

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准

裂纹张开位移 (COD)

试 验 方 法

GB 2358—80

1 适用范围

本标准规定对钢材进行室温及低温裂纹张开位移 (COD) 试验的方法。试验采用带疲劳预制裂纹的三点弯曲试样进行。

本标准所规定的试验方法适用于线弹性断裂力学失效的延性断裂的情况。试验中测得的启裂或失稳COD值可用于工程结构的安全评定；在试样尺寸相同的条件下，试验中确定的 (COD) 阻力曲线可用于材料和工艺质量的相对评定。

注： 1 如果试样在接近线弹性范围内断裂，并且满足 K_{Ic} 试验的要求，则按 K_{Ic} 试验方法处理，参照YB 947—78《金属材料平面应变断裂韧性 K_{Ic} 试验方法》。

2 有色金属可参照本标准进行试验。

2 定义与符号

2.1 定义

2.1.1 COD。本标准所规定的裂纹张开位移是指弹塑性体受I型（张开型）载荷时，原始裂纹尖端部位的张开位移，简称COD，符号为 δ 。它是描述裂纹体状态的一个断裂力学参量。

2.1.2 COD阻力曲线。相应于某一裂纹扩展量的COD值称为COD阻力值，符号为 δ_R 。 δ_R 与裂纹扩展量 Δa 的关系曲线称为COD阻力曲线，简称 δ_R 曲线。

2.1.3 特征COD值。启裂、失稳或最大载荷COD值，是按本标准测定的COD的特征值，它们表征材料抵抗裂纹启裂或扩展的能力。

2.1.3.1 δ_R 曲线外推到 $\Delta a = 0$ 的 δ_R 值称为表现启裂COD值，符号为 δ_i ，单位为mm。

2.1.3.2 δ_R 曲线上相应于 $\Delta a = 0.05\text{mm}$ 的 δ_R 值称为条件启裂COD值，符号为 $\delta_{0.05}$ ，单位为mm。

2.1.3.3 稳定裂纹扩展量 $\Delta a = 0.05\text{mm}$ 的脆性失稳断裂点或突进点所对应的COD值称为“脆性”启裂COD值，符号为 δ_c ，单位为mm。

2.1.3.4 稳定裂纹扩展量 $\Delta a = 0.05\text{mm}$ 的脆性失稳断裂点或突进点所对应的COD值称为脆性失稳COD值，符号为 δ_u ，单位为mm。

2.1.3.5 最大载荷点或最大载荷平台开始点所对应的COD值称为最大载荷COD值，符号为 δ_m ，单位为mm。

2.2 符号

B ——试样厚度，mm；

W ——试样宽度，mm；

a_0 ——起始切口长度，mm；

a ——总的裂纹长度，mm；

S ——三点弯曲加载跨距，mm；

L ——试样总长度，mm；

Δa ——稳定裂纹扩展量，mm；

- E ——弹性模量, kgf/mm^2 ;
 ν ——泊桑比;
 σ_y ——屈服点 σ_s 或屈服强度 $\sigma_{0.2}$, kgf/mm^2 ;
 K_I ——I型应力场强度因子, $\text{kgf/mm}^{3/2}$;
 $K_{f\max}$ ——预制裂纹时疲劳应力场强度因子的最大值, $\text{kgf/mm}^{3/2}$;
 $Y_{(a, w)}$ ——试样几何形状因子;
 $P_{f\max}$ ——预制裂纹时疲劳载荷的最大值, kgf ;
 $P_{f\min}$ ——预制裂纹时疲劳载荷的最小值, kgf ;
 P ——试验载荷, kgf ;
 P_e —— P - V 曲线开始偏离线性时的载荷值, kgf ;
 P_t ——试验停机点载荷, kgf ;
 P_L ——试样的极限载荷, $P_L = 1.456 \frac{B}{S} (W-a)^2 \sigma_y$, kgf ;
 V ——裂纹嘴两侧刀口上测得的夹式引伸计张开位移, mm ;
 V_p ——夹式引伸计张开位移的塑性部分, mm ;
 r_p ——试样塑性变形阶段的旋转因子;
 Z ——夹式引伸计装卡部位到试样表面的距离, mm ;
 $\Delta\delta$ ——以剩余标准差表示的 δ 分散值, mm 。

3 试验方法概述

3.1 从被检验材料上制备单边切口弯曲试样,通过施加疲劳载荷,使试样起始切口处产生一个尖锐裂纹,然后对试样进行三点弯曲加载。在加载试验过程中,记录 P - V 曲线,最后采用规定的计算式,将 P - V 曲线上选择点的测量参数换算为对应的裂纹尖端张开位移。

3.2 为了获得 δ_I 、 $\delta_{0.05}$ 或对材料和工艺质量进行相对评定,采用多试样法作出 δ_R 曲线,见附录A。也可以采用物理检测方法获得 δ_I 。

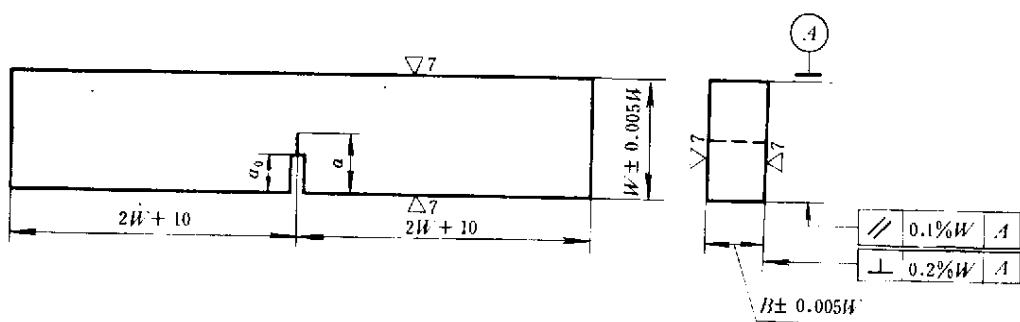
4 试样及其制备

4.1 标准试样的尺寸和标记

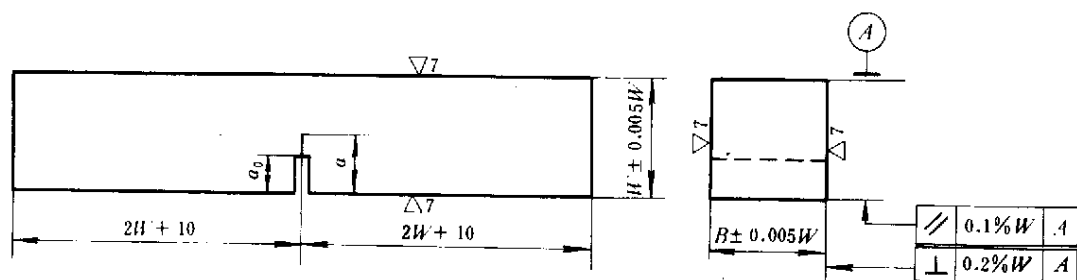
4.1.1 用于工程结构安全评定的标准试样的比例尺寸和公差见图1(a)和(b)。试样的厚度应等于被检验材料的厚度。

