



中华人民共和国国家标准

GB/T 46590—2025

金属材料 宽板拉伸试验方法

Metallic materials—Method of wide plate tensile test

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
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 符号和说明	1
5 原理	3
6 试样	3
7 试验设备	5
8 试验程序	8
9 试验报告	12
附录 A (资料性) 宽板拉伸试验数据记录表	13
附录 B (资料性) 试验后样品分析	15
参考文献	16

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：中国石油集团工程材料研究院有限公司、天津大学、上海申力试验机有限公司、中机试验装备股份有限公司、深圳市海塞姆科技有限公司、北京航空航天大学宁波创新研究院、江苏省特种设备安全监督检验研究院、冶金工业信息标准研究院、洛阳船舶材料研究所(中国船舶集团有限公司第七二五研究所)、国家石油天然气管网集团有限公司科学技术研究总院分公司、中国石油技术开发有限公司、国标(北京)检验认证有限公司、国合通用(青岛)测试评价有限公司、钢研纳克检测技术股份有限公司、江苏省产品质量监督检验研究院、成都飞机工业(集团)有限责任公司。

本文件主要起草人：陈宏远、高雄雄、龚宝明、李剑峰、谷春华、李长太、陈泷、葛志强、侯慧宁、宫旭辉、玄文博、包文涛、赵雪同、李铸铁、高怡斐、陈玉明、熊俊、张洪杰、邓彩艳、王敬轩、祝仰波、毕胜昔、曹苗、王步美、董莉、高珍鹏、王富祥、王钢、曹东东、梁锡炳、叶慧丽、郑洪、施宜君、刘永、陈长奎、孙勇、张纪奎、谢毅、郭碧城、牛佳佳、杨悦、臧昊良、胡帆帆、徐婷、汪凤。

金属材料 宽板拉伸试验方法

1 范围

本文件规定了金属材料宽板拉伸试验的原理、试样、试验设备、试验程序和试验报告。

本文件适用于金属板材或管材的宽板拉伸试样单轴拉伸性能的测定,也适用于含特定缺陷上述试样的变形和断裂性能的测定。

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 228.1 金属材料 拉伸试验 第1部分:室温试验方法

GB/T 12160 金属材料 单轴试验用引伸计系统的标定

GB/T 16825.1 金属材料 静力单轴试验机的检验与校准 第1部分:拉力和(或)压力试验机测力系统的检验与校准

GB/T 21143 金属材料 准静态断裂韧度的统一试验方法

GB/T 28896 金属材料 焊接接头准静态断裂韧度测定的试验方法

GB/T 38719 金属材料 管 测定双轴应力-应变曲线的液压胀形试验方法

JJG 139 拉力、压力和万能试验机检定规程

JJG 762 引伸计检定规程

3 术语和定义

GB/T 228.1、GB/T 21143、GB/T 28896、GB/T 38719 界定的及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

宽板拉伸试样 wide plate tensile specimen

宽度与厚度之比大于或等于5、标距内宽度大于或等于300 mm的板状拉伸试样。

3.2

平面宽板拉伸试样 flat wide plate tensile specimen

沿平板切取的具有一定宽度的(包括环焊接头)的宽板拉伸试样。

注:简称“平面试样”。

3.3

弧面宽板拉伸试样 curved wide plate tensile specimen

沿管材轴向切取的具有一定圆周宽度的(包括环焊接头)的宽板拉伸试样。

注:简称“弧面试样”。

4 符号和说明

本文件使用的符号和相应的说明见表1。

表 1 符号和说明

符号	说明	单位
A_g	全截面面积	mm^2
A_n	净截面面积	mm^2
a	裂纹深度	mm
a_i	试样的第 i 个裂纹深度	mm
D	钢管外径	mm
δ	裂纹尖端张开位移(CTOD)	mm
e_1	双引伸计方法中,从试样表面到内刀口的距离	mm
e_2	双引伸计方法中,从试样表面到外刀口的距离	mm
ϵ_A	含焊缝试样一侧(母材 A)应变	mm
ϵ_B	含焊缝试样另一侧(母材 B)应变	mm
ϵ_{AB}	母材平均应变	%
ϵ_p	平均远端应变	%
ϵ_0	平均总应变	%
h	错边量	mm
L_c	试样平行段长度	mm
L_t	试样总长度	mm
l	裂纹长度	mm
l_A	含焊缝试样一侧(母材 A)标距长度	mm
l_B	含焊缝试样一侧(母材 B)标距长度	mm
l_o	试样总体标距	mm
Δl_A	标距长度 l_A 的伸长量	mm
Δl_B	标距长度 l_B 的伸长量	mm
Δl_{CMOD}	引伸计张开位移	mm
Δl_{CMOD1}	近裂纹尖端引伸计张开位移	mm
Δl_{CMOD2}	远裂纹尖端引伸计张开位移	mm
Δl_p	母材标距长度伸长量	mm
Δl_o	试样标距长度伸长量	mm
P	拉伸试验力	MPa
R	夹持端与平行段之间的过度弧半径	mm
R_e	屈服强度	MPa
R_m	抗拉强度	MPa
S_o	原始横截面积	mm
t	试样厚度	mm
t_i	试样的第 i 个测量厚度	mm

