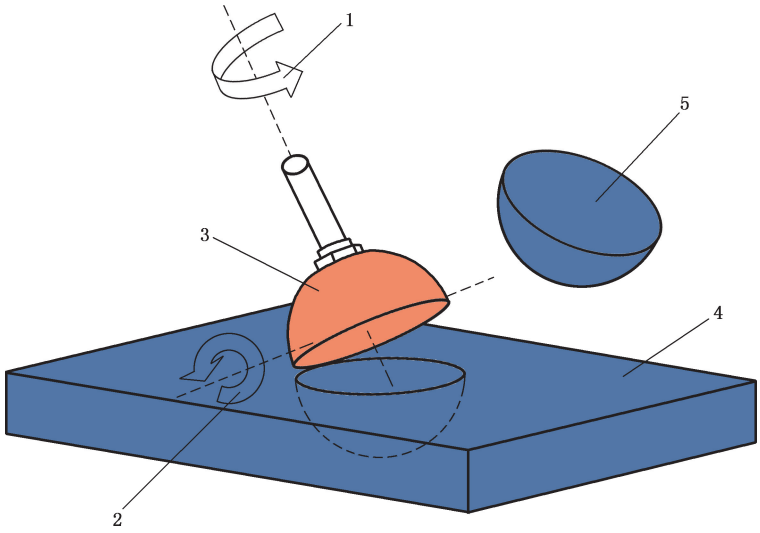
6.3 试样的保存

制备好的试样宜妥善保存，以防止接触刮伤或氧化等损伤。建议采用独立容器进行存储，必要时应将试样放在真空瓶或者干燥皿中。

附 录 A
（资料性）
常见的微损取样方法

A.1 勺刀“挖取”机械式取样

通过切割轴的高速旋转与进给轴的旋转进给相互耦合，在产品、设备或结构上挖取试料，见图 A.1。



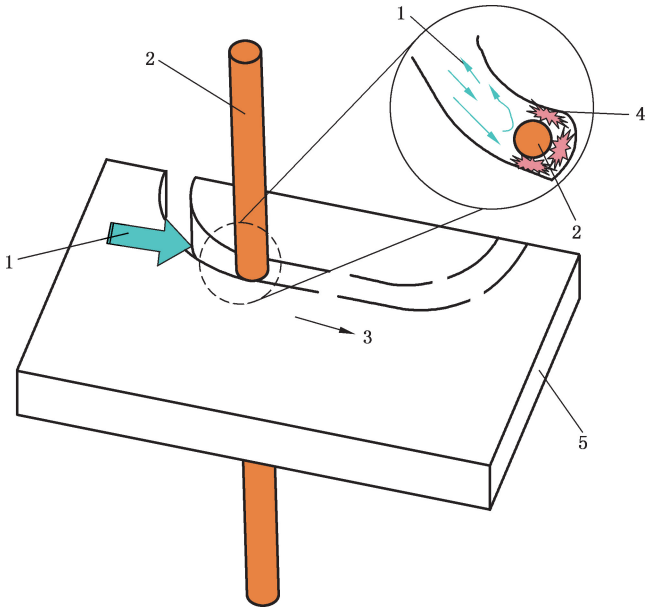
标引序号说明：

1——切削方向；
2——进给方向；
3——切削刀头；
4——产品、设备或结构；
5——试料。

图 A.1 勺刀“挖取”机械式取样方法示意图

A.2 电火花式取样

通过电极放电产生电弧，同时用冷却液冷却，设定电极运动轨迹，在产品、设备或结构挖取试料，见图 A.2。



标引序号说明：

1——加工液；　　4——电弧；

2——电火花丝；　　5——试料。

3——切割方向；

图 A.2　电火花式取样方法示意图

附 录 B
（资料性）
典型的微试样类型

B.1 概述

本文件以拉伸、疲劳、蠕变、冲击、断裂、小冲杆和压入将微试样类型进行归类。本附录仅列出了部分典型的微试样形状及尺寸。其他符合本文件规定的微试样形状及尺寸也可适用。

B.2 符号与说明

本附录使用的符号和说明见表 B.1。

表 B.1 符号和说明

符号	说 明	单位
a_o	初始裂纹长度	mm
α	微型冲击试样开口夹角	(°)
B	微试样厚度	mm
b	冲击试样韧度宽度	mm
C	板状试样夹持段长度	mm
D	微试样直径	mm
d_o	微试样工作段直径	mm
d_1	微试样夹持段直径	mm
d_n	缺口试样净截面直径	mm
E	加载孔中心到底边的长度	mm
h	棒状试样夹持段长度	mm
h_{kc}	开槽小冲杆试样槽深度	mm
L_t	微试样总长度	mm
L_o	微试样标距长度	mm
L_c	微试样平行段长度	mm
R	试样缺口半径	mm
R_{kc}	开槽小冲杆试样槽半径	mm
