

HB

中华人民共和国航空工业标准

HB 5195—96

金属高温拉伸试验方法

1996—09—13 发布

1996—10—01 实施

中国航空工业总公司 批准

金属高温拉伸试验方法

HB 5195-96

代替 HB 5195-81

1 主题内容与适用范围

1.1 本标准规定了金属材料高温拉伸试验方法的符号、术语、试样、试验设备、试验条件、性能测定、性能数据值的修约和试验报告。

本标准适用于试验温度在 100~1100℃ 测定金属材料的拉伸力学性能。

1.2 本标准不包括丝材、管材及厚度 0.5mm 以下的板材和带材的高温拉伸性能的测定。

2 引用标准

GB 8170	数值修约规则
GB 10623	金属力学性能试验术语
GB 12160	引伸计标定与分级方法
JJG 139	拉力、压力和万能材料试验机检定规程
JJG 141	工业用铂铑 10—铂热电偶检定规程
JJG 157	小负荷材料试验机检定规程
JJG 351	工业用镍铬—镍硅、镍铬—考铜热电偶检定规程
JJG 475	电子式万能试验机检定规程

3 符号、名称和单位

3.1 按 GB 10623 规定的符号、名称和单位列于表 1。

表 1

符 号	名 称	单 位
a_0	试样原始厚度	mm
b_0	试样原始宽度	
d_0	试样原始直径	
d_1	试样断后最小直径	
L_0	试样原始标距	
L_c	试样平行长度	
L_e	引伸计标距	
L	试样总长度	

续表 1

符 号	名 称	单 位
H	试样头部长度或试样被夹持部分长度	mm
S_0	试样原始横截面积	mm^2
S_1	试样断后最小横截面积	
F_p	规定非比例伸长力	N
F_t	规定总伸长力	
F_r	规定残余伸长力	
F_s	屈服点力	
F_{su}	上屈服点力	
F_{sl}	下屈服点力	
F_b	最大力	
σ_p	规定非比例伸长应力	MPa
σ_t	规定总伸长应力	
σ_r	规定残余伸长应力	
σ_s	屈服点	
σ_{su}	上屈服点	
σ_{sl}	下屈服点	
σ_b	抗拉强度	
δ	断后伸长率	%
ψ	断面收缩率	
ϵ_p	非比例伸长率	
ϵ_t	总伸长率	
ϵ_r	残余伸长率	
t	试验温度	℃
n	伸长放大倍数	

