

中华人民共和国国家标准

GB/T 2039—2012
代替 GB/T 2039—1997

金属材料 单轴拉伸蠕变试验方法

Metallic materials—Uniaxial creep testing method in tension

(ISO 204:2009, Metallic materials—Uniaxial creep testing in tension—
Method of test, MOD)

2012-06-29 发布

2013-03-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	Ⅲ
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	5
5 试验原理	7
6 试验设备	8
7 试样	10
8 试验程序	14
9 试验结果的处理	16
10 试验有效性	16
11 试验结果	16
12 试验报告	17
附录 A (资料性附录) 不同热电偶的相关信息	18
附录 B (资料性附录) 热电偶校准方法	19
附录 C (规范性附录) V形和钝环形缺口试样的蠕变试验	20
附录 D (资料性附录) 依据不确定度评定指南(GUM)来估计不确定度的方法	23
附录 E (资料性附录) 结果的表示和图解法外推	27

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 2039—1997《金属拉伸蠕变及持久试验方法》，与 GB/T 2039—1997 相比，主要技术变化如下：

- 修改了标准名称；
- 明确了本标准适用的两大试验类别：连续试验和不连续试验，同时包括持久试验和缺口试样（见第 1 章，1997 版第 1 章）；
- 修改了规范性引用文件（见第 2 章，1997 版第 2 章）；
- 增加了对试验机同轴度的要求（见 6.1）；
- 对于蠕变试验增加了在读取蠕变伸长率时试验机环境温度的要求（见 6.3.1）；
- 增加了对热电偶校准的要求（见 6.3.3.1）；
- 增加了温度测量装置的校准要求（见 6.3.3.2）；
- 增加了对加热炉均温带的校准要求（见 6.3.4）；
- 增加了试验结果的表示（见 11.1）；
- 增加了试验结果的不确定度（见 11.2）；
- 增加了资料性附录 A“关于不同热电偶的相关信息”；
- 增加了资料性附录 B“热电偶校准方法”；
- 增加了规范性附录 C“V 形和钝环形缺口试样的蠕变试验”；
- 增加了资料性附录 D“依据不确定度评定指南(GUM)来估计不确定度的方法”；
- 增加了资料性附录 E“结果的表示和图解法外推”。

本标准使用重新起草法修改采用 ISO 204:2009《金属材料 单轴拉伸蠕变 试验方法》。

本标准的整体结构、层次划分、章条与 ISO 204:2009 完全一致。

本标准与 ISO 204:2009 相比在以下方面存在技术性差异，这些差异涉及的条款已通过在其外侧页边空白位置的垂直线(|)进行了标示：

- 关于规范性引用文件，本标准做了具有技术性差异的调整，以适应我国的技术条件，调整的情况集中反映在第 2 章“规范性引用文件”中，具体调整如下：
 - 增加了规范性引用文件 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 8170《数值修约规则与极限数值的表示和判定》、GB/T 10623《金属材料 力学性能试验术语》、GB/T 16839.1《热电偶 第 1 部分：分度表》和 GB/T 16839.2《热电偶 第 2 部分：允差》、ASTM E1012《在拉伸和压缩轴向力下的试验机和试样同轴度的校验》、JJG 141《工作用贵金属热电偶检定规程》、JJG 276《高温蠕变、持久强度试验机检定规程》、JJG 351《工作用廉金属热电偶检定规程》、JJG 617《数字温度指示调节仪检定规程》；
 - 直接引用与国际标准相对应的我国国家标准；
- 在 6.1 中增加了对试验机同轴度的要求以及试验机的校验周期要求；
- 在 6.2 中对应变测量装置——引伸计的校准周期由三年修改为一年；
- 增加了 6.3.4 加热炉均温带的校准；
- 根据我国国情修改了附录 D 测量不确定度的评定方法。

本标准还做了下列编辑性修改：

GB/T 2039—2012

——用“本标准”代替“本国际标准”；

——删除了国际标准引言和前言。

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、上海电气集团、冶金工业标准信息研究院。

本标准起草人：朱林茂、高怡斐、朱月梅、刘正东、董莉。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

——GB/T 2039—1980, GB/T 6395—1986；

——GB/T 2039—1997。

金属材料 单轴拉伸蠕变试验方法

1 范围

本标准规定了连续和不连续的单轴拉伸蠕变试验方法,用于测定金属材料的性能,尤其是在指定温度下的蠕变伸长和蠕变断裂时间。

本标准适用于光滑试样和缺口试样的持久试验。

注:持久试验通常在试验过程中不记录试样的伸长,只记录在给定试验力下的断裂时间或者在给定试验力下超出的预计试验时间。

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。

GB/T 1800.2 产品几何技术规范(GPS)极限与配合 第2部分:标准公差等级和孔、轴极限偏差表(GB/T 1800.2—2009,ISO 286-2:1988,MOD)

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 2975—1998,eqv ISO 377:1997)

GB/T 4338 金属材料 高温拉伸试验方法(GB/T 4338—2006,ISO 783:1999,MOD)

GB/T 4989 热电偶用补偿导线(GB/T 4989—1994,eqv IEC 584-3:1989)

GB/T 8170 数值修约规则与极限数值的表示和判定

GB/T 10623 金属材料 力学性能试验术语(GB/T 10623—2008,ISO 23718:2007,MOD)

GB/T 12160 单轴试验用引伸计的标定(GB/T 12160—2002,ISO 9513:1999,IDT)

GB/T 16825.2 静力单轴试验机的检验 第2部分:拉力蠕变试验机 施加力的检验(GB/T 16825.2—2005,ISO 7500-2:1996,MOD)

GB/T 16839.1 热电偶 第1部分:分度表(GB/T 16839.1—1997,idt IEC 60584-1:1995)

GB/T 16839.2 热电偶 第2部分:允差(GB/T 16839.2—1997,idt IEC 60584-2:1982)

JJG 141 工作用贵金属热电偶检定规程

JJG 276 高温蠕变、持久强度试验机检定规程

JJG 351 工作用廉金属热电偶检定规程

JJG 617 数字温度指示调节仪检定规程

ASTM E1012-05 在拉伸和压缩轴向力下的试验机和试样同轴度的校验(Standard practice for verification of test frame and specimen alignment under tensile and compressive axial force application)

3 术语和定义

GB/T 10623 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

注:本标准规定了几种不同的标距长度和参考长度。这些长度反映了不同实验室的实际使用习惯。在某些情况下,用刻线或凸台的形式在试样上直接标记这些长度,而在其他情况下,测定蠕变伸长的标记长度可能是依据计算得出的一个虚拟长度。对于某些试样,其 L_r 、 L_0 和 L_c 的值相同(见 3.1、3.2、3.5)。

3.1

参考长度 reference length

L_r

用于计算伸长的基本长度。

注：对于引伸计安装在试样平行长度上的两个脊或者凸台上的参考长度可按 7.5 中给出的方法计算得出。

3.1.1

原始参考长度 original reference length

L_{r0}

试验开始前在室温情况下测定的参考长度。

注：通常情况下： $L_{r0} \geq 5D$ 。

3.1.2

断后参考长度 final reference length

L_{ru}

在室温下将断裂试样仔细对齐并保证其轴线在同一直线上时测定的参考长度。

3.2

原始标距 original gauge length

L_0

试验开始前，在室温下试样上标记之间的距离。

注 1：通常情况下： $L_0 \geq 5D$ 。

注 2： L_0 也可以用于计算伸长。

3.3

断后标距 final gauge length after rupture

L_u

在室温下将断裂试样仔细对齐并保证其轴线在同一直线上时试样上标记之间的距离。

3.4

平行长度 parallel length

L_c

试样平行部分的长度。

3.5

引伸计标距 extensometer gauge length

L_e

引伸计两测量点之间的距离。

注：在某些情况下 $L_e = L_0$ ， L_e 也可用于计算伸长。

3.6

原始横截面积 original cross-sectional area

S_0

试验开始前，室温下测定的试样平行段的横截面积。

3.7

断后最小横截面积 minimum cross-sectional area after rupture

S_u

试样断裂后，在室温下将试样断裂部分仔细对齐，使其轴线处于同一直线上时测定的平行段内的最小横截面积。

3.8

初始应力 initial stress

σ_0

施加在试样上的试验力与试样的原始横截面积 S_0 之比。

3.9

伸长 elongation

ΔL_r

参考长度的增量。

注：见 6.2。

3.10

伸长率 percentage elongation

A

伸长与原始参考长度 (L_{r0}) 之比的百分率。

注 1：见图 1；

注 2：关于伸长的术语在 3.10~3.16 中，可以用符号“ ϵ ”代替符号“ A ”。然而，当使用符号 ϵ 时应遵循以下惯例：

$\epsilon\%$ ——应变或伸长百分率；

ϵ ——绝对应变。

3.11

初始塑性伸长率 percentage initial plastic elongation

A_i

施加试验力后，原始参考长度 (L_{r0}) 的非比例增量和原始参考长度 (L_{r0}) 之比的百分率。

3.12

蠕变伸长率 percentage creep elongation

A_f

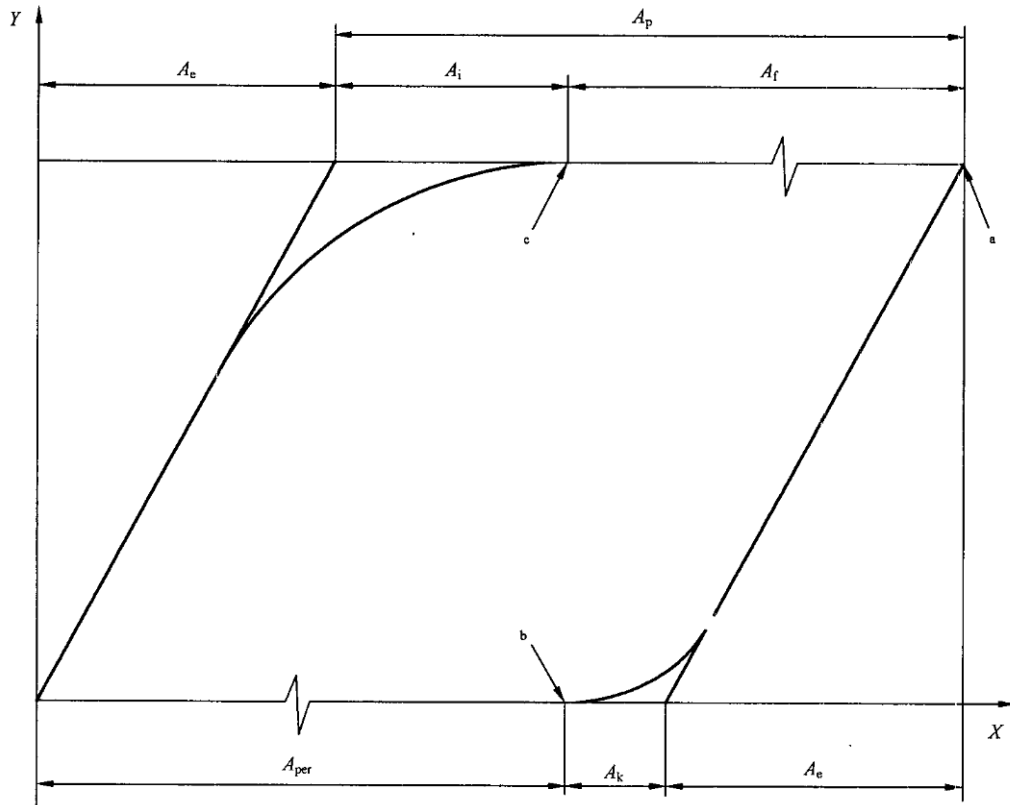
在规定温度下， t 时刻参考长度的增量 (ΔL_{rt}) 和原始参考长度 (L_{r0}) 之比的百分率，见式 (1)。