注:① 当试验材料不是板状时,试样厚度可根据具体情况确定。

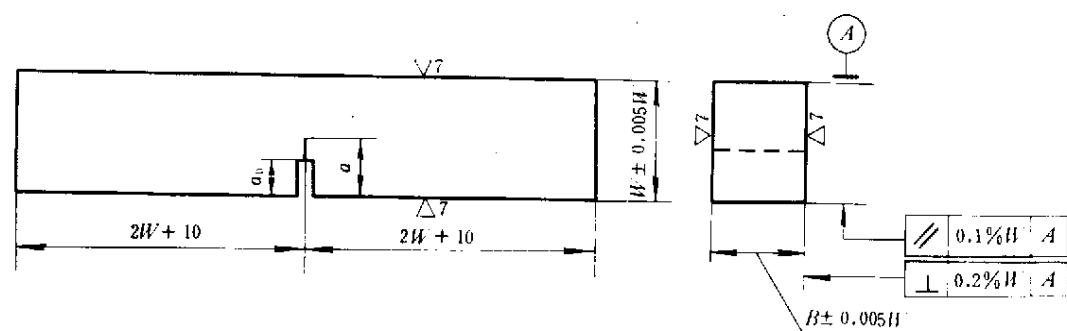
② 对厚截面材料,在断裂机制未发生转变的情况下,可以采用厚度不小于6mm的试样获得 δ_I 。



宽度: $W = 2B$; 厚度: B ;
 加载跨距: $S = 4W$; 平均裂纹长度: $a = (0.45 \sim 0.55)W$
 (a)



宽度: $W = B$; 厚度: B ;
 加载跨距: $S = 4W$; 平均裂纹长度 $a = (0.25 \sim 0.55)W$
 (b)

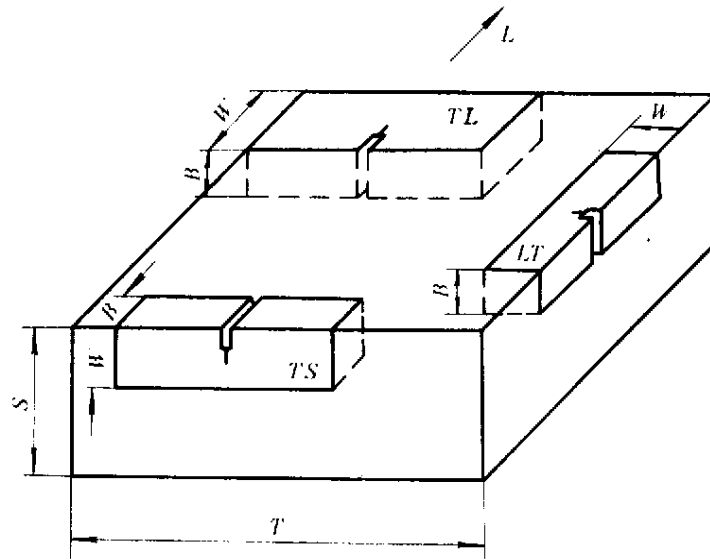


宽度: $W = 1.2B = 24\text{ mm}$; 厚度: $B = 20\text{ mm}$;
 加载跨距: $S = 4W$; 平均裂纹长度: $a = (0.35 \sim 0.45)W$
 (c)

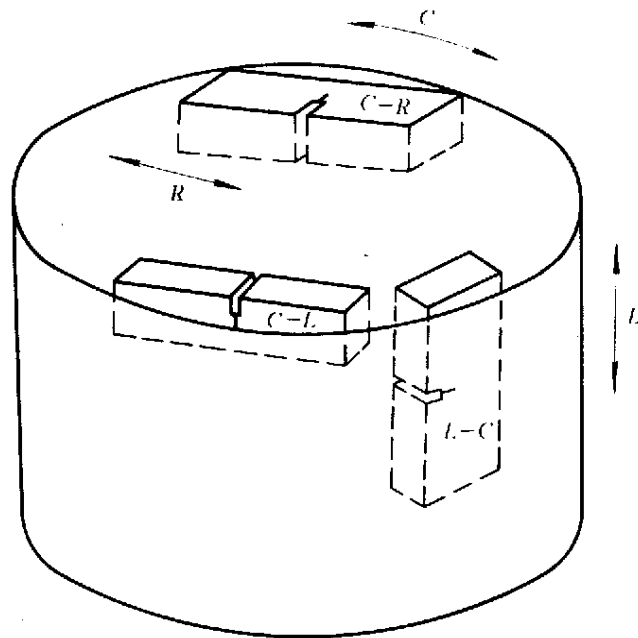
图 1

4.1.2 为了对材料与工艺质量进行相对评定,采用图1(c)的统一试样,对截面尺寸小于 $20 \times 24 \text{ mm}$ 的材料,可采用与图1(c)比例相同的全厚度试样。

4.1.3 裂纹面的取向根据需要确定。其标记方法为第一个字母表示裂纹面的法线方向,第二个字母表示预期的裂纹扩展方向,标记规定见图2(a)和(b)。



(a) 板状材料的试样取向标记



(b) 圆形材料的试样取向标记

图 2

L —长度或主变形方向; T —宽度方向或最小变形方向; S —厚度方向或第三正交方向; R —沿径向方向; C —圆周或切线方向。(a)、(b)各示出了三种取向,其它取向可依此类推表示

4.2 试样数量

4.2.1 用单试样法获得 δ_i 、 δ_c 、 δ_u 或 δ_m 应不少于三个平行试样。

4.2.2 用多试样法获得一条 δ_R 曲线应采用5~8个试样,当材质不均匀时,应适当增加试样数量。

4.3 起始切口的加工要求

可以用直径不超过0.15mm钼丝线切割起始切口。也可以采用锯或铣切加工的组合式切口,切口根部半径应不超过0.1mm,并且以疲劳裂纹尖端为顶点的切口包迹不得超过30°。切口长度 $a_0 \leq (a - 2)$ mm。

安装引伸计的整体型刀口的加工要求见图3(a)。

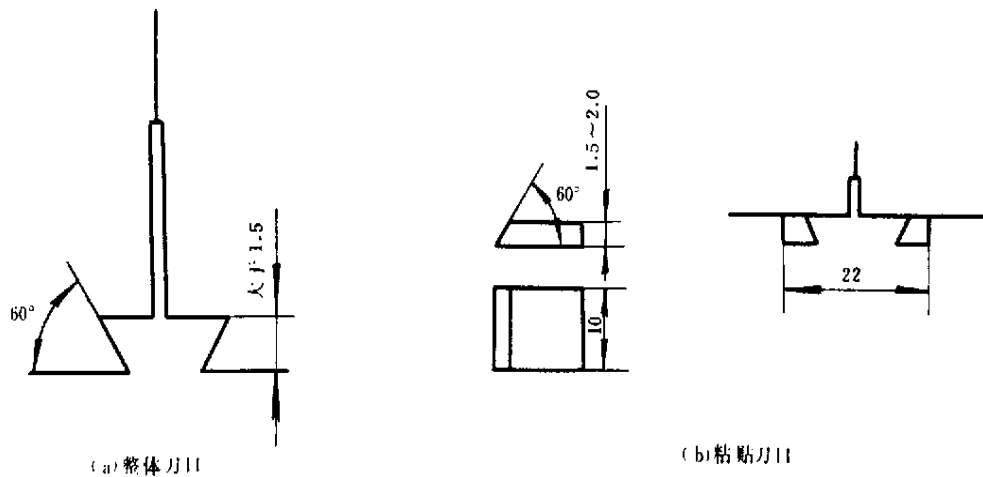


图3

4.4 疲劳预制裂纹

4.4.1 为了使裂纹前缘清晰和裂纹扩展区的留印效果良好,应采取必要的措施保证疲劳裂纹不受污染。

4.4.2 疲劳预制裂纹时的加载跨距 $S = 4W$,并应使同一组试样的 a/w 尽可能一致。

4.4.3 在疲劳预制裂纹的整个过程中应保证 P_{fmax} 满足(1)式和(2)式:

$$P_{fmax} \leq 0.5 P_L \quad (1)$$

$$P_{fmax} \leq \frac{0.01 EB \sqrt{W}}{Y} \quad (2)$$

式中: Y 作为 a/W 的函数列于表1。

三点弯曲试样的 $Y(a/W)$ 值, $S/W = 40$

表 1

a/W	0.000	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	0.007	0.008	0.009	0.010
0.250	5.36	5.38	5.39	5.41	5.42	5.43	5.45	5.46	5.48	5.49	5.51
0.260	5.51	5.52	5.54	5.55	5.57	5.58	5.59	5.61	5.62	5.64	5.65
0.270	5.65	5.67	5.68	5.70	5.71	5.73	5.74	5.76	5.77	5.79	5.80
0.280	5.80	5.82	5.83	5.85	5.86	5.88	5.89	5.91	5.93	5.94	5.96
0.290	5.96	5.97	5.99	6.00	6.02	6.03	6.05	6.07	6.08	6.10	6.11
0.300	6.11	6.13	6.14	6.16	6.18	6.19	6.21	6.22	6.24	6.26	6.27
0.310	6.27	6.29	6.30	6.32	6.34	6.35	6.37	6.39	6.40	6.42	6.44
0.320	6.44	6.45	6.47	6.49	6.50	6.52	6.54	6.55	6.57	6.59	6.61
0.330	6.61	6.62	6.64	6.66	6.67	6.69	6.71	6.73	6.74	6.76	6.78
0.340	6.78	6.80	6.81	6.83	6.85	6.87	6.88	6.90	6.92	6.94	6.96
0.350	6.96	6.97	6.99	7.01	7.03	7.05	7.07	7.09	7.10	7.12	7.14
0.360	7.14	7.16	7.18	7.20	7.22	7.24	7.25	7.27	7.29	7.31	7.33
0.370	7.33	7.35	7.37	7.39	7.41	7.43	7.45	7.47	7.49	7.51	7.53
0.380	7.53	7.55	7.57	7.59	7.61	7.63	7.65	7.67	7.69	7.71	7.73
0.390	7.73	7.75	7.77	7.79	7.82	7.84	7.86	7.88	7.90	7.92	7.94
0.400	7.94	7.97	7.99	8.01	8.03	8.05	8.07	8.10	8.12	8.14	8.16
0.410	8.16	8.19	8.21	8.23	8.25	8.28	8.30	8.32	8.35	8.37	8.39
0.420	8.39	8.42	8.44	8.46	8.49	8.51	8.53	8.56	8.58	8.61	8.63
0.430	8.63	8.65	8.68	8.70	8.73	8.75	8.78	8.80	8.83	8.85	8.88
0.440	8.88	8.90	8.93	8.95	8.98	9.01	9.03	9.06	9.08	9.11	9.14
0.450	9.14	9.16	9.19	9.22	9.24	9.27	9.30	9.32	9.35	9.38	9.41
0.460	9.41	9.43	9.46	9.49	9.52	9.55	9.57	9.60	9.63	9.66	9.69
0.470	9.69	9.72	9.75	8.78	9.81	9.84	9.86	9.89	9.92	9.95	9.98
0.480	9.98	10.02	10.05	10.08	10.11	10.14	10.17	10.20	10.23	10.26	10.30
0.490	10.30	10.33	10.36	10.39	10.42	10.46	10.49	10.52	10.55	10.59	10.62
0.500	10.62	10.65	10.69	10.72	10.76	10.79	10.82	10.86	10.89	10.93	10.96
0.510	10.96	11.00	11.03	11.07	11.10	11.14	11.18	11.21	11.25	11.29	11.32
0.520	11.32	11.36	11.40	11.43	11.47	11.51	11.55	11.59	11.62	11.66	11.70
0.530	11.70	11.74	11.78	11.82	11.86	11.90	11.94	11.98	12.02	12.06	12.10
0.540	12.10	12.14	12.19	12.23	12.27	12.31	12.35	12.40	12.44	12.48	12.53

4.4.4 按4.4.3所得出的 $P_{f\max}$ 为估算值, 对每批同一材料和尺寸的试样, 必须进行试探性试验, 以得到合适的疲劳载荷。如经约 20000 次循环引发不出裂纹, 允许适当提高 $P_{f\max}$ 值, 但应保证试样不发生残余的挠曲变形。如果引发裂纹太快, 应适当降低载荷。

4.4.5 疲劳预制裂纹时, 最好使 $P_{f\min} \leq 0.2 P_{f\max}$ 。

5 试验设备

5.1 进行COD试验的试验机

三点弯曲试验可以采用各种型式的材料试验机, 但必须满足 GB 228—76 《金属拉力试验方法》中对试验机及测量工具的各项要求。

5.2 三点弯曲加载装置

三点弯曲加载装置采用支承辊来支承试样, 试样与支承辊之间保持滚动接触。为获得准确的试验跨距, 使用低张力弹簧或橡皮筋固定支承辊的初始位置。加载装置的设计见图 4。低温试验加载装置的建议设计图见附录 B。

