

# ISO

## 国际标准化组织

ISO 5173: 2000

---

### 金属材料焊缝破坏性试验—弯曲试验

Destructive tests on welds in metallic materials —

Bend tests

(翻译稿)

---

国际标准化组织 发布

# 国际标准化组织标准

## 金属材料焊缝破坏性试验—弯曲试验

翻译单位：哈尔滨焊接研究所

翻    译：成炳皇

校    对：朴东光

编    辑：朴东光

2006 年 8 月

## 金属材料焊缝破坏性试验—弯曲试验

### 1 范围

本国际标准规定了从对接焊缝、带有堆焊层的对接焊缝和没有对接焊缝只有堆焊层截取试样进行横向面弯、背弯和侧弯的试验方法，以评定延性及在焊接接头的表面及其附近是否存在缺陷。同时还给出了试样的尺寸。

本国际标准还规定了当母材之间和/或母材与填充金属之间在物理性能和力学性能有显著的差异形成的不均匀连接在进行弯曲时用纵向面弯、背弯代替横向弯曲的试验方法。

本国际标准适用于金属材料产品中采用熔化电弧焊方法的焊接接头。当厚度大于 12 mm 时可进行侧弯试验。

### 2 术语和定义

本国际标准采用下列术语，其定义如下。

#### 2.1 用于对接焊缝的面弯试样，FBB

试样的拉伸面位于焊缝较宽侧或远离电弧开始进行焊接侧，对接焊缝横向和纵向试样均适用。

见图 1 到图 3。

#### 2.2 用于对接焊缝的背弯试样，RBB

试样的拉伸面确定与对接焊缝面弯试样拉伸面确定方法相反，对接焊缝横向和纵向试样均适用。

见图 1 到图 3。

#### 2.3 用于对接焊缝的横向侧弯试样，SBB

试样的拉伸面位于焊缝的横截面。

见图 2。

#### 2.4 用于有堆焊层没有对接焊缝的面弯试样，FBC

试样的拉伸面位于堆焊层一侧，横向和纵向试样均适用。

见图 4。

#### 2.5 用于有堆焊层没有对接焊缝的侧弯试样，SBC

试样的拉伸面位于堆焊层的横截面，横向和纵向试样均适用。

见图 5。

#### 2.6 用于有堆焊层对接焊缝的面弯或侧弯试样，FBCB 或 SBCB

试样的拉伸面位于对接焊缝堆焊层一侧或堆焊层的横截面。

见图 6 和图 7。

### 3 原理

对从焊接接头截取的横向或纵向试样进行弯曲，不改变弯曲方向，通过弯曲使其产生塑性变形，同时焊接接头的表面或横截面发生拉伸变形。

除非有其他规定，试验环境温度应为  $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$ 。

试验按第 6 条的说明进行。

## 4 符号和缩略语

### 4.1 符号

见表 1 和图 1 至图 17。

表 1 符号和名称

| 符号       | 名称                  | 单位 |
|----------|---------------------|----|
| $b$      | 试样宽度                | mm |
| $b_l$    | 熔合线外宽度              | mm |
| $d$      | 压头直径                | mm |
| $D$      | 管直径 <sup>a</sup>    | mm |
| $l$      | 辊筒间距离               | mm |
| $L_f$    | 焊缝中心线与试样和辊筒接触点间原始距离 | 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 |
| $R$      | 辊筒半径                | mm |
| $t$      | 试件厚度                | mm |
| $t_c$    | 堆焊层厚度               | mm |
| $t_s$    | 试样厚度                | mm |
| $t_w$    | 焊接接头或带有堆焊层的母材的厚度    | mm |
| $\alpha$ | 弯曲角度                | °  |

a: 无论单独使用还是组合使用, 术语“管”表示“管”或“空心截面 (不包括矩形截面)”。

### 4.2 缩略语

|      |                 |
|------|-----------------|
| FBB  | 有对接焊缝的面弯试样      |
| RBB  | 对接焊缝的背弯试样       |
| SBB  | 有对接焊缝的横向侧弯试样    |
| FBC  | 有堆焊层没有对接焊缝的面弯试样 |
| SBC  | 有堆焊层没有对接焊缝的侧弯试样 |
| FBCB | 有对接焊缝带有堆焊层的面弯试样 |
| SBCB | 有对接焊缝带有堆焊层的侧弯试样 |

### 4.3 对应缩略语的示意图

图 1 到图 7 分别表示用于对接焊缝和有堆焊层的弯曲试样。  
试样的拉伸面棱角应加工成半径为  $r$  的圆角。

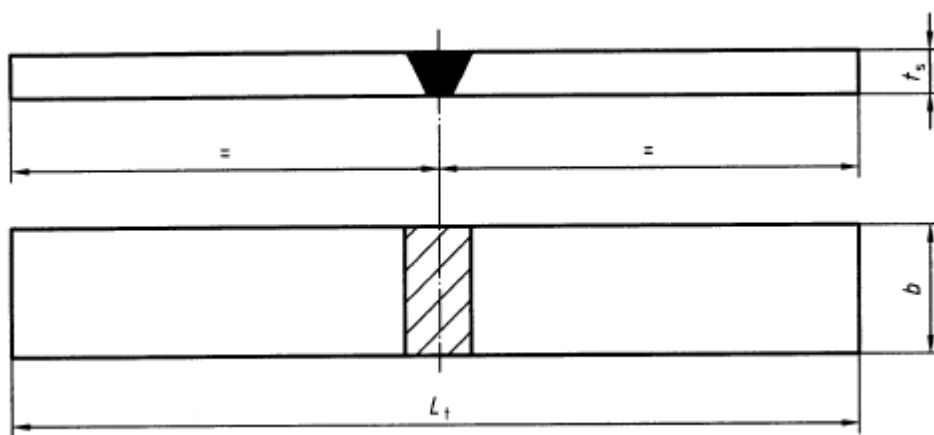


图 1 有对接焊缝的横向面弯和背弯试样 (FBB 和 RBB)