$$A_f = \frac{\Delta L_{rt}}{L_{r0}} \times 100 \quad \dots\dots\dots (1)$$

注 1：可以将以 $^{\circ}\text{C}$ 为单位的规定的试验温度 T 以上脚标形式、以 MPa 为单位的初始应力 σ_0 和以 h 为单位的试验时间 t 在 A_f 中以下脚标的形式表示；

注 2：依照惯例，以初始应力 (σ_0) 施加在试样上为测量蠕变伸长开始时间 (见图 1)；

注 3：下标 f 为法文中蠕变的意思。



说明：

X——伸长率；

Y——应力；

A_e ——弹性伸长率；

A_f ——蠕变伸长率；

A_i ——初始塑性伸长率；

A_k ——滞弹性伸长率；

A_p ——总塑性伸长率；

A_{per} ——残余伸长率；

^a 卸载开始；

^b 卸载结束；

^c 加载结束[$t=0$ (0时刻)]。

图 1 应力-伸长率示意图

3.13

塑性伸长率 percentage plastic elongation

A_p

在 t 时刻原始参考长度(L_{t0})的非比例增量和原始参考长度(L_{t0})之比的百分率,见式(2)。

$$A_p = A_i + A_f \dots\dots\dots (2)$$

3.14

滞弹性伸长率 percentage anelastic elongation

A_k

由于卸除试验力,在 t 时刻原始参考长度非比例减少量和原始参考长度(L_{t0})之比的百分率。

3. 15

残余伸长率 percentage permanent elongation

A_{per}

卸除试验力后,在 t 时刻测定的原始参考长度(L_{r0})总的增加量和原始参考长度(L_{r0})之比的百分率,见式(3)。

$$A_{\text{per}} = A_p - A_k \quad \dots\dots\dots(3)$$

3. 16

蠕变断裂后的伸长率 percentage elongation after creep rupture

A_u

试样断裂后原始参考长度的永久增量($L_{ru} - L_{r0}$)与原始参考长度(L_{r0})之比的百分率,见式(4)。

$$A_u = \frac{L_{ru} - L_{r0}}{L_{r0}} \times 100 \quad \dots\dots\dots(4)$$

注:可以将以 $^{\circ}\text{C}$ 为单位的规定试验温度 T 以上角标形式和以 MPa 为单位的初始应力 σ_0 在 A_u 中以下角标的形式表示。

3. 17

蠕变断裂后的断面收缩率 percentage elongation after creep rupture

Z_u

试样断裂后测得的横截面积最大变化量($S_0 - S_u$)与原始横截面积(S_0)之比的百分率,见式(5)。

$$Z_u = \frac{S_0 - S_u}{S_0} \times 100 \quad \dots\dots\dots(5)$$

注:以 $^{\circ}\text{C}$ 为单位的规定试验温度 T 和以 MPa 为单位的初始应力 σ_0 可以在 Z_u 中以上角标的形式表示。

3. 18

蠕变伸长时间 creep elongation time

t_{tx}

在规定温度(T)和初始应力(σ_0)条件下,试样应变量达到规定蠕变伸长率(x)时所需时间。

例如: $t_{10.2}$ 。

3. 19

塑性伸长时间 plastic elongation time

t_{px}

在规定温度(T)和初始应力(σ_0)条件下,试样应变量达到规定塑性伸长率(x)时所需时间。

3. 20

蠕变断裂时间 creep rupture time

t_u

在规定温度(T)和初始应力(σ_0)条件下,试样发生断裂时所持续的时间。

注:以 $^{\circ}\text{C}$ 为单位的规定试验温度 T 和以 MPa 为单位的初始应力 σ_0 可以在 t_u 中以上角标的形式表示。

3. 21

单头试验机 single test piece machine

可以进行单个试样试验的试验机。

3. 22

多头试验机 multiple test piece machine

在相同温度下可以同时多于一个试样试验的试验机。

4 符号及说明

符号及说明见表 1。

表 1 符号及说明

符 号 ^a	单 位	说 明
D	mm	圆形试样平行长度部分的直径
D_a	mm	标距内缺口底径
d	mm	缺口-无缺口复合试样无缺口部分的标距段内的直径(见图 C. 1)
d_a	mm	圆形缺口试样的缺口底径 对于缺口-无缺口复合试样 $d=d_a$
b	mm	方形或矩形横截面试样平行段的横截面的宽度
L_r	mm	参考长度
a	mm	方形或矩形横截面试样的厚度(见图 2b)
L_{r0}	mm	原始参考长度
L_{rn}	mm	断后参考长度
ΔL_r	mm	伸长
ΔL_{rn}	mm	t 时刻参考长度的增量
L_0	mm	原始标距
L_n	mm	包含缺口的平行长度
L_u	mm	断后标距
L_c	mm	平行长度
L_e	mm	引伸计标距
R	mm	过渡弧半径
r_n	mm	缺口底部半径
S_0	mm ²	平行长度内原始横截面积
S_u	mm ²	断后最小横截面积
σ_0	MPa	初始应力
A_e^b	%	弹性伸长率
A_i^b	%	初始塑性伸长率
A_k^b	%	滞弹性伸长率
A_p^b	%	塑性伸长率
A_{per}^b	%	残余伸长率
A_f^b	%	蠕变伸长率: $A_f = \frac{\Delta L_{rn}}{L_{r0}} \times 100$ 注: 符号可以如下例形式表示: $A_{f50/375/5000}$: 在试验温度为 375 °C、初始应力为 50 MPa 的条件下 5 000 h 的蠕变伸长率

表 1 (续)

符 号 ^a	单 位	说 明
A_u^b	%	蠕变断裂后的伸长百分率 $A_u = \frac{L_m - L_{r0}}{L_{r0}} \times 100$ 注：符号可以如下例形式表示： A_{u50}^{375} ：在试验温度为 375 ℃、初始应力为 50 MPa 的条件下蠕变断裂后的伸长率
Z_u	%	蠕变断裂后的断面收缩率 $Z_u = \frac{S_0 - S_u}{S_0} \times 100$ 注：符号可以用如下例形式表示： Z_{u50}^{375} ：在试验温度为 375 ℃、初始应力为 50 MPa 的条件下蠕变断裂后的断面收缩率。
t_{fx}	h	蠕变伸长时间
t_{px}	h	塑性伸长时间
t_u	h	蠕变断裂时间 注：符号可以用如下例形式表示： t_{u50}^{375} ：在试验温度为 375 ℃、初始应力为 50 MPa 的条件下蠕变断裂时间。
t_{ue}	h	缺口试样蠕变断裂时间
T	℃	规定温度
T_i	℃	显示温度
x	%	规定蠕变或塑性伸长率
n		应力指数
^a 符号的下标(r、o、u)依据以下说明使用： ——r：对应于参考条件； ——o：对应于初始条件； ——u：对应于最终条件(断裂后)。		
^b 见 3.10 注 2。		

5 试验原理

将试样加热至规定温度，沿试样轴线方向施加恒定拉伸力或恒定拉伸应力(见注)并保持一定时间获得以下结果：

- 规定蠕变伸长(连续试验)；
- 通过试验获得适当间隔的残余塑性伸长值(不连续试验)；
- 蠕变断裂时间(连续或不连续试验)。

注：“恒定应力”是指在整个试验过程中任一时刻施加在试样上的试验力与试样横截面积之比保持恒定。通常来说，恒定应力和恒定试验力的试验所获得的结果不同。

6 试验设备

6.1 试验机

试验机应能提供施加轴向试验力并使试样上产生的弯矩和扭矩最小。试验前应对试验机进行外观检查以确保试验机的加力杆、夹具、万向节和连接装置都处于良好状态。

试验力应均匀平稳无震动地施加在试样上。

试验机应远离外界的震动和冲击。试验机应具有试样断裂时将震动降到最小的缓冲装置。

试验机至少应符合 GB/T 16825.2 中 1 级试验机的要求。

为了保证试验机和夹具能够对试样准确地施加试验力,应定期校准试验机的力值和加载同轴度,试验机的加载同轴度应不超过 10%。试验设备两次校准/检定的时间间隔依据设备类型、试验条件、维护水平和使用频次而定,除非另有规定,校准/检定周期不超过 12 个月,试验机的校准/检定参考 JJG 276。如果能够证明试验设备在更长的时间内能够满足相关规定的要求,那么可以延长两次校准/检定之间的时间。

注:可参考 ASTM E1012 进行加载同轴度的校准。

6.2 伸长测量装置

对于连续试验,应使用引伸计测量试样的伸长,引伸计系统应满足 GB/T 12160 中 1 级或优于 1 级准确度的要求或者能够满足相同准确度要求的其他设备。可以采用直接安装在试样上的引伸计,也可以采用非接触式的引伸计(例如:光学或激光引伸计)。