4 定义

4.1 平行长度:试样两头部之间(不包括圆弧部分)的长度。

4.2 标距:试验中用以测量试样伸长的两标记间的长度。

4.2.1 原始标距:试验前,在室温下试样的标距。

4.2.2 断后标距:试样拉断后,在室温下将断口对接在一起并使其轴线位于同一直线上测量的标距。

4.3 引伸计标距:用引伸计测量试样伸长时,在试样平行部分内所使用的长度。

4.4 规定非比例伸长应力:在规定温度拉伸时试样标距的非比例伸长达规定的原始标距百分比时的应力。

4.5 规定总伸长应力:在规定温度拉伸时试样标距的总伸长(弹性伸长加塑性伸长)达到规定的原始标距百分比时的应力。

4.6 规定残余伸长应力:在规定温度,试样卸除拉伸力后,其标距部分的残余伸长达到规定的原始标距百分比时的应力。

4.7 屈服点:在规定温度试样在拉伸过程中,力不增加或保持恒定仍能继续伸长时的应力。如力发生下降,应区分上、下屈服点。

4.7.1 上屈服点:在规定温度下,试样在拉伸过程中发生屈服而力首次下降前的最大应力。

4.7.2 下屈服点:在规定温度下,试样在拉伸过程中发生屈服而力下降,当不计初始瞬时效应时屈服阶段中的最小应力。

4.8 抗拉强度:在规定温度试样在拉断前承受的最大力所对应的应力。

4.9 断后伸长率:在规定温度试样拉断后,在室温下测得标距的伸长与原始标距的百分比。

4.10 断面收缩率:在规定温度试样拉断后,在室温下,试样缩颈处横截面积的最大缩减量与原始横截面积的百分比。

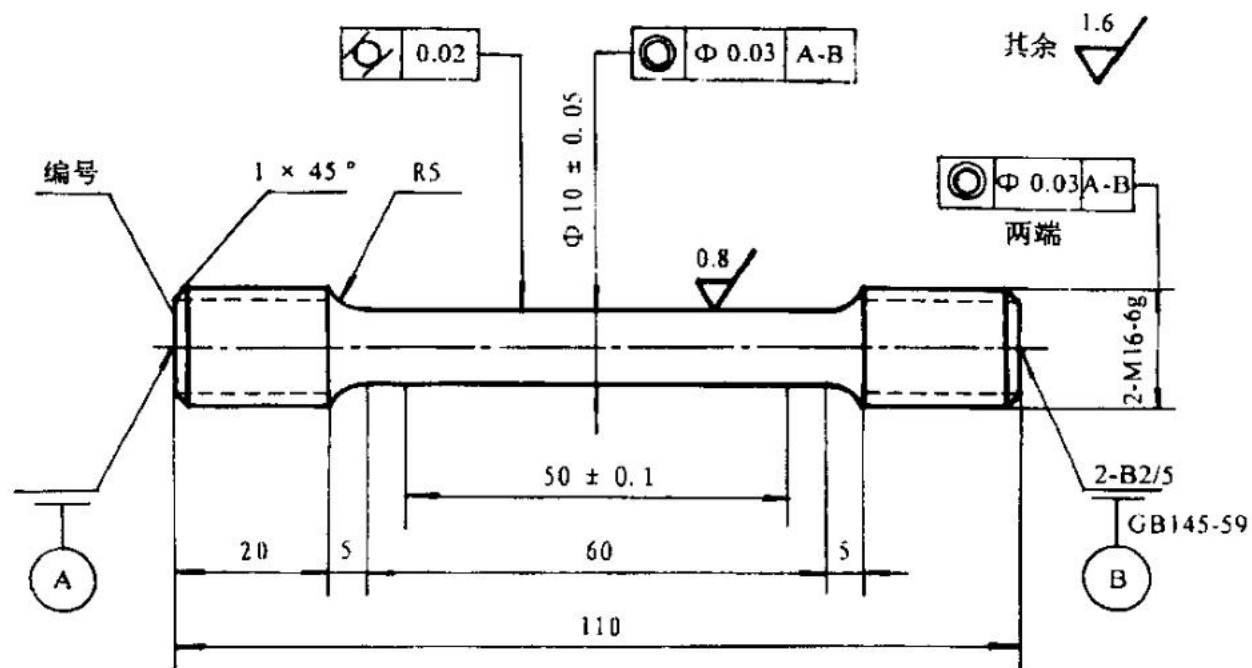
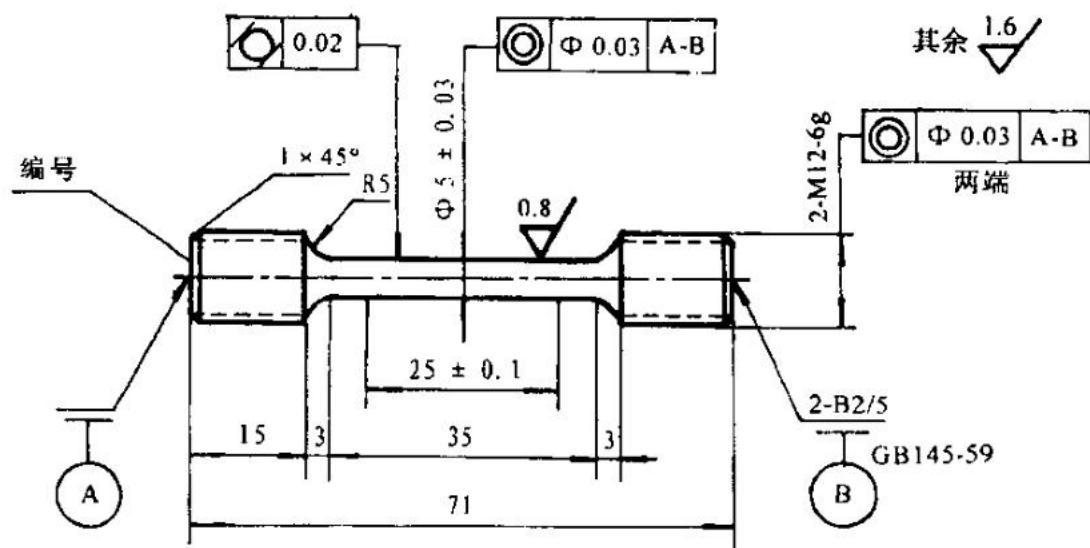
5 试样

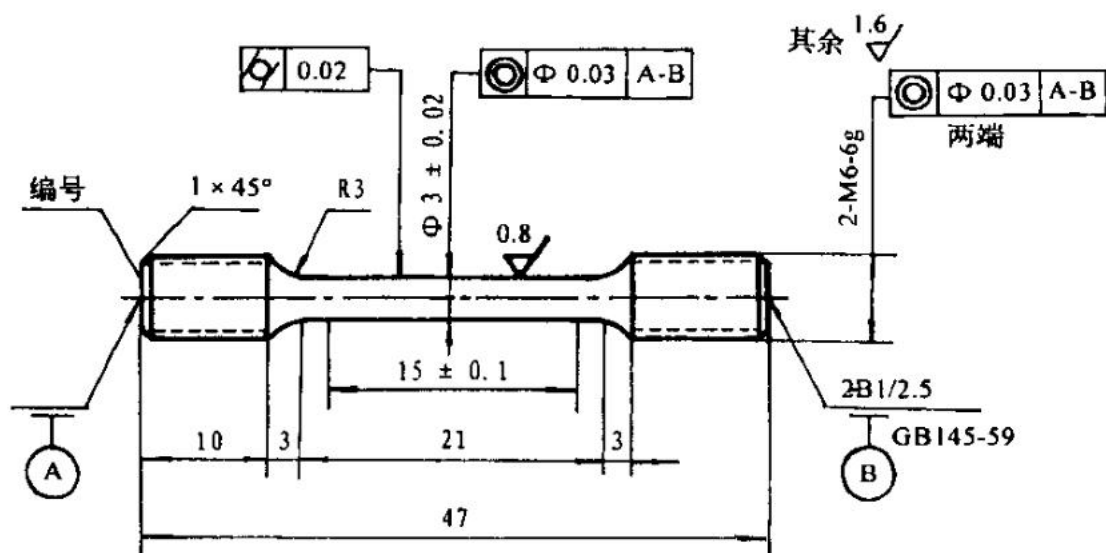
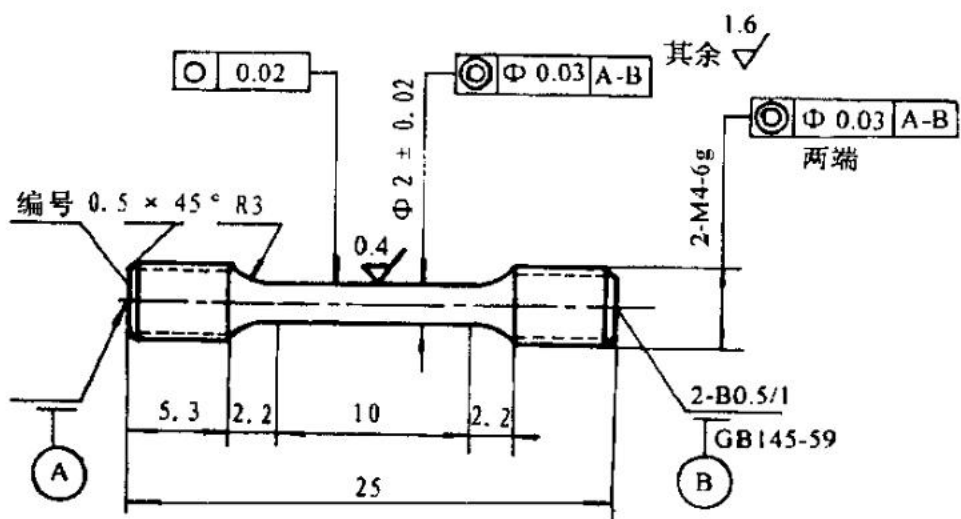
5.1 除材料标准另有规定外,应采用原始标距 L_0 与原始横截面积 S_0 具有 $L_0 = 5.65 \sqrt{S_0}$ (对圆形试样 $L_0 = 5d_0$) 关系的比例试样。

