



BSI Standards Publication

## 金属材料焊缝的破坏性试验 - 弯曲试验

---

欧洲标准  
欧洲标准品  
欧洲规范

# EN ISO 5173

2023 年 1 月

取代EN ISO 5173:2010和EN ISO  
5173: 2010 /A1:2011

英文版

## 金属材料焊缝的破坏性试验弯曲试验 (ISO 5173:2023)

金属材料来源的破坏 - 屈服强度 (ISO 5173:2023)

施韦格纳滕金属材料有限公司  
•Biegeprüfungen (ISO 5173:2023)

本欧洲标准于2022年12月29日由欧洲标准化委员会批准。

CE成员必须遵守CE/CENELEC内部法规，该法规规定了在不做任何更改的情况下赋予本欧洲标准国家标准地位的条件。可向CEN·CENELEC管理中心或任何CEN成员申请获得有关此类国家标准的最新列表和参考文献。

本欧洲标准有三个官方版本（英语、法语、德语）。由CEN成员负责翻译成其本国语言并通知CEN-CENELEC管理中心的任何其他语言版本与官方版本具有同等地位。

CEN成员是奥地利、比利时、保加利亚、克罗地亚、塞浦路斯、捷克共和国、丹麦、爱沙尼亚、芬兰、法国、德国、希腊、匈牙利、冰岛、爱尔兰、意大利、拉脱维亚、立陶宛和卢森堡的国家标准机构。马耳他、埃瑟兰、挪威、波兰、葡萄牙。北马其顿共和国、罗马尼亚、塞尔维亚、斯洛伐克、斯洛文尼亚、西班牙、瑞典、瑞士、土耳其和英国。



欧洲标准化委员会

CEN-CENELEC管理中心：布鲁塞尔B-1040科学街23号

©2023 CEN CEN国家成员在全球范围内保留以任何形式和方式使用的所有权利。

参考号EN ISO 5173:2023 E

## 欧洲前言

本文件（EN ISO 5173:2023）由技术委员会ISO/TC 44“焊接及相关工艺”与技术委员会CEN/TC 121“焊接及有关工艺”共同编制，其秘书处由DIN担任。

本欧洲标准最迟应在2023年7月前通过发布相同文本或背书的方式获得国家标准的地位，且冲突的国家标准最晚应在2027月前撤销。

请注意，本文件的某些内容可能是**专利权**。  
CEN不承担识别任何或所有此类专利权的责任。

本文件取代EN ISO 5173:2010。

关于本文件的任何反馈和问题都应指向用户的国家标准机构/国家委员会。这些机构的完整清单可在CEN网站上找到。

根据CIEN-CENELEC内部条例，以下国家的国家标准组织必须执行本欧洲标准：奥地利、比利时、保加利亚、克罗地亚、塞浦路斯、捷克共和国、丹麦、爱沙尼亚、芬兰、法国、德国、希腊、匈牙利，。冰岛、爱尔兰、意大利、拉脱维亚、立陶宛、卢森堡、马耳他、荷兰、挪威、波兰、葡萄牙、北马其顿共和国、罗马尼亚、塞尔维亚、斯洛伐克、斯洛文尼亚，。西班牙瑞典、瑞士、蒂尔基耶和联合王国。

## 背书通知书

ISO 5173:2023的文本已被GEN批准为EN ISO 5173:20.23，未作任何修改。

# 目录

前言	.....
1 范围	.....
2 规范性引用文件	.....
3 术语和定义	.....
4 符号和缩写	.....
5 原理	.....
6 试样的制备	.....
6.1 概述	.....
6.2 位置	.....
6.3 标识	.....
6.4 热处理和/或时效	.....
6.5 取样	.....
6.6 试样尺寸	.....
6.6.1 对接焊缝的横向根部和表面弯曲试验 (TRBB和TFBB)	.....
6.6.2 对接焊缝的横向侧弯试验 (TSBB)	.....
6.6.3 对接焊缝的纵向弯曲试验 (LFBB和LRBB)	.....
6.6.4 无对接焊缝包层材料的表面弯曲试验 (FBC)	.....
6.6.5 无对接焊缝的覆层材料的侧弯试验 (SBC)	.....
6.6.6 带有对接焊缝的包层材料的横向弯曲试验 (FBCB)	.....
6.6.7 对接焊包层材料的侧弯试验 (SBCB)	.....
6.6.8 尺寸	.....
6.6.9 表面处理	.....
7 试验条件	.....
7.1 腐蚀	.....
7.2 试验	.....
7.2.1 概述	.....
7.2.2 使用压头进行测试	.....
7.2.3 使用辊筒测试	.....
7.2.4 使用垫板进行弯曲测试	.....
7.3 压头和辊筒直径	.....
7.3.1 钢、镍和镍合金	.....
7.4 压辊之间的距离	.....
7.5 弯曲角度	.....
7.6 弯曲伸长率	.....
8 测试结果	.....
9 试验报告	.....
附件A (资料) 测试报告示例	.....

## 前言

ISO（国际标准化组织）是一个由国家标准机构（ISO成员机构）组成的世界性联合会。国际标准的制定工作是通过ISO技术委员会进行的。对已成立技术委员会的主题感兴趣的每个成员机构都有权在该委员会中派代表。与ISO联络的政府和非政府国际组织，也参加工作。ISO与国际电工委员会（IEC）在电工技术标准化的所有事项上密切合作。

ISO/IEC指令第1部分描述了用于编制本文件的程序以及用于进一步维护的程序。特别是，应注意不同类型ISO文件所需的不同批准标准。本文件是根据ISO/IEC指令第2部分的编辑规则起草的（见[www.iso.org/Directives](http://www.iso.org/Directives)）。

请注意，本文件的某些内容可能是专利权的主题。ISO不承担识别任何或所有此类专利权的责任。本文件编制过程中确定的任何专利权的详细信息将在引言和/或收到的ISO专利声明列表中（见[www.iso.org/patents](http://www.iso.org/patents)）。。。

本文件中使用的任何商品名称都是为了方便用户而提供的信息，不构成背书。

为了解释标准的自愿性，ISO与合格评定相关的特定术语和表达的含义，以及关于ISO遵守世界贸易组织技术性贸易壁垒原则的信息，见[www.ISO.org/ISO/foreword.html](http://www.ISO.org/ISO/foreword.html)。

本文件由ISO/TC 44焊接及相关工艺技术委员会编制，根据ISO和CEN之间的技术合作协议（维也纳协议），与欧洲标准化委员会（CEN）技术委员会CEN/TC 121合作，SC 5小组委员会，焊接测试和检验，焊接和相关工艺。

第四版取消并取代了第三版（ISO 5173:2009）

修订。它还包含了修订ISO 5173:2009/Amd1:2011。主要变化如下：

范围已更新为以辊为导向的横向弯曲试验和纵向弯曲试验，作为非均质组件的替代试验方法；

在第4条中，测试温度已被去除；对第7.2.2款进行了相应修

改；

数字已得到更正；

该文件已与最新的ISO/IEC指令第2部分保持一致。

有关本文件的任何反馈或问题应直接提交给用户的国家标准机构。这些机构的完整列表可在[www.iso.org/members](http://www.iso.org/members)，html上找到。对iso/TC 44文件的官方解释（如有）可从本页获得：<https://committee.iso.org/sites/tc44/home/interpretation.html>。

## 1. 范围

本标准规定了对取自对接焊缝、有堆焊层的对接焊缝（再细分为复合钢板焊缝和堆焊焊缝）和无堆焊层的对接焊缝试样进行横向正面、背面和侧面弯曲试验的方法，以评估试样表面或附近的延展性和/或无缺陷。标准也给出了试样的尺寸要求。