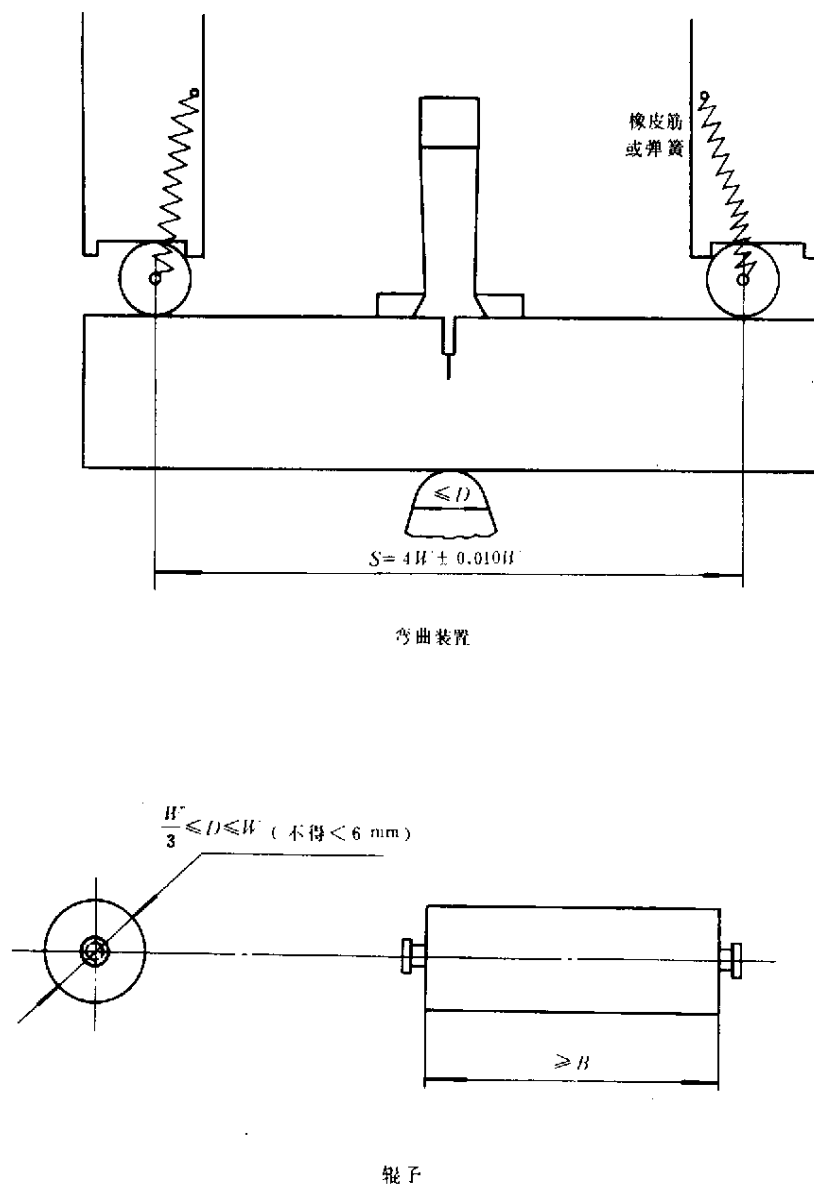


图 4

5.3 载荷测量

试验系统应配备相应的电测载荷传感机构。载荷传感机构应具有类似于引伸计的线性度，它与放大及记录系统的组合应保证载荷的测量精度达到试验载荷满量程的 $\pm 1\%$ 。

5.4 引伸计

5.4.1 引伸计应准确地反映试验过程中试样裂纹嘴两侧刀口间位移的变化，其标长和线性工作范围应满足试验的要求，线性工作范围一般为 $2 \sim 3 \text{ mm}$ 。图 5 列出一种常用尺寸的夹式引伸计设计图，为了适合不同标长和线性工作范围的要求，可以采用其它尺寸的设计。引伸计梁应选用 σ_y/E 值高的材料，一般以钛合金为宜；垫块应采用轻质刚性材料，如铝合金等。

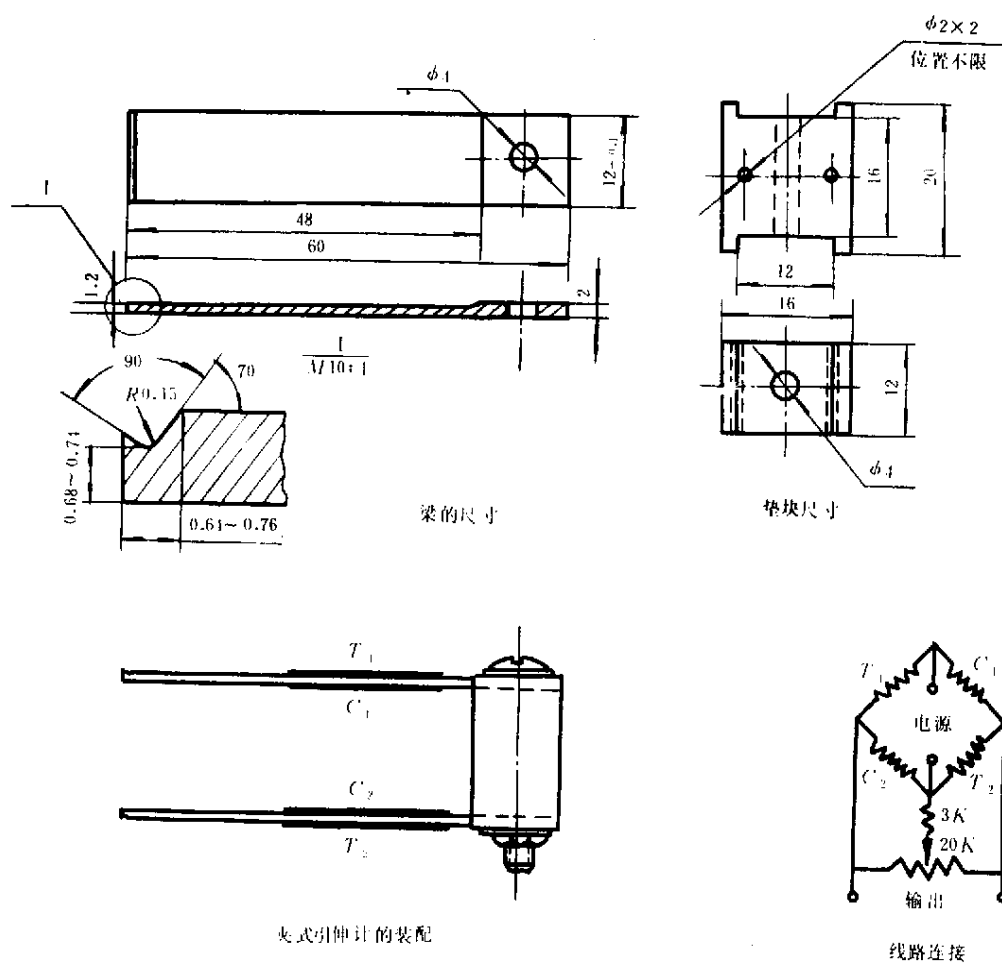


图 5

5.4.2 引伸计在线性工作范围内的线性度要求为：在位移不大于0.5mm时，线性偏差不大于0.005mm；在位移大于0.5mm时，线性偏差不大于试验位移满量程的 $\pm 1\%$ 。