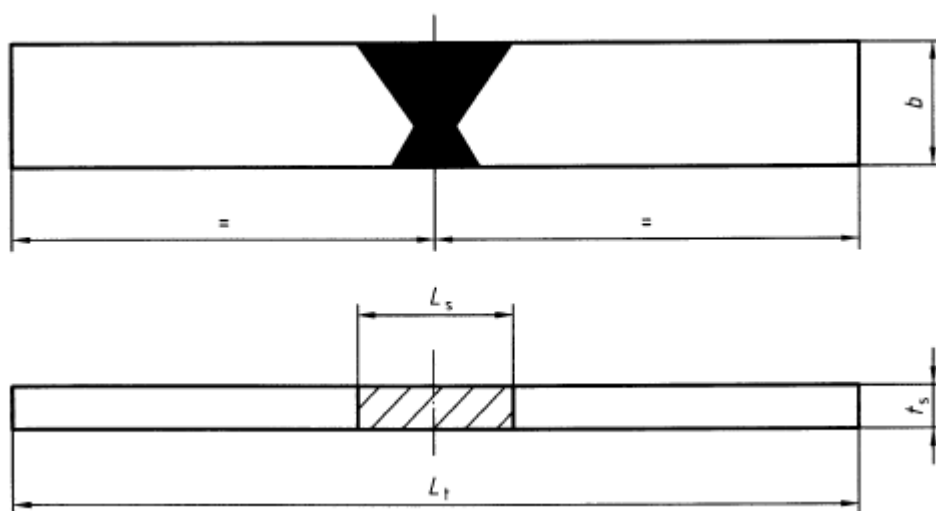
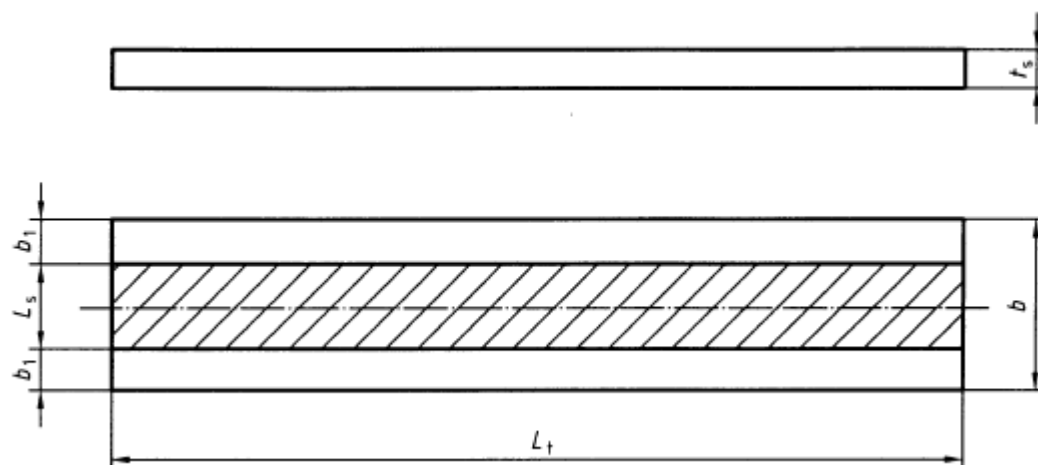


图 2 有对接焊缝的横向侧弯试样 (SBB)



$$b_1 = (b - L_s) / 2$$

图 3 有对接焊缝的纵向面弯和背弯试样 (FBB 和 RBB)

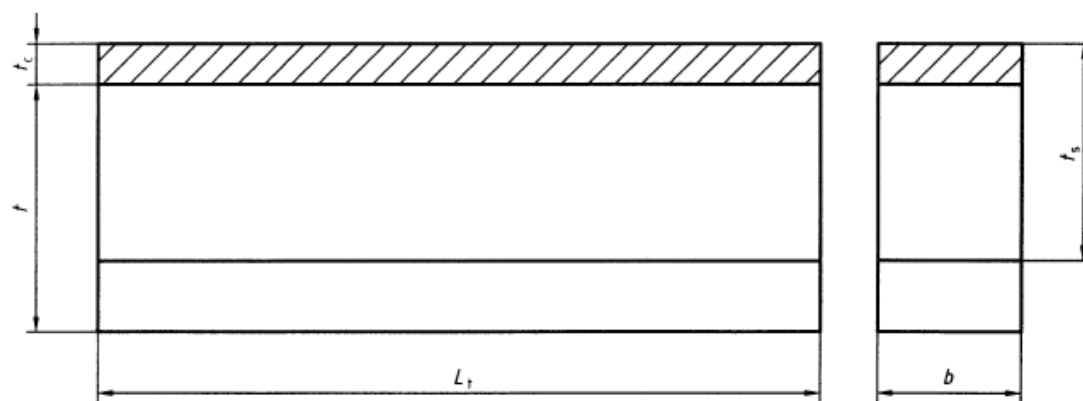


图4 有堆焊层没有对接焊缝的面弯试样 (FBC)

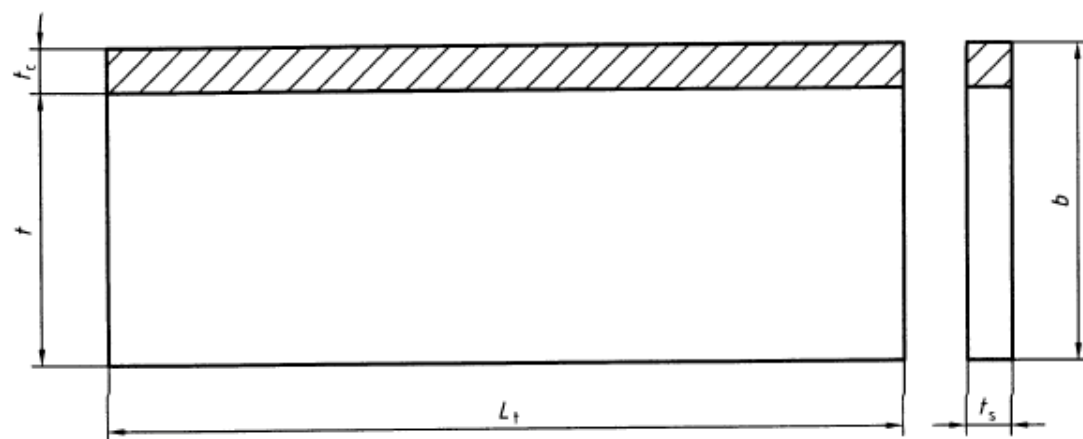


图5 有堆焊层没有对接焊缝的侧弯试样 (SBC)