此外，本国际标准规定了当母材和/或填充金属在与弯曲相关的物理和机械性能方面存在显著差异时，对非均质部件进行纵向背面和正面弯曲试验（非横向弯曲试验）的方法。

本标准适用于通过任何焊接工艺制造的焊接接头、所有形式的金属材料产品。

## 2. 引用标准

本标准无引用标准。

## 3. 名词和术语

下述名词和术语适用于本标准。

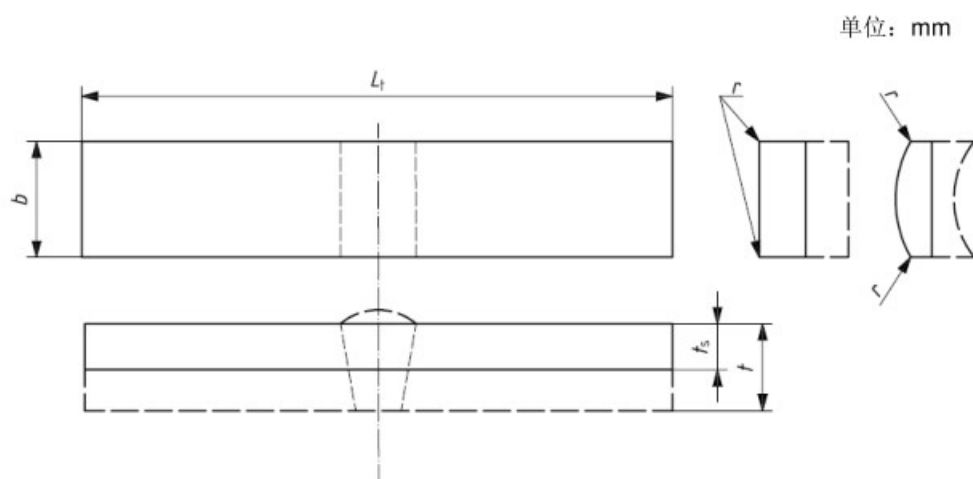
### 3.1

#### 对接接头横向正弯试样 face bend test specimen for a butt weld

##### TFBB

焊缝表面为受拉面的试样

注 1：见图 1。



关键词：

$b$  试样宽度

$L_t$  试样总长度

$r$  试样棱角半径

$t$  试件厚度

$t_s$  试样厚度

图 1 对接接头横向正弯试样（TFBB）

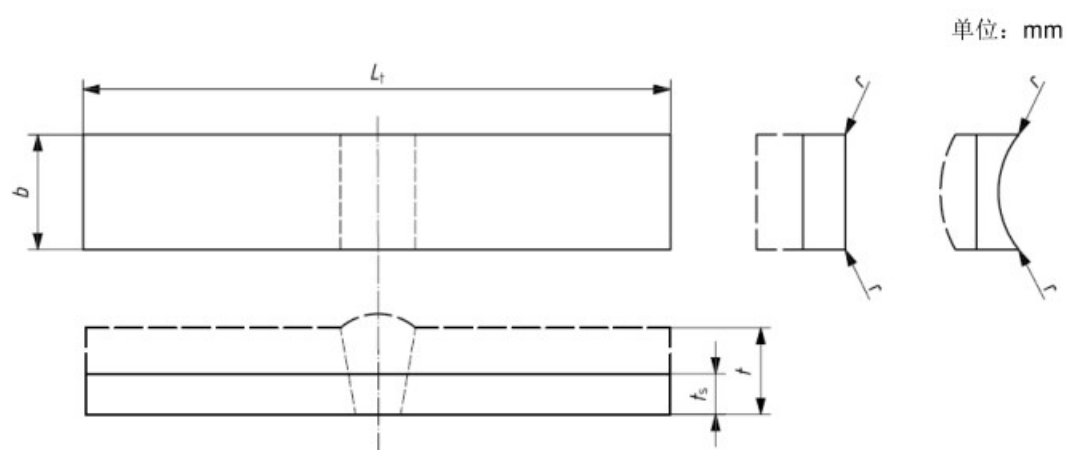
### 3.2

#### 对接接头横向背弯试样 root bend test specimen for a butt weld

##### TRBB

焊缝背面为受拉面的试样

注 1：见图 2。



关键词：

$b$  试样宽度

$L_t$  试样总长度

$r$  试样棱角半径

$t$  试件厚度

$t_s$  试样厚度

图 2 对接接头横向背弯试样（TFBB）

3.3  
对接接头横向侧弯试样 side bend test specimen for a butt weld  
SBB

焊缝横截面为受拉面的试样  
注 1：见图 3。

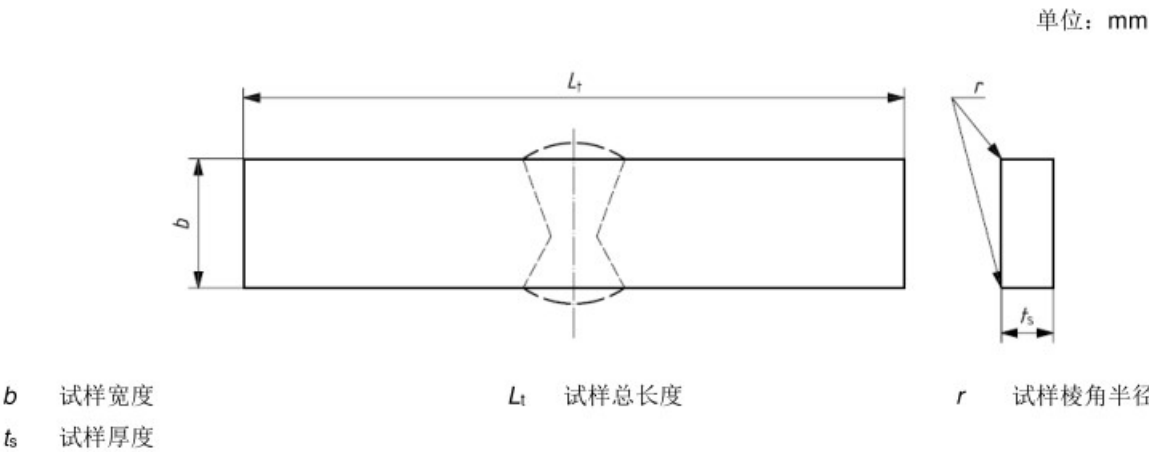


图 3 对接接头横向侧弯试样（SBB）

3.4  
对接接头纵向弯曲试样 Longitudinal face test specimen for a butt weld  
LFBB

试样的长度方向与对接接头长度方向平行，焊缝正面为受拉面的试样  
注 1：见图 4。

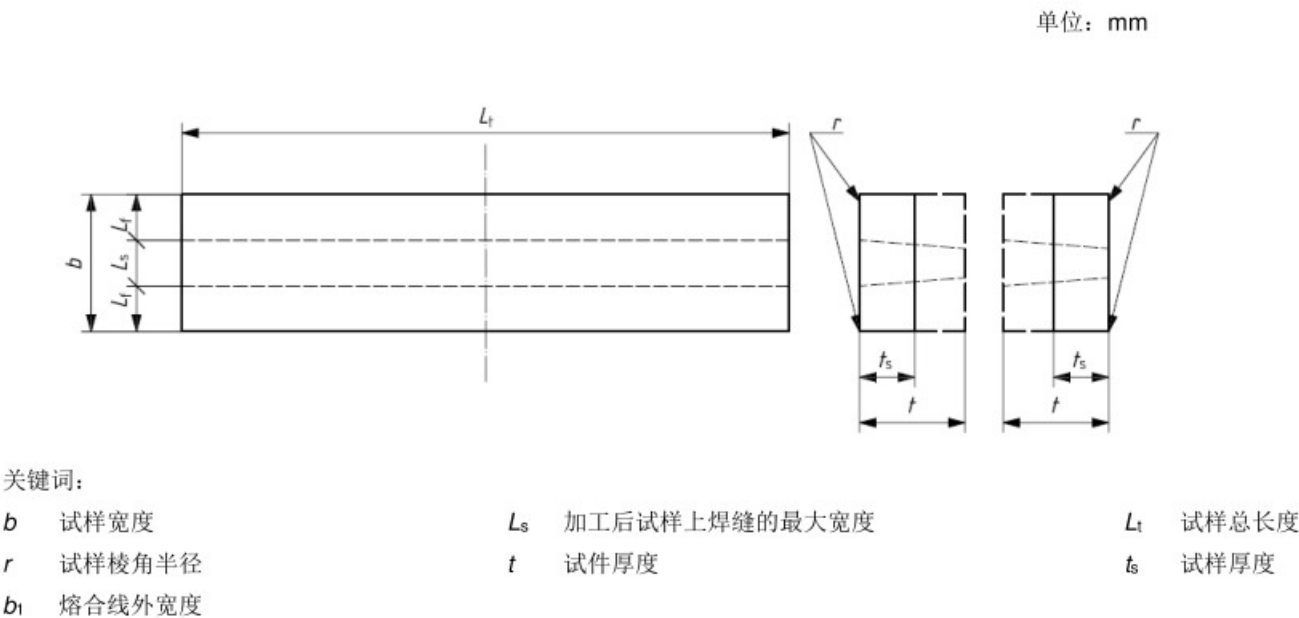


图 4 对接接头纵向弯曲试样（LFBB 和 LFBB）

3.5  
对接接头纵向背弯试样 root bend test specimen for a butt weld

LRBB

试样的长度方向与对接接头长度方向平行，焊缝背面为受拉面的试样  
注 1：见图 4。

3.6

带堆焊层的非对接接头面弯试样 face bend test specimen for cladding without a butt weld  
FBC

堆焊层表面为受拉面的试样，即适用于横向弯曲，也适用于纵向弯曲。  
注 1：见图 5。

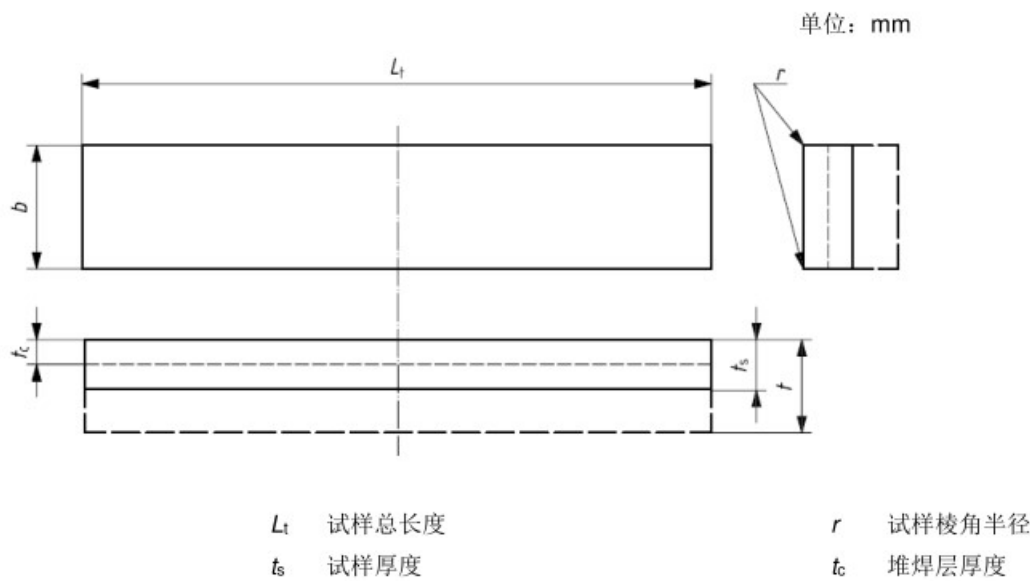


图 5 带堆焊层的非对接接头面弯试样（FBC）

3.7

带堆焊层的非对接接头侧弯试样 side bend test specimen for cladding without a butt weld  
SBC

堆焊层的横截面为受拉面的试样，即适用于横向弯曲，也适用于纵向弯曲。  
注 1：见图 6。

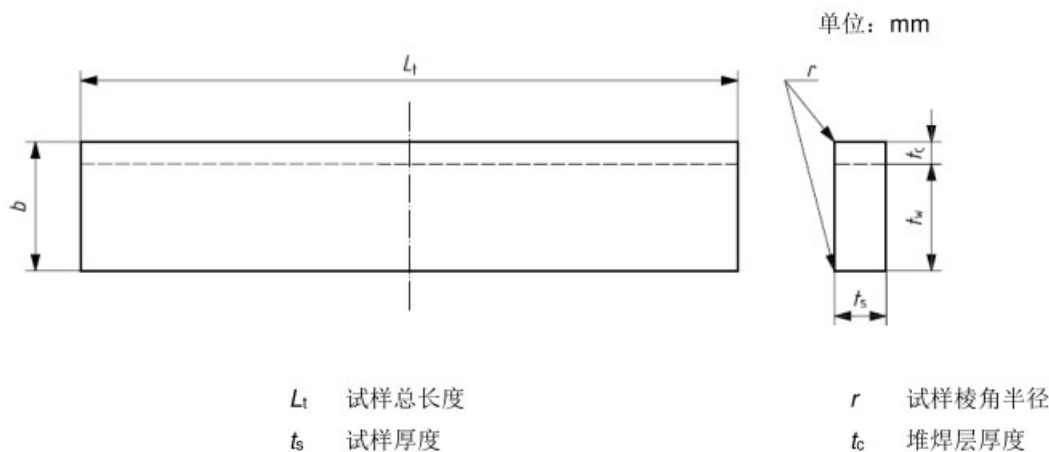


图 6 带堆焊层的非对接接头侧弯试样（SBC）

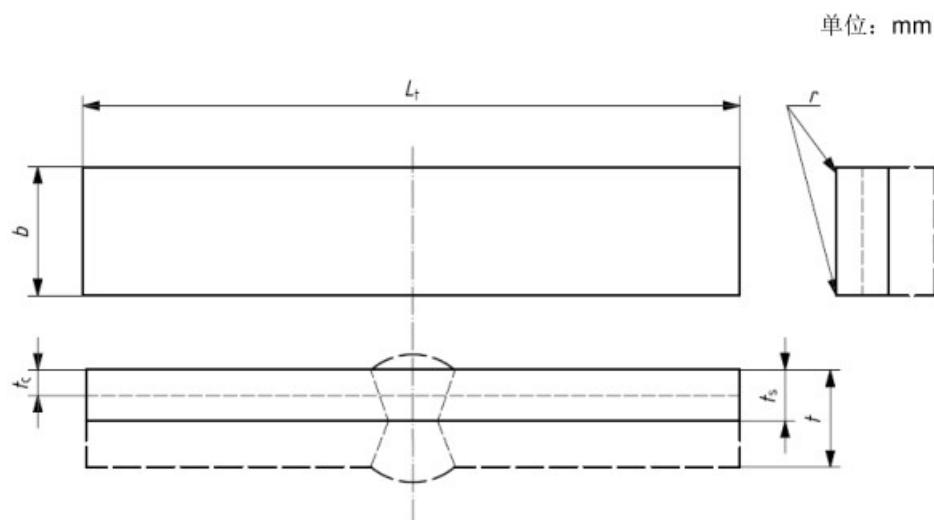


