

A N A M E R I C A N N A T I O N A L S T A N D A R D

**FACTORY-MADE WROUGHT
STEEL BUTTWELDING INDUCTION
BENDS FOR TRANSPORTATION
AND DISTRIBUTION SYSTEMS**

用于输送和分配
的管道系统中的
工厂制造的钢制感应弯管
(译文)

ASME B16.49-2000

目 录

CONTENTS

Foreword	前言
Committee roster	委员会人员
Correspondence with the b16 Committee	给 B16 委员会的信件
1 scope and definitions	范围和定义
1.1 general	综述
1.2 manufacturing process	制造工艺
1.3 fabricated bends	弯管预制
1.4 standard units	标准计量单位
1.5 references	参考文献
1.6 codes and regulations	规范和惯例
1.7 service conditions	使用条件
1.8 convention	惯例
1.9 quality systems	质量体系
1.10 glossary	术语
2 pressure ratings	压力等级
2.1 basis of ratings	等级的基础
2.2 design of bends	弯管的设计
3 size	尺寸
4 marking	标志
4.1 standard marking	标准标志
4.2 depth of stamping	钢印深度
4.3 compliance	符合性
5 material	材料
5.1 starting materials	原材料
5.1.1 contamination	污染
5.1.2 surface condition	表面要求
6 material for bends containing welds	带焊缝的弯管材料
6.1 longitudinal weld seams	纵向焊缝
6.2 girth welds	周向焊接
7 chemical composition	化学成分
8 material properties	材料性能
8.1 tensile properties	拉伸性能
8.2 fracture toughness properties	断裂韧性性能
8.3 hardness testing	硬度试验
9 heat treatment	热处理
9.1 type	类型
9.2 equipment	设备
9.3 heat-treat designators	热处理符号
10 qualification bend	评定弯管
10.1 essential variables	重要变数
10.2 records	记录
10.2.1 bend qualification procedure	弯管评定程序

- 10.2.2 testing results 试验结果
- 11 test requirements 试验要求
 - 11.1 qualification bend requirements 弯管评定要求
 - 11.1.1 tensile testion 拉伸试验
 - 11.1.2 fracture toughness testing 断裂韧性试验
 - 11.1.3 weld testing 焊接试验
 - 11.1.4 hardness testing 硬度试验
 - 11.2 production bend requirements 产品弯管要求
 - 11.3 testing results 试验结果
- 12 dimensional requirements 尺寸要求
 - 12.1 ovality 圆度
 - 12.2 outside diameter 外径
 - 12.3 wall thickness 壁厚
 - 12.4 inside diameter 内径
 - 12.4.1 welding ends 焊接端部
 - 12.4.2 body 管体
 - 12.5 end preparation 端部制备
 - 12.6 Bend dimensional tolerances 弯管尺寸偏差
- 13 inspection 检验
 - 13.1 workmanship and finish 表面质量和光洁度
 - 13.2 nondestructive examination 无损检测
 - 13.3 outside inspection 外观检验
- 14 certification 质量证明书
- 15 supplementary requirements 补充要求
 - 15.1 heat treatment 热处理
 - 15.2 nondestructive examination 无损检测
 - 15.3 segmentable bends 分段弯管
 - 15.4 fracture toughness 断裂韧性
 - 15.5 sour gas applications 酸性气体
 - 15.6 weld seam examination:UT 焊缝检测: UT
 - 15.7 weld seam examination: RT 焊缝检测: RT
 - 15.8 chemistries 化学成分
- Figures 图
 - 1 bend dimensional terms 弯管尺寸术语
 - 2 test specimen locations and orientations 试样位置和方向
 - 3 measurement of bend angle and out-of-squareness 弯管角度和垂直度的测量
- Tables 表
 - 1 maximum limits of chemical elements that may be used 许用的化学元素的最大极限
 - 2 compliance factor, F, carbon equivalent formula , 符合系数,F, 碳当量公式
 - 3 tensile properties 拉伸性能
- Mandatory annex 强制性附录
 - 1 references 参考文献
- Nonmandatory annex 非强制性附录
 - A quality system program 质量体系程序