5.4.3 引伸计应在每批连续试验前后各进行一次准确标定，并且每十次试验或每四小时试验不得少于一次标定。标定的装卡状态和环境应与试验时一致。

5.5 记录系统

记录系统应保证对载荷与位移测量所规定的精度能够实现，其响应时间和记录速度要保证跟上载荷与位移讯号的变化。

6 试验程序

6.1 试验前对试样的检查与测量

6.1.1 试验前从试样两侧表面检查疲劳裂纹，以初步确定其尺寸和位置应符合6.5.3的要求；并检查试样不应挠曲，如有挠曲，则试样报废。

6.1.2 在离开裂纹平面不超过 $10\%W$ 的范围内，测量试样厚度 B 和宽度 W ，测量精度为0.02mm。

6.2 三点弯曲加载装置的调整与试样的装卡

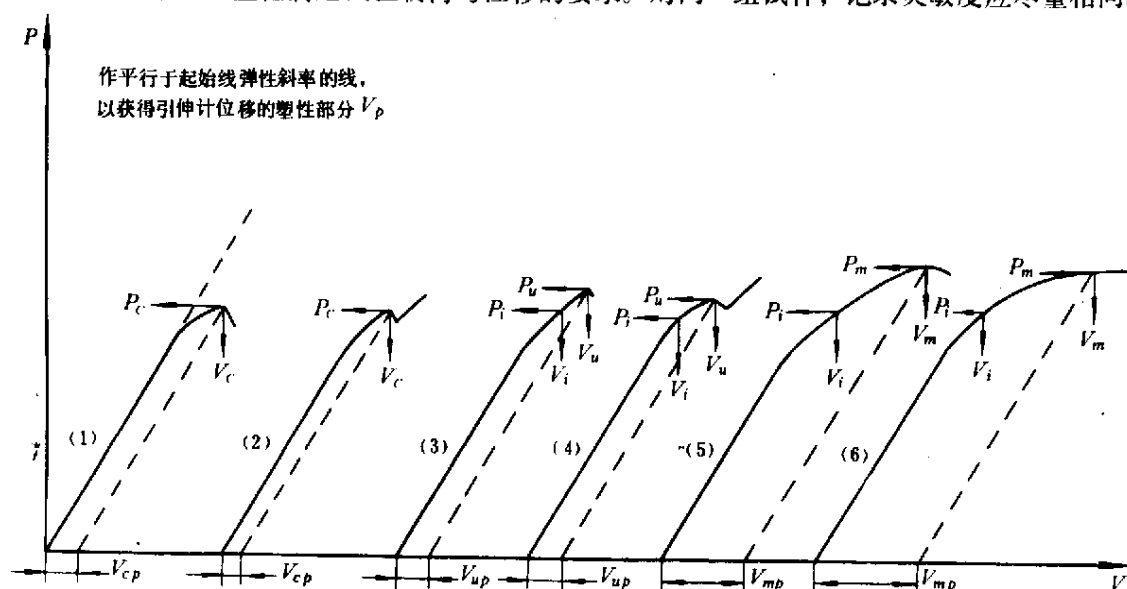
6.2.1 调整三点弯曲加载装置，使加载线通过跨距 S 的中点，偏差在 $\pm 1\%S$ 以内，跨距的测量精确到公称长度的0.5%以内。放置试样时，应使切口中心线落在跨距的中点，偏差不得超过 $\pm 1\%S$ ，而且试样和支承辊的轴线应成直角，偏差在 $\pm 2^\circ$ 以内。

6.2.2 夹式引伸计应仔细地装卡在试样上，使刀口棱边和引伸计的沟槽接触良好，刀口型式见图3，但也可采用其它型式的刀口。刀口标长不超过 $W/2$ ，对小试样，粘贴刀口外限间距最大可到22mm。

低温试验的有关要求见附录B。

6.3 记录系统的调整

记录系统的灵敏度应根据记录曲线的类型来确定，常见的记录 $P-V$ 曲线类型见图6(1)~(6)。对图6(1)~(4)所示类型的曲线，使曲线的初始斜率在1~1.5之间；对图6(5)和(6)所示的曲线应使整个记录量程满足试验载荷与位移的要求。对同一组试样，记录灵敏度应尽量相同。



注：① (3)~(6) 曲线上的 (P_i, V_i) 表示启裂点。

② 在曲线(2)和(4)的情况下，突进以后的行为与试样、试验机系统柔度和仪器响应速度有关。

图 6

6.4 加载试验

6.4.1 加载试验在初始线弹性变形阶段中的压头位移速度选择范围为 $(0.05 \sim 0.4) B^{1/2} \text{ mm/min}$ 或加载速度选择范围为 $(15 \sim 120) B^{3/2} \text{ kgf/min}$ 。

6.4.2 在略低于疲劳预制裂纹时最终 $P_{f\max}$ 的载荷下加载1~2次。

6.4.3 对试样加载,记录 $P-V$ 曲线。

6.4.3.1 在延性启裂的情况下,见图6(3)~(6),按附录A采用多试样法作出 δ_R 曲线,从 δ_R 曲线上获得 δ_i 、 $\delta_{0.05}$ 、 δ_u 或 δ_m 值。

注:如果对从 δ_R 曲线上获得的 δ_u 或 δ_m 有争议,则应以本条(3)项的结果为准。

6.4.3.2 在稳定裂纹扩展量 $\Delta a \leq 0.05 \text{ mm}$ 即发生脆性失稳断裂或突进的情况下,见图6(1)和(2),进行不少于三个试样的试验获得 δ_c 。

6.4.3.3 如果试验目的只需获得 δ_u 或 δ_m ,则进行不少于三个试样的试验。

6.4.3.4 可以采用已被证明为有效的物理检测方法获得 δ_i ,并在试验报告中注明所采用的方法。

6.5 原始裂纹长度的测量

6.5.1 试样断裂后,在 0 、 $\frac{1}{4}B$ 、 $\frac{1}{2}B$ 、 $\frac{3}{4}B$ 和 B 的位置上测量裂纹长度 a_1 、 a_2 、 a_3 、 a_4 和 a_5 ,见图7。测量在工具显微镜下进行,精确到 0.01 mm 。对大试样可以采用其它测量工具,精确到 $0.5\% a$ 。

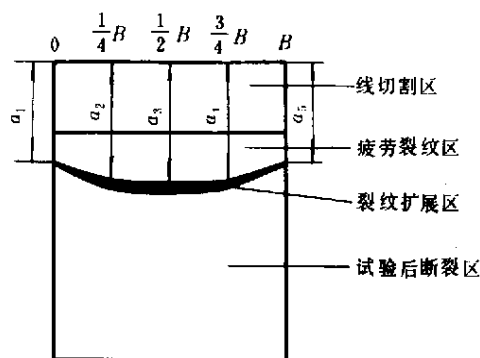


图 7

6.5.2 取 $a = \frac{1}{3}(a_2 + a_3 + a_4)$ 作为裂纹长度,用于计算COD值。

6.5.3 a_2 、 a_3 和 a_4 中最大值与最小值之差不应超过 $3\%W$,同时应使 $a - a_0 \geq 2 \text{ mm}$ 。此外,还要求两个表面的裂纹长度 a_1 和 $a_5 \geq 85\% a$;裂纹平面与试样宽度 W 和厚度 B 的方向平行,允许偏差在 $\pm 10^\circ$ 以内。否则必须在试验结果报告中特别注明。

7 试验结果的处理与记录

7.1 计算公式

获得必要的测量数据后,采用下列公式计算原始裂纹尖端部位的张开位移:

$$\delta = \frac{K_I^2 (1 - \nu^2)}{2 \sigma_y E} + \frac{r_p (W - a) V_p}{r_p (W - a) + a + Z} \quad (3)$$

$$K_I = \frac{Y P}{B W^{1/2}} \quad (4)$$

式中: P 与 V_p 分别为 $P-V$ 曲线上用于计算的某一点所对应的载荷与夹式引伸计位移的塑性部分, 见图 6 和图 A 1, 对应于 a/W 的 Y 值列于表 1。

对一般钢材, E 取 $2.1 \times 10^4 \text{ kgf/mm}^2$, r 取 0.30。对某些特殊材料, 应取实测或有关手册中提供的值。

本标准取 $r_p = 0.45$; 也可以取实测 r_p 值, 但需在试验报告中注明。

注: 如果希望获得参考的 J 积分值, 可按附录 C 从 $P-V$ 曲线计算 J 积分。

7.2 试验结果的计算与处理

7.2.1 在图 6 (1) 和 (2) 的情况下, 取脆性失稳断裂点或突进点所对应的载荷 P_c 与位移 V_{cp} , 按 (3) 和 (4) 式计算 δ_c 。