r	倒角半径	mm
S	弯曲类试样跨距	mm
W	微试样工作段宽度	mm
W_t	微试样总宽度	mm
W_{kc}	开槽小冲杆试样孔长度	mm

B.3 微型拉伸试样

B.3.1 典型的板状微型拉伸试样形状见图 B.1 a)，典型的棒状微型拉伸试样形状见图 B.1 b)。典型的板状微型拉伸试样尺寸见表 B.2，典型的棒状微型拉伸试样尺寸见表 B.3。

B.3.2 哑铃型试样形状及尺寸见图 B.1 c)和图 B.1 d)。

表 B.2 典型的板状微型拉伸试样尺寸

单位为毫米

试样编号	L_t	W_t	W^a	L_c	L_o	C	D	E	r	$\frac{L_c}{W}$	$\frac{L_o}{W}$	k^b	
												$B^a=1.0$	$B^a=0.29$
MP1	23	4.0	1.25	7.5	5	6	2	3	2	6	4	4.47	8.30
MP2	32	6.0	2.0	12	10	8	3	4.5	2	6	5	7.07	13.13
MP3	35	6.5	2.5	15	10	8	3	4.5	2	6	4	6.32	11.74
MP4[c]	70	12	5	28	20	16	—	—	5	5.6	4	8.94	16.61

[a] a_o和b_o的公差不应大于 0.01 mm 或 0.5%两者中的较大值。

[b] $k=L_0\times S_0^{-1/2}$，其中 S_o为工作段截面积。

[c] MP4 为无孔式板状试样，可用于夹持式试验设备。

表 B.3 典型的棒状微型拉伸试样尺寸

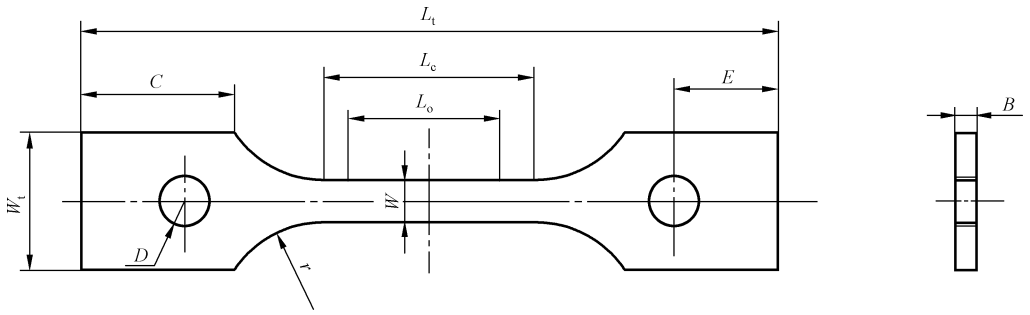
单位为毫米

试样编号	L_t	d_1^a	d_o^b	L_c	L_o	r	h	$\frac{L_c}{d_o}$	$\frac{L_o}{d_o}$	k
MR1[c]	32	M5	3.0	18	15.0	2.5	5	6	5	5.65
MR2	29	M5	2.5	15	12.5	2	5	6	5	5.65
MR3	26	M4	2.0	12	10.0	2	5	6	5	5.65