### 3.8

#### 带堆焊层的对接接头弯曲试样 face bend test specimen for cladding with a butt weld FBCB

试样包含对接接头，堆焊层表面为受拉面

注 1：见图 7。



关键词：

$b$  试样宽度

$L_t$  试样总长度

$r$  试样棱角半径

$t$  试件厚度

$t_s$  试样厚度

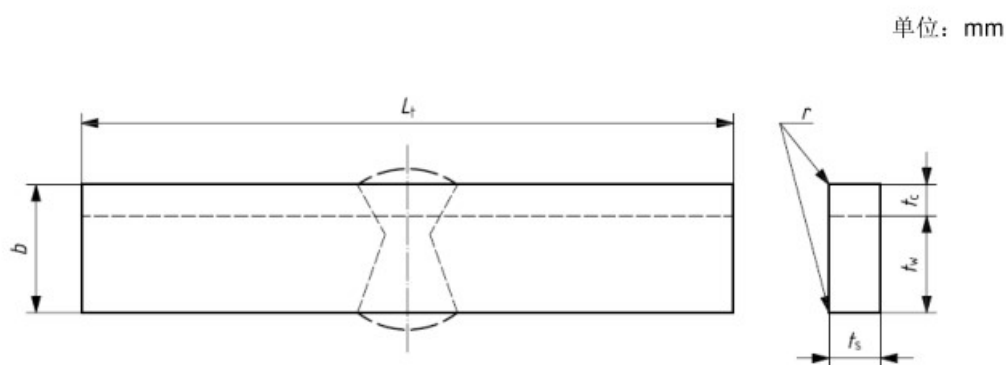
$t_c$  堆焊层厚度

图 7 带堆焊层的对接接头弯曲试样（FBCB）

### 3.9

#### 带堆焊层的对接接头侧弯试样 side bend test specimen for cladding with a butt weld SBCB

试样包含对接接头，堆焊层横截面为受拉面



关键词：

$b$  试样宽度

$L_t$  试样总长度

$r$  试样棱角半径

$t$  试件厚度

$t_s$  试样厚度

$t_c$  堆焊层厚度

$t_w$  焊接接头的厚度或带有堆焊层的母材的厚度

图 8 带堆焊层的对接接头侧弯试样（SBCB）

## 4 符号和缩写

表 1 符号和术语

符号	术语	单位
$A$	材料规范要求的最小断后延伸率	%
$b$	试样宽度	mm
$b_1$	熔合线外宽度	mm
$d$	压头直径	mm
$D$	管外径 <sup>a</sup>	mm
$l$	辊筒间距离	mm
$l_b$	附加垫板长度	mm
$L_f$	焊缝中必线与试样和辊筒接触点间初始距离	mm
$L_o$	原始标距	mm
$L_s$	加工后试样上焊缝的最大宽度	mm
$L_t$	试样总长度	mm
$r$	试样棱角半径	mm
$r_p$	杆半径	mm
$r_D$	压头半径	mm
$R$	筒半径	mm
$t$	试件厚度	mm
$t_c$	堆焊层厚度	mm
$t_b$	附加垫板厚度	
$t_s$	试样厚度	mm
$t_w$	焊接接头的厚度或带有堆焊层的母材的厚度	mm
$\alpha$	弯曲角度	°
<sup>a</sup> 术语“pipe 管”，单独或组合中，意味着“pipe 管”，“tube 管”或“中空截面型材 hollow section”（不包括方管）。		

## 5 原理

对从焊接接头制取的横向或纵向试样进行弯曲，不改变弯曲方向，通过弯曲产生塑性变形，使焊接接头的表面或横截面发生拉伸变形。

应记录进行试验的温度（见条款 9）。

测试速度应保持恒定，如可时则应进行记录（见条款 9）。

试验根据条款 7 中的方法要求进行。

## 6 试样的制备

### 6.1 概述

试样的制备应不影响母材和焊缝金属性能。

### 6.2 位置

对于对接接头横向弯曲试验，应从产品或试件的焊接接头上横向截取试样以保证加工后焊缝的轴线在试样的中心或适合于试验的位置。

对于对接接头纵向弯曲试验，应从产品或试件的焊接接头上纵向截取试样。

带堆焊层的弯曲试样的位置和方向应符合相关标准或协议的规定

### 6.3 标记

每个试件都应标记以便识别其在产品或接头中的准确位置。

如相关标准有要求，应标记试样的加工方向（例如轧制方向或挤压方向）。

每个试样都应标记以便识别其在试件中的准确位置。

### 6.4 热处理和/或时效处理

除非相关标准规定或允许被试验的焊接接头要进行热处理，焊接接头和试样不进行热处理。如进行热处理应在报告中详细记录热处理的参数。对于铝合金如果产生了自然时效，应记录焊接至开始试验的间隔时间。

### 6.5 取样

采用机械加工方法或热加工方法截取的试样不应改变试样的性能。任何受热切割或剪切影响的材料都应使用机械方法去除。