7.2.2 在图 6 (3) 和 (4) 的情况下, 取脆性失稳断裂点或突进点所对应的载荷 P_u 与位移 V_{up} , 按 (3) 和 (4) 式计算 δ_u ; 按附录 A 获得 δ_i 、 $\delta_{0.05}$ 或 δ_m 。

7.2.3 在图 6 (5) 和 (6) 的情况下, 取最大载荷点或最大载荷平台开始点所对应的载荷 P_m 与位移 V_{mp} , 按 (3) 和 (4) 式计算 δ_m ; 按附录 A 获得 δ_i 、 $\delta_{0.05}$ 或 δ_m 。

7.2.4 当采用物理方法检测启裂点时, 取所对应的 P_i 与 V_{ip} , 按 (3) 和 (4) 式计算 δ_i 。

7.3 试验记录与报告

7.3.1 试验记录建议按表 2 “COD 试验原始数据记录表” 填写。

7.3.2 试验报告应包括下述内容

- 试验材料的冶金状态、规格、取样部位及试样取向;
- 试样厚度 B (mm) 和宽度 W (mm);
- 疲劳预制裂纹开始和最终的 $P_{f \max}$ 、 $P_{f \max}/P_{f \min}$, 循环次数和温度;
- 试验温度和环境;
- 裂纹长度 a (mm);
- 装卡引伸计的刀口厚度 Z (mm);
- 根据试验要求记录 $P-V$ 曲线上用于计算试验结果的外加载荷 P_i 、 P_c 、 P_u 或 P_m (kgf) 及相应的位移 V_{ip} 、 V_{cp} 、 V_{up} 或 V_{mp} (mm);
- 根据试验要求, 记录有关的特征 COD 值 δ_i 、 $\delta_{0.05}$ 、 δ_c 、 δ_u 或 δ_m ;
- 如果试验目的是对材料和工艺质量进行相对评定, 则记录 δ_R 曲线;
- 其它需要注明的项目。

表2 COD试验原始数据记录表

材料名称 与规格				热处理 状态			常规 力学 性能					试样 取向		
试样 编号	B mm	W mm	疲劳预制 裂纹制度	裂纹与裂纹扩展量测量 值, mm		a/W $Y\left(\frac{a}{W}\right)$	用于计算 δ_e 的载荷P, kgf	用于计算 δ_p 的 V_p , mm	$\delta = \delta_e + \delta_p$, mm					
									δ_e	δ_p	δ			
					$a =$									
					$\Delta a =$									
					$a =$									
					$\Delta a =$									
					$a =$									
					$\Delta a =$									
					$a =$									
					$\Delta a =$									
					$a =$									
					$\Delta a =$									
					$a =$									
					$\Delta a =$									
试验 结果			注	计算中所采用的 $E =$, $\nu =$, $r_p =$			试验日期							
				Δa测量中能否鉴别亮带			试验温度							
				其它			试验者							

附录 A

用多试样法作出 δ_R 曲线的试验程序及从 δ_R 曲线获得 δ_i 、 $\delta_{0.05}$ 、 δ_u 及 δ_m 的方法 (规定的)

A.1 第一个试样加载到脆性失稳断裂点 [图 6 (3)] 或突进点 [图 6 (4)], 或略超过最大载荷点 [图 6 (5)] 或最大载荷平台开始点 [图 6 (6)] 停机卸载, 如图 A 1 的 1 点。然后以这个点为参考, 继续试验 3 ~ 4 个试样, 每个试样的停机点控制在不同的类型引伸计位移, 以获得不同的裂纹扩展量, 如图 A 1 的 2 ~ 5 点。

注: 如果试验目的只是为了外推获得 δ_i 或 $\delta_{0.05}$, 则最大的裂纹扩展量可控制在 0.3 ~ 0.4 mm 范围内。

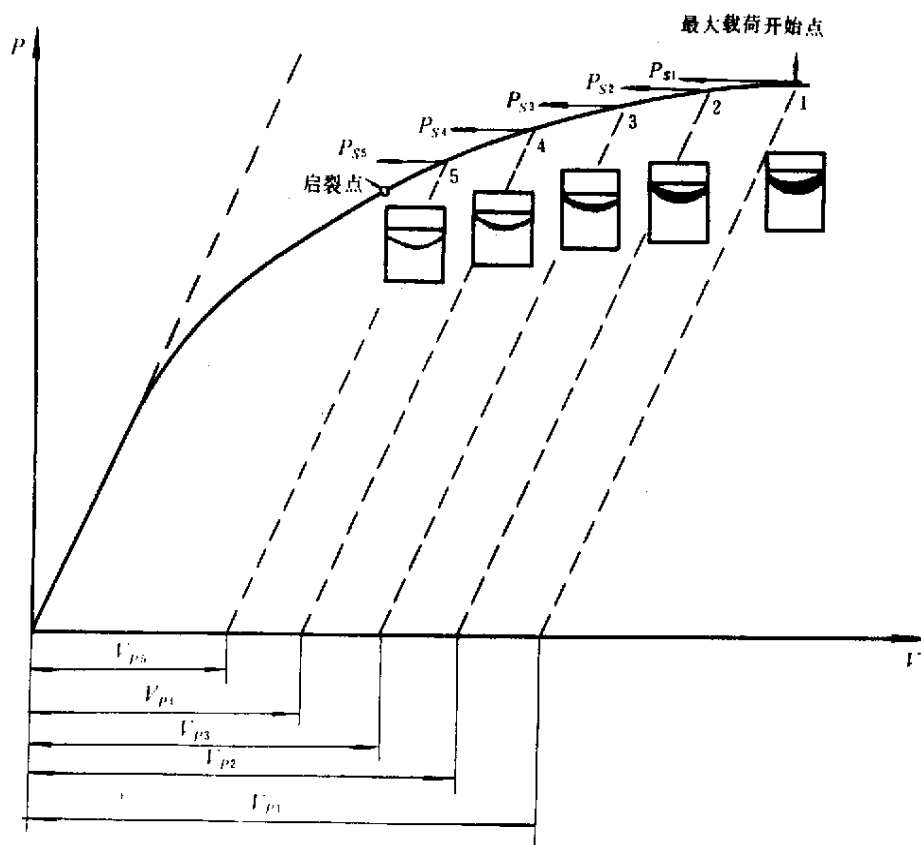


图 A 1

A.2 将上述已试验过的几块试样, 采用氧化、发蓝或二次疲劳方法, 使裂纹稳定扩展区留印。二次疲劳的最大载荷应不超过试验中 $P-V$ 曲线开始偏离线性点的载荷 P_e 。对于高韧性材料, 采用二次疲劳或先氧化再二次疲劳, 能获得更为满意的结果。

A.3 留印后压断试样, 此时应保证疲劳预制裂纹前缘和裂纹扩展区的形貌不发生严重畸变。特别是对高韧性材料, 可以采用低温脆断或二次疲劳延伸裂纹扩展长度后压断试样。

A.4 在工具显微镜下初步判断已试验过的几块试样的裂纹稳定扩展量应满足试验要求:

A.4.1 试验点大致沿 a 轴等间隔分布;