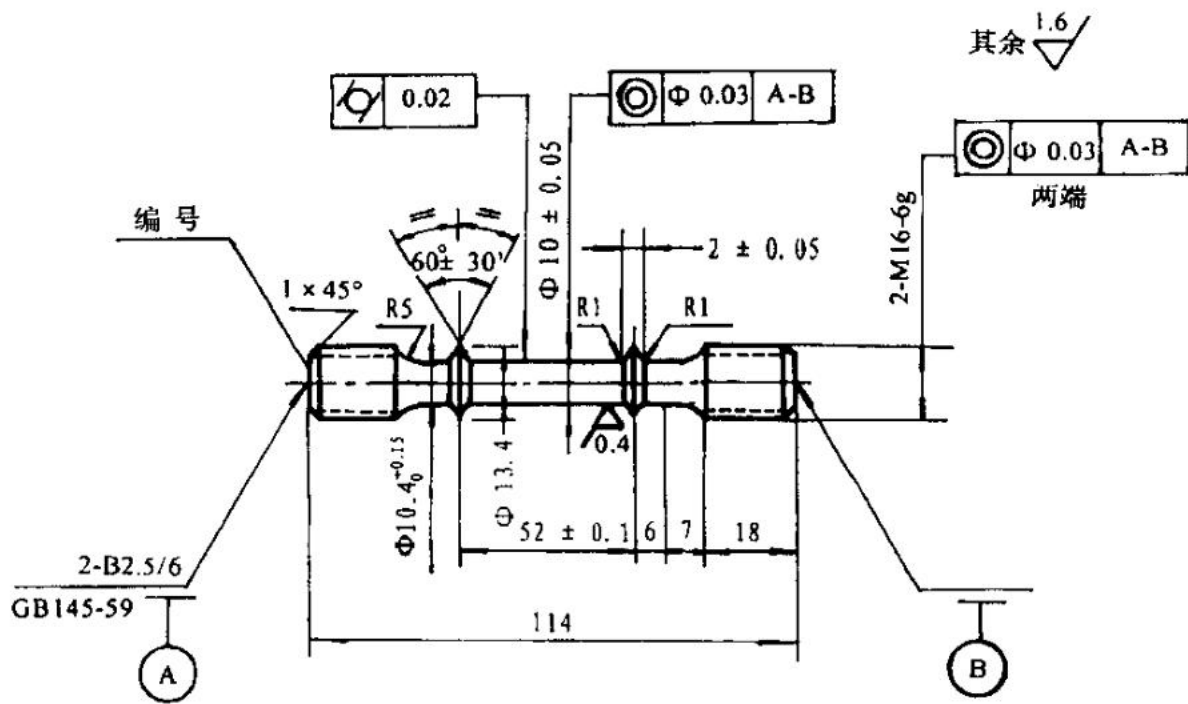
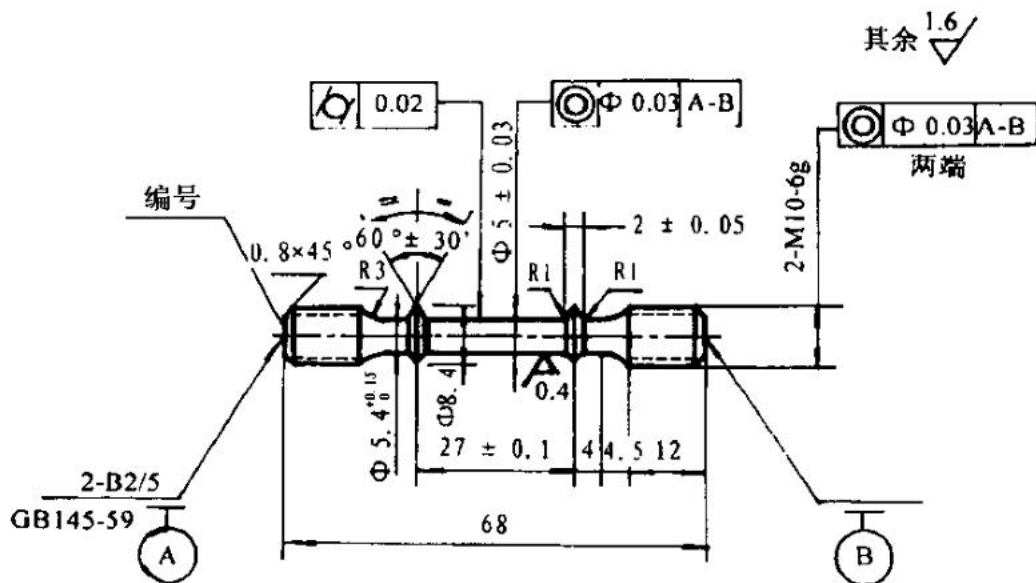
5.2 试样形状和尺寸

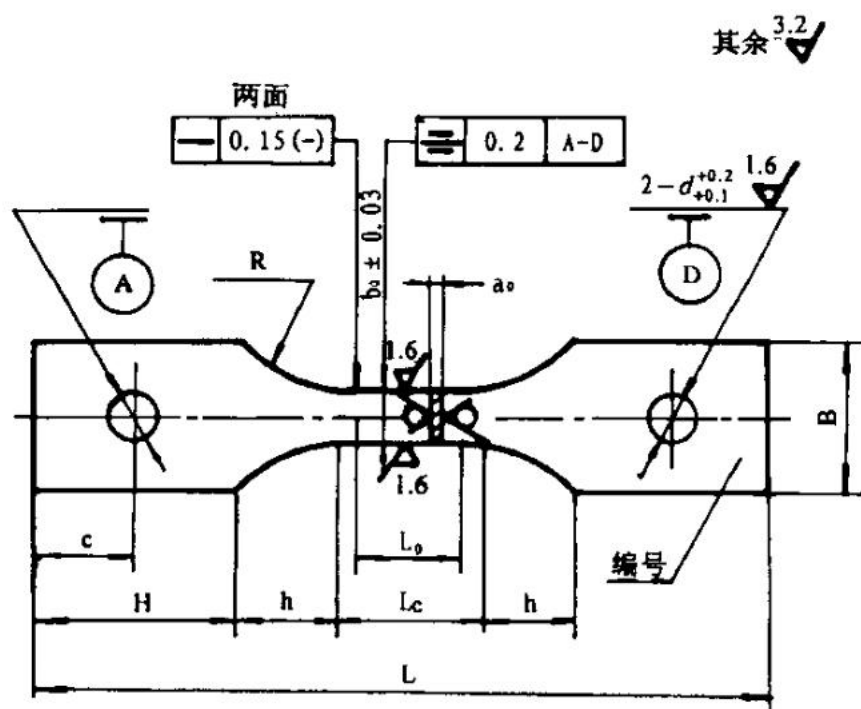
5.2.1 圆形试样的形状和尺寸见图 1~图 6 所示,板形试样的形状和尺寸见图 7~图 13 所示。