[a] 对于某些材料，需要使用更粗的螺纹以避免夹持端失效。

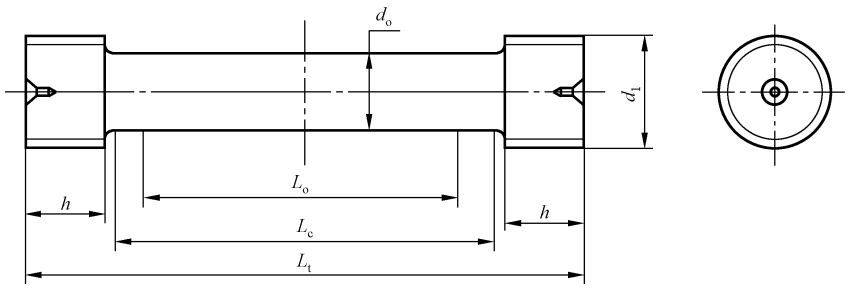
[b] d_o的公差不应大于 0.015 mm 或 0.7%两者中的较大值。

[c] 同 GB/T 228.1—2021 的 R8 试样。

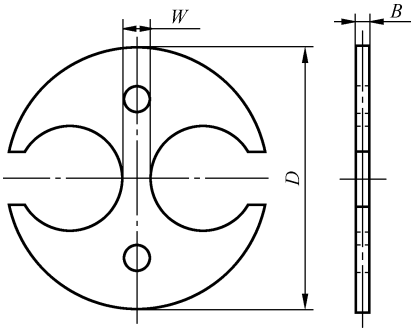


a) 板状试样

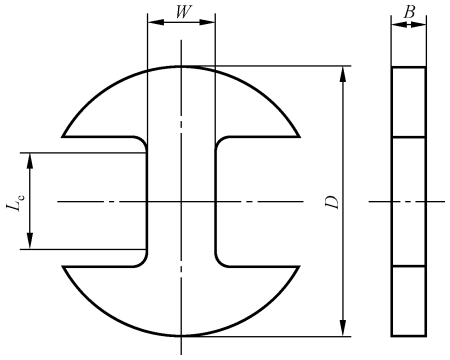
图 B.1 典型的微型拉伸试样



b） 棒状试样



c） 哑铃型试样 A（D＝10 mm，W＝1 mm，B＝0.5 mm）

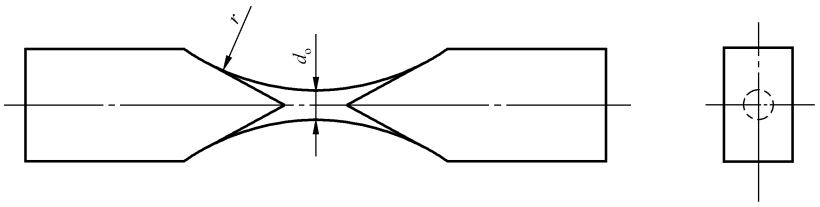


d） 哑铃型试样 B（D＝8 mm，W＝2 mm，L＝4 mm，B＝1 mm）

图 B.1 典型的微型拉伸试样（续）

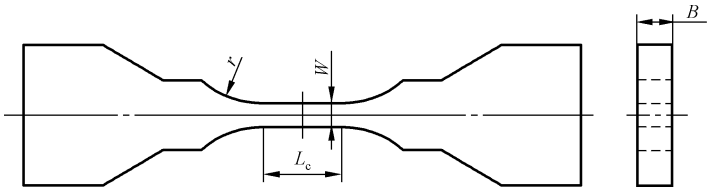
B.4 微型疲劳试样

微型疲劳试样因受力形式以及控制方式不同存在多种类型，图 B.2 为典型的微型疲劳试样。

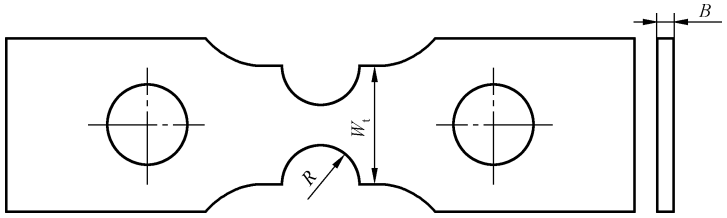