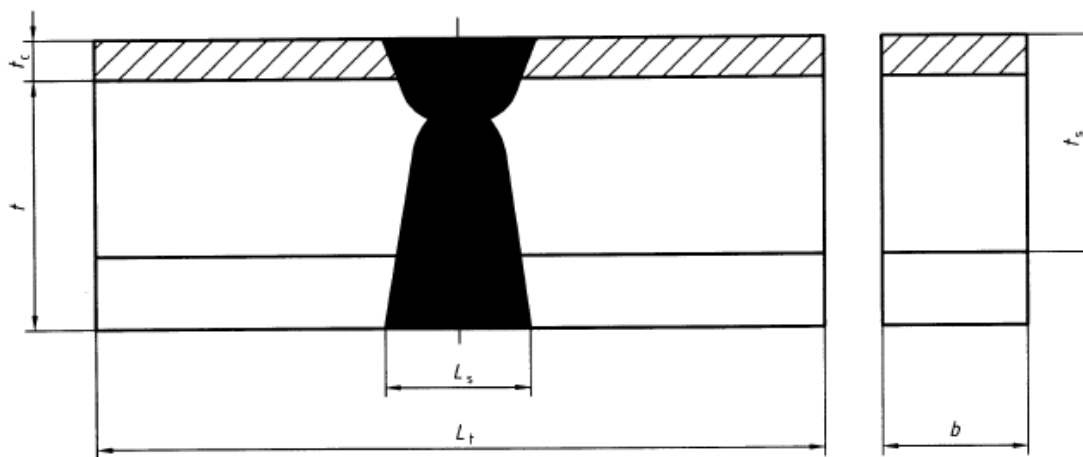
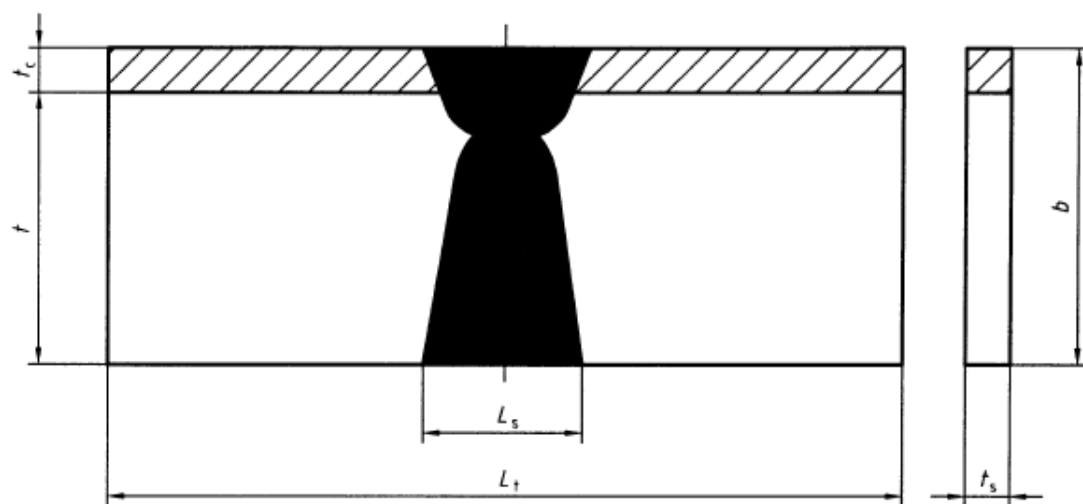


图6 有对接焊缝带有堆焊层的面弯试样 (FBCB)



$$b = t + t_c$$

图7 有对接焊缝带有堆焊层的侧弯试样（SBCB）

## 5 试样的制备

### 5.1 一般要求

试样的制备应遵循不影响母材和焊缝金属的原则。

### 5.2 位置

对于对接焊缝横向弯曲试验，是从产品或试件上焊接接头的横向截取制备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。

对于对接焊缝纵向弯曲试验，是从产品或试件上焊接接头的纵向截取制备试样。

带堆焊层的弯曲试样的位置和方向应符合应用标准或协议的规定。

### 5.3 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。

如相关应用标准有要求，应标记试样的加工方向（例如轧制或挤压方向）。

每个试样都应标记以便识别其在试件中的准确位置。

从试件上截取试样时每个试样都应标记。

### 5.4 热处理和/或时效处理。

除非相关应用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。如果铝合金板产生了自然失效，应记录焊接和试验间的间隔时间。

### 5.5 试样截取

#### 5.5.1 一般要求

采用机械加工或热加工方法截取的试样不应改变试样的性能。

#### 5.5.2 钢

当厚度大于 8 mm 是不能采用剪切方法截取。如果采用热切割或其它可能产生影响切割表面的切割方法从焊接板或试件截取试样时，切割位置离试样的距离应有大于 8 mm 的，其富裕量大小（取决于使用的方法）应遵循不能对试验结果产生冶金影响。

#### 5.5.3 其它金属材料

不允许采用剪切或热切割。只能采用机械加工（例如锯割或铣削）。

### 5.6 试样的尺寸

#### 5.6.1 对接焊缝横向面弯和背弯试验（FBB 和 RBB）

见图 8。

对于横向面弯和背弯试验试样厚度 $t_s$ 应等于靠近焊接接头的母材的厚度。

当相关应用标准要求试件的全厚度大于 30 mm 时, 为了能覆盖全厚度可以截取几个试样。

在这种情况下, 试样在焊接接头厚度方向的位置应能够识别。

#### 5.6.2 对接焊缝横向侧弯试验 (SBB)

见图 9。

对于侧弯试验试样宽度 $b$ 应等于焊接接头母材的厚度。试样厚度 $t_s$ 至少应为  $(10 \pm 0.5)$  mm, 而且试样应是 $b \geq 1.5 t_s$ 。

试样厚度 $t_s$ 和压头直径 $D$ 的比率应符合相关应用标准的要求。

当接头厚度超过 40 mm 时, 允许从焊接接头截取几个试样代替一个全厚度试样, 试样宽度 $b$ 的范围为 20 mm 到 40 mm。在这种情况下, 试样在焊接接头厚度方向的位置应能够识别。

#### 5.6.3 对接焊缝纵向弯曲试验 (FBB 和 RBB)

见图 10。

对于纵向弯曲试验试样厚度 $t_s$ 应等于靠近焊接接头的母材的厚度。如果试件厚度 $t$ 大于 12 mm, 试样厚度 $t_s$ 应为  $(12 \pm 0.5)$  mm, 而且焊缝的正面或背面都应通过弯曲进行检验, 弯曲时焊缝的正面或背面处于拉伸面。

#### 5.6.4 有堆焊层没有对接焊缝的面弯试验 (FBC)

见图 11。

对于面弯试验试样厚度 $t_s$ 应等于母材厚度加上堆焊层的厚度, 最大为 30 mm。

当母材厚度加上堆焊层的厚度超过 30 mm 时, 允许去除部分母材使加工好的试样厚度,  $t_s$ , 符合应用标准或协议的要求。

#### 5.6.5 有堆焊层没有对接焊缝的侧弯试验 (SBC)

见图 12。

对于侧弯试验试样宽度 $b$ 应等于母材厚度加上堆焊层的厚度, 最大为 30 mm。试样厚度 $t_s$ 至少应为  $(10 \pm 0.5)$  mm, 而且试样应是 $b \geq 1.5 t_s$ 。