建议引伸计校准的范围应包含预期的蠕变应变量。

引伸计应每年校准一次,除非试验时间超过 1 年。如果预期试验时间超过校准周期,应在蠕变试验开始前对引伸计重新校准。

引伸计的标距不应小于 10 mm。

引伸计应该可以测量试样单侧或双侧的伸长,双侧引伸计作为优先选择。

在报告中应注明所使用的引伸计类型(例如:单侧、双侧、轴向、径向)。当使用双侧引伸计测量试样伸长时,应报告平均伸长。

注 1:对于连续蠕变试验,引伸计直接安装在试样的平行部分,依据引伸计标距 L , 测量蠕变伸长率。

当引伸计安装在试样的夹持末端来测量蠕变伸长时,末端的外形和尺寸应保证能够在试样的参考长度内完全准确的测定伸长。依据参考长度 L_r , 测量蠕变伸长率。

通常,引伸计的标距应尽可能地接近参考长度。为了提高测量准确度,标距应尽可能的大。

注 2:如果仅仅测量蠕变断裂后的残余伸长或规定时间的残余伸长,则不必使用引伸计。

对于不连续试验,试样卸载后冷却到室温,采用合适的工具测量标距长度的残余伸长。测量工具的精度应达到 $0.01 \Delta L_r$ 或 0.01 mm , 取其大者。完成测量后,试样可以再次升温 and 加载。

注 3:对于采用短标距试样的小应变试验,例如应变小于等于 1%,需要仔细选用足够分辨力的测量装置。

当使用镍基合金材料的引伸计时应注意避免虚假的负蠕变。

6.3 加热装置

6.3.1 加热装置温度的允许偏差

采用加热装置加热试样至规定温度(T)。规定温度(T)和显示温度(T_i)之间的允许偏差和试样长度方向上允许的最大偏差见表 2。

表 2 T_i 与 T 的允许偏差和试样长度方向上允许的最大偏差

规定温度 T ℃	T_i 与 T 的允许偏差 ℃	试样长度方向上允许的最大温度偏差 ℃
$T \leq 600$	± 3	3
$600 < T \leq 800$	± 4	4
$800 < T \leq 1\ 000$	± 5	5
$1\ 000 < T \leq 1\ 100$	± 6	6

对于规定温度超过 1 100 ℃ 的试验,应由双方协商确定温度的允许偏差。

显示温度(T_i)是在试样的平行段表面测得,应考虑所有来源的误差并对系统误差进行修正。

注:允许采用加热炉各个加热区间温度的间接测量方式来代替直接测量试样表面温度,这种方式必须证实能满足上述偏差的要求。

如果使用引伸计,则应考虑某种方法保护炉外的引伸计部分不会由于炉外空气温度的波动而对长度测量产生太大影响。

读取引伸计测量数值时,试验机环境温度波动不应超过 ± 3 ℃。

对于不连续试验,标距测量时的环境温度波动不应超过 ± 2 ℃。如果超过这个范围,应考虑环境温度变化带来的影响。

6.3.2 温度测量

6.3.2.1 总则

温度显示装置的分辨力至少应为 0.5 ℃,测温装置的准确度应等于或优于 1 ℃。

6.3.2.2 单头试验机

对于单头试验机,试样的平行长度小于或等于 50 mm 的应至少使用 2 支热电偶。对于平行长度超过 50 mm 的试样,应至少使用 3 支热电偶。任何情况下应将热电偶固定在试样平行长度的两端,如果使用 3 支热电偶,应在试样平行长度的中段固定 1 支热电偶。

如果证实加热炉能够使试样上的温度波动不超过 6.3.1 的规定,那么热电偶的数量可以减少为 1 支。

6.3.2.3 多头试验机

对于多头试验机,建议每个试样上至少固定 1 支热电偶。如果只用一支热电偶,应固定在试样平行长度的中间位置。如果仅在炉内安装 3 支控温热电偶,必须要有充分的数据证明每个试样的温度满足 6.3.1 的要求。

对于间接测温装置,要求有规律地测量每个加热区间内热电偶与给定区间内一定数量试样上的温度差值数据。对于温度差的非系统部分,800 ℃ 以下不超过 ± 2 ℃、800 ℃ 以上不超过 ± 3 ℃。

6.3.2.4 缺口试样

缺口试样的温度测量应满足 6.3.2.2 或者 6.3.2.3 的要求。建议在缺口底部固定一支热电偶。

6.3.2.5 热电偶

热电偶的测量端与试样表面应保持良好的热接触,并应该屏蔽以避免热源的直接辐射。炉内电偶丝其余部分应该有热防护和电绝缘。

注:此条款不适用于间接测量装置。

6.3.3 热电偶和测温系统的校准

注:不同热电偶的相关信息见附录 A。

6.3.3.1 热电偶的校准/检定

对于试验时间较短(通常不超过 500 h)的热电偶至少应每 12 个月校准/检定一次。对于试验时间超过 12 个月的贵金属热电偶应按以下要求校准/检定:

- 规定温度小于等于 600 °C 的每 4 年校准/检定一次;
- 规定温度大于 600 °C 而小于等于 800 °C 的每 2 年校准/检定一次;
- 规定温度大于 800 °C 的每 1 年校准/检定一次。

如果试验时间超过校准/检定周期的应在试验完成后立即校准/检定。如果热电偶重新焊接,则应在使用前再次校准/检定。

应对试验温度或者包含试验温度的典型区间对热电偶的偏差进行标定。

如果能够证明热电偶的偏差不影响 6.3.1 中规定允许的温度波动的,那么可以延长两次校准/检定之间的时间。

由于热电偶污染造成化学成分变化导致的温度漂移以及人为处置的物理损伤都会导致热电偶输出值的变化,这些变化应该被记录并且如果有要求应该是可获得的。

注 1:温度波动是由所使用的热电偶类型以及在试验温度下的暴露时间决定的。

如果热电偶的漂移影响超出温度的允许偏差,则应提高校准/检定的频次或者通过热电偶的显示值对温度进行修正。

注 2:热电偶校准的相关信息参见附录 B。

6.3.3.2 温度测量装置的校准

温度测量装置(包括补偿导线、接点、冷端、显示器或记录仪、数据线等)应该按照可以追溯至温度国际单位的校准方法进行校准。

如果可行,应在相关温度范围内对测温装置仪表按照 JJG 617 每年校准一次,校准结果应在校准报告中给出。

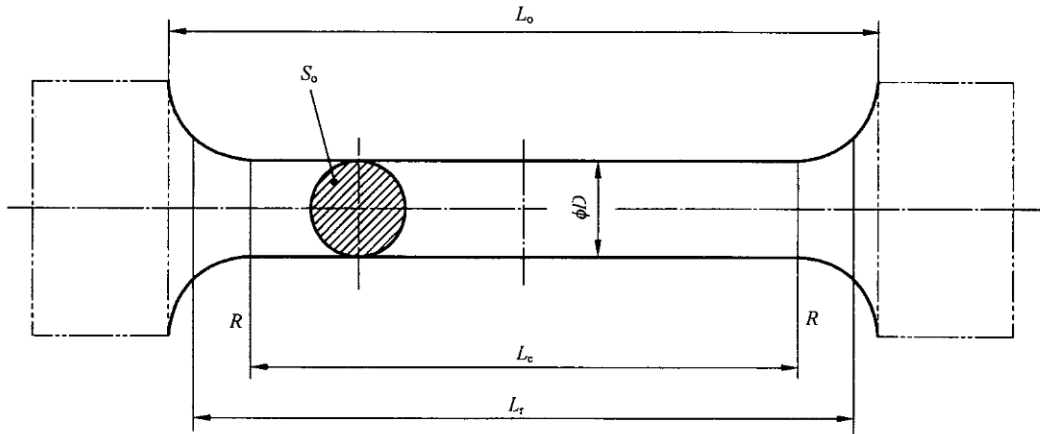
6.3.4 加热炉均温带的校准

加热装置的均温带应按照 JJG 276 进行校准。

7 试样

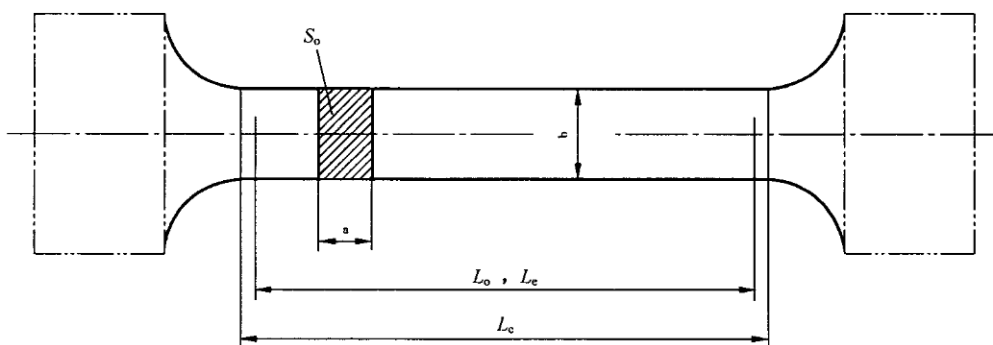
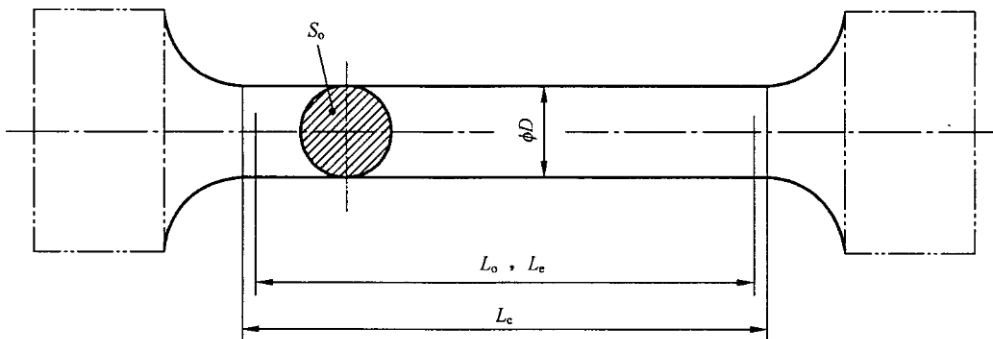
7.1 形状和尺寸