a） 棒状疲劳试样（d_o＝1.25 mm，r＝10 mm）

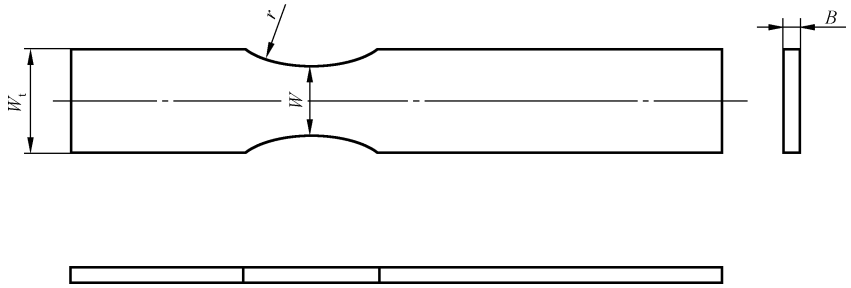
图 B.2 典型的微型疲劳试样



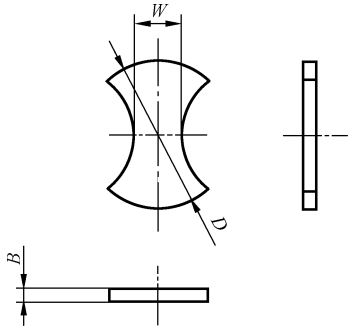
b） 矩形疲劳试样(W=1 mm,L_c=3.4 mm,B=1.5 mm,r=10 mm)



c） 漏斗形板状疲劳试样(W_t=15 mm,R=5 mm,B=1.5 mm)



d） 平板弯曲疲劳试样(W_t=4.8 mm,W=3.3 mm,B=0.75 mm,r=6.35 mm)

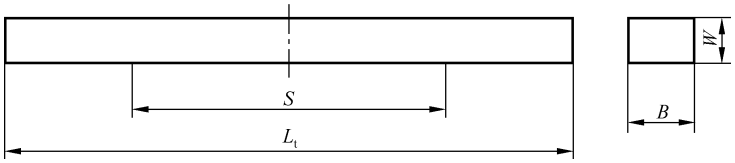


e） 弯曲疲劳试样(W=1 mm,D=3 mm,B=0.25 mm)

图 B.2 典型的微型疲劳试样（续）

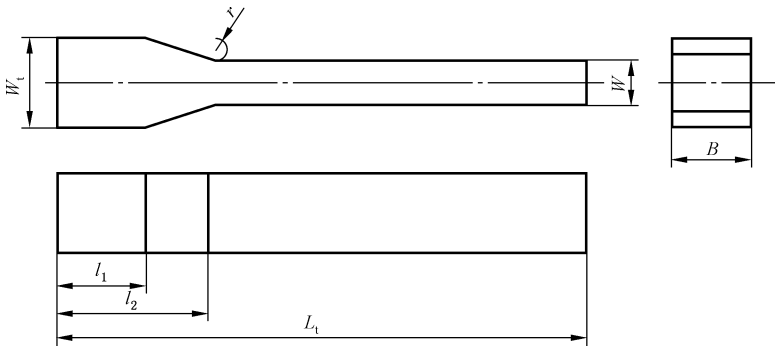
B.5 微型蠕变试样

微型蠕变试样因受力形式不同存在多种类型，图 B.3 为典型的微型蠕变试样。

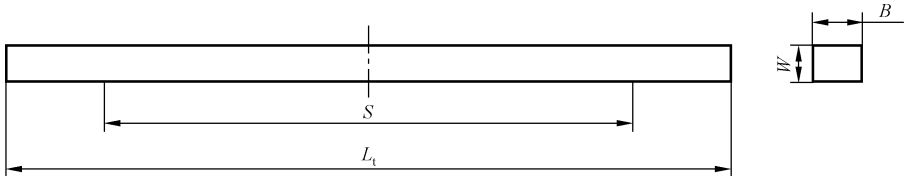


a） 三点弯曲蠕变试样(S=10 mm,L_r=19.8 mm,B=4.44 mm,W=1.54 mm)