表 1 符号和说明 (续)

符号	说明	单位
W	试样平行段宽度	mm
W_T	试样夹持端宽度	mm
σ_g	全截面应力	MPa
σ_n	净截面应力	MPa

5 原理

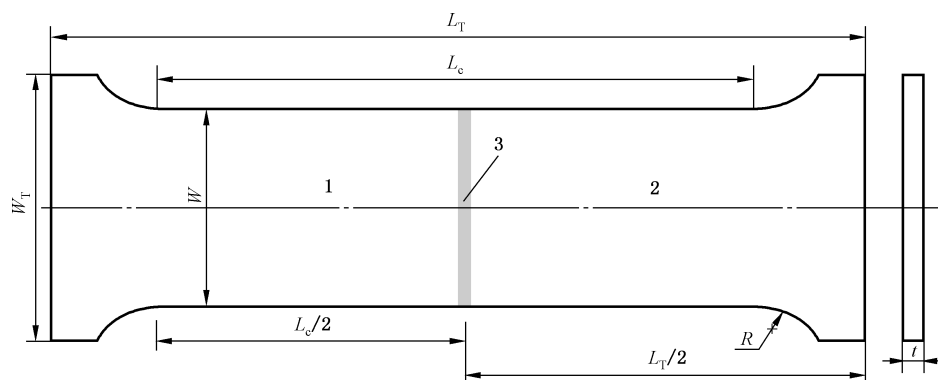


对试样进行单轴拉伸,直至其产生颈缩、裂纹失稳或断裂,测定全截面应力、远端应变及 CTOD 等力学性能。

6 试样

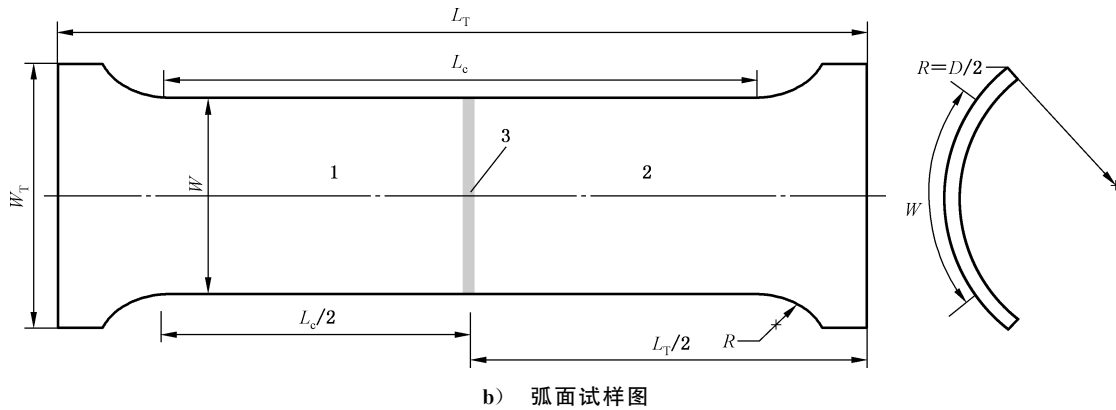
6.1 一般要求

6.1.1 试样可为平面试样或弧面试样,试样形状应符合图 1 的要求。



a) 平面试样图

图 1 试样整体形状和尺寸



标引序号说明：

- 1——母材 A；
- 2——母材 B；
- 3——焊缝。

图 1 试样整体形状和尺寸（续）

6.1.2 通常从金属板材或管材切取样坯经机加工制成试样，试样宜尽可能保持原始厚度，或不少于原始厚度的 80%。试样的形状与尺寸取决于被试验金属产品的形状与尺寸或试验目的。

6.1.3 试样可包含预制的缺口，缺口尺寸和位置由相关方协商确定。

6.1.4 试样可包含焊缝，焊缝中心点宜处于试样平行段的中间位置。

6.2 试样尺寸

6.2.1 试样尺寸要求如下：

- a) $L_c \geq 3.5W$ ，如受材料或者试验机限制，平行段长度 L_c 最小为 $3W$ ；
- b) $L_T \geq L_c + W$ ；
- c) $W_t \geq 1.25W$ 和 $(R_m/R_c)W$ 中较大值；
- d) $R \geq 0.3W$ ；
- e) 试样平行段宽度 W 应符合表 2 的要求。