5.2.2 试验时,圆形试样应选取 $d_0 \geq 5\text{mm}$ 试样,板形试样应选取 $b_0 \geq 15\text{mm}$ 的试样。若被试材料尺寸所限,取不出上述尺寸的试样时,经双方协议,可选取 $d_0 \leq 3\text{mm}$ 或 $b_0 \leq 10\text{mm}$ 试样,但试样主要尺寸应在试验报告中注明。

图1 $d_0 = 10\text{mm}$ 圆形试样图2 $d_0 = 5\text{mm}$ 圆形试样

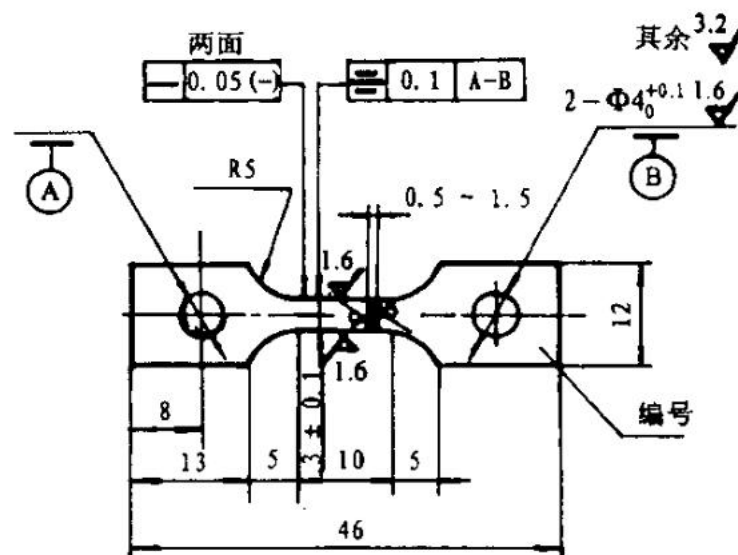
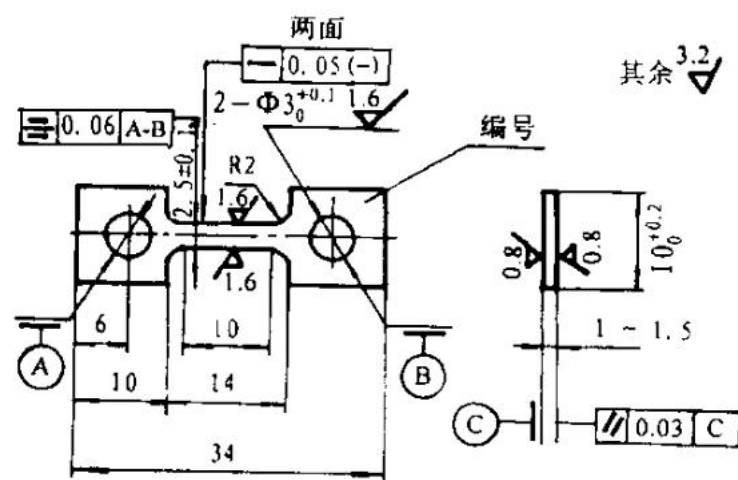
图3 $d_0 = 3\text{mm}$ 圆形试样图4 $d_0 = 2\text{mm}$ 圆形试样

图 5 $d_0 = 10\text{mm}$ 圆形试样(台肩)图 6 $d_0 = 5\text{mm}$ 圆形试样(台肩)



组号	板形试样各部分尺寸									
	a_0	b_0	B	H	h	c	d	L_0	L_c	L
1	$\geq 0.5 \sim 1.0$	15	38	45	21	22	10	$L_0 = 5.65 \sqrt{S_0}$	37	169
2	$> 1.0 \sim 2.0$	15	38	45	21	22	10		46	178
3	$> 2.0 \sim 3.0$	15	38	45	21	22	10		53	185
4	$> 3.0 \sim 4.0$	15	38	45	21	30	10		59	191
5	$> 4.0 \sim 5.0$	20	50	60	23	30	15		77	243
6	$> 5.0 \sim 6.0$	20	50	60	23	30	15		82	248
7	$> 6.0 \sim 7.0$	20	50	60	23	30	15		87	253
8	$> 7.0 \sim 8.0$	20	50	60	23	30	15		92	258