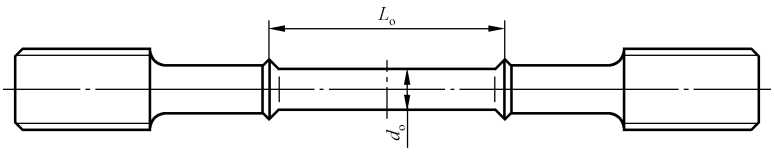
图 B.3 典型的微型蠕变试样



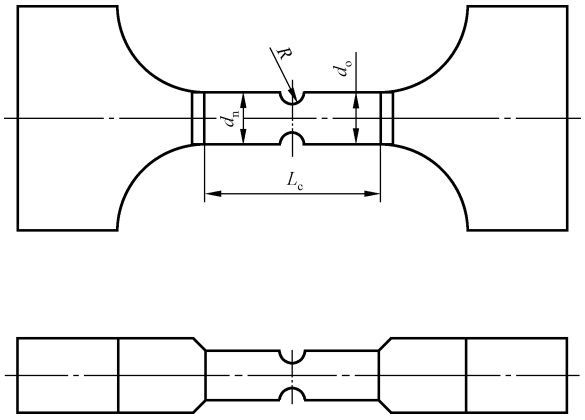
b） 悬臂梁蠕变试样（W_t＝4.0 mm，W＝2.0 mm，l_1＝4.0 mm，l_2＝16.0 mm，L＝24.0 mm，r＝1 mm）



c） 固支蠕变试样（W＝1.0 mm，L_t＝19.8 mm，S＝12.0 mm，B＝1.9 mm）



d） 棒状蠕变试样（L_o＝17.5 mm，d_o＝3 mm）



e） 缺口蠕变试样（d_o＝2 mm，L_c＝7 mm，R＝0.5 mm）

图 B.3 典型的微型蠕变试样（续）

B.6 微型冲击试样

典型的微型冲击试样形状及尺寸见表 B.4 和图 B.4。

表 B.4 典型的微型冲击试样尺寸

试样编号	W mm	B mm	b mm	L mm	S mm	r mm	α (°)
MI1	5.00	5.00	4.24	55	40	0.075	30

表 B.4　典型的微型冲击试样尺寸（续）

试样编号	W mm	B mm	b mm	L mm	S mm	r mm	α (°)
MI2	5.00	5.00	4.00	38	28	0.11	45
MI3	5.00	5.00	4.24	25.4	20	0.075	30
MI4	4.83	4.83	3.86	24.13	19.3	0.13	45
MI5	4.00	3.00	2.40	27	22	0.10	60
MI6	3.30	3.30	2.50	27.5	22	0.11	45
MI7	3.33	3.33	2.82	25.4	20	0.075	30
MI8	3.33	3.33	2.67	18.3	13.3	0.076	45