当母材厚度加上堆焊层的厚度超过 30 mm 时, 允许去除部分母材使加工好的试样宽度 $b$ 符合应用标准或协议要求。

#### 5.6.6 对接焊缝带有堆焊层的横向面弯试验 (FBCB)

见图 13。

对于对接焊缝带有堆焊层的横向面弯试验试样厚度 $t_s$ 应等于母材厚度加上堆焊层的厚度。

在这种情况下, 焊缝应位于试样的中心或适合于试验的位置。

当试验要求覆盖整个接头既要有对接接头又要有堆焊层同时接头的厚度超过 30 mm 时, 可以按 5.6.1 条和图 1 的要求截取几个试样。

当试验的目的仅是检验堆焊层同时试样的厚度超过 30 mm 时, 不需要对母材做进一步试验。

图 8 到图 13 表明用于对接焊缝和堆焊层的弯曲试样位置。



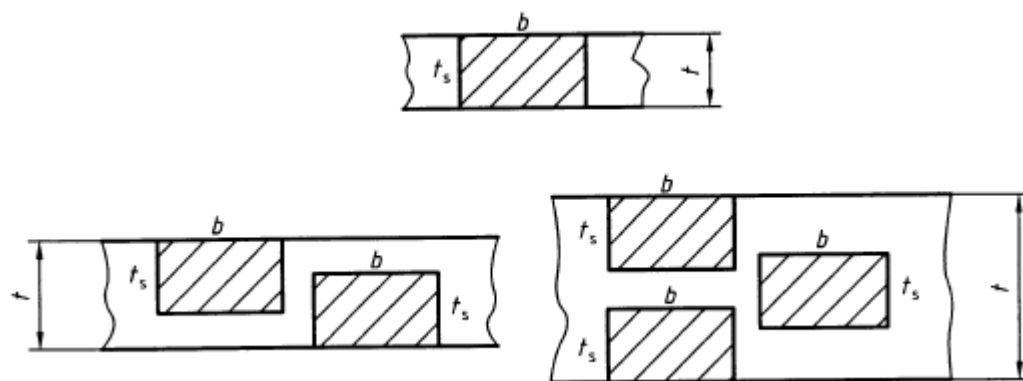


图 8 有对接焊缝的面弯和背弯试样 (FBB 和 RBB)

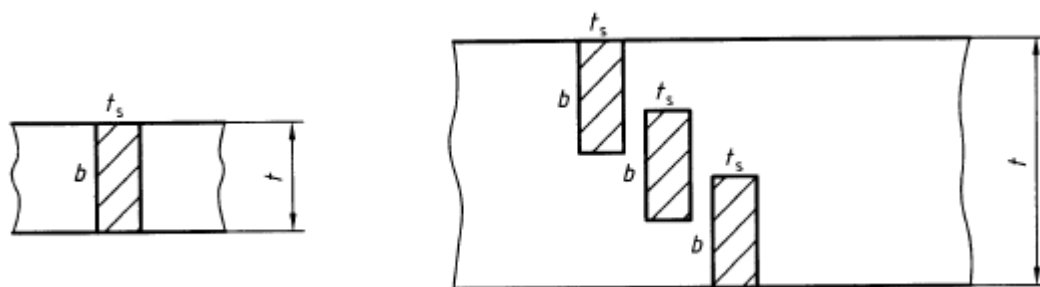
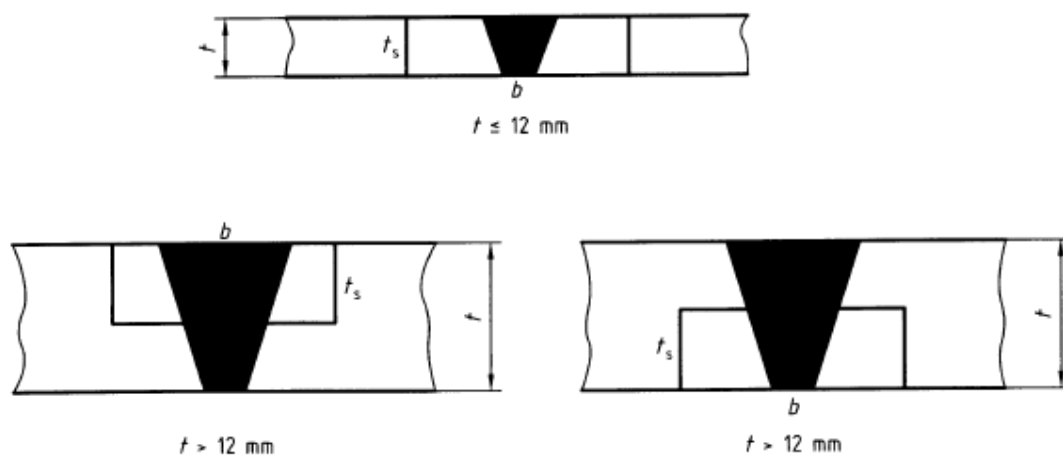


图 9 有对接焊缝的侧弯试样 (SBB)



试样上焊缝的正面是拉伸面

试样上焊缝的背面是拉伸面

图 10 有对接焊缝的纵向弯曲试样 (FBB 和 RBB)

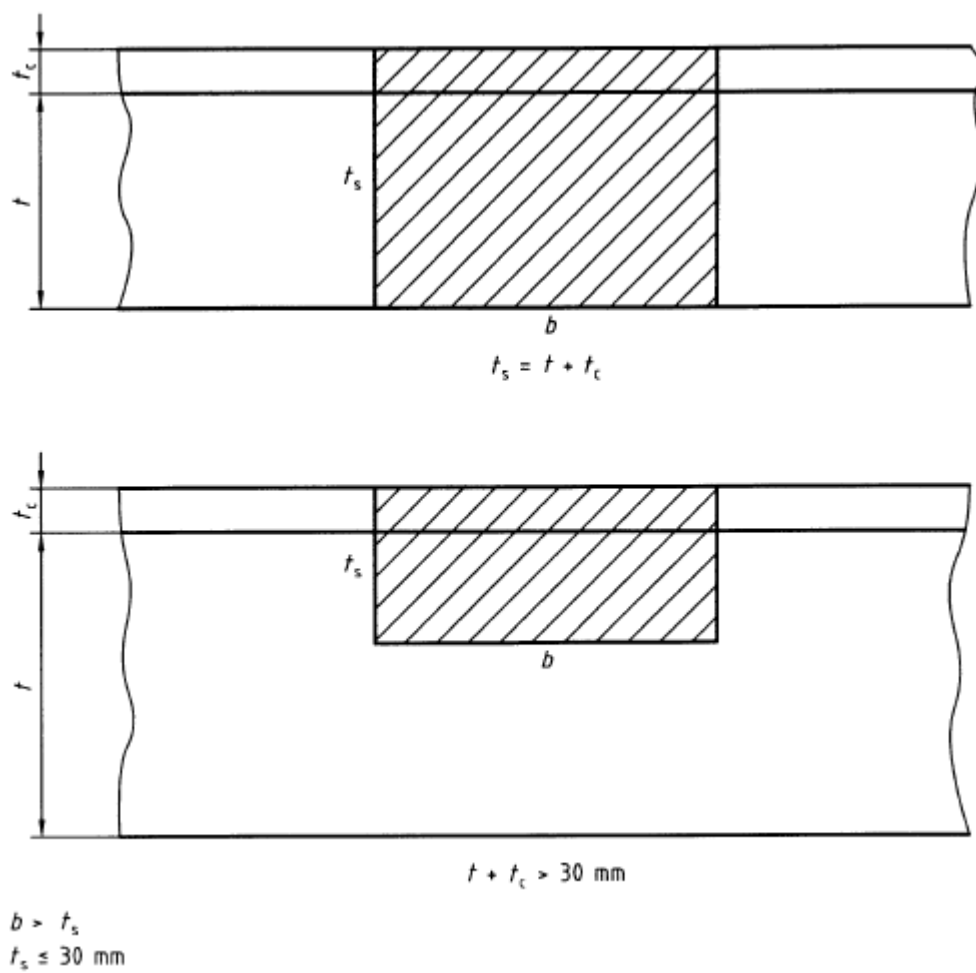


图 11 有堆焊层没有对接焊缝的面弯试样 (FBC)