图7 板形试样

图 10 $b_0 = 3\text{mm}$ 板形试样图 11 $b_0 = 2.5\text{mm}$ 板形试样

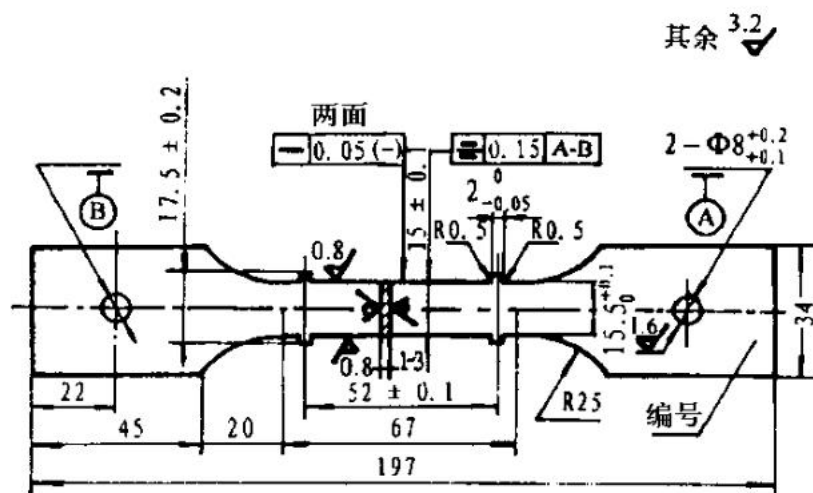
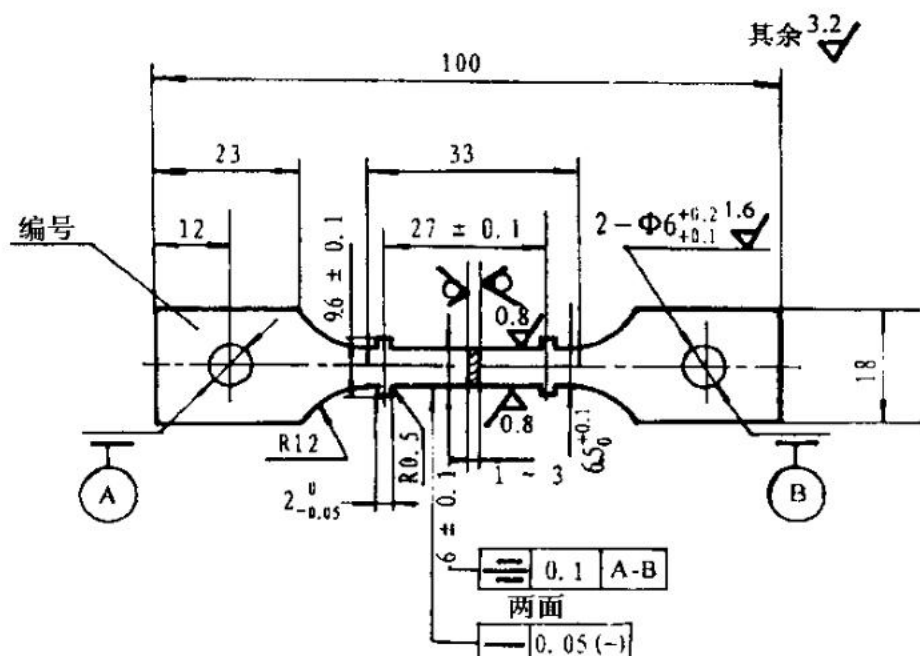
5.2.3 当板材厚度大于或等于 8mm 时,若材料标准无特殊规定,可制成直径 5mm 以上圆形试样。

5.3 试样的制备

5.3.1 试样的数量、切取部位和方向、热处理制度应按有关材料标准进行。

5.3.2 板形试样的厚度应与原板材厚度一致,并保留原表面,如表面需加工时,其表面粗糙度 R_a 的最大允许值为 $0.8\mu\text{m}$,并打磨掉边缘毛刺。从板材上冲剪切取板形试样毛坯时,切边与试样边缘的距离不小于 5mm,气割切取板形试样毛坯时,切边与试样边缘的距离不小于 20mm。

5.3.3 试样在制作过程中,不应使材料产生冷作硬化或过热,以免影响材料性能。

图 12 $b_0 = 15\text{mm}$ 板形试样(台肩)图 13 $b_0 = 6\text{mm}$ 板形试样(台肩)

5.3.4 材料在热处理后进行试验时,则应先经热处理再加工成试样,如热处理后使材料加工性能变坏,则先粗加工,热处理后再精加工,但毛坯应包括最后加工余量及热处理可能产生挠曲的尺寸。

5.3.5 试样不应弯扭,表面不允许有锈蚀、机械损伤、显著的刀迹、肉眼可见的裂纹和冶金缺陷。

5.3.6 对某些材料(铸造试样或脆性材料),常断在标点附近,在这种情况下,试样平行部分中间的直径(或宽度)可比两端稍小,但其差不应超过试样直径(或宽度)的 0.5%。

5.3.7 试样夹头部分、平行部分到夹头部分之间的过渡部分以及装引伸计台肩的形状和尺寸

可根据试验机的夹具和引伸计的结构自行设计。

6 试验设备

6.1 试验机

6.1.1 用于拉伸试验的试验机应按 JJG139 或 JJG157、JJG475 由计量部门进行定期校验,并不低于一级精度。

6.1.2 试验机应具有良好的同轴度,力的作用中心线与试样轴线之间的同轴度误差在弹性范围内,试样上产生的最大弯曲应变不超过轴向应变的 15%。同轴度校验应按 JJG 139 在室温下进行。

6.1.3 试验机应具有控制和指示应变速率和横梁移动速度的装置,并能在本标准规定的速率范围内灵活调节。

6.1.4 夹具在高温下重复使用,可能发生氧化、挠曲和蠕变,因此,夹具也应周期地测定同轴度,必要时更换新夹具。

6.2 引伸计

6.2.1 试验时,按表 2 选用相应级别的引伸计。

表 2

伸长率, %	引伸计级别
≤ 0.2	B
$> 0.2 \sim 0.5$	C
> 0.5	D

6.2.2 用于测量试样伸长的引伸计,应能测量试样两边的伸长,引伸计记录或指示的伸长应是试样两边的伸长的平均值。必须注意,只在试样一边测量伸长,加载的非轴向性会引起伸长的显著误差。

6.2.3 引伸计按照 GB 12160 规定的程序进行标定,精度标定在室温下进行,应尽可能带高温引伸杆一起标定,当采用自动记录图表或引伸计时,试验前,应在试验现场进行日常精度检查。

6.3 加热装置

6.3.1 试样可采用电阻丝炉或其他类型的辐射炉在空气中加热。为了保证炉温均匀,建议采用二组或多组绕组分别调节电流的炉子,炉内均热区不小于试样标距的两倍。

6.3.2 在检查炉内均热区的温度均匀性时,应在规定的均热区长度上至少绑扎五支热电偶测量温差。在均热区长度范围内,温度偏差和温度梯度应符合表 3 规定的要求。

表 3

℃

试验温度	温度偏差	温度梯度
100~600	± 2	2
$> 600 \sim 900$	± 3	3
$> 900 \sim 1100$	± 4	4

6.4 温度测量装置

6.4.1 温度测量的仪器(电位差计或毫伏计等)的分辨率应不大于 1°C , 精确度不低于 0.1 级。

6.4.2 温度测量系统中补偿线、电位差计、或毫伏计应定期由计量部门进行校验, 热电偶应按 JJG 141 或 JJG 351 进行校验。

6.4.3 热电偶的冷端温度保持恒定, 波动不超过 0.5°C 。

6.4.4 为了确保试验温度正确可靠, 整个测温系统的测温误差应定期进行校正。

7 试验程序

7.1 试样尺寸的测量

7.1.1 试样的直径或厚度用最小刻度不大于 0.01mm 的量具测量, 试样的宽度和标距长度用最小刻度不大于 0.02mm 的量具测量, 量具应校验合格。

7.1.2 测量试样时, 应在标距内不少于三处(两端和中间), 圆形试样在每处的相互垂直位置各测一次, 取其平均最小尺寸计算试样的横截面积。

7.1.3 板材在计算 $L_0 = 5.65 \sqrt{S_0}$ 时, 如计算的尾数小于 2.5mm 时, 则舍去, 大于或等于 2.5mm 而小于 7.5mm 时, 则取 5mm , 大于或等于 7.5mm 时取 10mm 。