在数据点按有规律的曲线分布的情况下,用目测方法描出曲线,并以该曲线为中心划对称分散带,允许30%的数据点在分散带以外;也可以采用曲线函数拟合的方法作出曲线,并以拟合处理的剩余标准差 $\pm \Delta\delta$ 作对称分散带,见图A 3 (a)。

在数据点分散,没有明显曲线规律的情况下,采用线性回归方法作出 δ_R 曲线,并以回归处理的剩余标准差 $\pm \Delta\delta$ 作对称分散带,见图A 3 (b)。

注:如果试验目的只是为了外推获得 δ_i 或 $\delta_{0.05}$,则只需用 $\Delta a \leq 0.3 \sim 0.4$ mm的试验点(不少于五个)进行上述处理。

A.12 从 δ_R 曲线获得COD特征值

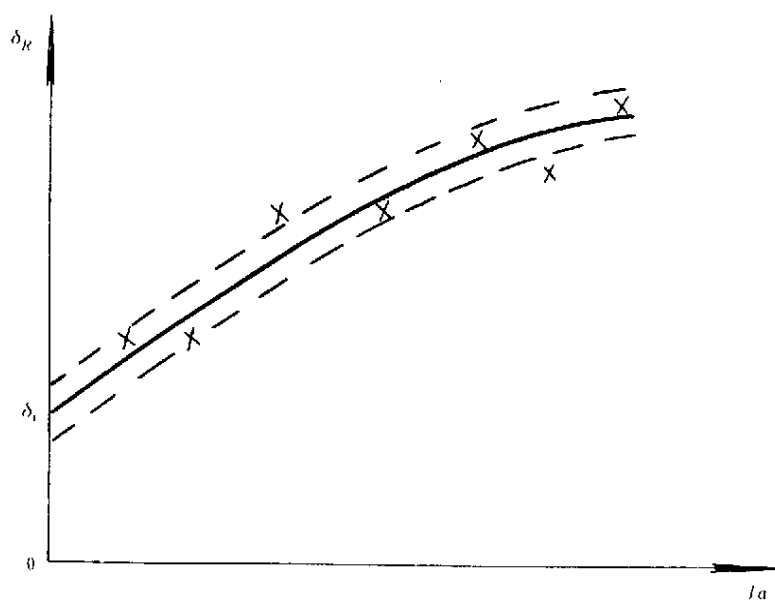
A.12.1 将 δ_R 曲线外推到 $\Delta a = 0$ 即获得 δ_i ,以 $\delta_i \pm \Delta\delta$ 表示试验结果。

A.12.2 δ_R 曲线上对应于 $\Delta a = 0.05$ mm的 δ_R 值即为 $\delta_{0.05}$,以 $\delta_{0.05} \pm \Delta\delta$ 表示试验结果。

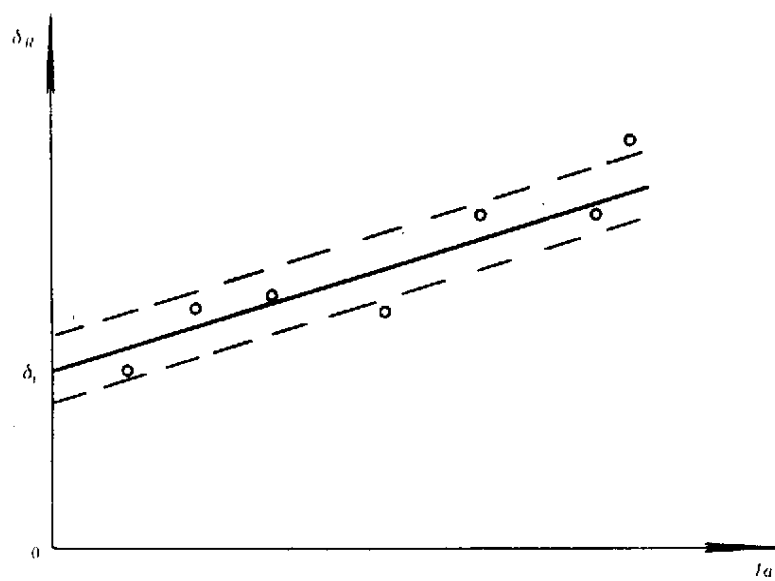
A.12.3 对图6(3)和(4)的情况,以加载到脆性失稳断裂点或突进点的试样计算出 δ_u ,以 $\delta_u \pm \Delta\delta$ 表示试验结果。

A.12.4 在图6(5)和(6)的情况下,以加载到略超过最大载荷点或载荷平台开始点的试样计算出 δ_m ,以 $\delta_m \pm \Delta\delta$ 表示试验结果。

注:如果在—组试样中有两个试样获得 δ_u 或 δ_m ,则以 $\frac{\delta_{u1} + \delta_{u2}}{2} \pm \Delta\delta$ 或 $\frac{\delta_{m1} + \delta_{m2}}{2} \pm \Delta\delta$ 表示试验结果。



(a)



(b)

图A3

附录 B

低温COD试验的有关要求 (参考的)