一般情况下,试样加工成圆形比例试样($L_{\infty} = k\sqrt{S_0}$)(见图 2)。 k 值应大于或等于 5.65 并在试验报告中记录 k 的取值,例如: $L_{\infty} \geq 5D$ 。



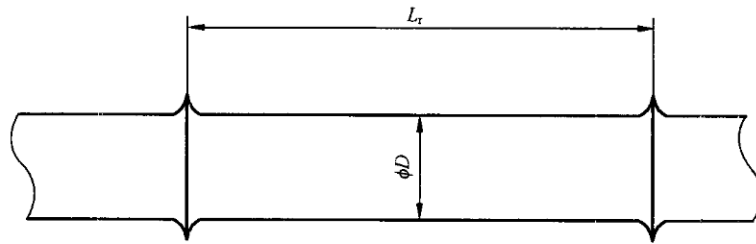
注：\$L_r\$ 应根据公式(6)计算得出。

a) 标距在平行长度以外的台肩试样



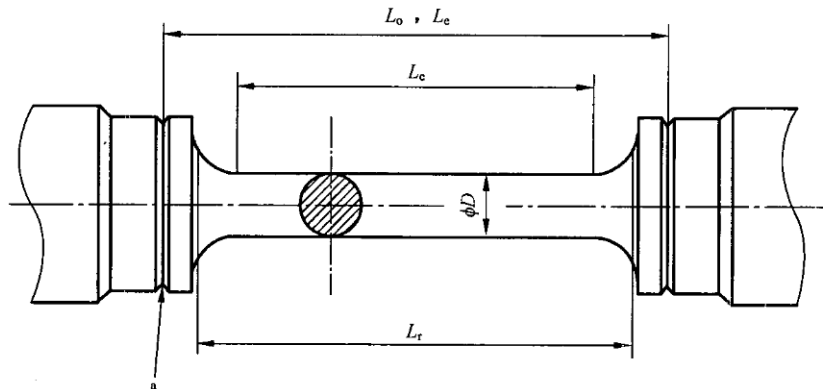
b) 标距在平行长度以内的台肩试样

图 2 试样示例图



注：通常 $L_r = L_o$ 或 L_e 。

c) 带小凸台试样

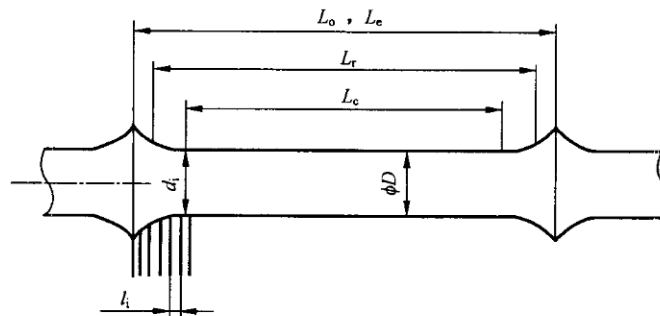


说明：

^a——V形缺口(角度 $55^\circ \sim 90^\circ$, 缺口深度 0.15 mm)。

注： L_r 由公式(6)计算得出。

d) 试样标距在平行长度以外的台肩试样



e) 凸台试样

图 2 (续)

特殊情况下,还有矩形、方形或其他形状横截面的试样。对于圆形试样的要求不适用于特殊试样。

通常情况下,对于圆形试样 L_{∞} 应不大于 1.1 倍的 L_c ,对于方形或矩形横截面试样 L_{∞} 应不大于 1.15 倍的 L_c 。

平行段应用过渡弧与试样夹持端连接,夹持端的形状应和试验机的夹持端相适应。对于圆柱形试样过渡弧半径 R 应在 $0.25 D \sim 1 D$ 之间,对于方形或矩形截面试样,过渡弧半径 R 应在 $0.25 b \sim 1 b$ 之间。

除非试样尺寸不够,原始横截面积(S_0)应大于等于 7 mm^2 。

注:在特殊情况尤其是对于脆性材料,过渡弧半径可以大于 $1 D$ 。

当采用在平行段的凸台上安装引伸计时,凸台的过渡弧半径可以小于 $0.25 d$;凸台过渡弧的选择必须尽量减小应力集中并且应检验确保圆弧没有过切。对于有凸台试样,凸台和夹持端之间的试样直径可能比原始标距内直径大 10%。这是为了确保试样断裂发生在试样标距之内。

试样夹持端与试样平行段的同轴度误差为:

——对于圆形试样, $0.005 D$ 或者 0.03 mm ,取二者中较大者;

——对于方形或矩形试样, $0.005 b$ 或者 0.03 mm ,取二者中较大者。

当氧化成为重要影响因素时,可以选择较大原始横截面积(S_0)的试样。

原始参考长度的测量应准确至 $\pm 1\%$ 。断后参考长度与原始参考长度的差值应准确至 0.25 mm 。

对于缺口试样,缺口的位置和几何尺寸应由双方协商确定。

7.2 试样制备

试样应通过机加工的方法使得试样表面缺陷或残余变形降到最低。

圆形截面试样的形状公差见表 3,方形或矩形截面试样的形状公差见表 4。

表 3 圆形截面试样的形状公差

单位为毫米

公称直径 D	形状公差 ^a
$3 < D \leq 6$	0.02
$6 < D \leq 10$	0.03
$10 < D \leq 18$	0.04
$18 < D \leq 30$	0.05

^a 在整个平行长度,横向上测量试样直径的最大偏差。

表 4 方形或矩形截面试样的形状公差

单位为毫米

公称尺寸 b	形状公差 ^a
$3 < b \leq 6$	0.02
$6 < b \leq 10$	0.03
$10 < b \leq 18$	0.04
$18 < b \leq 30$	0.05

^a 在整个平行长度上,横向上测量试样宽度的最大偏差。

建议最小原始横截面积处于平行长度或参考长度的中间 $2/3$ 以内,取二者较小值。

对于缺口试样(见附录 C),应检查缺口尺寸是否满足相关产品标准中对尺寸偏差的要求。

7.3 原始横截面积的测定

原始横截面积(S_0)是通过测定试样平行长度内的横截面尺寸计算而得到的。每个尺寸的测量应准确到 $\pm 0.1\%$ 或 0.01 mm ,取二者中的较大值。

应在标距长度方向上的3个位置测定试样的横截面积,取最小横截面积来计算试样上按规定应力所施加的试验力。

7.4 原始标距(L_0)的标记

使用打点、标线以及其他方法标记原始标距的两端,应注意不能使用导致试样提前断裂的缺口来标记原始标距。

经标记的原始标距应准确至 $\pm 1\%$ 。

注:有些情况下,为了帮助标记标距,会在试样表面画一条平行于试样纵轴的线,来标记原始标距。当使用带小凸台的试样时(见图2c),标距 L_0 可以不做标记。

7.5 参考长度(L_r)的测定

当引伸计安装在平行段的凸台或试样的肩部时,见图2e),参考长度应按式(6)计算:

$$L_r = L_c + 2 \sum_i [(D/d_i)^{2n} l_i] \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中:

n —— 试验温度下试验材料的应力指数,如果未知的话,通常取 $n=5$;

l_i —— 过渡部分的长度增量。经验表明, $l_i=0.1\text{ mm}$ 适合计算。

对于设计的每个试样图都应计算。如果提供的试样尺寸在7.1和7.2极限规定的范围内,则不必对每个试样都重新计算。

8 试验程序

8.1 试样的加热

试样应加热至规定的试验温度。试样、夹持装置和引伸计都应达到热平衡。

试样应在试验力施加前至少保温1 h,除非产品标准另有规定。对于连续试验保温时间不得超过24 h。对于不连续试验,试样保温时间不得超过3 h,卸载后试样保温时间不得超过1 h。

升温过程中,任何时间试样温度不得超过规定温度(T)所允许的偏差。如果超出,应在报告中注明。

对于安装引伸计的蠕变试验,可以在升温过程中施加一定的初负荷(小于试验力的10%)来保持试样加载链的同轴(例如在 $t=0$ 之前)。

8.2 施加试验力

试验力应以产生最小的弯矩和扭矩的方式在试样的轴向上施加。

试验力至少应准确到 $\pm 1\%$ 。试验力的施加过程应无振动并尽可能地快速。

应特别注意软金属和面心立方材料的加力过程,因为这些材料可能会在非常低的负荷下或室温下发生蠕变。

当初始应力对应的载荷全部施加在试样上时作为蠕变试验开始($t=0$)并记录蠕变伸长(见图1)。

8.3 试验中断

8.3.1 总则

为了获得足够多伸长数据可以多次周期性地中断试验。

8.3.2 多试样串联试验

一支试样断裂后,允许将其从试样链中取出并更换为新试样后按 8.1 和 8.2 规定继续试验。

8.3.3 意外中断

对于每次试验意外中断的原因——例如:加热中断或停电,应在试验条件恢复后,记录在试验报告中。应确保不因试样收缩而导致试样上试验力的超载。建议在中断期间保持试样上的初始负荷。

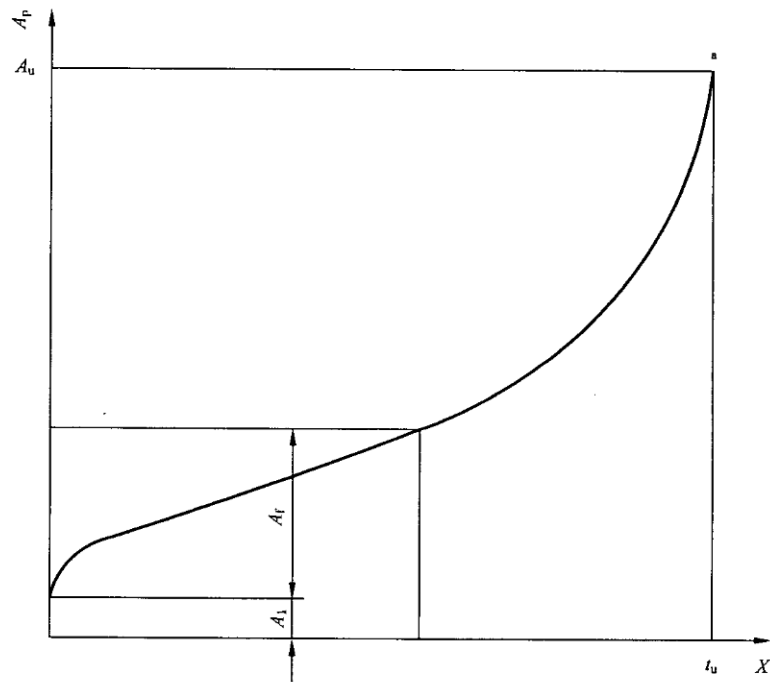
8.4 温度和伸长的记录

8.4.1 温度

在整个试验过程中充分记录试样的温度来证实温度条件满足 6.3.1 的要求是非常重要的。

8.4.2 伸长

整个试验过程中应连续记录或记录足够多的伸长数据来绘制伸长率-时间曲线(见图 3)。



说明:

X——从加载结束时计时。

a 试样断裂。

图 3 伸长率-时间图

当只测定规定时间的蠕变伸长时,不必绘制伸长率-时间曲线。只测量初始和最终的伸长量。

对于不连续试验,周期性间断的次数应力求通过在伸长率-时间曲线(见图3)采用内插的方法测定残余伸长率时保证足够的精度。

对于连续试验,应测定初始塑性伸长率 A_i 。

注1:如果测量弹性和初始塑性伸长之和,在采用逐步加载的方法测量时应减去弹性伸长,或者在试验过程中卸除部分载荷,或者依据 GB/T 4338 按照蠕变试验类似的加载速率通过高温拉伸试验得到。

对于不连续试验,可依据 GB/T 4338 采用与蠕变试验相同的加载速度以及试验温度为蠕变温度的高温拉伸试验来测定初始塑性伸长率 A_i 。

注2:对于长时间试验可按以下次序间隔时间来记录不连续蠕变应变量:100 h、250 h、1 000 h、2 500 h、5 000 h、10 000 h 以后直至 40 000 h 每 5 000 h 记录一次。

低于 3 000 h 的试验应增加 50 h 的测量间隔,对于低于 1 000 h 的试验应增加 25 h 的测量间隔。

8.4.3 伸长-时间曲线

依据所记录的伸长和时间数据绘制伸长率-时间曲线(见图3)。

9 试验结果的处理

根据标准第3章给出的定义处理相关试验结果。

10 试验有效性

除非试验结果满足产品标准或客户规定,如果试样断裂位置发生在平行长度(L_c)或引伸计标距(L_e)以外则认为断后伸长结果无效。

11 试验结果

11.1 结果的表示

试验结果的表示应按以下规定和 GB/T 8170 进行修约:

- 规定温度(T):1 °C;
- 直径(D):0.01 mm;
- 长径比(L_{r0}/D):1 位小数;
- 原始参考长度(L_{r0}):0.1 mm;
- 初始应力(σ_0):3 位有效数字;
- 时间(t_{ix} 、 t_{px}):3 位有效数字;
- 时间(t_u 、 t_{un}):1%或最接近的整小时(取较小值);
- 伸长率(A_e 、 A_i 、 A_f 、 A_p 、 A_{per} 、 A_k):3 位有效数字;
- 蠕变断后伸长率(A_u):2 位有效数字;
- 蠕变断面收缩率(Z_u):2 位有效数字;
- 蠕变速率:3 位有效数字。

11.2 不确定度

由于不确定度是依据试验材料本身特性以及试验条件得出,所以不可能得出一个准确的结果。

附录 D 给出了某些材料不确定度的评估范例。

12 试验报告

12.1 在 12.2 或者 12.2 和 12.3 中要求报告的信息,即使在产品标准中没有相应的要求,也应该在试验报告中报告。试验结果的表示和外推图表见附录 E。

12.2 试验报告应包括以下信息:

- 本试验标准编号;
- 试验类型(连续或不连续试验);
- 材料和试样标识;
- 试样的类型和尺寸(包括比例系数 k),包括使用的参考长度;
- 规定温度以及如果超出偏差范围的显示温度;
- 施加的初始应力;
- 施加的恒试验力或者恒应力;
- 试验结果;
- 断裂位置(当断在平行段中间 2/3 以外时);
- 初始塑性伸长率;
- 试验意外中断和恢复情况;
- 任何影响试验结果的情况,例如:偏离了规定允差。

12.3 也可以包括以下信息,在试验委托时要求的信息:

- 试验机类型(单头试验机、多头试验机等);
- 加力时间;
- 依据足够数据绘制的伸长-时间曲线;
- 加力产生的弹性伸长率(见 8.4.2);
- 卸载和空载时间产生的弹性和滞弹性伸长率(见 8.4.2);
- 记录任何超出 6.3.1 中规定的温度允许范围的显示温度值;
- 引伸计类型;
- 试验期间热电偶的漂移值;
- 附录 E.6 中建议的有关试样材料的附加信息。

12.4 本标准定义的试验条件和限定不应受测量结果的不确定度而调整(见附录 D)。

12.5 不应将试验结果与估测的测量不确定度组合起来评定产品是否符合相关产品标准(见附录 D)。

附 录 A
(资料性附录)
不同热电偶的相关信息

在 JJG 141 和 JJG 351 中给出了关于不同类型热电偶的资料,GB/T 4989 给出了热电偶用补偿导线的信息。

对于使用的贵金属热电偶,择优使用 S 或 R 型热电偶,建议使用温度大于等于 400 ℃。

对于廉价的 K 型热电偶宜在低于 400 ℃ 温度下使用,或高温下、时间小于 1 000 h 的情况下使用,并且不宜重复使用。

对于廉价的 N 型热电偶宜在低于 600 ℃ 温度下使用,或高温下、时间小于 3 000 h 的情况下使用,并且不宜重复使用。

热电偶在校准周期内的温度漂移不宜超过以下要求:

- 当温度小于等于 600 ℃ 时为 ±1 ℃;
- 当温度小于等于 800 ℃,大于 600 ℃ 时为 ±1.5 ℃;
- 当温度小于等于 1 100 ℃,大于 800 ℃ 时为 ±2 ℃。

对于贵金属热电偶,在以下的校准周期内这些要求通常可以满足:

- 当温度小于等于 600 ℃ 时为 4 年;
- 当温度小于等于 800 ℃,大于 600 ℃ 时为 2 年;
- 当温度小于等于 1 100 ℃,大于 800 ℃ 时为 1 年。

附 录 B
(资料性附录)
热电偶校准方法

对于热电偶的校准,推荐两种方法。两种方法的目的是为了保证在校准温度下热电偶显示的电动势尽可能地与 GB/T 16839.1 在该温度下的参考表保持一致(必要时对所有系统误差进行修正)。两种方法都使用标准热电偶,这可直接溯源到国家标准。新的热电偶应满足 GB/T 16839.2 中的 1 级要求或相同级别。测温装置的校准应该分开进行或在热电偶校准期间进行。

第一种方法是基于热电偶的原位校准,即热电偶的校准是在实际使用的炉子或热电偶插入至校准炉中至相同的深度且沿热电偶丝的温度梯度也相同。原位校准确定的误差用于修正指定热电偶温度。如果误差超过与插入深度相关的不确定度关联的误差极限,则热电偶废弃。在热电偶校准过程中宜观察并尽量减小由于不同的埋入深度造成的参考热电偶的漂移。

第二种方法是在校准炉中将热电偶埋入与试验炉相近的深度。在校准时,如果误差超出实验室的允差(必须包括插入深度的影响)时,应剪去热电偶末端并重新焊接和/或退火后,再重新校准。如果再次校准后,仍然超出校准允差,则热电偶废弃。

附 录 C
(规范性附录)

V形和钝环形缺口试样的蠕变试验

C.1 总则

在拉伸蠕变试验中采用环形缺口试样可用于：

- a) 在较大应力集中的条件下反映材料性能的特征,例如:螺纹根部、零部件截面的急剧变化;
- b) 多轴应力条件下的材料性能。

在C.2中讨论的采用V形缺口的试样可用于a),而在C.3中讨论的钝或者半环形缺口试样用于b)。

C.2 V形缺口试样

在拉伸和蠕变试验中测定V形缺口试样的试验时间,来反映诸如零件螺纹部分的材料特性。通常,采用的是同一试样上的较大直径处加工出与试样平行段相同横截面积的缺口的复合试样,见图C.1。此类试样主要用于测定材料是否“缺口强化”也就是首先断在试样的平行段,或者“缺口弱化”也就是试样断在缺口部分。显然,使用复合试样不能测定具体的缺口敏感性系数,如果要测定缺口敏感性系数必须在相同的净截面应力条件下对光滑和缺口试样分别试验。

表 C.1 弹性应力集中系数 $K_t = 4.5 \pm 0.5$ 环形缺口试样尺寸

单位为毫米

缺口底径 d_n 允许偏差 ± 0.02	过渡段直径 D_n 允许偏差 ± 0.02	缺口半径 r_n	缺口半径 允许偏差
$3 < d_n \leq 6$	$4 < D_n \leq 8$	$0.07 < r_n \leq 0.14$	± 0.02
$6 < d_n \leq 10$	$8 < D_n \leq 13.3$	$0.14 < r_n \leq 0.24$	± 0.03
$10 < d_n \leq 18$	$13.3 < D_n \leq 23.9$	$0.24 < r_n \leq 0.43$	± 0.05
$18 < d_n \leq 30$	$23.9 < D_n \leq 40$	$0.43 < r_n \leq 0.72$	± 0.09

对于表C.1规定以外的试样尺寸应制成 D_n 与 d_n 之比在 1.33~1.34 之间, d_n 与 r_n 之比在 38~46 之间,缺口半径 r_n 的允许偏差为 $\pm 12.5\%$ 。