6.2.2 试样宽度沿平行段的最大偏差不应超过 1 mm 或平行段宽度的 0.5%（取较小值）。

表 2 平面试样 W 取值

单位为毫米

试样类型	板材厚度或管材外径	W
平面试样	$t < 25$	$W \geq 300$
	$t \geq 25$	$W \geq 500$
弧面试样	$610 \leq D \leq 1\ 219$	300
	$D > 1\ 219$	≥ 300

注：平面试样的宽度尺寸，其主要作用是模拟特定的残余应力场。试验证明，300 mm 宽度以上的试样，其残余应力场符合要求，并可能形成屈服水平的拉伸残余应力，这样就保证试样缺陷根部位于拉伸残余应力内。弧面试样平行段部分的宽度 W 取决于试样的母管直径和初始缺陷尺寸。考虑到环焊缝附近材料的不均匀性，试样一般尽可能多地体现管道周向长度。但过宽的试样可能会导致试样在载荷作用下变形，降低宽度将可缓解试样受弯曲变形的因素影响。此外，试样设计有缺陷时，宽度大于初始缺陷尺寸的 5 倍也是必要的，以减少对缺陷附近的应力和应变水平的影响。

6.3 试样加工

6.3.1 用于制备试样的试料和样坯的切取和机加工,应避免产生表面加工硬化及热影响改变材料的力学性能。

6.3.2 用烧割法切取样坯时,从样坯切割线至试样边缘宜留有足够的加工余量,该加工余量不应小于试样厚度,且不应小于 12.5 mm。对于厚度大于 60 mm 的试样,其加工余量可根据相关方协议适当减少。

6.4 缺陷位置和尺寸

6.4.1 缺陷位置确定

需要加工缺陷的试样,应根据试验目的,在试样表面的中心加工缺陷。除非另有规定,缺陷宜垂直于试样轴向。如试样包含焊接接头,可在焊接接头表面的焊缝金属、热影响区位置加工缺陷。

6.4.2 焊缝区域处理

在加工缺陷之前,应将焊帽或根焊的余高打磨至与周围材料表面齐平,打磨部分的长度宜略大于缺陷长度。焊缝处高低错边严重时,焊缝余高应与距离焊缝区域厚度中心线较远一侧的材料表面对齐打磨。

6.4.3 焊缝缺陷

如用缺口模拟焊缝缺陷,则缺口应位于焊缝中心,缺口尖端距离同深度两侧熔合线中心线的偏差不应超过 1 mm。

6.4.4 热影响区缺陷

如用缺口模拟热影响区缺陷,则缺口尖端应位于热影响区中距离熔合线 0.5 mm 以内的区域。预制缺口前,应切取试样相邻焊缝样品进行显微组织观察,以便确定缺陷位置。

6.4.5 错边焊接接头的要求

如焊接接头存在高低错边,热影响区缺陷应放置在较低侧(即材料表面较接近焊缝区域中间厚度的一侧)。

6.4.6 缺口尖端要求

6.4.6.1 缺口尖端半径宜尽可能小,缺陷尖端宽度的范围可根据裂纹尖端张开位移特征值 δ 确定:

- a) 对于 $\delta < 0.5$ mm 的材料,在测试条件下未表现出完全延性行为的材料,宜采用循环加载预制疲劳裂纹;
- b) 对于 $0.5 \text{ mm} \leq \delta < 1.0$ mm 的材料,可采用机械加工或电火花加工的方式来加工缺陷,所允许的最大缺口尖端半径为 0.1 mm;
- c) 对于 $\delta \geq 1.0$ mm 的材料,可采用机械加工或电火花加工的方式来加工缺陷,所允许的最大缺口尖端半径为 0.2 mm。

6.4.6.2 缺陷长度偏差为 ± 1 mm,缺陷深度偏差为 ± 0.15 mm。

7 试验设备

7.1 试验机

7.1.1 试验机的测力系统应按照 GB/T 16825.1 或 JJG 139 的要求进行校准,其准确度应为 1 级或优于

7.3.1.3 缺口张开位移引伸计

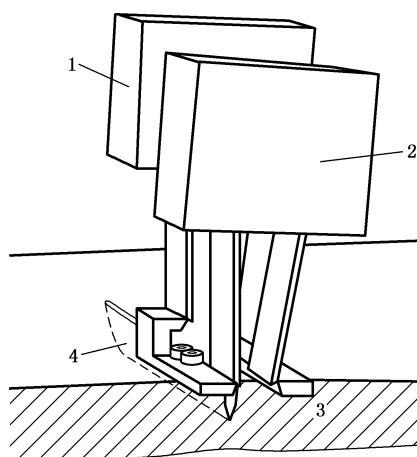
7.3.1.3.1 用于测定缺口张开位移的引伸计应满足 GB/T 12160 或 JJG 762 的 1 级准确度要求。