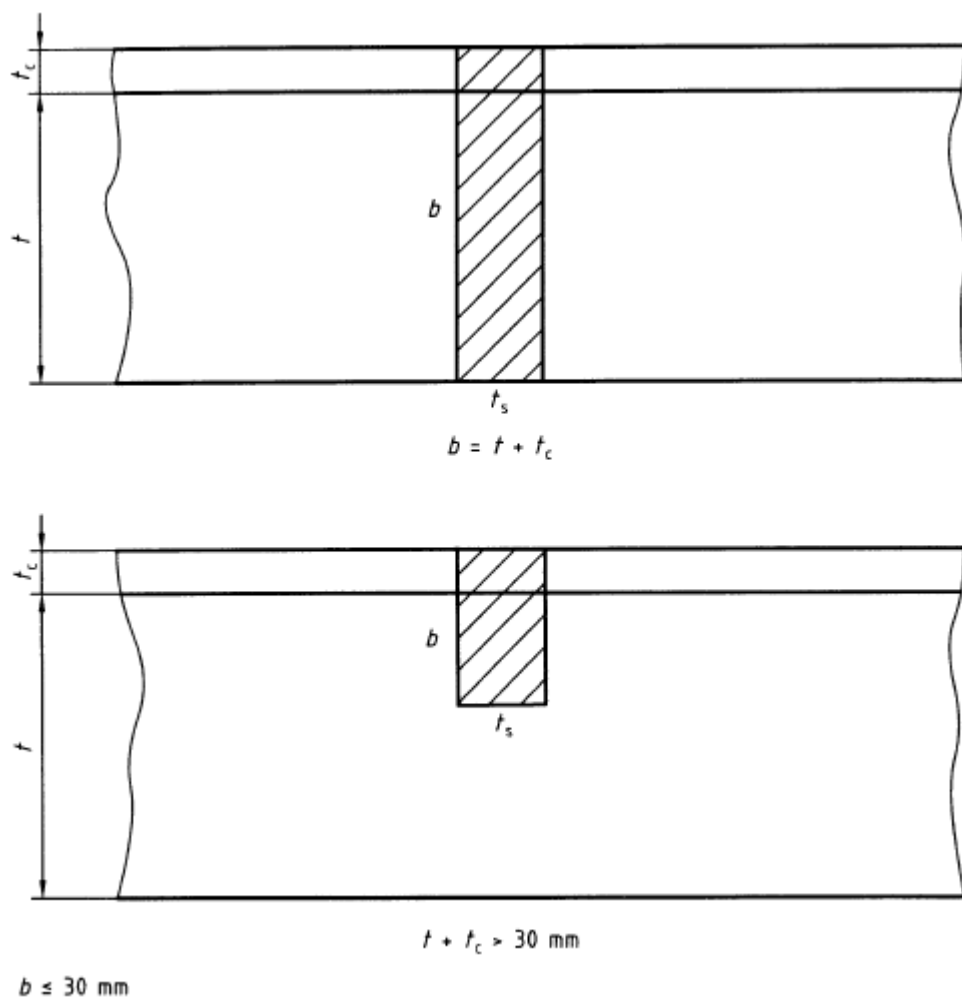
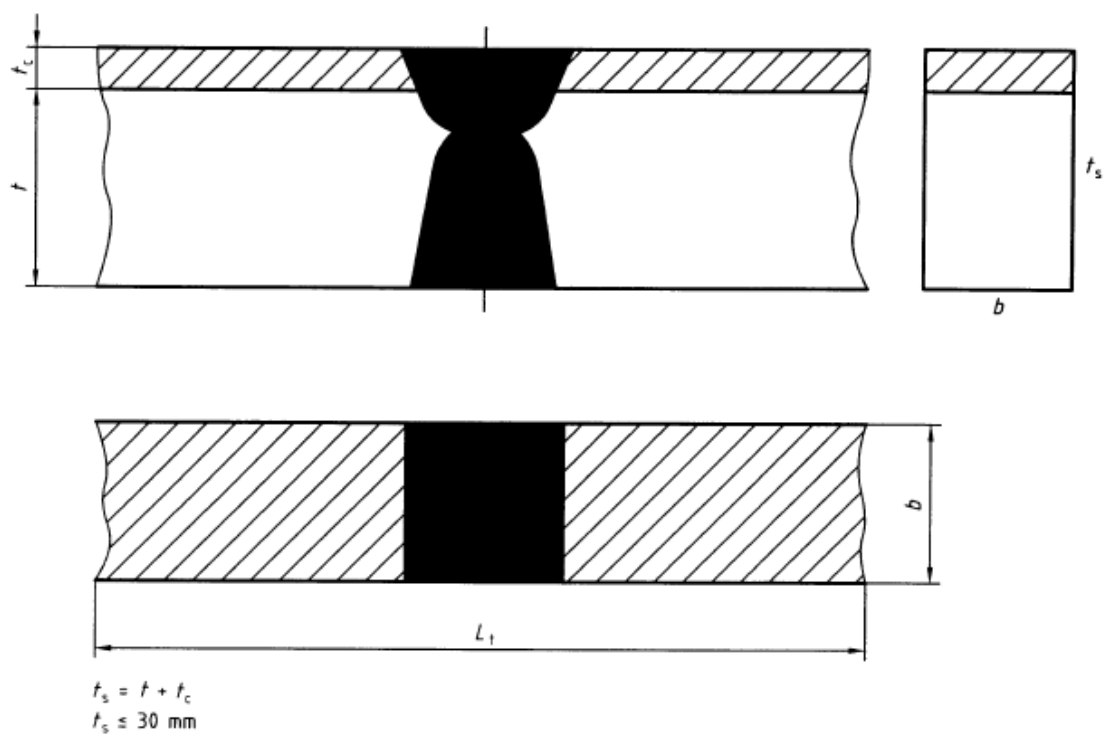


图 12 有堆焊层没有对接焊缝的侧弯试样 (SBC)



注：如果 $t+t_c>30\text{ mm}$  参照图 8。

图 13 有对接焊缝带有堆焊层的横向弯曲试样（FBCB）

## 5.6.7 尺寸

### 5.6.7.1 长度

试样的长度 $L_t$ 应为 $L_t \geq l+2R$ ，同时至少应满足相关应用标准的要求。

### 5.6.7.2 厚度

对于厚度 $t_s$ 的要求见 5.6.1 条至 5.6.6 条。

### 5.6.7.3 宽度

#### a) 横向面弯和背弯试验

##### (1) 对于板件

- 对于钢，试样宽度 $b$ 应不小于  $1.5 t_s$ ，最小为 20 mm。
- 对于铝、铜及其合金，试样宽度 $b$ 应不小于  $2 t_s$ ，最小为 20 mm。