B.1 建议采用的低温COD试验装置见图 B 1。

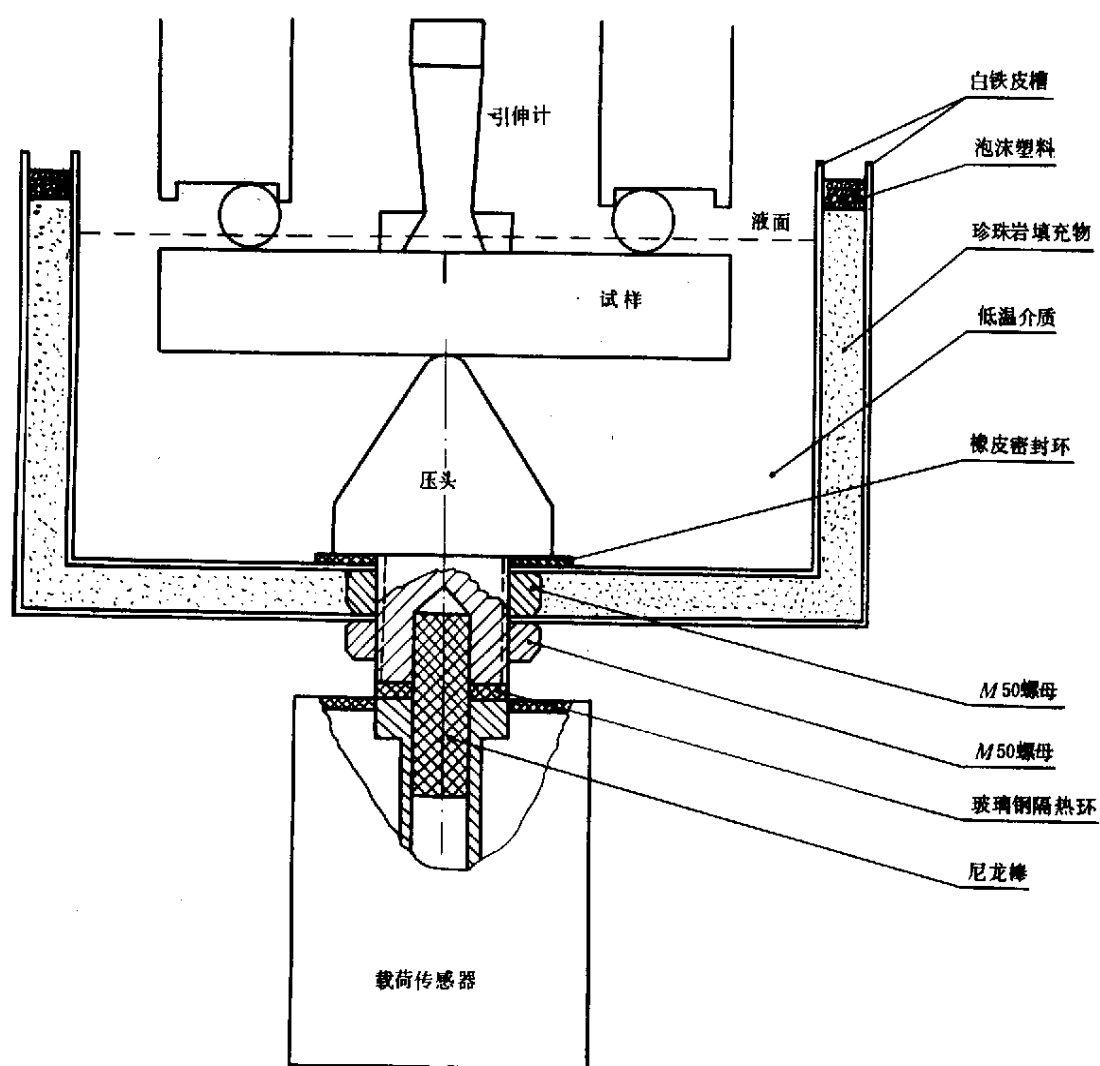


图 B 1

B.2 为了使引伸计不受低温介质的浸泡，刀口厚度宜大于5 mm，并建议采用骑跨式刀口，见图B 2。

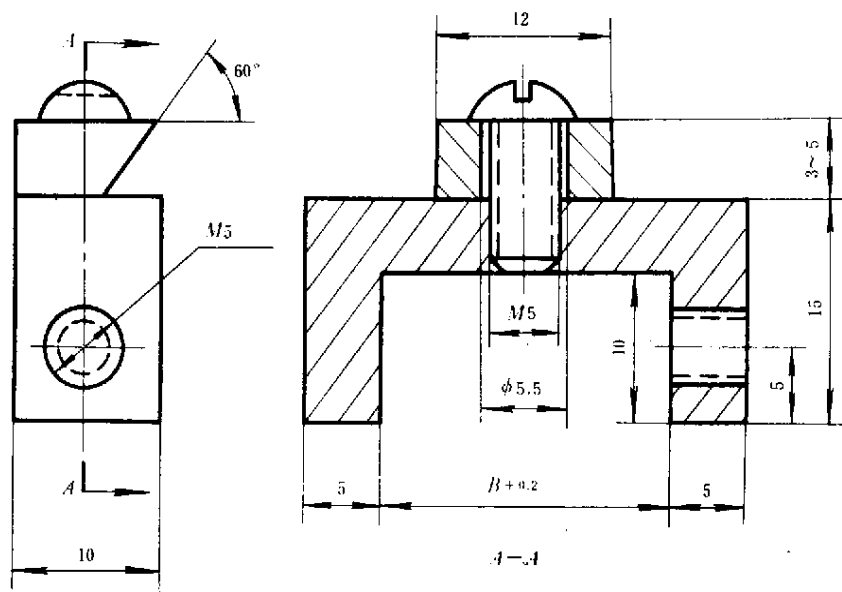


图 B 2

B.3 引伸计应在试验中引伸计所在环境的温度下标定，在一批试验中应适当增加标定次数，以保证引伸计输出的可靠性。

B.4 在 -110°C 以上的温度下，可用无水酒精加液氮作为低温介质，而在 -70°C 以上的温度下，也可以采用工业酒精加干冰作为低温介质。

B.5 为了保证试样温度均匀，低温介质的液面应超过试样上表面2 mm以上，并进行搅拌，在试验温度下按试样厚度至少保持20sec/mm方可开始进行加载试验。

B.6 温度测量应在靠近试样裂纹尖端处进行，准确到 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 。

附录C

从 $P-V$ 曲线计算 J 积分的方法 (参考的)

对应于 $P-V$ 曲线上某一点的 J 积分值按下式计算:

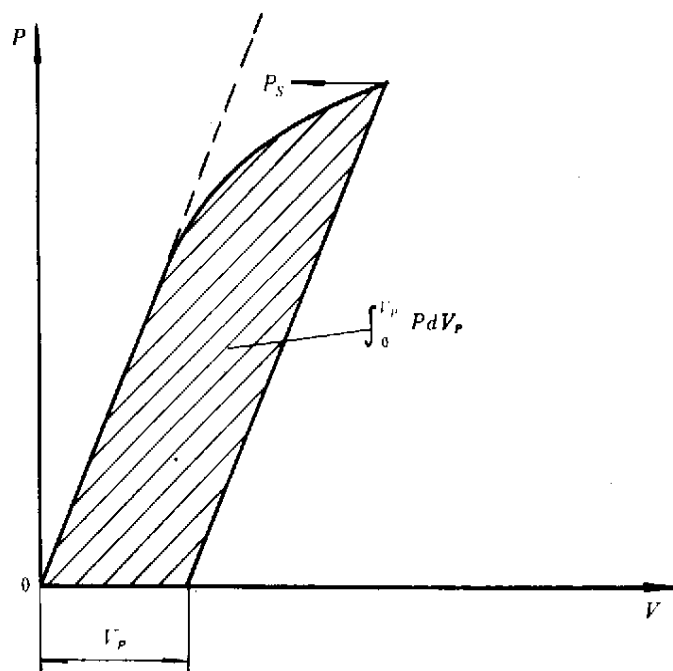
$$J = \frac{K_1^2 (1 - v^2)}{E} + \frac{2 u_p}{B (W - a)} \quad (1)$$

$$K_1 = \frac{P_y}{B W^{1/2}} \quad (2)$$

$$U_p = \frac{S}{4} \frac{\int_0^{V_p} P dV_p}{r_p (W - a) + a + Z} \quad (3)$$

式中: P 为 $P-V$ 曲线上该点所对应的载荷, $\int_0^{V_p} P dV_p$ 为到该点为止的曲线下面积的塑性部分 (以 kgfmm 表示) 见图C。

本标准取 $r_p = 0.45$, 也可以取实测 r_p 值, 但需在试验报告中注明。



图C

附录 D

公制单位和国际单位换算表

力		应 力	
kgf	N	kgf/mm ²	MN/m ² (MPa)
1	9.807	1	9.807
0.102	1	0.102	1

应 力 场 强 度 因 子

kgf/mm ^{3/2}	MN/m ^{3/2} (MPa _a ^{1/2} ·m)
1	0.310
3.225	1

单 位 面 积 能 量

kgf/mm	kN/m (kPam)	MJ/m ²	N/mm
1	9.807	0.009807	9.807
0.102	1	0.001	1
102	1000	1	1000

kgf: (公斤力)

N: (牛顿)

k: (千, 10³)M: (兆, 10⁶)

Pa: (帕斯卡)

J: (焦耳)

m: (米)

mm: (毫米)