### 6.6 试样的尺寸

#### 6.6.1 对接接头横向正弯和背弯试样（TRBB 和 TFBB）

对于横向面弯和背弯试验，试样厚度  $t_s$  应等于焊接接头处母材的厚度，但不超过 30mm。如果试件厚度  $t$  大于 10 mm，则可从一侧对试件厚度  $t_s$  进行机加工或其他机械加工方法，使其厚度等于  $(10 \pm 0.5)$  mm，如图 1 和图 2 所示。试样弯曲时，焊缝的表面或背面应处于受拉区。

相关应用标准要求全厚度试样，>10 mm 时，可使用多个试样覆盖接缝的全部厚度，如图 9 所示。

在这种情况下，试样在焊接接头厚度方向的位置应做标识。

#### 6.6.2 对接接头横向侧弯试样（TSBB）

对于侧弯试验，试样宽度  $b$  应等于焊接接头处母材的厚度。试样厚度  $t_s$  至少应为  $(10 \pm 0.5)$  mm，如图 3 所示，除非相关应用标准有其他要求。

当接头厚度超过 40mm 时，允许从焊接接头截取几个试样代替一个全厚度试样，见图 10。在这种情况下，试样在焊接接头厚度方向的位置应做标识。

#### 6.6.3 对接接头纵向弯曲试样(LFBB 和 LRBB)

对于纵向弯曲试验，试样厚度  $t_s$  应等于焊接接头处母材的厚度，但不超过 10mm。如果试件厚度  $t$  大于 10 mm，根据图 4，则可从一侧对试件厚度  $t_s$  进行机加工或其他机械加工方法，使其厚度等于  $(10 \pm 0.5)$  mm。试样弯曲时，焊缝的表面或背面应处于受拉区。

相关应用标准要求全厚度试样，>10 mm 时，可使用多个试样覆盖接缝的全部厚度，如图 9 所示。

#### 6.6.4 带堆焊层的非对接接头面弯试样（FBC）

对于面弯试验，试样厚度  $t_s$  应等于焊接接头处基材厚度加堆焊层的厚度，但不超过 10mm。如果试件厚度  $t$  大于 10 mm，根据图 5，则可从基材一侧对试件厚度  $t_s$  进行机加工或其他机械加工方法，使其厚度等于  $(10 \pm 0.5)$  mm。试样弯曲时，如果堆焊层厚度允许。

当基材厚度加堆焊层的厚度大于  $t_s$  时，允许根据应用标准或缔约方之间的约定，为制取厚度  $t_s$  试样，可以清除基材。

### 6.6.5 带堆焊层的非对接接头侧弯试样 (SBC)

对于侧弯试验，试样宽度  $b$  应等于基材厚度加上堆焊层的厚度，最大为 40mm。试样厚度  $t_s$  至少应为  $(10 \pm 0.5)\text{mm}$ ，如图 6 所示，除非相关应用标准有其他规定。

当基材厚度加上堆焊层的厚度超过 40mm 时，允许去除部分母材使加工好的试样宽度  $b$  符合相关标准或协议的要求。

### 6.6.6 带堆焊层对接接头的面弯试样 (FBCB)

对于带堆焊层对接接头的面弯试验，试样厚度  $t_s$  应等于基材厚度加上堆焊层的厚度，但不能超过 10mm。如果试件厚度  $t$  超过 10mm，如果堆焊层厚度允许。则试样厚度  $t_s$  等于  $10 \pm 0.5\text{mm}$ ，如图 7 所示。

在这种情况下，焊缝位置应保持在试样的中心或适于试验的位置。当试验涉及包括对接接头和覆层的完整接头时，以及当接头厚度大于  $t_s$  时，可根据条款 6.6.1 和图 10 中的描述取几个试样。

当试验的目的仅是检验堆焊层时，基材厚度加上堆焊层的厚度超过  $t_s$  时，不需要对基材部分做试验。

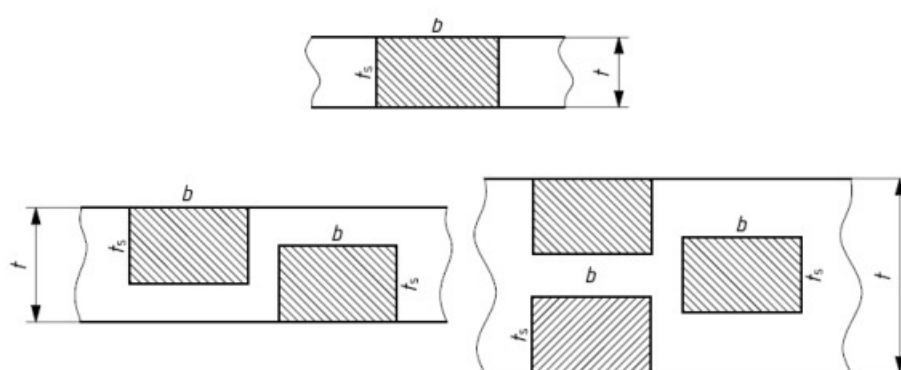


图 9 对接接头背弯和面弯试样 (TFBB、TRBB、LFBB 和 LRBB)