##### (2) 对于管件，试样宽度 $b$ 最小应为：

- 对于管径 $\leq 50\text{ mm}$ ： $t+0.1D$ （最小为 8 mm）；
- 对于管径 $> 50\text{ mm}$ ： $t+0.05D$ （最小为 8 mm，而最大为 40 mm）。

注：外径 $D>25\times$ 管壁厚，试样的截取按板件要求。

#### b) 横向侧弯试验

试样宽度  $b$  一般等于焊接接头附近母材厚度。

#### c) 纵向弯曲试验

试样宽度 $b$ 应为： $b = L_s + b_1$

表 2 纵向弯曲试样宽度（mm）

| 材料                 | $t_s$     | $b$ （见图 3）          |
|--------------------|-----------|---------------------|
| 钢                  | $\leq 20$ | $L_s + 2 \times 10$ |
|                    | $> 20$    | $L_s + 2 \times 15$ |
| 铝、铜及其合金            | $\leq 20$ | $L_s + 2 \times 15$ |
|                    | $> 20$    | $L_s + 2 \times 25$ |
| 注：其它金属材料试样宽度按协议要求。 |           |                     |

### 5.6.7.4 棱角

试样拉伸面棱角应加工成圆角，其半径 $r$ 不超过  $0.2 t_s$ ，最大为 3 mm（见图 14）。

## 5.6.8 表面制备

试样加工的最后工序应采用机加工或磨削，其目的是为了避免材料的表面变形硬化或过热。在试验的长度范围内（见图 14 至图 16），试样表面应没有横向划痕或切痕，不得除去咬边除非相关应用标准和/或协议另有要求。

试样表面应进行机加工，除非相关应用标准和/或协议另有要求，超出的焊缝金属应除去。除非另有要求，对于带有穿透焊缝小直径管在压头对应相反侧管内壁焊缝余高可以保留。

## 6 试验条件

## 6.1 侵蚀

在开始弯曲试验前，轻微宏观腐蚀试样的拉伸面以分清熔化区域或熔合线形状和位置。

## 6.2 试验

### 6.2.1 圆形压头弯曲

见图 14 至图 16。

把试样放在两个平行的辊筒上进行试验。焊缝应在两个辊筒间中心线位置，纵向弯曲除外。在两个辊筒中间，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），使试样缓慢连续地弯曲。

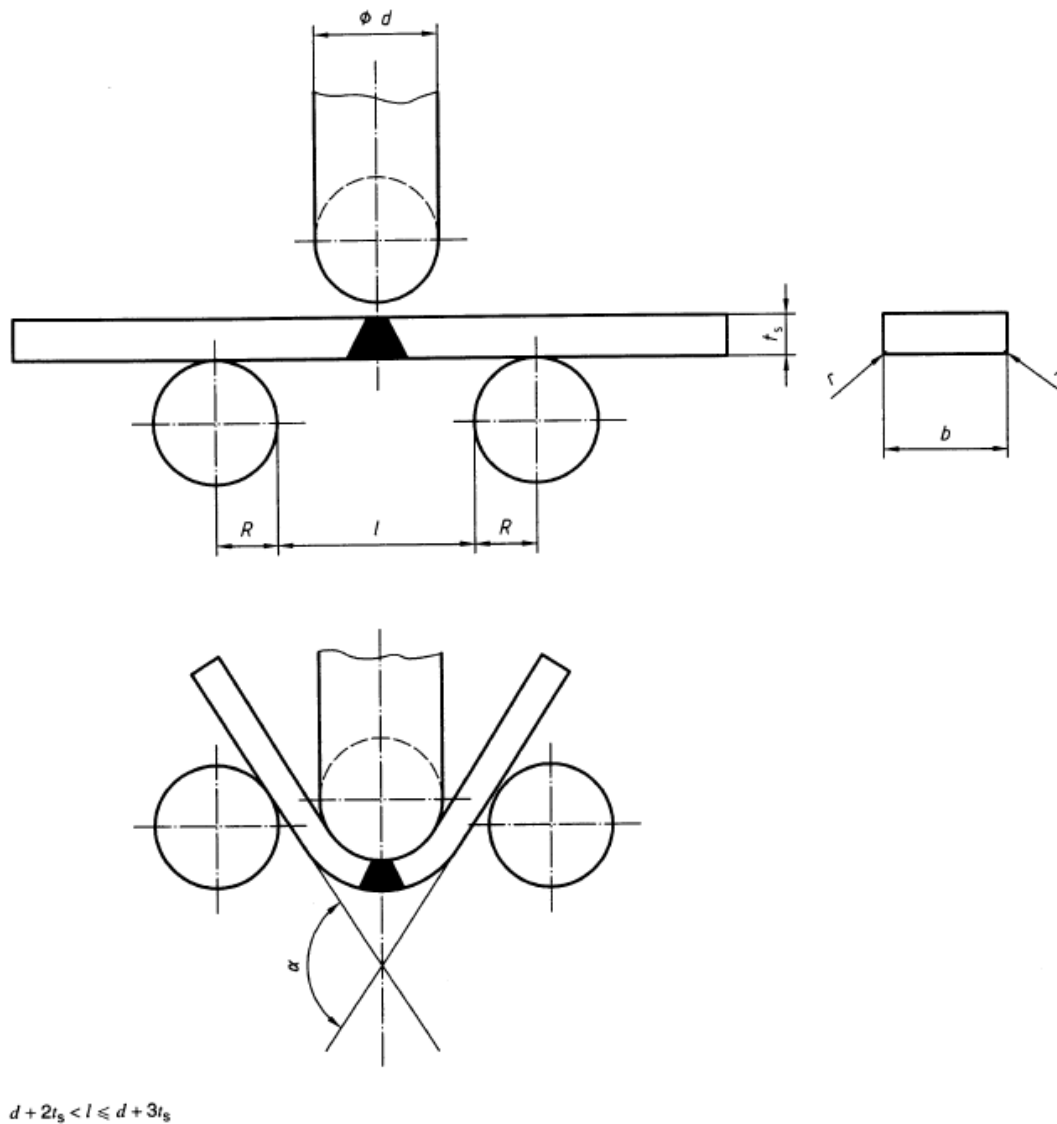
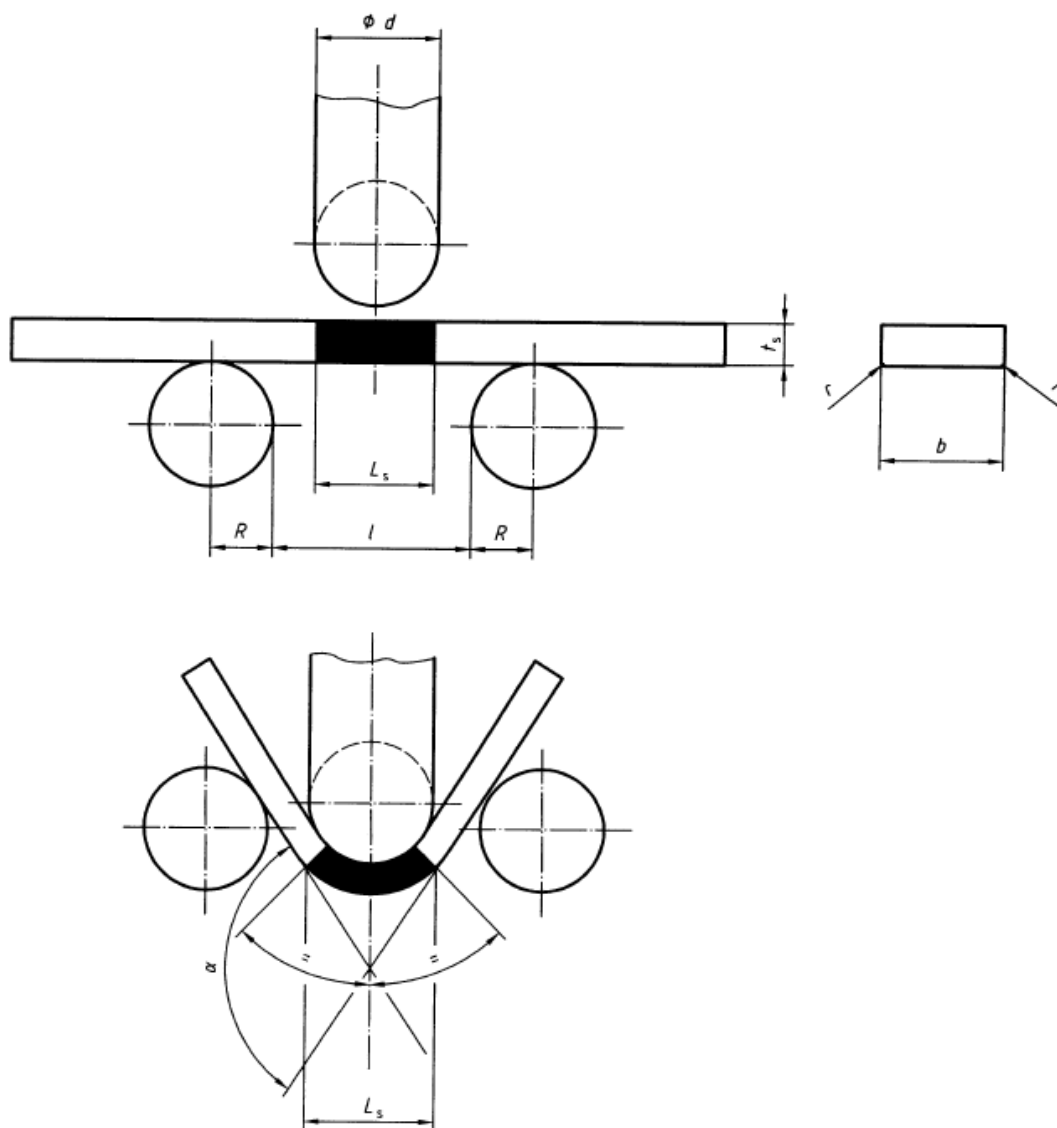