正文译文

用于输送和分配的管道系统中的工厂制造的钢制感应弯管

Factory-made wrought steel butt welding induction bends for transportation and distribution systems

1 范围和定义

1.1 综述

本标准包含了碳钢材料（控制化学和力学性能）的工厂制造的感应管线弯管（带或者不带直端）的设计、材料、制造、试验、标记和检验要求。本标准适用于输送和分配管道用感应弯管（如 ASME B31.4, B31.8 和 B31.11）。工艺管道和电力管道具有不同的要求和材料，这些要求和材料可能不适用于该文所描述的限制和试验，因此，不包含在本标准内。

1.2 制造工艺

该工艺采用感应加热圈在管子弯曲部位沿管子 360 度圆周加热一窄条，当管子以恒速推过该感应圈时在被加热的部位弯曲。在材料通过感应加热圈时可以由强风或者喷水冷却，也可以在静止的空气中冷却。该工艺将包括任何壁厚和直径弯管的制造。本标准中所指的感应弯管可以是由无缝管子、焊管或者筒状材料制造。

1.3 弯管预制

大角度的弯管可以用两个或多个小角度的弯管用周长焊接的方法组成，但这将认为是对管子进行预制，这一工作不在本标准规定的范围之内。

1.4 标准计量单位

公制单位或美国惯用单位表示的数值均为标准值，它们只能单独地使用。在正文中，惯用的数值在圆括号中。这两种单位制之间的换算不可能精确相等，因此，不同单位制之间应独立使用。两个单位制之间数值的混用将会导致与本标准不一致。

1.5 参考文献

本标准中参考采用的标准和规范显示在强制附录 I 中。在单个参考文献中表明每一标准和规范的具体版本号是不现实的，但是附录 I 中给出了具体的版本号。依据更高版本号的参考标准制造的产品并且所有其它条件符合本标准的要求，将认为是符合本标准的要求。

1.6 规范和惯例

凡在引用标准规范或政府规程监察范围下使用的弯管，均受这些规范和规程的一切限制。这包括任一最高温度极限或控制材料在低温下使用的规则。

1.7 使用条件

适于特定流体使用条件的弯管材料的选择准则，不属于本标准的范围。

1.8 惯例

依据本标准，对重要数字（要求限制、最大和最小值）圆整的惯例应依据 ASTM E29 进行。即要求观察到或者计算出的数值应圆整到要求范围的最右位数字。小数值和偏差不需要特殊的测量方法。

1.9 质量体系

与制造商有关的质量体系要求见非强制附录 A。

1.10 术语

弯管评定程序（bend qualification procedure）：规定原材料管子的文件、使用的设备、弯曲参数、评定弯曲试验结果、弯后热处理设备和周期、无损检测程序和制造弯管的焊端坡口的详细资料。

筒状材料 (cylinder): 由制造商 (或者转包) 通过卷板和焊接所生产出的管子, 该方法不同于公认的管子生产规范。

外弧 (extrados): 弯管的外弧。

内弧 (intrados): 弯管的内弧。

最小 (设计) 壁厚 (minimum (design) wall thickness): 制造图纸中规定的壁厚或者依据管道规范对所使用的温度和压力计算出的可接受最小壁厚。

公称 (设计) 壁厚 (nominal (design) wall thickness): 定单中规定壁厚或标记在弯管上的壁厚。

评定弯管 (qualification bend): 生产用来评定弯曲工艺以获得希望的性能的弯曲段。

过渡区 (transition zone): 弯管切线的部位, 该部位包含了非加热区到加热区的过渡。

注: 术语弯曲 (bender) 和制造商 (manufacturer) 在本标准中可以互相替代。

2 压力等级

2.1 等级的基础

依据本标准设计的弯管其内压等级不超过同等材料(通过比较每个材料规范的成份和机械性能)的直的无缝管 (或者接头系数为 1.0 的焊接管子) 所计算的值。对于这些计算, 使用的参数包括与弯曲材料同等材料的公称尺寸及公称壁厚。公称尺寸、公称壁厚和标记在弯管上的材料标识可以替代压力等级标记。