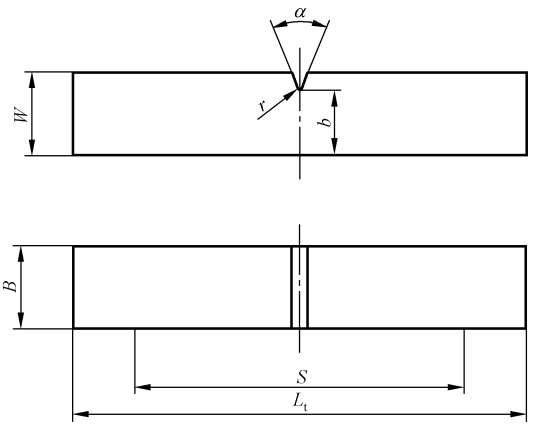


图 B.4　微型冲击试样几何尺寸示意图

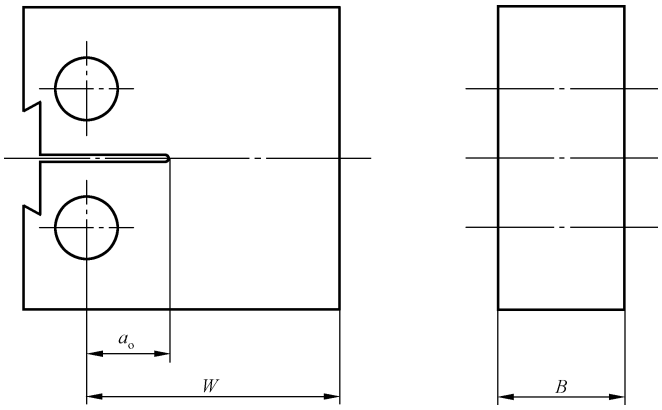
B.7　微型断裂试样

典型的微型断裂试样形状和尺寸见表 B.5 和图 B.5。

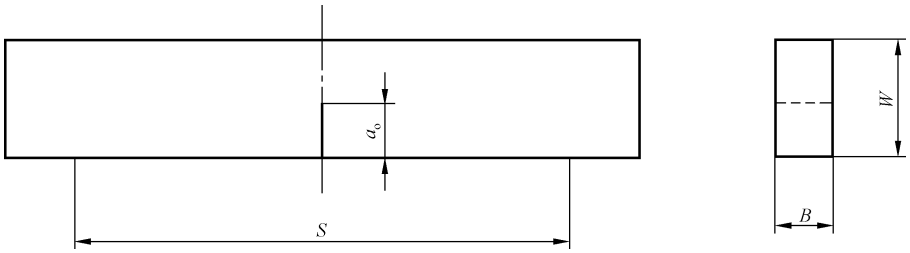
表 B.5　典型的微型断裂试样尺寸

单位为毫米

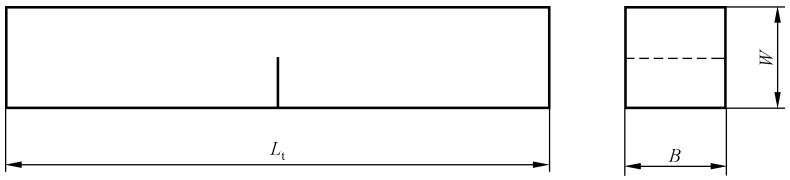
试样类型	试样编号	W	B	a_o	S
微型紧凑拉伸试样	MF1	8	4	4	—
微型三点弯试样	MF2	3.3	1.65	1.65	13.2
微型夏比冲击试样	MF3	10	10	5	55
	MF4	10	5	5	55
	MF5	5	5	2.5	27.5
	MF6	4	3	2	22