图 14 横向面弯或背弯试验



$$d + 2t_s < l \leq d + 3t_s$$

$$d \geq 1,3L_s - t_s$$

图 15 横向侧弯试验

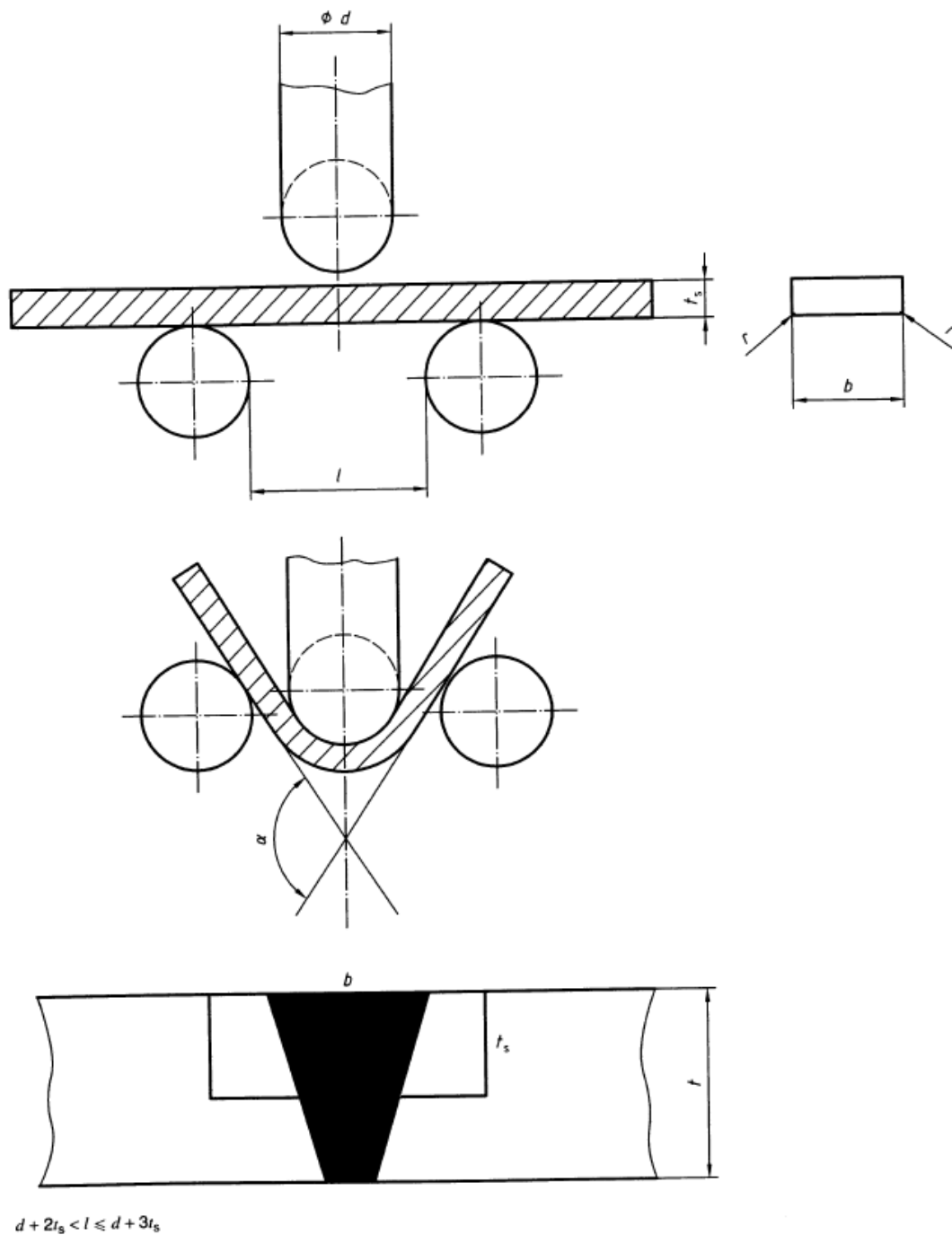


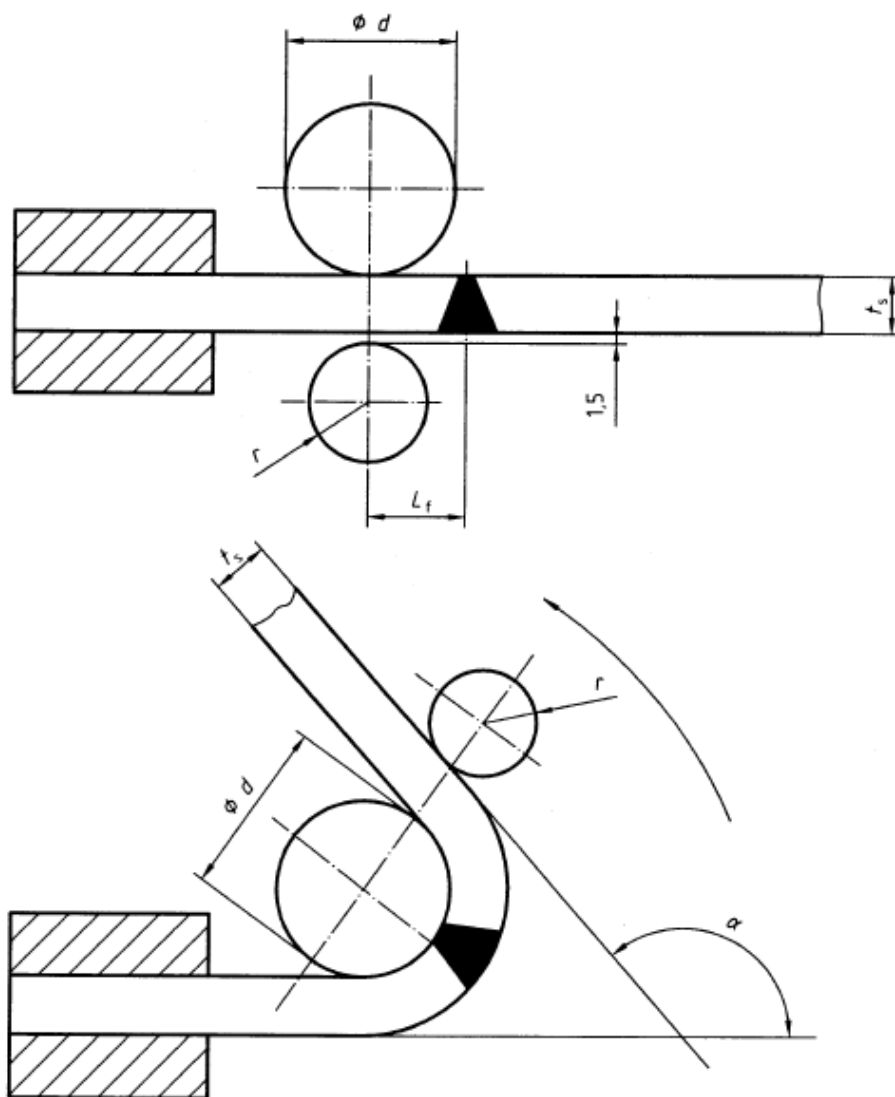
图 16 纵向弯曲试验

### 6.2.2 辊筒弯曲

见图 17。

用辊筒做导向弯曲，是另一种试验方法，用于铝合金和异种材料接头，对于异种材料接头其焊缝金属或一侧母材的屈服点或规定非比例伸长强度低于另一侧母材。

将试样的一端牢固的卡紧在具有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轴线为中心的圆弧转动，向试样施加载荷，使试样缓慢连续地弯曲。



$$0,7 d < L_f < 0,9 d$$

图 17 辊筒弯曲试验方法

### 6.3 压头和辊筒尺寸

压头的直径  $d$  应依据相关应用标准确定。

辊筒的直径至少为 20 mm，除非相关应用标准另有规定。

### 6.4 辊筒间的距离

辊筒间的距离（见图 14 至图 16）应在  $d+2t_s$  和  $d+3t_s$  之间。

### 6.5 弯曲角度

当弯曲角度  $\alpha$  达到相关应用标准规定的值时试验完成。

### 6.6 弯曲伸长率

当需要测量伸长率时，钢面弯和背弯试样应采用的标距如下：

— 对于熔化焊缝：  $L_o = L_s$  或  $2L_s$  或  $L_s + t_s$

— 对于压力焊缝、电子束和激光焊缝：  $L_o = t_s$  或  $2t_s$

对于其它金属材料，如果测量伸长率，标距按协议规定。

## 7 试验结果



弯曲结束后，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估并记录。

除非另有规定，在试样上小于 3 mm 的缺陷不能认为是不合格。