7.2 试样的加热及温度测量

7.2.1 试样装入炉内后, 一般应在 1h 内加热至规定温度, 保温不少于 15min 。

7.2.2 标距长度大于 50mm 的试样, 应绑三支热电偶(标距两端和中间)测量试验温度; 标距长度在 $25 \sim 50\text{mm}$ 的试样, 在标距两端各绑一支热电偶测量试验温度; 标距小于 25mm 的试样, 如确保试样处于炉子均热区内, 可在标距中间绑一支热电偶测量试验温度。热电偶的热端与试样工作表面紧密接触, 在高温下应防止炽热炉壁的辐射作用。

7.2.3 在试验过程中, 试样标距长度内温度偏差和梯度应符合表 3 的规定。

7.3 试验速率

7.3.1 测定规定非比例伸长应力和屈服点时, 试样标距内的应变速率应控制在 $0.005 \pm 0.002/\text{min}$ 屈服后, 可采用 $0.1L_c\text{mm}/\text{min}$ 的横梁移动速度。不具备应变速率控制的情况下, 可采用横梁移动速率, 屈服前, 横梁移动速率不大于 $0.02L_c\text{mm}/\text{min}$ 。如对这种控制方式测得的试验结果有争议时, 则采用 $0.005 \pm 0.002/\text{min}$ 的应变速率进行仲裁试验。

7.3.2 当只需测定抗拉强度时, 在整个拉伸过程中, 可采用 $0.1L_c\text{mm}/\text{min}$ 的横梁移动速度进行试验。

8 性能测定

8.1 规定非比例伸长应力的测定

8.1.1 图解法: 当试样在试验温度下保温到规定的时间, 即可施加力, 并用自动记录装置绘制力—伸长曲线, 直至试样标距上产生的非比例伸长超过规定非比例伸长时为止。

在力—伸长曲线图(图 14)作弹性直线部分的延长线 OB, 取 $\overline{OC} = n \cdot L_c \cdot \epsilon_p$, 过 C 点作 OB 的平行线交曲线于 A 点, A 点对应的力 F_p 为所测定的规定非比例伸长力, 规定非比例伸长应

力按式(1)计算:

$$\sigma_p = \frac{F_p}{S_0} \dots\dots\dots (1)$$

力—伸长曲线上 $\overline{OC}$ 段的选取,应使其不小于 5mm,曲线的高度应使所求 F_p 力处于力轴的 1/2 以上。

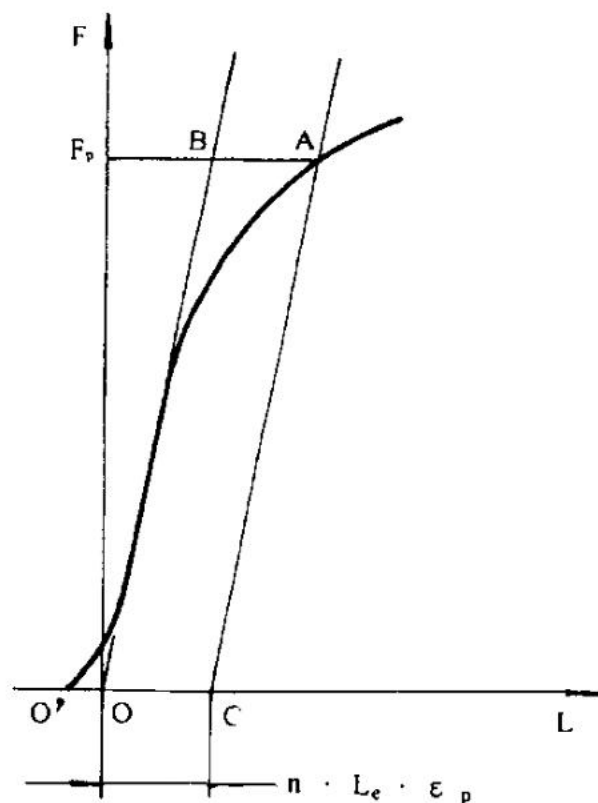


图 14 图解方法测定规定非比例伸长应力

8.1.2 如金属材料的力—伸长曲线无明显弹性直线段,难于确定相应的规定非比例伸长力,则可采用滞后环法:

试验时,对试样施加力至预期规定非比例伸长力后,卸至所施加力的 10%,接着再施力,至少直至包迹线范围,一般将绘出一滞后环。通过滞后环两端点划一直线 MN,从曲线的真实原点 O 起截取 $\overline{OC}$ 段, $\overline{OC} = n \cdot L_e \cdot \epsilon_p$,过 C 点作直线 CA 平行于 MN,CA 线与曲线的交点 A 所对应的力 F_p 为所测定的规定非比例伸长力(见图 15a)。如 CA 线位于滞后环的右侧(图 15b 和 c)则以 CA 线与包迹线的交点所对应力作为规定非比例伸长力 F_p 。