2.2 弯管的设计

弯管内弧 (内半径) 要求的内压力设计壁厚应由本标准中的公式 1 决定。中性层壁厚和弯管外弧壁厚不能小于所匹配管子的设计壁厚。只要壁厚满足公式 2 的最小计算壁厚, 弯管的壁厚应以相对一致的方式从内弧到中性层处变化。如果该变化不是一致的, 如果中间点的壁厚检查并发现符合公式 2, 该区域将认为是符合要求。见图 1。

$$T_I \geq \left(\frac{4(R/D_o) - 1}{4(R/D_o) - 2} \right) \cdot t \quad (1)$$

$$T_\phi \geq \left(\frac{4(R/D_o) + \sin \phi}{4(R/D_o) - 2 \sin \phi} \right) \cdot t \quad (2)$$

其中, $-180^\circ \leq \phi \leq 0^\circ$

$$T_\psi \geq 0.9 t \quad (\text{见 12.3 条}) \quad (3)$$

其中, $0^\circ \leq \psi \leq 180^\circ$

这里,

R = 中心半径

D_o = 公称外径

T_I = 内弧的最小壁厚

T_ψ = ψ 处的最小壁厚

ψ = 内弧处为 -90° , 并且轴线处为 0° 或 -180° (见图 1)

t = 公称壁厚 (见 2.1 条)