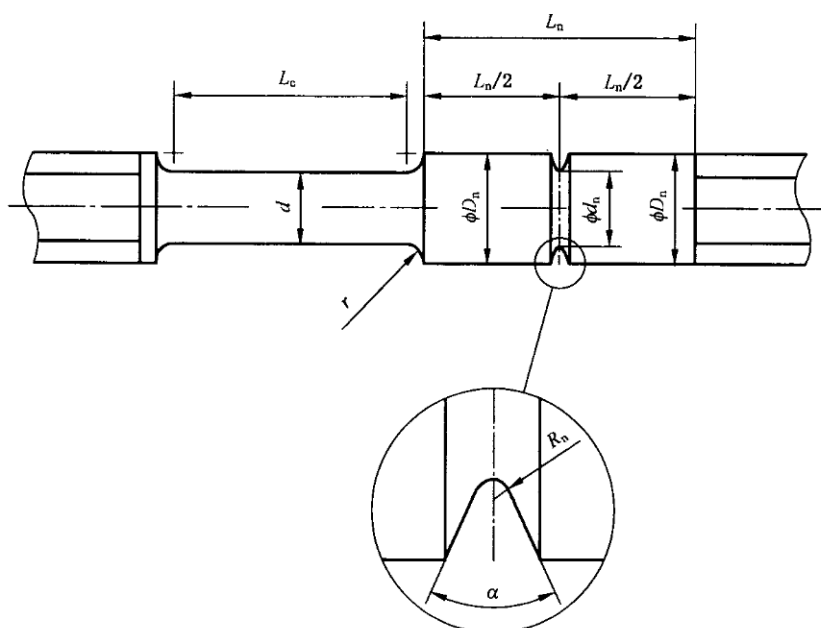
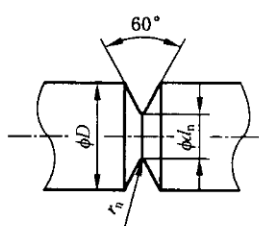


图 C.1 缺口和无缺口复合试样

原先各国标准对缺口几何尺寸有不同规定,本标准建议使用图 C.2 中 E 类型缺口尺寸,以适用于缺口强化与缺口弱化的性能评定。



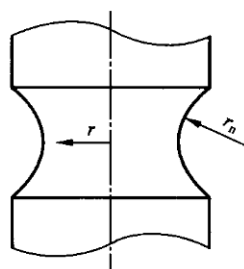
类型	DIN	BS	E
D/d_n	1.25	1.41	$\sqrt{1.25 \cdot 1.41} = 1.33$
D_n/r_n	50	35	$\sqrt{50 \cdot 35} = 42$

图 C.2 DIN,BS 和 E 类型的试样几何尺寸

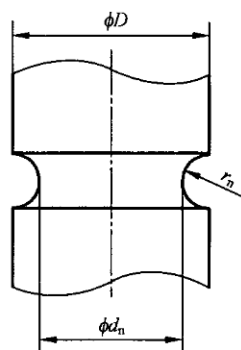
C.3 钝环形缺口

钝环形缺口的拉伸蠕变试样是在多轴应力下评价材料行为的简易低成本方法,此外这种应力状态也与工业制成零部件的服役条件相类似。

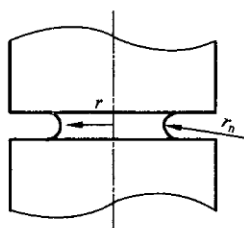
工业生产中需要研究材料在三轴拉伸应力条件下材料的蠕变性能时,钝环形试样可以提供比 V 形缺口试样更宽的范围,并给出在这些情况下蠕变变形是如何累积的。缺口拉伸试验是实现这个目的的最直接的方法,尤其是通过改变缺口轮廓来获得较宽的应力水平的范围。三种经典的缺口轮廓见图 C.3。



a) 钝环形



b) 半环形



c) 平行边形

图 C.3 三种可能的 Bridgman 缺口

附录 D

(资料性附录)

依据不确定度评定指南(GUM)来估计不确定度的方法

D.1 总则

测量不确定度的分析对于识别测量结果的不一致性的主要来源是有用的,而不恰当地根据测量不确定度进行调整而判断产品不合格是很有风险的。因此,根据下面的步骤推导不确定度仅供参考,除非客户有特别要求。

D.2 引言

本附录给出了利用已知蠕变性能的材料根据本标准评估测量不确定度的例子。应该指出利用本方法是不可能给出标准的不确定度值的,因为不确定度的分量既有与材料相关的也有与材料不相关的。因此,在能够进行测量不确定度的计算之前,有必要对该种材料与温度和应力的关系有一定的了解。

欧洲有证蠕变参考物质 CRM 425 应用于测量不确定度的评定,来评估满足本标准的符合性。

D.3 不确定度的说明

D.3.1 背景

以下分析是基于 GUM 的概念提出的一种评定蠕变不确定度的简便方法,如图 D.1 所示。一次测量的总的不确定度是用适当方法对所有不确定度分量求和。因此很有必要对所有分量进行量化,在最初的评估阶段,要决定哪些分量是可以忽略的。对于材料领域的大多数实际测量,可以忽略的分量可以定义为小于最大不确定度分量五分之一。GUM 概括了两种评定不确定度分量的方法:A 类和 B 类。A 类通过重复测量足够多次测得,例如多于 9 次,传统的数学分析可以用于标准偏差的测定。

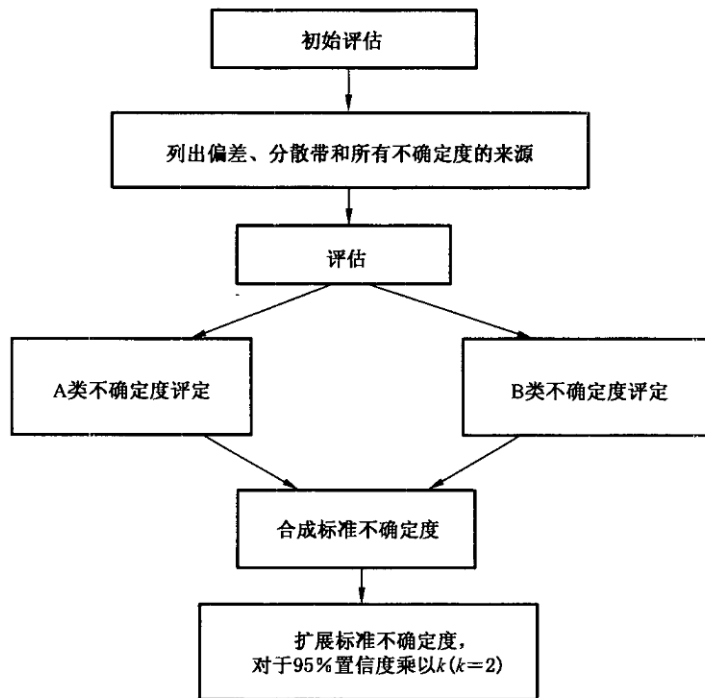


图 D.1 测量不确定度的评估步骤

B类不确定度评估方法不同于A类，例如利用标准中规定的允差、测量数据、厂商的说明书、校准证书以及大多数情况下对于不同分量之间关系的简单模型和分量的类似分布模型。例如对于标准中规定的允差±*a*，如果缺乏其他了解，可以适当地利用矩形分布模型来考虑，其标准不确定度为 $u_s = a/\sqrt{3}$ 。如果用三角分布考虑更合适，其标准不确定度变成 $u_s = a/\sqrt{6}$ 。下一步通常是计算合成不确定度。扩展不确定度 U_E 是将合成不确定度乘以包含因子 *k*。对于95%置信度水平， $k=2$ ， $U_E = 2u_s$ 。

D.3.2 蠕变试验不确定度的说明

欧洲通过组织不确定度的专项研究，针对不连续和连续蠕变得到0.2%和1%的塑性应变对应的时间，由应变测量系统的准确度得到了不确定度。研究的材料主要包括两类铁素体钢：500℃下的2¼Cr-1Mo和550℃下的1Cr-1Mo-0.5Ni-0.25V，一类马氏体钢600℃下的12Cr-1Mo-0.3V和一类奥氏体钢600℃下的17Cr-13Ni-2Mo-0.2N，试验时间在30 000 h以内。测量不确定度将允差按矩形分布来处理并用95%的置信区间来表达(见表D.1)。

表 D.1 $t_{p0.2}$ 和 t_{p1} 的不确定度范围

不连续试验/%	连续试验/%
27~38	27~32

应该注意还有其他因素影响蠕变性能的测量，例如：试样弯曲、试样的夹持方法等。然而由于没有足够的数据用于评价这些影响，目前在评定不确定度时考虑他们的影响是不可能的。还应该注意到这仅仅是对测量技术不确定度的估测，不能成为是否接受对由于材料的不均匀性而导致的试验结果内禀分散性的依据。

这里给出的不确定度可以认为是判断一个实验室进行试验是否满足本标准的上限。

D.4 一种蠕变试验的参考材料

D.4.1 总则

近几年,在力学性能试验领域使用有证参考物质的好处已被大家所接受。一种用于蠕变试验的参考物质见附表 D.2。

表 D.2 CRM 425 蠕变参考物质的有证值

性能 ^a	有证值 ^b	不确定度 ^c
400 h 下的蠕变速率	$71.8 \times 10^{-6} \text{ h}^{-1}$	$5 \times 10^{-6} \text{ h}^{-1}$
t_{p2}	278 h	16 h
t_{p4}	557 h	30 h

^a 试验条件: $T=600 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $\sigma_0=160 \text{ MPa}$ 。
^b 该值为 9 个实验室,每个实验室分别进行了 5 次独立测量的算术平均值。
^c 该不确定度为 b 中定义的平均值 95% 置信度下的不确定度。

D.4.2 利用 CRM 425 评估不确定度

利用 CRM 425 进行不确定度评估的结果详见表 D.3。

表 D.3 利用 CRM 425 蠕变参考物质来评价蠕变试验可接受的范围

参 数	有证值	95% 置信度下的 不确定度	试验允许 误差 ^a	合成不确定度(约为 21%)	
				值	范 围
400 h 下的蠕变 速率 10^{-6} h^{-1}	72	5	± 14.5	± 15.3	56.7~87.3
t_{p2} (h)	278	16	± 56.2	± 58.4	219.6~336.4
t_{p4} (h)	557	30	± 112.5	± 116.4	440.6~673.4

^a 假定温度允许偏差 $\Delta T = \pm 3 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $\Delta \sigma = 1\%$ 。

D.5 镍基单晶在 1 100 °C 下蠕变试验的不确定度

针对 TMS-82+镍基单晶合金在 1 100 °C 和 137 MPa 下 5 个实验室的蠕变断裂数据,每个实验室重复 3 根试样,详见表 D.4。

表 D.4 TMS-82+镍基单晶合金在 1 100 °C 和 137 MPa 下 5 个实验室的蠕变断裂数据

性 能	n	数据范围	平均值
蠕变断裂时间	19	238.6~460.8(h)	333.9(h)
伸长率	19	6.3~13.4(%)	10.3(%)
断面收缩率	19	24.7~38.9(%)	33.7(%)