7.3.1.3.2 根据如图 2 所示的刃口夹持装置安装引伸计。引伸计夹持位置的缺口应符合 GB/T 21143 的规定,保证在试验过程中能够支撑引伸计并且不发生移动。如只需要得到 CMOD 的测量值,则在试样缺口侧面或者贴近试样表面的夹具刃口安装单个引伸计。如需要得到 CTOD,则需在距离试样表面不同高度的两个夹具刃口分别安装引伸计。

7.3.1.3.3 采用螺钉方式安装缺口张开位移引伸计,并满足以下要求:

- a) 从螺孔中心到缺口表面的距离应大于 1.5 倍~2 倍螺钉直径;
- b) 螺孔深度应大于 2 mm,且在缺陷深度大于 4 mm 的情况下小于缺陷深度的一半;
- c) 螺孔应垂直于试样表面;
- d) 螺钉安装时应拧紧。

7.3.1.3.4 采用双引伸计螺钉安装方法时,宜采用图 3 所示进行布置。两个引伸计的刃口垂直高度差 ($e_2 - e_1$) 应在 $0.25t \sim 2t$ 之间。



标引序号说明:

- 1——远裂纹尖端引伸计;
- 2——近裂纹尖端引伸计;
- 3——宽板试样轴向中心剖面;
- 4——表面型裂纹。

图 3 推荐双引伸计布置图

7.3.2 光学应变测量系统

7.3.2.1 光学应变测量系统应使用分辨率为 1 200 万像素以上的工业相机,测量精度应达到 GB/T 12160 规定的 0.5 级精度要求。

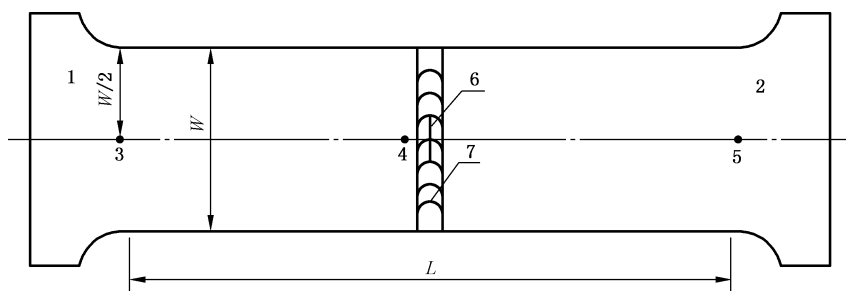
7.3.2.2 对于 7.3.1 中 4 个位移传感器的测量,也可参考 GB/T 38719 由光学应变测量系统完成。

7.4 低温环境装置

7.4.1 在低于环境温度下,应配备冷却系统,可采用传导式或对流式冷却系统。冷却系统应能对试样的被测试部分(一般为缺陷或者平行段区域)进行冷却,或由相关方协商确定冷却系统的形式。

7.4.2 应安装至少 3 个热电偶来监测试样温度,热电偶的推荐安装位置见图 4,3 个热电偶均位于试样宽度方向的中心线上,其中一个热电偶安装在试样中间(缺陷)附近(≤ 25 mm),另两个热电偶分别安装

在距离缺陷 $L_c/2$ 处的母材上。热电偶可通过焊接方式进行安装。



标引序号说明：

- 1——母材 A；
- 2——母材 B；
- 3——热电偶 1；
- 4——热电偶 2；
- 5——热电偶 3；
- 6——缺陷；
- 7——环焊缝。

图 4 热电偶安装位置示意图

7.4.3 测量装置的最低分辨力为 $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，允许偏差应在 $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以内，取最大值。

8 试验程序

8.1 试验准备

8.1.1 在试验前应测量试样的平行段宽度 W ，夹持段宽度 W_T ，平行段长度 L_c ，总长度 L_T 及厚度 t 。在测量平行段宽度 W 及厚度 t 时应按以下要求进行：

- a) 平行段宽度 W ：按图 5 所示，沿平行段上等间距的 6 个位置进行宽度测量，测量的宽度应垂直于试样轴向中心线，取平均值作为试样的平行段宽度；
- b) 厚度 t ：按图 5 所示，在平行段的中心线上取 6 个等间距的点进行测量，并取平均值作为试样的厚度。