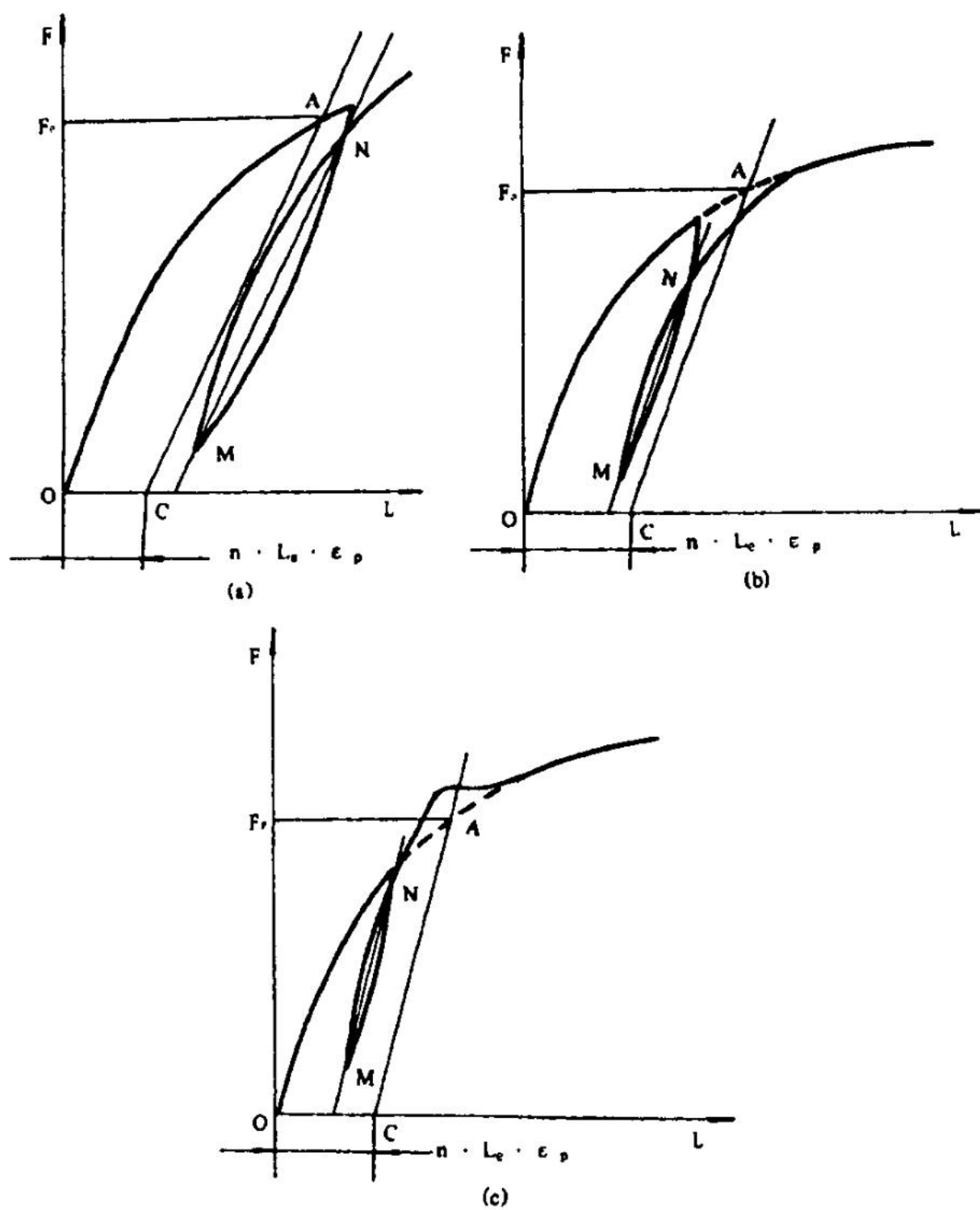


图 15 滞后环方法测定规定非比例伸长力

8.2 规定总伸长应力的测定

8.2.1 图解法:当试样在试验温度下保温到规定时间,即可施加力,并用自动记录绘图装置,绘制力—伸长曲线(图 16),自曲线的真实原点 O,截取 $\overline{OE} = n \cdot L_e \cdot \epsilon_t$, 过 E 点作力轴平行线交曲线于 A 点, A 点所对应的 F_t 为所测规定总伸长力,规定总伸长应力按式(2)计算:

$$\sigma_t = \frac{F_t}{S_0} \dots\dots\dots (2)$$

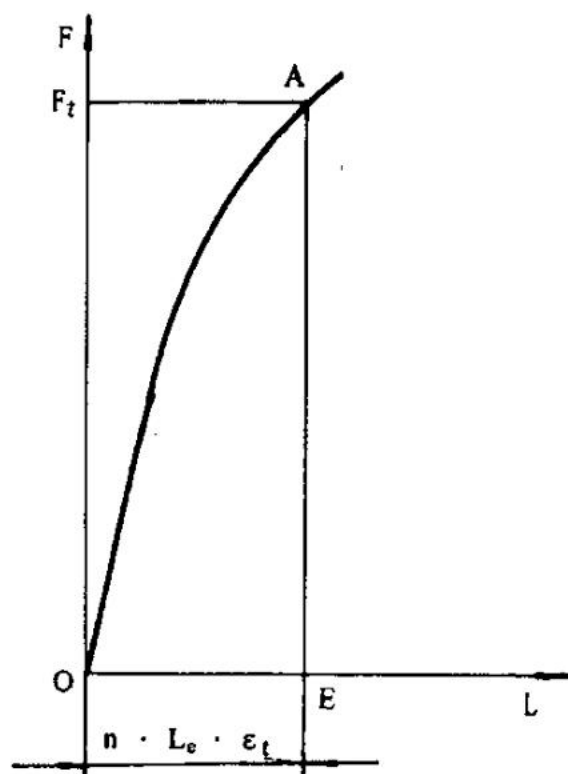


图 16 图解法测定规定总伸长力

8.3 规定残余伸长应力的验证试验

当试样在试验温度下保温到规定时间,对试样施加相当 10MPa 应力的预拉伸力,调整引伸计,设定条件零点,然后对试样施加力至规定残余伸长应力的力,保持 10~12s,卸除力至预拉伸力,验证残余伸长应力是否超过规定值。