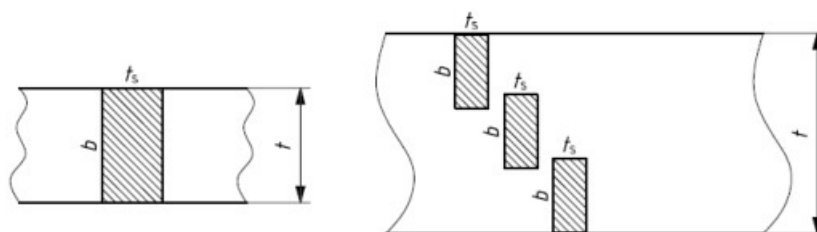


图 10 对接接头侧弯试样 (TSBB 和 SBCB)

### 6.6.7 带堆焊层对接接头的侧试样 (SBCB)

对于带堆焊层对接接头的侧弯试验，试样宽度  $b$  应等于试件厚度  $t$  (母材厚度， $t_w$ ，加上堆焊层的厚度， $t_c$ )，但不能超过 40mm。除非相关应用标准另有规定，否则试件厚度  $t_s$  应等于  $10 \pm 0.5\text{mm}$ ，如图 8 所示。

当试件厚度  $t$  超过 40 mm 时，可根据条款 6.6.2 和图 10 中的描述取几个试样。

## 6.6.8 尺寸

### 6.6.8.1 长度

试样的长度  $L_t$  应根据公式 (1)。

$$L_t \geq l + 2R \quad (1)$$

### 6.6.8.2 厚度

试样厚度  $t_s$  的要求见条款 6.6.1 至 6.6.7。

### 6.6.8.3 宽度

a) 横向正弯和背弯试样

1) 板材：试样宽度  $b$  应不小于  $4t_s$ ，除非相关应用标准有其他规定。

2) 管子：试样宽度  $b$  至少应：

— 对于直径小于 25mm 的管子，弯曲试样的宽度可以通过将管道切割成一半或最好是四分之一的截面来获得。如图 1 和图 2 所示，这些试样不需要有一个加工平面；

— 对于外径 25 mm 至 50 mm 之间的管子：  $b = 1 + 0.1D$  (最小为 8mm)；

— 对于外径大于 50 mm 的管子：  $b = t + 0.05D$  (最小为 8mm，但不超过 40mm)。

外径  $D > 25 \times$  管壁厚，试样的制取要求与板相同。

b) 横向侧弯试样：除非相关应用标准和/或合同双方另有规定，试样宽度  $b$  一般等于焊接接头处母材厚度。

c) 纵向弯曲试样：除非相关应用标准和/或合同双方另有规定，试样宽度  $b$  应为：  $b = L_s + 2b_1$ ，其中  $b_1 = 15\text{mm}$ 。

### 6.6.8.4 棱角

试样拉伸面棱角应加工成圆角，其半径  $r$  不超过  $0.2t_s$ ，最大为 3 (见图 1 至 8)。

应进行倒角处理，以避免形成可能对试验结果产生不利影响的横向毛刺、划痕或标记。

但是，如果试验结果令人满意，则可以接受边缘未倒角的试件。

## 6.6.9 表面制备

试样加工的最后全序应采用机加工或磨削，其目的是为了材料的表面变形硬化或过热。在试验的长度  $l$  范围内 (见图 11 至 13)，试样表面应没有横向划痕或切痕，但咬边除外，除非相关标准和/或协议另有要求。

除非相关标准和/或协议另有要求，超出试样表面的焊缝金属一般应通过机加工方法除去。小直径管内壁的熔透焊缝允许保留。

## 7 试验条件

### 7.1 腐蚀

在开始弯曲试验前，可对试样表面稍做腐蚀以分清熔化区域的形状、位置或熔合线，已确定受拉面。开始弯曲试验前，可通过轻微宏观蚀刻待拉伸试验试样表面来确定熔合区或熔合线的形状和位置。

## 7.2 试验

### 7.2.1 概述

弯曲试样的测试通常可以用成型机（见条款 7.2.2）或辊筒（见条款 7.2.3）进行。

如果焊接接头的母材、热影响区和/或焊缝金属在弯曲物理和机械财产方面存在显著差异，则对试样 TFBB、TRBB、TSBB、FBCB 和 SBCB 进行横向和侧向弯曲试验可能会导致弯曲试样的非均匀弯曲。因此，在不存在任何焊接故障的情况下，发生应变局部化，并可能导致残余失效。