8.1.2 在试样上，应至少安装 4 个引伸计来测量位移变化。引伸计的安装位置见图 2。

8.1.3 试样表面的 4 个引伸计可通过电阻点焊的方式进行安装，宜尽量靠近试样表面。

8.1.4 引伸计的校准应在试验温度 $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围之内进行，除非引伸计在试验时的温度与试样不同，在这种情况下应在其使用时温度 $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围之内进行校准。引伸计的真实响应应在位移达到 0.3 mm 之前准确到 $\pm 0.003\text{ mm}$ ，而之后的准确度应达到 $+1\%$ 。当位移引伸计具有较好的绝热性能时，也可在室温下进行校准。宜确保校准满足试验条件的要求。

8.1.5 试验加载前，应对除热电偶外的所有测试装置进行清零。

8.1.6 试验前，试样应在母材平均应变 $0.05\% \sim 0.1\%$ 区间（弹性试验力范围内）完成加载和卸载循环至少 3 次（采用双引伸计进行柔度测量时例外），用以紧固引伸计。

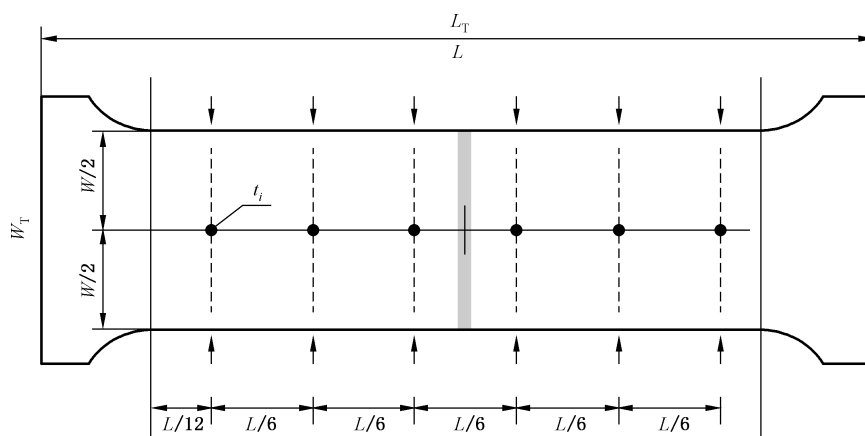


图5 试样测量位置

- 8.1.7 按图2测量所有位移传感器及引伸计的安装位置及初始标距长度。
 8.1.8 应测量位移引伸计安装夹具相对于试样端部和缩径截面边缘的位置(见图2)。
 8.1.9 有焊缝的试样宜测量错边量,见图6。

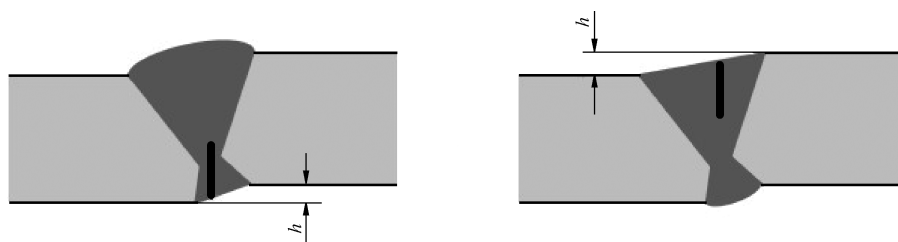


图6 焊缝试样错变量的测量位置

8.2 设定试验力的零点

在试验加载链装配完成后,试样两端安装之前,应设定力测量系统的零点。一旦设定了力值零点,在试验期间力值测量系统不应再发生变化。

注:上述方法一方面是为了确保夹持系统的重量在测力时得到补偿,另一方面是为了保证夹持过程中产生的力不影响力值的测量。

8.3 试样的安装及温度控制

8.3.1 将试样安装到试验机上进行对中,试样平行段截面几何中心距离试验机试验力轴线应小于1.5 mm。安装引伸计时,缺陷两侧刃口平行度偏差应在 $\pm 1^\circ$ 之内。

8.3.2 温度控制要求可由相关方协商确定,执行过程宜依据 GB/T 46169。

8.3.3 如需在特定温度进行试验,则应在试样安装后、拉伸试验前将试样处理至目标温度并保温至少10 min,保温期间温度波动不应超过 $\pm 2^\circ\text{C}$ 。

8.4 试验步骤

8.4.1 如在位移控制模式下进行试验,加载端宜保持恒定速率。加载端位移速率应满足母材平均应变速率的范围在 $1 \times 10^{-5}/\text{s} \sim 2 \times 10^{-5}/\text{s}$ 之间。母材平均应变每增加 10^{-5} ,数采装置应至少采样一次。

注: $1 \times 10^{-5}/\text{s}$ 对应1 Hz的采样频率, $2 \times 10^{-5}/\text{s}$ 对应2 Hz的采样频率。