对于通常 95%置信度下,包含因子为 2 的不确定度如下:

TMS-82+镍基单晶合金在 1 100 °C 和 137 MPa 下:

- 蠕变断裂时间: (334 h±59 h);
- 伸长率: (10.0±5.2)%;
- 断面收缩率: (34.0±8.2)%。

附 录 E
(资料性附录)
结果的表示和图解法外推

E.1 总则

本附录所归纳的内容有助于使用者应用已建立的方法。

E.2 强度值的符号及其计算**E.2.1 应变**

除蠕变断后伸长率用符号 A_u 表示以外,应变用符号 ϵ 表示。

在大多数情况下,滞弹性应变 ϵ_k 是忽略不计的,塑性应变 ϵ_p 与残余应变 ϵ_{per} 之间没有差异。

E.2.2 蠕变断裂强度(持久强度)

蠕变断裂强度是指在规定的试验温度 T ,依据应力 σ 。在试样上施加恒定的拉伸力,经过一定的试验时间(蠕变断裂时间 t_u)所引起断裂的应力 σ_0 。

蠕变断裂强度用符号 R_u 表示,并以蠕变断裂时间 t_u/h 作为第二角标,试验温度 $T/^\circ\text{C}$ 为第三角标的符号来表示。

例:对于蠕变断裂时间 $t_u=100\ 000\ \text{h}$ 、试验温度 $T=550\ ^\circ\text{C}$ ($550\ ^\circ\text{C}$ 下 $10\ 000\ \text{h}$ 蠕变断裂强度)所测定的蠕变断裂强度用以下简短符号表示:

$$R_{u\ 100\ 000/550}$$

E.2.3 规定塑性应变强度

规定塑性应变强度是指在规定的试验温度 T ,依据应力 σ 。在试样上施加恒定的拉伸力,经过一定的试验时间(达到规定塑性应变的时间, t_{px})所能产生预计塑性应变的应力 σ_0 。

规定塑性应变强度用符号 R_p 表示,并以最大塑性应变变量 $x/\%$ 作为第二角标,达到应变量的时间为第三角标,试验温度 $T/^\circ\text{C}$ 为第四角标的符号 R_p 来表示。

例:对于最大塑性应变量为 0.2% ,达到应变时间为 $1\ 000\ \text{h}$,试验温度 $T=650\ ^\circ\text{C}$ 的规定塑性应变强度用以下简短符号表示:

$$R_{p\ 0.2,\ 1\ 000/650}$$

E.3 试样**E.3.1 光滑试样的形状及尺寸**

为了避免试样的断裂位置接近标距的端部,建议采用允许形状公差的一半来使标距中部变细。

E.3.2 缺口试样的形状及尺寸

通常使用圆形横截面试样,对于非圆形横截面试样的形状及尺寸必须注明。

如果没有其他协议,环形横截面缺口试样的缺口几何尺寸应满足图 E.1 要求。缺口与直径为 D_n 的过渡段的长度至少应等于缺口底径 d_n 。

表 E.1 弹性应力集中系数 $K_t = 4.5 \pm 0.5$ 的圆形横截面缺口试样尺寸 单位为毫米

缺口底径 $d_n \pm 0.01$	6	8	10	12
过渡段直径 $D_n \pm 0.01$	8	10.6	13.3	16
缺口半径 r_n	0.14	0.20	0.25	0.3
缺口底径允许偏差 r_n	± 0.02	± 0.03	± 0.03	± 0.05

对于表 E.1 规定以外的试样尺寸应制成 D_n 与 d_n 之比在 1.33~1.34 之间, d_n 与 r_n 之比在 38~46 之间,缺口半径 r_n 的允许偏差为 $\pm 12.5\%$ 。

弹性应力集中系数按式(E.1)计算:

$$K_t = 1 + \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{r_n/d_n}{D_n/d_n - 1} + \frac{r_n}{d_n} \cdot \left(1 + 2 \cdot \frac{r_n}{d_n} \right)^2 \right)^{-1/2} \dots\dots\dots (E.1)$$

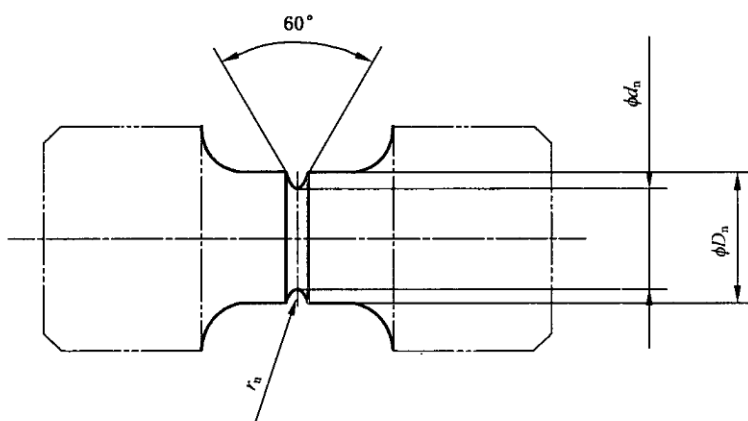
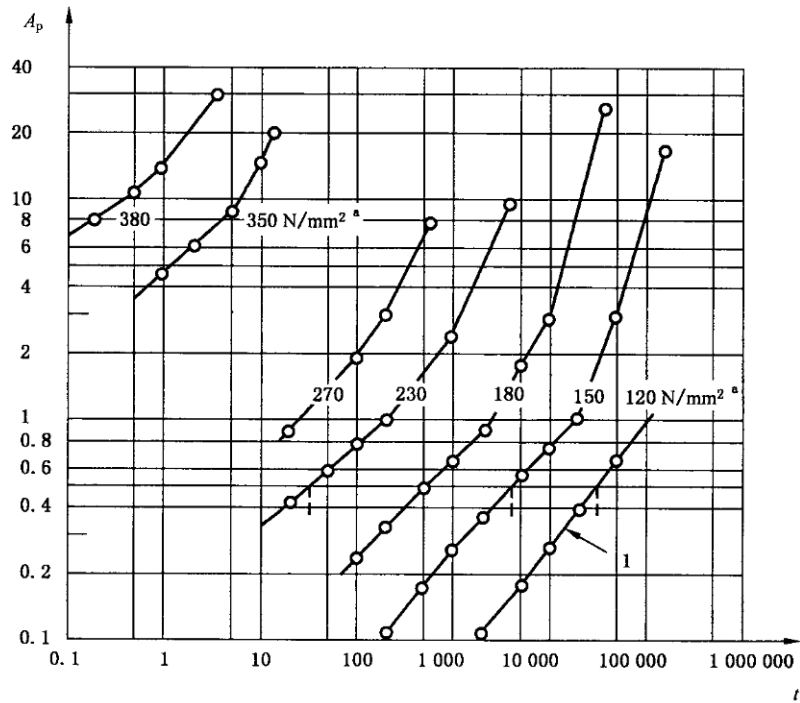


图 E.1 圆形横截面缺口试样示意图

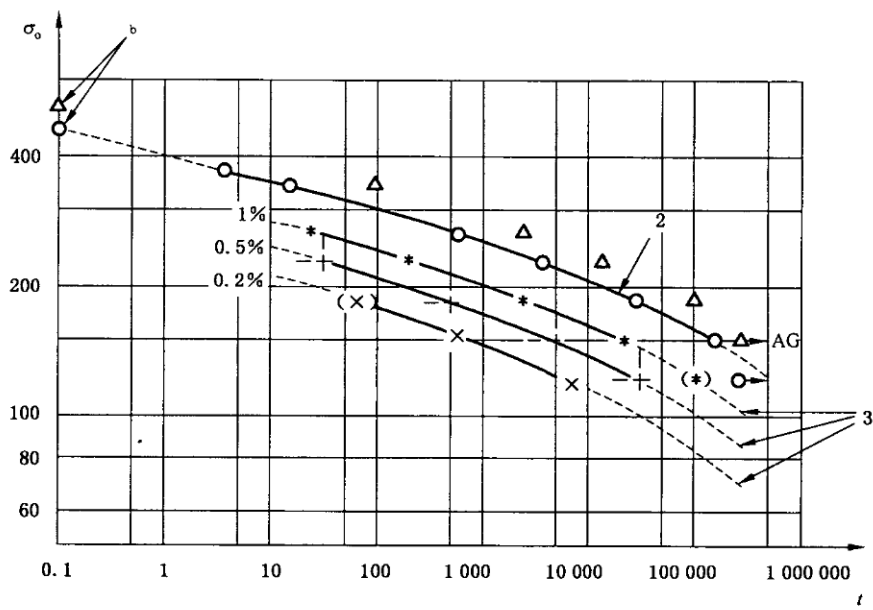
E.4 评价

E.4.1 总则

应将在一个试验温度下单个材料的试验结果置于一系列的图表中进行评价(见图 E.2 和图 E.3)。在这些图中外推曲线用虚线表示,外推点用圆括号表示。在 E.5 给出了外推数据的注意事项。

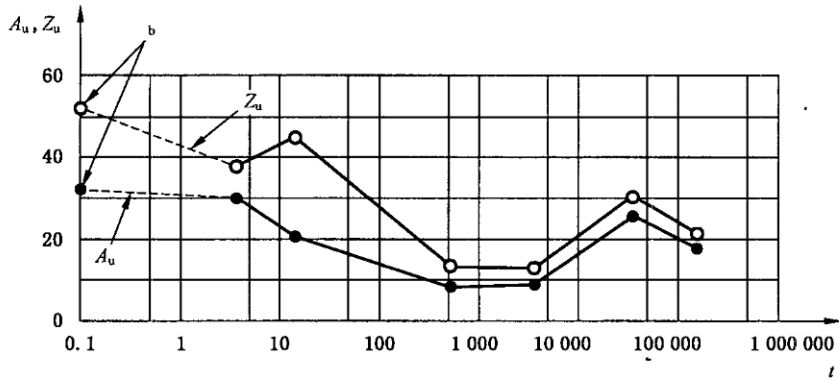


a) 蠕变图



b) 蠕变断裂图

图 E.2 恒定温度和恒定试验力的结果表达示例图

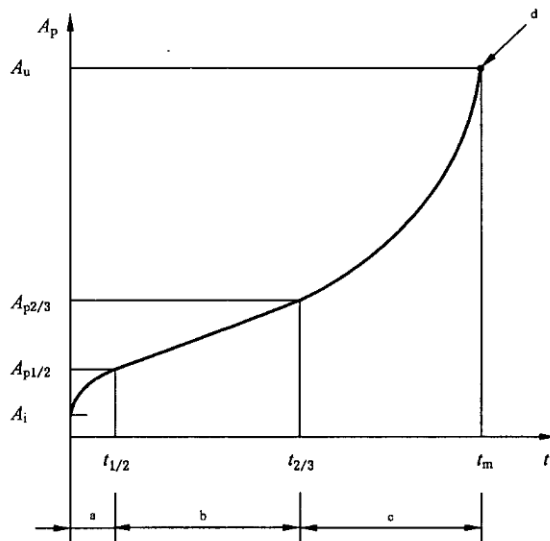


c) 蠕变断裂变形图

说明:

- 1——蠕变曲线;
 - 2——蠕变断裂曲线;
 - 3——蠕变应变曲线;
 - 光滑试样(已断);
 - △——缺口试样(已断);
 - ^a——初始应力。
 - ^b——高温拉伸试验。
- AG —— 试验停止,未断;
 - —— 试验进行中;
 - △→AG —— 试验停止,未断;
 - △→ —— 试验进行中;
 - —— 外推曲线。

图 E. 2 (续)



说明:

- ^a——第一阶段;
- ^b——第二阶段;
- ^c——第三阶段;
- ^d——断裂。

图 E. 3 线性坐标的蠕变示意图

E. 4.2 对数坐标蠕变图

为了描述蠕变曲线,在双对数坐标图上绘制塑性应变 ϵ_p 与时间 t 对应曲线图(见图 E. 2a))。

蠕变曲线也可用光滑曲线或一系列与试验数据有关的直线绘制。可从图中得到规定塑性应变的时间 t_{px} 。

E. 4.3 蠕变断裂图

将应变时间与对应的应变变量——例如 $t_{p0.2}$, 与试验初始应力 σ_0 , 在双对数坐标上绘制蠕变应变图(见图 E. 2. b))。该曲线应是光滑曲线,从图中可以得到规定应变强度 $R_{x,t,T}$ 。

蠕变断裂时间 t_b 与初始应力 σ_0 绘制蠕变断裂图,图中应做平滑处理。

从图中可以得到蠕变断裂强度 $R_{u,t,T}$ 。

高温拉伸试验得到的断裂强度以及达到各个应变的应力值也可示于图中某个时间点,如 $t=0.1$ h。在这种情况下,图中必须有适当的指示。

此外,缺口试样的断裂时间和初始应力 σ_0 也可作为提示在图中绘制。通过这种方法可以对材料性能进行附加评价。

E. 4.4 蠕变断裂伸长图

蠕变断裂伸长图表示了蠕变断后伸长率 A_u 和断面收缩率 Z_u 与断裂时间 t_b 的关系。

通过高温拉伸试验获得的断后伸长率和断面收缩率可与图中特定时间例如 $t=0.1$ h 对应。用这个方法可以验证图形的正确与否。

E. 4.5 线性坐标蠕变图

为了描述蠕变曲线,在横纵线性坐标图上绘制塑性应变 ϵ_p 与时间 t 对应曲线图(见图 E. 3)。蠕变曲线也可用光滑曲线或一系列与试验数据有关的直线绘制。

从曲线的斜率可得出与时间 t 相关的蠕变速率 $\dot{\epsilon}$, 以及总的最小蠕变速率 $\epsilon_{p,\min}$ 。从图中可以得到蠕变从第一阶段到第二阶段的转变时间 $t_{1/2}$ 以及从第二阶段到第三阶段的转变时间 $t_{2/3}$ 。不是从所有线性坐标下的蠕变曲线都能分辨出蠕变的第 1、2、3 阶段的。

E. 5 外推方法

E. 5.1 总则

在处理蠕变数据时经常需要确定蠕变断裂强度或应变强度超出最长试验时间系数 q_e 。系数 q_e 是外推时间与试验时间的比值,通常不超过 3。

如果外推的蠕变强度低于同一材料的最小初始应力时,建议注明外推时间与试验时间的比值 q_e 。这种外推的不确定度通常较大。

在外推过程中应考虑试验时间和/或试验温度会改变微观结构和断裂延伸值。选取外推方法时应注意此类问题。

在蠕变数据处理过程中往往需要确定最长试验时间的 q_e 倍所对应的蠕变断裂强度或规定应变强度值。系数 q_e 称为外推时间比,通常不超过 3。

对于相同材料建议标明外推时间比 q_e 并且指出外推蠕变强度是否低于最小初始应力水平 σ_{\min} 。当外推蠕变强度低于最小初始应力水平 σ_{\min} 时,外推结果的不确定度通常较大。

在外推过程中应考虑微观结构或蠕变断裂变形值的变化,它们与时间和/或试验温度有关。外推过程须作说明。

E. 5.2 图解法外推和蠕变断裂图

通常采用蠕变断裂曲线和/或蠕变应力曲线的延长的图解法来外推结果。相同试验温度下的邻近曲线随时间的转变(见图 E. 4b)或不同试验温度,择优选较高试验温度的不同曲线(见图 E. 4c),都是有助于外推的有用提示。从蠕变应变曲线的延长线可以获得相同的信息。从欧洲蠕变联合协会(ECCC)中可以得到更多的建议。

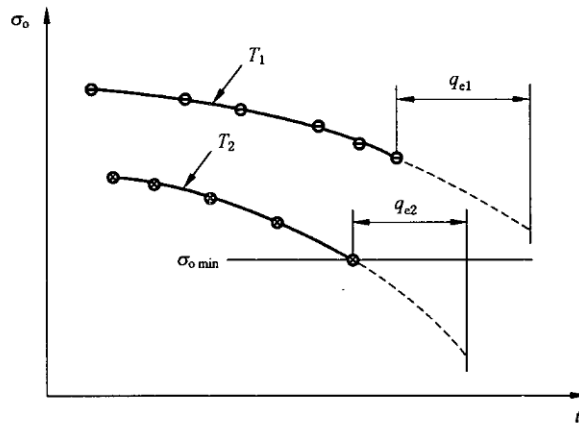
如果已经借助相邻曲线进行了图解法外推,应采用较小的外推时间与试验时间的比值 q_e (见图 E. 4b)和 E. 4c))。

E. 5.3 时间-温度参数外推法

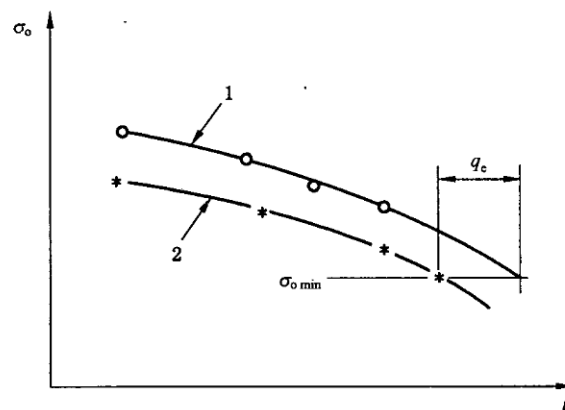
通常,将应力 σ_0 的对数与时间-温度参数绘图。时间-温度参数由试验温度、蠕变断裂时间或达到规定应变的时间导出。数据点由所谓“主曲线”拟合。

建议依据时间和试验温度所获得的试验结果来得到最佳的时间温度参数。此外,较长试验时间的结果对曲线的拟合起着重要作用。应该注意的是分散小的数据不能保证外推结果的准确性。

可以从主曲线上相关的蠕变断裂强度或应变时间的结果外推至给定的试验温度下的蠕变断裂强度或应变时间。为了提高外推结果的准确性,外推结果应绘制在蠕变(断裂)图中,同时与测量结果相比较。

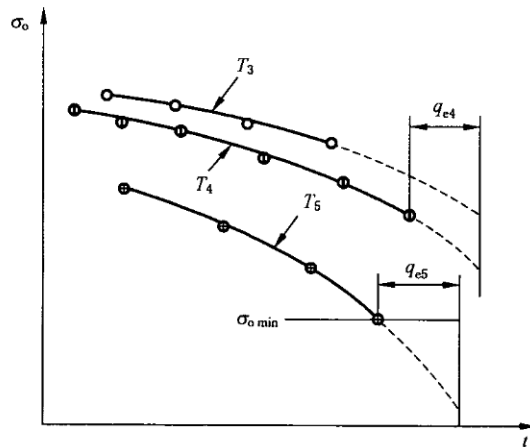


a) 蠕变断裂曲线 $T_1 < T_2$



b) 蠕变断裂和蠕变应变曲线, T 为常数

图 E. 4 蠕变应变(断裂)图解法外推示例

c) 蠕变断裂曲线, $T_3 < T_4 \ll T_5$

说明:

- 1——蠕变断裂曲线;
- 2——时间应变曲线。

图 E. 4 (续)

E. 6 试验报告及附加信息

试验报告建议包含以下附加信息:

- 关于试样材料的信息;
- 制造厂;
- 铸件数量,铸件重量;
- 生产过程;
- 铸造板坯坯料重量,零件重量;
- 测量装置规格,半成品;特性测量,半成品型式;
- 试样在铸造板坯/零件的位置(取样位置参见 GB/T 2975);
- 化学成分,热处理制度;
- 室温拉伸试验结果;
- 冲击试验结果(夏比、艾氏等);
- 高温拉伸试验结果;
- 微观结构;
- 适用时:外推过程及外推时间比。

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
金属材料 单轴拉伸蠕变试验方法
GB/T 2039—2012

*

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(100013)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 www.spc.net.cn

总编室:(010)64275323 发行中心:(010)51780235
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

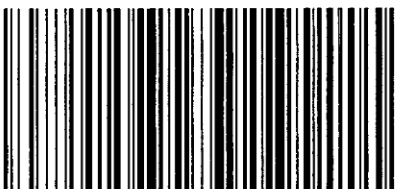
*

开本 880×1230 1/16 印张 2.5 字数 71 千字
2012年12月第一版 2012年12月第一次印刷

*

书号: 155066·1-45816 定价 36.00 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 2039-2012