为了避免这种现象，建议采用其他试验方法，如用辊筒进行弯曲试验（见条款 7.2.3）、用垫板板进行弯曲试验或纵向弯曲试验

成形器或辊的材料相关直径在条款 7.3 中定义。条款 7.2.2 至 7.2.4 和条款 7.4 中定义了试验方法的所有其他几何条件。

### 7.2.2 圆形压头弯曲试验

把试验放在两个平行的辊筒上性（见图 11 至 13）或 U 型工装上（见图 14）进行试验。

焊缝应在两个辊筒间中心线位置，纵向弯曲除外。在两个辊筒间中点，即焊缝的轴线，垂直于试样表面通过压头施加载荷（三点弯曲），使试样逐渐连续的弯曲。

U 型工装尺寸见公式（2）和公式（3）。

$$r_p = d/2 \quad (2)$$

$$r_D = r_p + t_s + 2 \quad (3)$$

单位 mm

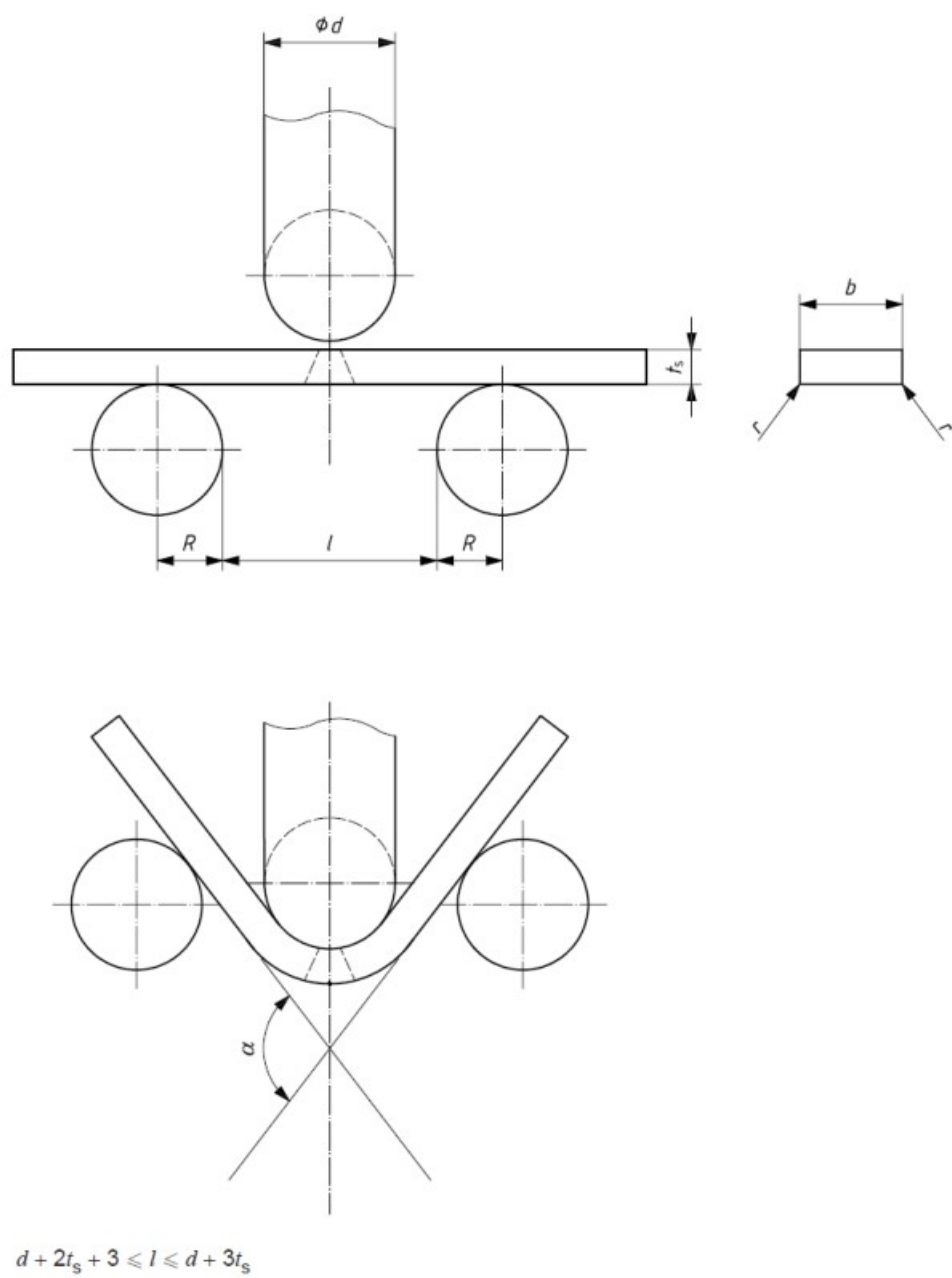


图 11 横向面弯和背弯试验

单位 mm

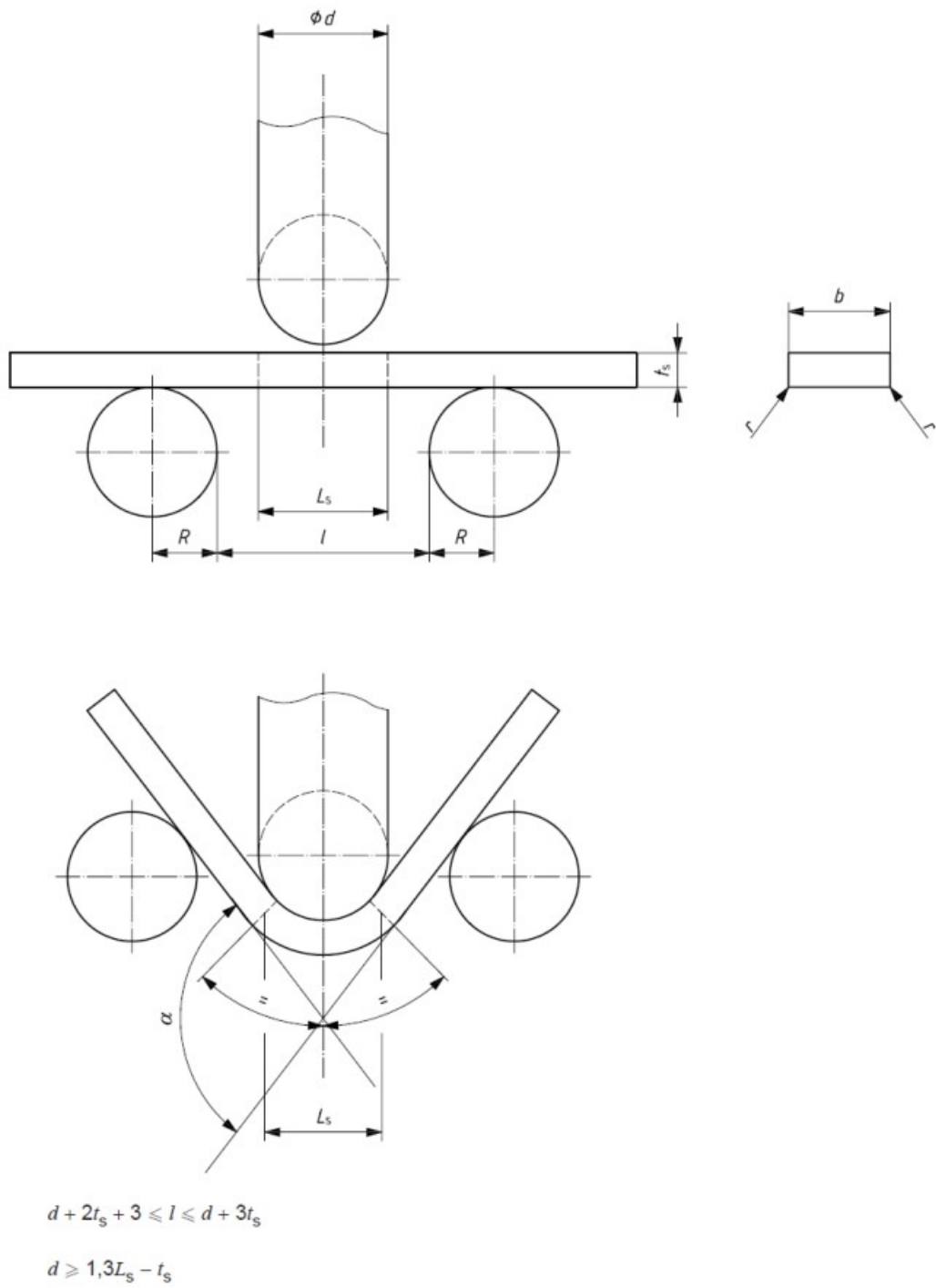


图 12 横向侧弯试验



单位 mm

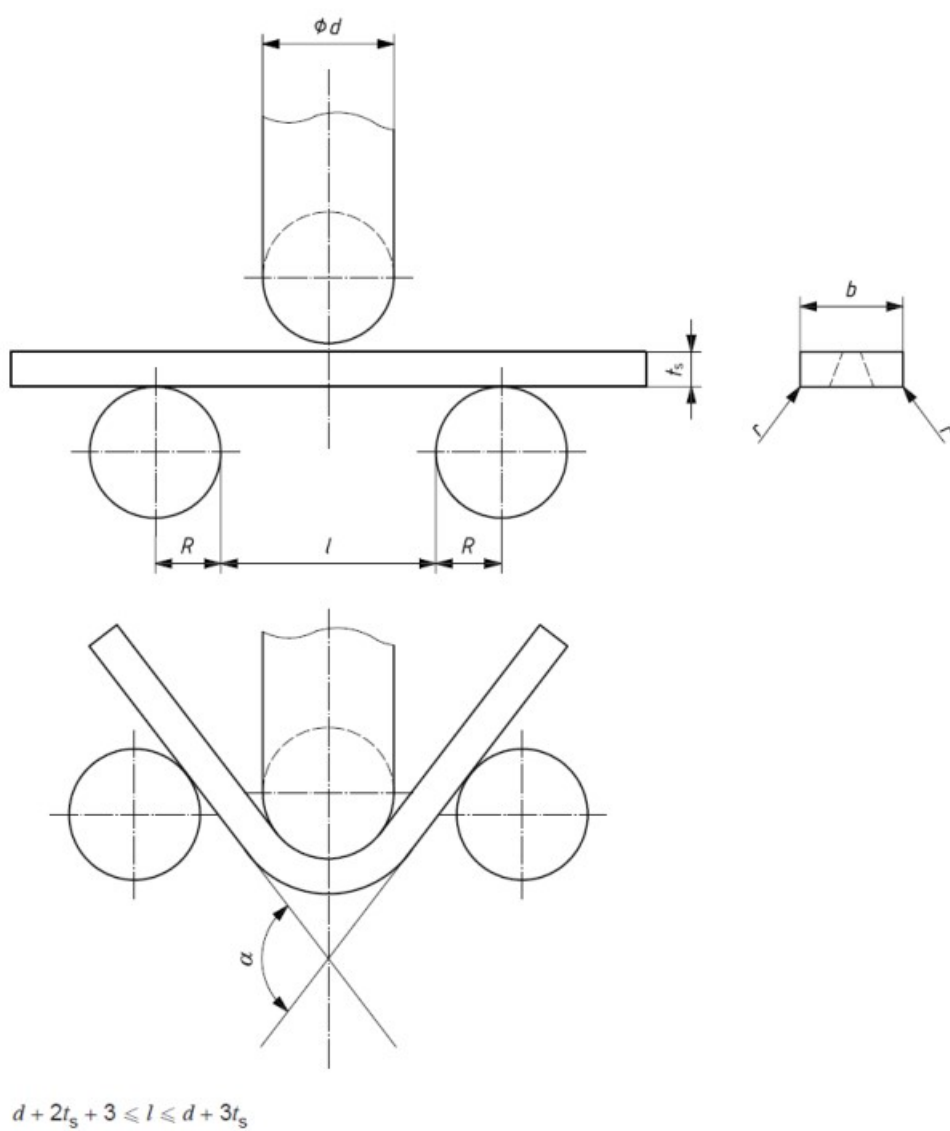
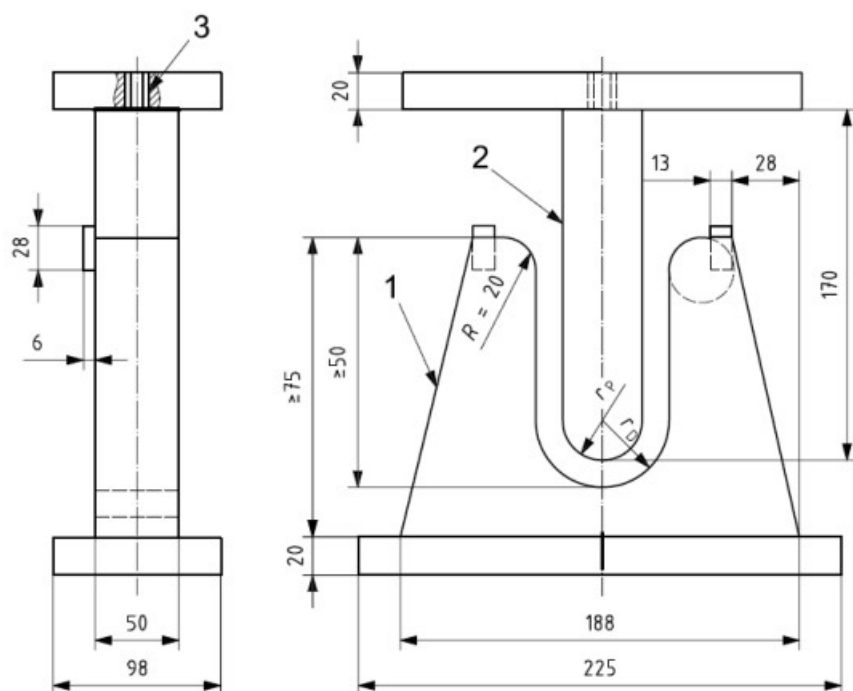