8.4.2 除非另有规定,试验一般在 $10^\circ\text{C} \sim 35^\circ\text{C}$ 的室温范围内进行。对于室温不满足上述要求的实验

室,应评估此类环境条件下运行的试验机对试验结果和/或校准数据的影响。当试验和校准超过 10 °C~35 °C 时,应记录和报告温度。如在试验和/或校准过程中存在较大温度梯度,测量不确定度可能出现上升及超差情况。试验过程中,缺陷处的温度应保持在目标温度±2 °C 以内,标距部分试样上其他位置的温度应保持在目标温度±5 °C 以内,任意两个热电偶之间的温度差不应大于 7 °C。如测试温度超出上述规定的范围,应立即将加载端停止在原位置直至温度达到要求后继续试验。

8.4.3 应使用计算机数据采集系统记录测试期间所有仪器的测量数据。建议以每 10⁻⁵ 个标称轴向应变增量至少一组读数的速率采集测试数据(即对于每秒 1×10⁻⁵ 的标称测试应变率,读取速率至少为 1 Hz,对于每秒 2×10⁻⁵ 的标称测试应变率,读取速率至少为 2 Hz)。

8.4.4 对于含焊缝的试样,在测试过程中,参考平均应变水平应通过从远离中心位置的两个位移传感器的位移计算出的应变均值来确定。

8.4.5 如在测试期间要进行卸载柔度法测量,则应采取以下额外措施。

- a) 试样最初应在弹性载荷范围内加载和卸载至少 5 次,以使夹规完全固定在刀刃上,并能够准确估计初始试样的柔度。所需的加载和卸载循环应在 0.05%~0.1% 的试样应变范围内进行。
- b) 在弹性范围内的初始卸载/加载后,应以规定的非弹性应变增量卸载和重新加载试样。所选增量将取决于测试结果的预期用途。建议第一次非弹性卸载/重新加载应低于 0.5% 的轴向应变,随后的卸载/加载应在 0.1% 或 0.2% 的应变增量进行。
- c) 建议每次后续的卸载/加载循环中,卸载的幅度可按照试样轴向应变减少 0.05% 进行。
- d) 为了最大限度地提高试样柔度测试的准确性,建议在每次卸载/加载过程中至少获得 100 组读数。
- e) 在每次卸载之前,试样应在恒定位移下保持至少 5 s。

注: 卸载过程中试样载荷松弛将导致载荷与引伸计位移曲线斜率的时间相关的非线性。5 s 的保持时间能显著降低这种初始斜率非线性的幅度,如延长保持时间到 30 s~3 min,将进一步减少或有效消除卸载曲线的非线性。作为对卸载前保持时间的替代或补充,可在数据后处理过程中过滤掉卸载/重新加载曲线的非线性区域。如要采用数据过滤来消除卸载/重新加载曲线的非线性区域,则需重新确定数据采集速率,以确保有足够的数点可用于准确确定卸载柔度曲线的斜率。

8.4.6 在试验过程中,应持续进行载荷、位移、应变的数据采集。

8.5 试验结束判定

在下列任一情况发生时,可终止试验:

- a) 试样发生断裂;
- b) 裂纹贯穿厚度方向;
- c) 试验力开始下降,并降至 90% 最大试验力;
- d) CMOD/CTOD 值呈现渐近线式增长(加速增长);
- e) 根据试验结果预期用途,也可采用其他终止条件,如达到特定的轴向应变等。

8.6 试验数据处理

全截面应力 σ_g 应按公式(1)进行计算:

$$\sigma_g = P/S_0 \quad \dots\dots\dots(1)$$

净截面应力 σ_n 应按公式(2)进行计算:

$$\sigma_n = P/A_n \quad \dots\dots\dots(2)$$

平均总应变 ϵ_0 应按公式(3)进行计算:

$$\epsilon_0 = \Delta l_0/l_0 \times 100\% \quad \dots\dots\dots(3)$$

试样存在焊缝时,平均远端应变测定方式如下:

ϵ_A 应按公式(4)进行计算:

$$\epsilon_A = \Delta l_A / l_A \times 100\% \quad \dots\dots\dots (4)$$

ϵ_B 应按公式(5)进行计算:

$$\epsilon_B = \Delta l_B / l_B \times 100\% \quad \dots\dots\dots (5)$$

ϵ_{AB} 应按公式(6)进行计算:

$$\epsilon_{remote} = (\epsilon_A + \epsilon_B) / 2 \quad \dots\dots\dots (6)$$

采用单引伸计方法时, Δl_{CMOD} 直接由测量的引伸计位移得到。

采用双引伸计方法时, Δl_{CMOD} 按公式(7)进行计算:

$$\Delta l_{CMOD} = \Delta l_{CMOD1} - \left[\frac{e_1}{e_2 - e_1} \right] (\Delta l_{CMOD2} - \Delta l_{CMOD1}) \quad \dots\dots\dots (7)$$