## 8 试验报告

试验报告至少应包括以下内容：

- a) 参考的国际标准（例如 ISO 5173）；
- b) 试样说明（标记、母材类型、热处理、等）；
- c) 试样的形状和尺寸；
- d) 弯曲试验的类型和代号（面弯和背弯、横向或纵向、横向侧弯，等）；
- e) 试验条件（见 6 条）：
  - 试验方法（圆形压头弯曲或辊筒弯曲）；
  - 压头直径；
  - 辊筒间距离；
- f) 如果不在要求环境温度范围内记录试验温度；
- g) 观察到的缺陷的类型和尺寸；
- h) 弯曲角。

附录 A 给出了典型的试验报告实例。

附录 A  
(资料性附录)

试验报告实例

序号 \_\_\_\_\_  
依据 pWPS \_\_\_\_\_  
依据 “弯曲” 试验结果  
试验结果 “\_\_\_\_\_”  
生产者 \_\_\_\_\_  
检验目的 \_\_\_\_\_  
取样的产品 \_\_\_\_\_  
母材 \_\_\_\_\_  
填充金属 \_\_\_\_\_  
试验温度 \_\_\_\_\_

表 A.1—依据 ISO 5173 弯曲试验

| 试样号 No./<br>位置 | 试验类型 | 尺寸<br>mm | 压头直径<br>mm | 辊筒间距离<br>mm | 弯曲角<br>° | 原始测量长度<br>mm | 伸长率<br>% | 说明<br>例如断口外貌 |
|----------------|------|----------|------------|-------------|----------|--------------|----------|--------------|
|                |      |          |            |             |          |              |          |              |

检验人员或检验机构:  
\_\_\_\_\_

(姓名、日期和签名)

审核:  
\_\_\_\_\_

(姓名、日期和签名)