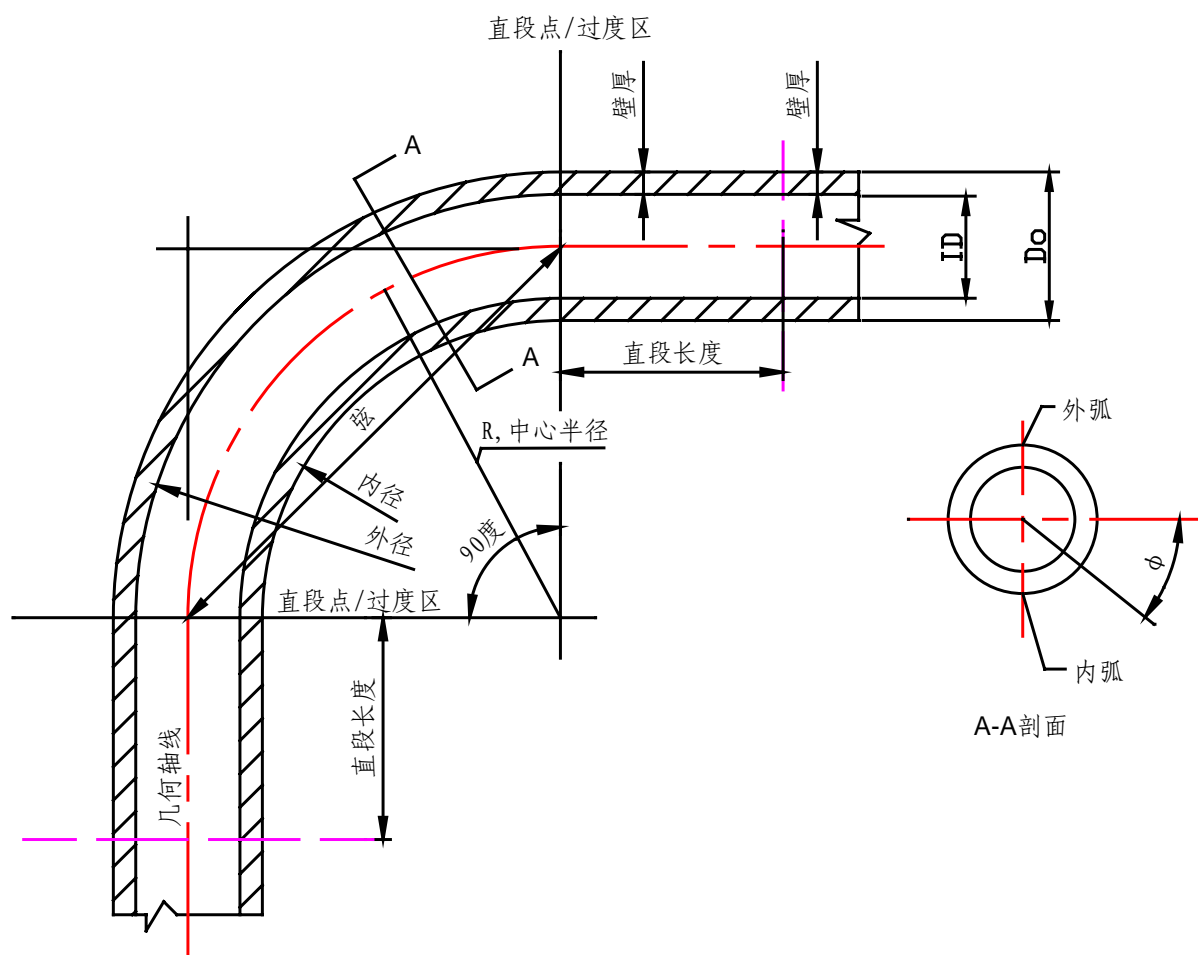


图 1 弯管尺寸术语

3 尺寸

弯管的直径应标记为公称尺寸按 ASME B36.10M 中的规定（如 NPS 24）。做为替换或者增加，标记可以包括如 ISO 6708 中规定的公称尺寸，该尺寸含盖字母 DN 并带一无量纲的整数，该整数与物理尺寸间接有关，物理尺寸用毫米表示，为管子的外径，该管子将与弯管焊接连接（如 DN600）。

4 标记

4.1 标准标记

每一弯管应在外表面距离任一端 300mm（12in.）内标记下列内容：

- (a) 制造商名称或商标
- (b) 炉号或者制造商的热处理号
- (c) 材料等级符号(见表 3)
- (d) B16.49
- (e) 公称尺寸
- (f) 公称壁厚
- (g) 弯曲半径
- (h) 弯曲角度
- (i) 弯后热处理情况（见 9.3 条）
- (j) 附加要求（如适用的话）

此外，每一弯管应在距离任一端 150mm (6in.) 的内表面用 25mm (1in.) 或更大的字母油漆印上以上相同的信息；对于 NPS12 (DN300) 或更小尺寸的，只要求外表面标记的除外。标记材料不能危害弯管材料或涂层。买方可以要求不用内表面的油漆标记。

4.2 钢印深度

当要求钢印时，应注意钢印不能太深或者太尖以致导致裂纹，或者减少壁厚到所要求的最小壁厚以下。

4.3 符合性

标记 B16.49 在弯管上表明弯管的制造是依据 ASME B16.49。前缀“ASME”是可选择的。

5 材料

5.1 原材料

本标准包括的弯管应由符合表 1 所给化学成分的碳钢管子或者筒状材料制造而成。管子可以由买方提供也可以由制造商提供。原材料的管子应为无缝、埋弧焊或者电阻焊管。由于更复杂的评定要求，螺旋焊管不允许使用。原材料应不含低熔点金属、裂纹、划痕、擦伤、皱纹、褶皱或者其他表面污染和缺陷，避免妨碍弯管的制造。

5.1.1 污染

弯曲前或者弯曲过程中管子外表面的低熔点金属的污染（如，紫铜、黄铜、锌/镀锌、铝等）能在弯曲过程中和对最终的弯曲产生严重的影响。所以管子决不允许接触这些金属。

5.1.2 表面要求

弯曲前，等级 P359 及以上的材料需弯曲部分应喷砂到最适宜的表面精度（SSPC SP6）。

表 1 许用的化学元素的最大极限

元素	符号	最大%
碳	C	0.30
锰	Mn	1.6 (注 1)
磷	P	0.025
硫	S	0.015
硅	Si	0.50
铬	Cr	0.30
钼	Mo	0.25
钒	V	0.10
铜	Cu	0.50
镍	Ni	1.00
钛	Ti	0.05
铌	Nb (Cb)	0.10
硼	B	0.0010

通注：本表的化学成分要求并不对任何钢级的成分提出异议，只是对单一元素的最大值进行了规定。

注：

- (1) 对于等级 P483 及以上,规定最大碳含量每降低 0.01%,最大锰含量允许增加 0.05%,直到最大值为 2.0%.