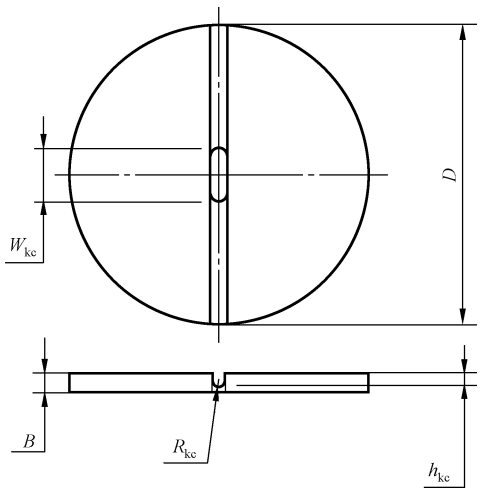
a） 紧凑拉伸试样



b） 三点弯曲试样



c） 夏比冲击试样



d） 开槽小冲杆试样（$D=10$ mm，$W_{kc}=1$ mm，$B=0.5$ mm，$R_{kc}=0.15$，$h_{kc}=0.3$ mm）

图 B.5 典型的微型断裂试样

B.8 小冲杆试样

典型的小冲杆试样形状和尺寸见表 B.6 和图 B.6。小冲杆试样可用于拉伸、疲劳、蠕变测试，开槽小冲杆试样[图 B.5 d)]可用于材料的断裂韧度测试。

表 B.6　典型的小冲杆试样尺寸

单位为毫米

试样编号	D	B
MS1	10	0.50
MS2	8	0.50
MS3	3	0.25

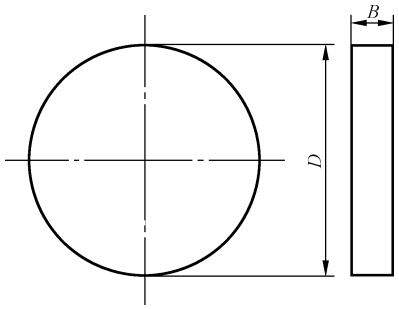


图 B.6　小冲杆试样

附 录 C
（资料性）
推荐的微试样制备加工方法

C.1 总则

C.1.1 微试样制备要求如下。

a) 微试样样坯的加工宜采用慢走丝线切割或微电子放电等精细切割技术。

b) 微试样在机加工后，应进行高精度研磨或抛光，以控制试样表面粗糙度及残余应力。也可采用离子束、电子束、激光束等加工技术。

c) 严格控制微试样工作区内的尺寸。

C.1.2 根据微试样的类型、尺寸、用途及表面质量对试样结果的影响程度，微试样按制备加工要求分为4类：

a) 第一类：微型疲劳试样和用于疲劳试验的小冲杆试样；

b) 第二类：微型拉伸试样、微型蠕变试样、微型冲击试样、微型断裂试样及除用于疲劳试验的小冲杆试样，最小尺寸大于1 mm的微试样；

c) 第三类：微型拉伸试样、微型蠕变试样、微型冲击试样、微型断裂试样及除用于疲劳试验的小冲杆试样，最小尺寸不大于1 mm的微试样；

d) 第四类：压入试样。

C.2 第一类微试样的制备

第一类微试样制备方法如下：

a) 将试样机加工至目标尺寸+0.1 mm；

b) 高精度研磨至目标尺寸+0.02 mm；

c) 机械抛光或电解抛光至目标尺寸。对于圆形截面试样，宜采用纵向抛光。

C.3 第二类微试样的制备

第二类微试样虽然体积尺寸小于标准试样，但最小尺寸远大于10倍晶粒尺寸，表面质量和尺寸精度可按对应的标准试样加工，如：

a) 微型拉伸试样参照GB/T 228.1、ISO 6892-5；

b) 微型蠕变试样参照GB/T 2039；

c) 微型冲击试样参照GB/T 229；

d) 断裂韧性微试样参照GB/T 21143；

e) 疲劳裂纹扩展微试样参照GB/T 6398；

f) 蠕变裂纹、蠕变-疲劳裂纹扩展微试样参照GB/T 42903。

C.4 第三类试样制备要求

第三类微试样制备要求如下。

a) 将试样机加工至目标尺寸+0.1 mm。

b) 用P360砂纸研磨，然后用P1200砂纸研磨至目标尺寸，研磨去除尺寸不小于0.03 mm。

c) 试样工作段表面粗糙度 Ra 应小于0.25 μm。若研磨后的表面粗糙度无法达到规定要求，推荐采用机械抛光、化学抛光或电解抛光以提高表面质量。

C.5 第四类试样制备要求

压入试样的表面质量对试验结果将产生明显的影响，试样表面制备要求如下。

a） 试样表面的制备应使受热或冷加工等因素对表面硬度和/或残余应力的影响减至最小。由于显微和纳米范围试验时的压入深度很浅，在试样制备时特别注意，对于特殊材料应采取适用的抛光工艺。

b） 试样表面粗糙度 Ra 宜小于压入深度的 1/20。

c） 试样表面与力施加方向垂直，倾斜度宜不超过 1°。

d） 试样厚度不小于压入深度的 10 倍及压痕直径的 3 倍。

参 考 文 献

[1] GB/T 228.1 金属材料 拉伸试验 第1部分:室温试验方法

[2] GB/T 229 金属材料 夏比摆锤冲击试验方法

[3] GB/T 2039 金属材料 单轴拉伸蠕变试验方法

[4] GB/T 3075 金属材料 疲劳试验 轴向力控制方法

[5] GB/T 6394 金属平均晶粒度测定方法

[6] GB/T 6398 金属材料 疲劳试验 疲劳裂纹扩展方法

[7] GB/T 19624 在用含缺陷压力容器安全评定

[8] GB/T 21143 金属材料 准静态断裂韧度的统一试验方法

[9] GB/T 21838.1 金属材料 硬度和材料参数的仪器化压入试验 第1部分:试验方法

[10] GB/T 26077 金属材料 疲劳试验 轴向应变控制方法

[11] GB/T 29459.1 在役承压设备金属材料小冲杆试验方法 第1部分:总则

[12] GB/T 29459.2 在役承压设备金属材料小冲杆试验方法 第2部分:室温下拉伸性能的试验方法

[13] GB/T 38822 金属材料 蠕变-疲劳试验方法

[14] GB/T 42903 金属材料 蠕变裂纹及蠕变-疲劳裂纹扩展速率测定方法

[15] ISO 6892-5 Metallic materials—Tensile testing—Part 5:Specification for testing miniaturized test pieces

[16] BS CWA 15627 Small punch test method for metallic materials