采用双引伸计方法时, δ 应按公式(8)进行计算:

$$\delta = \Delta l_{CMOD1} - \left[\frac{e_1 + h_f}{e_2 - e_1} \right] (\Delta l_{CMOD2} - \Delta l_{CMOD1}) \quad \dots\dots\dots (8)$$

计算临界试验力(失稳最大试验力)下的全截面应力(σ_g)、净截面应力(σ_n)、平均总应变(ϵ_o)、平均远端应变(ϵ_p)、母材应变(ϵ_A 和 ϵ_B)、母材平均应变(ϵ_{AB})和裂纹口张开位移(Δl_{CMOD}),并绘制下列关系图,最大试验力应由 3 个最大试验力的平均值决定:

- $\sigma_g - \epsilon_o$ 和 $\Delta l_{CMOD} - \epsilon_o$;
- $\sigma_g - \epsilon_p$ 和 $\Delta l_{CMOD} - \epsilon_p$;
- $\sigma_g - \epsilon_A$ 和 $\Delta l_{CMOD} - \epsilon_A$;
- $\sigma_g - \epsilon_B$ 和 $\Delta l_{CMOD} - \epsilon_B$;
- $\sigma_g - \epsilon_{AB}$ 和 $\Delta l_{CMOD} - \epsilon_{AB}$;
- $P - \Delta l_{CMOD}$ 。

注:当应力-应变曲线在最大试验力附近显示出一段“水平”部分时,原始的应力-应变数据的离散会使“实际”最大试验力的准确判定变得困难。

8.7 试验后的试样处理

8.7.1 试验结束后应立即采用保护涂层对裂纹扩展面(缺口面)进行保护,并将裂纹扩展面(缺口面)从试样上切割分离。

8.7.2 如在测试过程中试样完全断裂,应检查暴露的断裂面,并获得两个断面外观的照片记录。如有预制缺口,则应进行初始和最终裂纹长度的测量。初始和最终裂纹深度应分别取最靠近裂纹面中部的 5 个初始和最终裂纹深度测量的平均值。试样测量位置见图 7。

深度测量的位置数量应足以表征裂纹剖面,推荐测量 9 个位置。初始裂纹面积应根据裂纹长度和深度剖面计算,如进行了 9 个位置的深度测量,则应参考初始裂纹深度(a_i)取沿裂纹长度的最接近中部的 5 个位置的测量平均值。

应在原始缺口中部或附近位置的断裂面两侧,截取垂直于原始缺口中心线截面的金相试样。使用抛光和腐蚀处理,获得试样截面的照片。对原始缺陷尖端部位进行检查,确定初始裂纹尖端与熔合线的距离,如大于 0.5 mm,则该试验不能代表热影响区断裂行为。

8.7.3 如在测试过程中没有发生完全的断裂,应在试样上截取包含初始缺口的矩形样品。截取的样品宜在 300 °C 热着色 30 min,以表征裂纹扩展的程度。然后在液氮中冷却样品,并通过加载使其沿原始缺陷脆性断裂,暴露出断裂面。按照 8.7.2 的要求检查并在断面上测量裂纹深度。

可在热着色后,冷却和断裂样品之前,从包含初始缺陷的样品上垂直于缺陷长度方向截取试样,进行横截面检查以确认缺陷位置,参见附录 B。

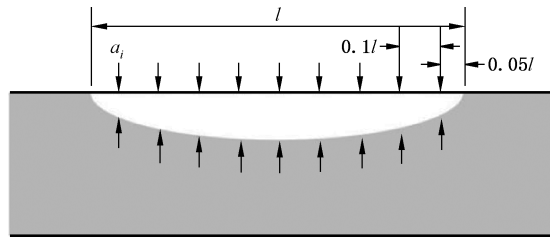


图 7 试样测量位置

9 试验报告

试验报告应包括以下内容：

- a) 本文件编号；
- b) 试验样品名称和来源；
- c) 试样形状及尺寸；
- d) 裂纹尺寸；
- e) 试验设备；
- f) 试验结果；
- g) 试验温度。

试验报告的数据记录格式可参照附录 A 填写。此外，可提供以下信息进行试验结果评估：

- a) 母材和焊缝金属(如有)的拉伸应力-应变曲线；
- b) 试验的所有应力-应变曲线；
- c) 试验的 CMOD/CTOD-应变曲线；
- d) 断口截面的宏观和微观照片。