6 带焊缝的弯管材料

6.1 纵向焊缝

6.1.1 依据 API、ASTM 或 CSA 标准生产的焊缝管子应满足相应规范的焊接和无损试验的要求。

6.1.2 其它管子或者筒状材料,如果不是依据上述标准所制造的,则应由焊工、焊接操作工和依据 ASME IX 条款进行的焊接评定工艺进行制造。弯曲前,每一焊缝应依据 ASME VIII Div.1 UW51 节要求进行 100% 的射线检验并应符合规定的合格接受标准。

6.1.3 纵向焊缝应位于中轴线上 ($\phi=0^\circ$ 或 180° 如图 1 所示)。如果该条件不能满足时,焊缝位置不能偏离中轴线超过 15° 。

6.2 周向焊接

如果买方和制造商没有达成一致的话,带有周向焊缝的弯管是不允许的。

7 化学成分

符合本标准提供的每一炉号¹材料的化学成份,由产品分析决定,应符合表 1 中的要求。表 1 中规定的每一元素应试验并报告在第 14 节所要求的材料试验报告中。由下列公式所计算出的碳当量 (CE) 不应超过 0.40%。

$$CE = C + F \left(\frac{Mn}{6} + \frac{Si}{24} + \frac{Cu}{15} + \frac{Ni}{20} + \frac{Cr + Mo + Nb + V}{5} + 5B \right)$$

这里,符合系数 F 是由碳含量决定,见表 2 中给出具体值。

表 2 符合系数 F , 碳当量公式

碳, %	符合系数
<0.06	0.53
0.06	0.54
0.07	0.56
0.08	0.58
0.09	0.62
0.10	0.66
0.11	0.70
0.12	0.75
0.13	0.80
0.14	0.85
0.15	0.88
0.16	0.92
0.17	0.94
0.18	0.96
0.19	0.97
0.20	0.98
0.21	0.99
>0.21	1.00

¹ 每一炉号的材料必须是由相同的制造商提供并且是由一批熔炼程序的单个周期所生产出的。

8 材料性能

每一批次²弯管的性能应符合表 3 所列的相应等级的规定。

8.1 拉伸性能

评定弯管的拉伸性能应依据 ASTM A370 来确定。屈服抗拉比率不应大于 0.90，等级 P483 及以上的除外，其比率应不超过 0.93。当弯管的强度不能满足订货强度要求时，经买方同意，制造商可以提供与设计的管子强度相当的弯管。弯管的壁厚至少等于设计的管子壁厚乘以管子的最小屈服强度与弯管最小的试验屈服强度的比率。NPS 8 (DN200) 及以上焊管制成的弯管，应在最后热处理状态后进行横向焊缝拉伸试验以确定最终的拉伸强度。参见 11.1.1 条关于要求试验取样的数量、位置和方向的规定。

8.2 断裂韧性性能

弯管材料的最后热处理状态的缺口韧性性能应在弯管评定中通过一组 3 个横向、全尺寸、夏比 V 形缺口试样来确定，该试样可以带或者不带锥形³端，试验依据 ASTM A370 进行。当材料的壁厚不允许机加全尺寸试样 (10mm*10mm) 时，那么最大可能尺寸 2/3 或者 1/2 尺寸应用来替代。试样制取的轴向应横向与弯管的轴向。如果材料的壁厚不允许制取至少 1/2 尺寸的夏比试样，那么不要求进行冲击试验。如果买方没有规定，试样应在 -10° (+14° F) 或更低温度下进行试验 (见 15.4 条)，并且所有试样的断口剪切面积的平均值至少为 50%，单个试样不少于 40% 的剪切面积。此外，所有的试样，不管其尺寸，对等级 P386 及以下，应显示最小吸收能量值为 27J(20ft-lbf)，对等级 P386 以上，最小为 54J(40ft-lbf)。对于所有等级焊缝金属应满足最小吸收能量值为 27J(20ft-lbf)。参见 11.1.2 条关于试验试样位置的要求。