图 13 纵向弯曲试验



### 关键词

- |   |           |
|---|-----------|
| 1 | 模具        |
| 2 | 压头        |
| 3 | 压头与试验机装配孔 |

图 14 薄试件弯曲试验用 U 型工装形状示例 (暂定)

### 7.2.3 辊筒弯曲

见图 15。对于图 15,  $0.7d < L_f < 0.9d$ 。

将试样的一端牢固的卡紧在两个平行辊筒的试验装置内,进行试验。通过外辊筒沿以内辊筒轴线为中心的圆弧转动,向试样施加载荷,使试样逐渐连续地弯曲。

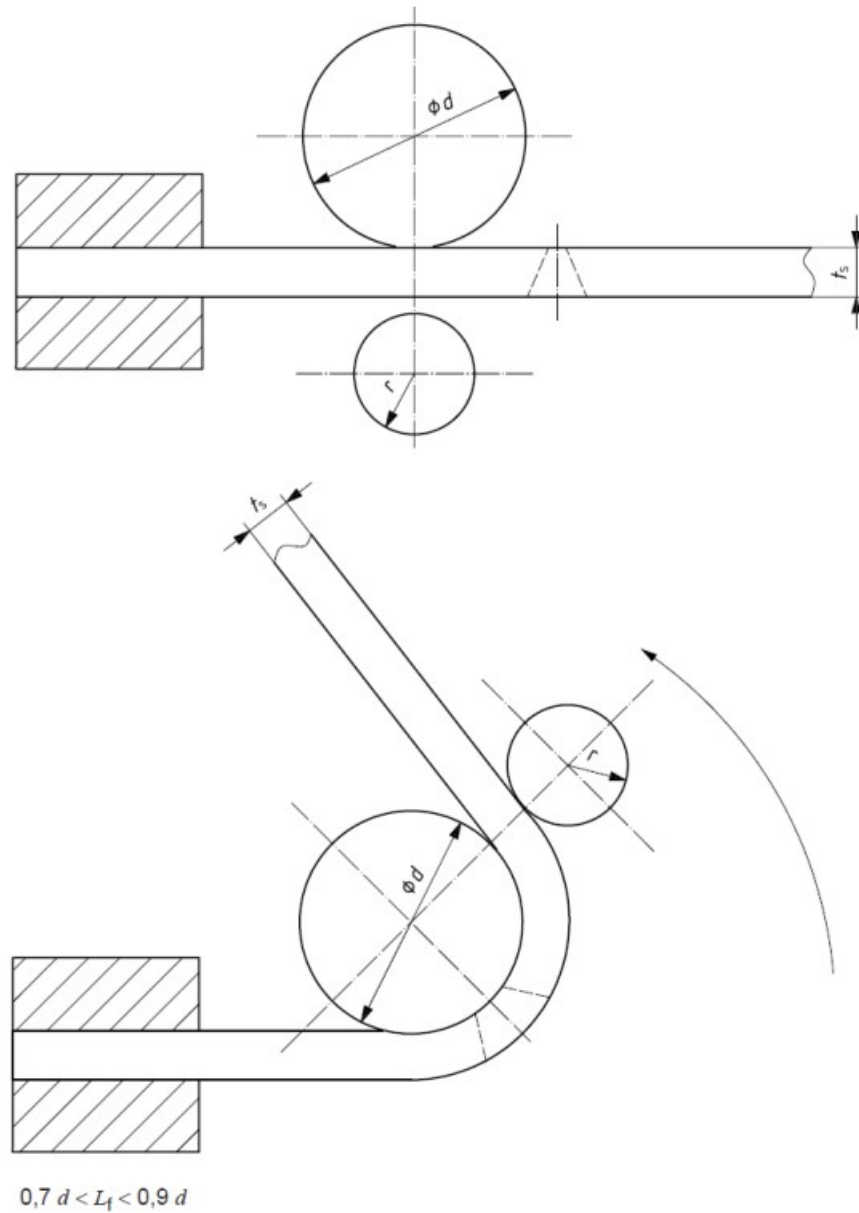


图 15 使用辊筒弯曲的试验方法

7.2.4 带垫板的弯曲试验

试验时，在试样和平行辊筒之间放置一块额外的垫板，见图 16。

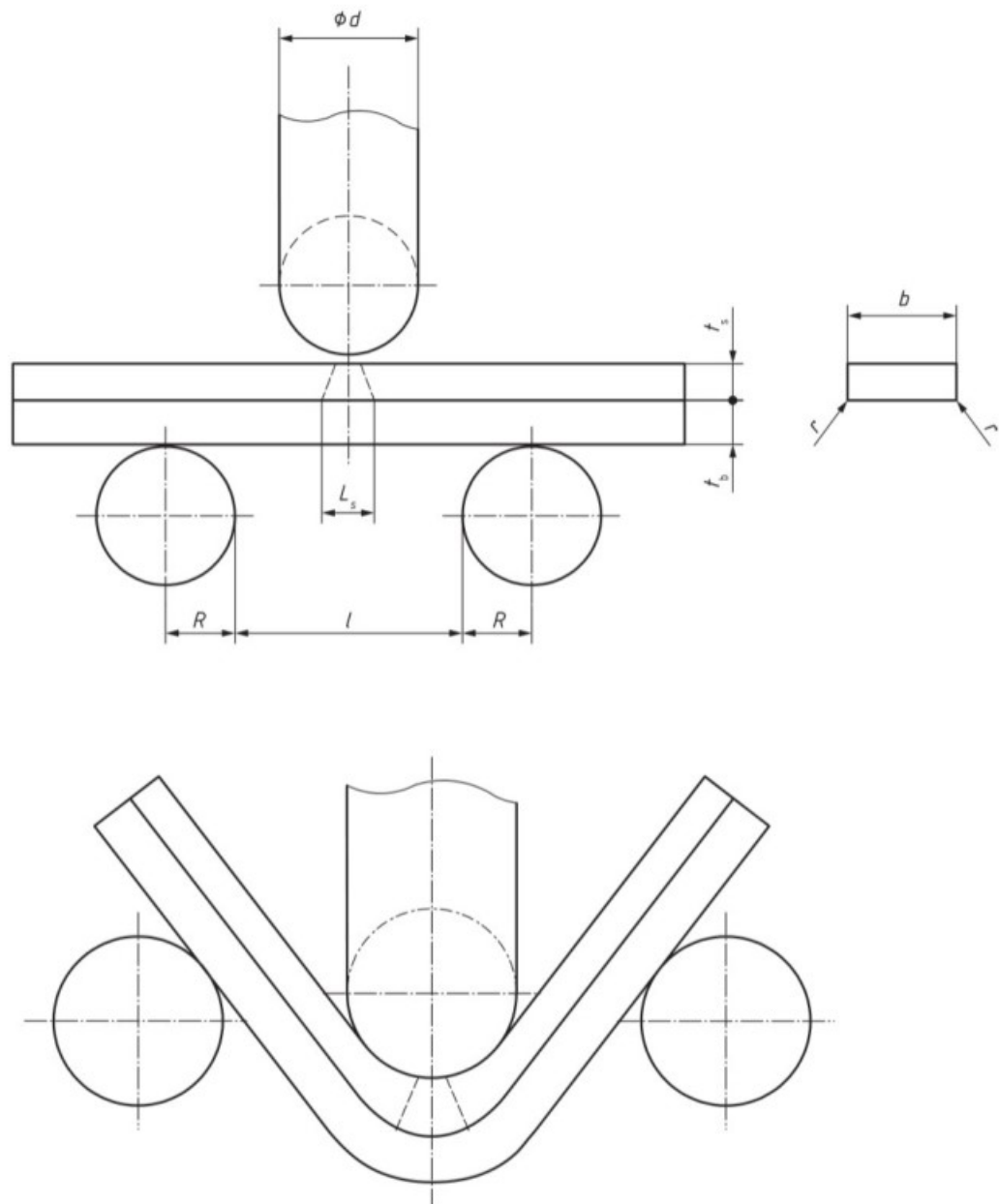


图 16 使用垫板进行弯曲的试验方法

附加垫板的尺寸应与弯曲试样的尺寸相当，见图 17。垫板板的长度  $L_b \geq 2 L_t$ 。

垫板应具有与母材相同或类似的机械性能。

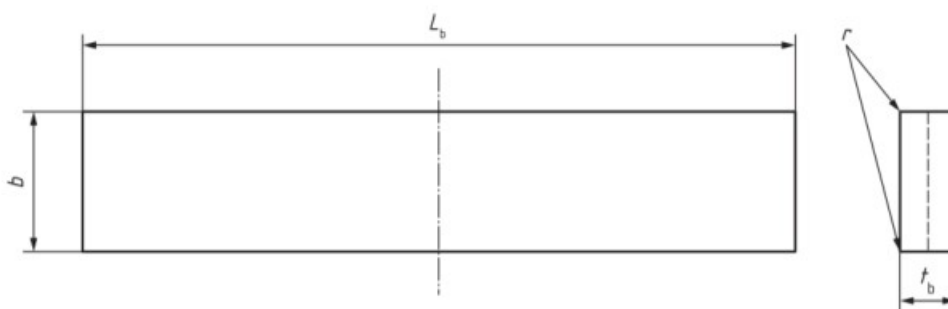


图 17 垫板的几何形状

### 7.3 压头和辊筒尺寸

#### 7.3.1 钢、镍及镍合金

对于延伸率  $A \geq 20\%$  的材料，压头或内辊的直径应等于  $4t_s$ 。对于延伸率  $A < 20\%$  的母材，除非相关应用标准中另有规定，否则应采用公式 (4)：

$$d = \frac{100 \times t_s}{A} - t_s \quad (4)$$

对于不同母材之间的组合，选择低的  $A$  值。

#### 7.3.2 铝及其合金

对于断裂后最低延伸率  $A \geq 5\%$  的材料，除非相关应用标准中另有规定，否则应采用公式 (4)。

对于断裂后最低延伸率  $A < 5\%$  的材料，应在试验前进行退火，以达到合金的最低强度条件。应根据退火状态下的条件计算直径。

对于不同母材之间的组合，选择低的  $A$  值。

### 7.4 平行辊筒之间的距离和半径

图 11、图 12 和图 13 中辊筒之间的距离  $l$  应根据公式 (5)：

$$d + 2t_s + 1 \leq l \leq d + 3.5 t_s \quad (5)$$

图 16 中辊筒之间的距离  $l$  应根据公式 (6)：

$$d + 2(t_s + t_b) + 1 \leq l \leq d + 3.5(t_s + t_b) \quad (6)$$

图 11、图 12、图 13 和图 16 中的辊子半径， $R$ ，应至少 20mm。

### 7.5 弯曲角度

当试验达到相关应用标准中给出的试验已完成定义时，则试验完成。否则应根据下述要求执行：

- 对于图 11 到 13 和图 16，当试样从夹具底部弹出时，试验完成；
- 对于图 14，当试样和下部夹具之间无法插入 3 mm 钢丝时，试验完成；
- 对于图 15，当外辊筒从起点移动 180° 时，试验完成。

弯曲角可通过测量前者的位移来计算（见 ISO 7438）。

## 7.6 弯曲伸长率

当需要测量伸长率时，钢的正弯和背弯试样应采用的标距如下：

— 熔化焊焊缝，公式（7）、（8）或（9）：

$$L_0 = L_S \quad (7)$$

$$L_0 = 2L_S \quad (8)$$

$$L_0 = L_S - t_S \quad (9)$$

— 压力焊焊缝、电子束焊焊缝和激光焊焊缝，公式（10）或（11）：

$$L_0 = t_S \quad (10)$$

$$L_0 = 2t_S \quad (11)$$

长度  $L_0$  应均匀分布在压头轴线的两侧

$L_0$  可由应用标准或合同方之间的协议规定。

## 8 试验结果

弯曲试验结束之后，试样的外表面和侧面都应进行检验。

依据相关应用标准对弯曲试样进行评定并记录。

## 9 试验报告

试验报告至少应包括以下内容：

- a) 依据的国际标准，例如 ISO 5173:2023；
- b) 试样说明（标记、母材类型、热处理等）；标记、母材类型、热处理（包括消氢处理）等
- c) 试样的形状和尺寸；
- d) 弯曲试验的类型和代号（正弯和背弯、横向弯曲或纵向弯曲、侧弯），见条款 3；
- e) 试验条件（见条款 7）：
  - 试验方法（压头弯曲或辊筒弯曲）；
  - 压头或内辊筒直径；
  - 辊筒间距离；
  - 辊筒直径；
  - 使用 U 型夹具进行弯曲试验（如适用）。
- f) 试验温度；
- g) 弯曲角。弯曲伸长率和原始标距（如适用）；
- h) 观察到的缺欠的类型和尺寸；
- i) 弯曲角；
- j) 已知的试验速度；
- k) 相关的应用标准或应用文件；
- l) 与程序之间偏差；
- m) 观察到的任何异常特征；
- n) 试验日期；
- o) 试验结果；

附录 A 给出了典型的试验报告示例。

**附录 A**  
**(信息)**  
**试验报告示例**

编号 No.:

根据 pWPS:

“弯曲试验”的试验结果

试样结果: “\_\_\_\_\_”

制造商:

试样目的:

产品种类:

母材种类:

填充金属:

试验温度:

与程序之间的偏差或:

其他异常特征:

表 A.1 根据 ISO 5173: 2023 的弯曲试验

试样编号 No./位置	试验类型	尺寸 mm	压头直径 mm	辊筒距离 mm	弯曲 角度 °	原始 长度 mm	延伸率 %	备注 例如断口外观

试验或考试机构:

审核:

(姓名、日期和签名)

(姓名、日期和签名)