附 录 A
(资料性)
宽板拉伸试验数据记录表

宽板试验数据记录表见表 A.1~表 A.3。

表 A.1 试验参数

试样尺寸	平行段宽度 W /mm	
	平行段厚度 t /mm	
	平行段长度 L /mm	
	标距长度 l_0 /mm	
焊缝参数	外焊道焊缝余高/mm	
	内焊道焊缝余高/mm	
	错边量 h /mm	
冷却条件	冷却介质	
	试验温度/°C	
缺陷信息	缺陷加工方法	
	缺陷位置(焊缝或热影响区)	
	缺陷长度 l /mm	
	缺陷深度 a /mm	

表 A.2 试验结果

全截面屈服强度/MPa	
全截面抗拉强度/MPa	
净截面屈服应力/MPa	
净截面抗拉应力/MPa	
屈服试验力下的 CMOD 值/mm	
最大试验力下的 CMOD 值/mm	
最大试验力下母材 A 的应变/%	
最大试验力下母材 B 的应变/%	
最大试验力下的平均总应变/%	
最大试验力下的平均远端应变/%	
失效模式	
韧性撕裂长度/mm	

表 A.3 卸载柔度法测量

母材平均应变卸载量	
每次循环中的裂纹口张开位移/mm	
每次循环中的柔度	
试验力-裂纹口张开位移曲线	



附录 B
(资料性)
试验后样品分析

B.1 试验后在试样长度和宽度方向的中心处截取长度方向为 30 mm、宽度方向为 20 mm、原壁厚的含初始缺陷的样品,用于断口横截面观察,如图 B.1 所示。

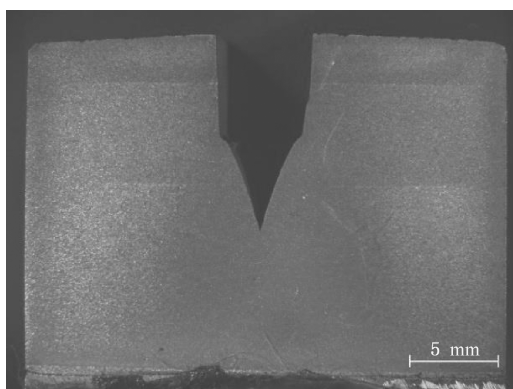
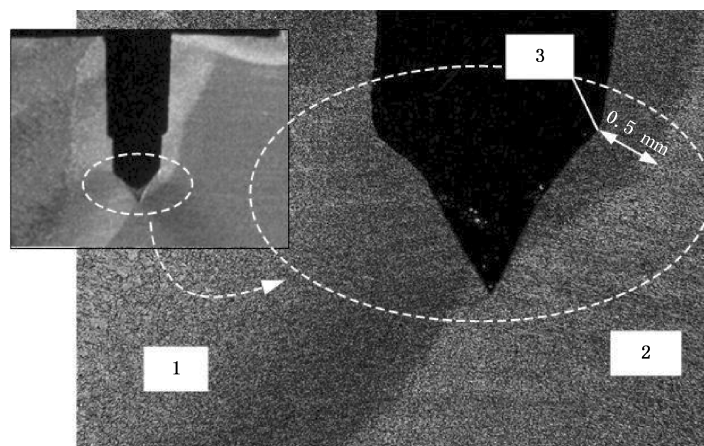


图 B.1 断口整体横截面

B.2 试样的横截面经研磨、抛光和 2% 的硝酸酒精溶液腐蚀,以显示出焊缝和热影响区(HAZ)的微观组织。腐蚀后,将截面放在光学显微镜下进行宏观(放大倍数:1×~2×)和微观(放大倍数:50×、200×或其他放大倍数)观察并拍照。通过下列测量来确定缺陷是否符合试验要求,并确定断裂路径和模式。

- a) 测量缺陷尺寸。
- b) 测量实际缺陷尖端相对于焊缝中心线或目标显微组织的位置。应报告缺陷尖端和熔合线的最短距离。
- c) 确定焊缝、HAZ 或母材中是否存在缓慢的稳态裂纹扩展(韧性撕裂)过程及扩展距离。
- d) 缺陷的目标位置为焊缝时,检验缺陷是否位于焊缝中心,偏差不大于 1 mm。
- e) 缺陷的目标位置为热影响区时,检验实际缺陷尖端距离熔合线的最小距离是否小于 0.5 mm。当不能达到该要求时,如图 B.2 所示,进行额外研究,以重新评定测试结果的实际意义。



标引序号说明:
1——焊缝区域;
2——热影响区;
3——缺陷尖端。

图 B.2 断口截面裂尖位置示意

参 考 文 献

- [1] GB/T 46169 金属材料 钢 脆性裂纹止裂韧度 K_{cs} 测定的试验方法
-