8.4 屈服点的测定

在高温试验时,力—伸长曲线有明显的屈服平台的材料(图 17(a)),则屈服平台对应的力即为屈服点的力 F_s ,当材料具有上下屈服点时,应测定下屈服点(图 17(b)或(c)(d)),屈服点和下屈服点分别按式(3)、(4)计算:

$$\sigma_s = \frac{F_s}{S_0} \dots\dots\dots (3)$$

$$\sigma_{sL} = \frac{F_{sL}}{S_0} \dots\dots\dots (4)$$

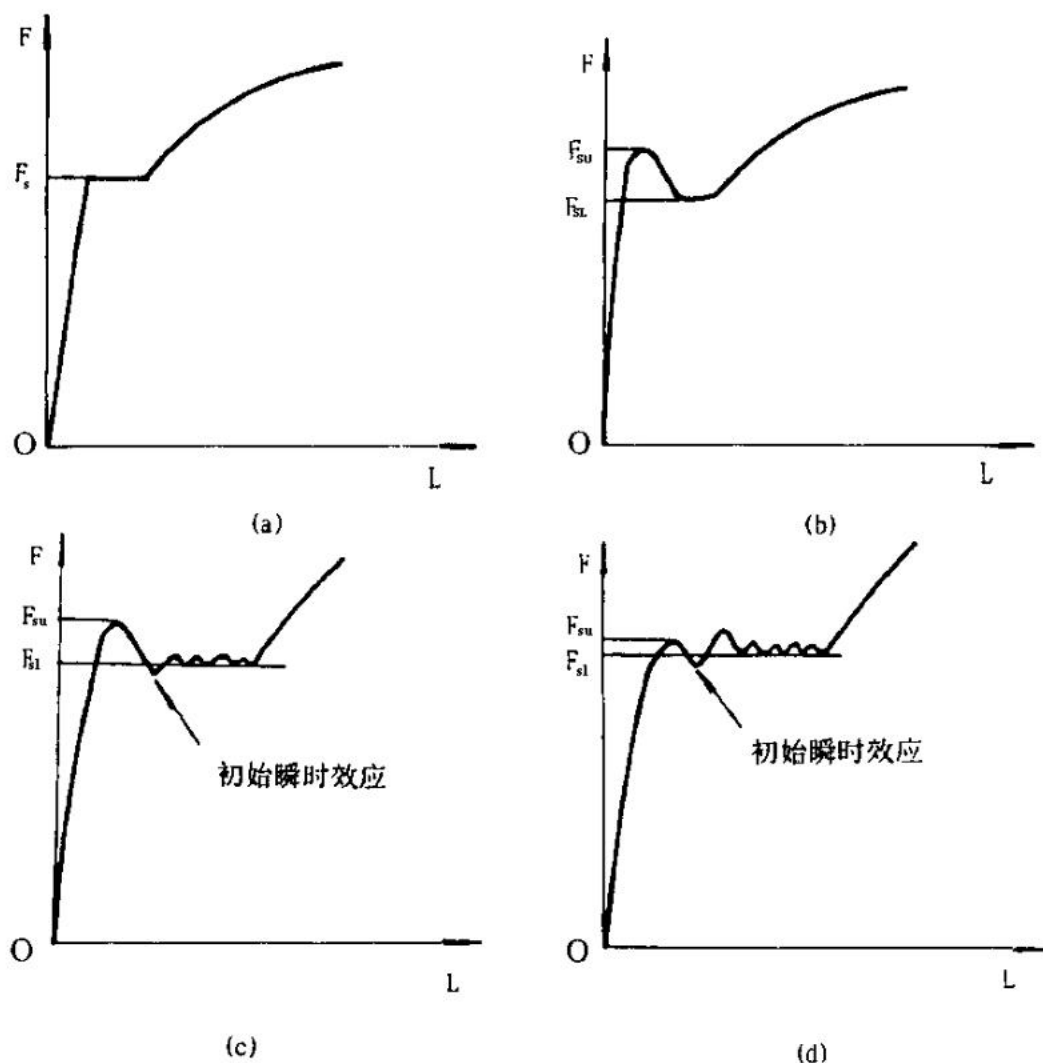


图 17 屈服点力—伸长曲线图

8.5 抗拉强度的测定

试验过程中,从力—伸长曲线上或力指示器上读出试样断裂前最大力 F_b ,抗拉强度按式(5)计算:

$$\sigma_b = \frac{F_b}{S_0} \dots\dots\dots (5)$$

8.6 断后伸长率的测定

8.6.1 试样断口处到邻近标距端点的距离大于或等于 $1/3L_0$ 时,在室温下,将断后两截试样在断口处对齐挤紧,使两截试样的轴线在一条直线上,然后测量标距两端点间的距离 L_1 ,有些材料虽然对齐挤紧,但断口处仍有缝隙,此缝隙应包括在断后的标距内。断后伸长率按(6)式计算:

$$\delta_s = \frac{L_1 - L_0}{L_0} 100\% \dots\dots\dots (6)$$

8.6.2 如试样断口处到邻近标点的距离小于 $1/3L_0$ 时,但所测得的伸长不完全反映材料的特性,但试验结果仍满足材料标准的要求,试验结果有效。

8.7 断面收缩率的测定

在室温下,将拉断后的圆形试样在断口最小处两个相互垂直方向上测量其直径,用两者的平均值计算试样断口处的最小横截面积 S_1 。断面收缩率按式(7)计算:

$$\psi = \frac{S_0 - S_1}{S_0} 100\% \quad \dots\dots\dots (7)$$

注:除技术条件另有规定外,板形试样不测断面收缩率。

9 性能数据值的修约

测得的性能数值按表 4 进行修约,但界限数值不准修约。修约方法按 GB 8170。

表 4

性 能	性能数值范围	修 约 到
$\sigma_p, \sigma_r, \sigma_t$ $\sigma_b, \sigma_s, \sigma_L$	$\leq 200 \text{ MPa}$	1 MPa
	$> 200 \sim 1000 \text{ MPa}$	5 MPa
	$> 1000 \text{ MPa}$	10 MPa
δ	$\leq 5\%$	0.1%
	$> 5 \sim 10\%$	0.5%
	$> 10\%$	1%
ψ	$\leq 20\%$	0.5%
	$> 10\%$	1%

10 试验结果的处理

10.1 试验出现下列情况之一,试验结果无效:

- 试样断在机械冲打或刻划的标点上或标距外;
- 操作不当或设备仪器在试验期间发生故障。

10.2 试验后试样标距内出现两个或两个以上缩颈以及显示出肉眼可见的冶金缺陷(如分层、气泡、夹渣、缩孔等),应在试验记录和报告中注明。

11 试验报告

试验报告应包括以下内容:

- 委托单位、材料牌号、规格、炉批号、热处理制度,生产厂;
- 试样主要尺寸及编号;
- 试验温度,升温、保温时间;
- 试验机型号;
- 测定的力学性能值及试验结论;
- 试验日期;
- 试验、校对和审核者。

附加说明:

本标准由中国航空工业总公司航空材料热工艺标准化技术归口单位提出并归口。

本标准由中国航空工业总公司 621 所、3007 厂负责起草。

本标准主要起草人:陆爱珍,刘梦信。

本标准首次发布日期为 1981 年。