8.3 硬度试验

硬度试验应依据 ASTM A370 在弯管上进行，要求依据第 11.1.4 条。为了证实弯曲工艺的一致性，所有生产的弯管应测试硬度且测试点的位置与评定弯管所取位置相同。相应区域沿圆周相同象限内应有与评定弯管相同范围内的硬度值，且该硬度值对应的抗拉强度值不能小于表 3 中所列的标记在弯管上的对应材料等级的要求值。对试验弯管硬度使用的手提式硬度试验机应得到买方的批准。所有的试验应在最终热处理后进行。硬度测量值不能超出表 3 所给出的范围。

表 3 拉伸性能

等级 和 符号	抗拉性能			硬度	
	最小屈服强度 MPa (ksi)	最小抗拉强度 MPa (ksi)	伸长率 Min. %	最大 HB 注 1)	最大 HRC (注 2)
P241	241 (35)	414 (60)	20	238	22
P290	290 (42)	414 (60)	20	238	22
P317	317 (46)	434 (63)	20	238	22
P359	359 (52)	455 (66)	20	238	22
P386	386 (56)	490 (71)	20	238	22
P414	414 (60)	517 (75)	20	238	22
P448	448 (65)	531 (77)	18	238	22
P483	483 (70)	565 (82)	16	247	24
P552	552 (80)	621 (90)	16	247	24

通注：中间等级可以由买方和制造商协商决定。

注：

(1) HB 是基础数值；

(2) HRC 是依据 ASTM E140 转换的大约数值。

9 热处理

² 同一批次应包括相同炉号的材料 (重要变数在 10.1 节允许范围内)，且炉温范围控制在 $\pm 15^{\circ}\text{C}(\pm 25^{\circ}\text{F})$ 的相同热处理 (如果买方没有放弃该要求的话，见第 9 条) 工艺的弯管。

³ 当采用锥形端试样时，锥度不能减小试样一边的长度到 28mm(1.1in) 以下或者使端部的壁厚低于公称试样壁厚的一半。

9.1 类型

如果买方没有规定，每一弯管应在弯曲后选择下列一种或几种的方式进行热处理：

- (a) 消除应力或回火：均匀加热 480°C (900° F) 和 675°C (1250° F) 之间，保温每 25mm(1in.) 壁厚至少 30 分钟，并且不少于 30 分钟。
- (b) 正火：加热到相变温度以上并保温每 25mm (1in.) 壁厚至少 20 分钟，并不少于 20 分钟，允许在静止的空气中冷却。
- (c) 淬火加回火：加热到相变温度以上并保温每 25mm (1in.) 壁厚至少 20 分钟，然后直接放到水里、油里或者复合的淬火介质中去冷却，再加热到上述规定的温度。淬火设备应能有足够的尺寸，并且应配备以保证能进行适当的和一致的冷却装备。

9.2 设备

所有的热处理设备应有记录装置，该装置至少每季度校准一次。热处理炉应每年或者更短周期检查一次，以保持热处理的一致性，或者热电偶应附在每一炉的负荷上。热电偶应至少每季度校准一次。炉检查、热电偶校准和每炉负荷的热电偶读数（如使用）应进行记录保存。

9.3 热处理符号

每一弯管和材料试验报告（见 14 条）应标识表明最后热处理状态的如下所列符号：

N = 正火

NT = 正火加回火

SR = 消除应力

QT = 淬火加回火

10 评定弯管

10.1 重要变数

开始生产弯管前，对每一炉号的材料应制造评定用的弯管并进行试验，验证弯曲工艺的可行性，以提供满足尺寸要求和材料性能的产品。该弯管和切线部分应有足够的长度以获得所有要求的试样。所有弯管（评定和产品）应在一连续的不包含停止点和启动点的加热周期内完成，除非这些区域包含在弯曲工艺评定试验中并发现合格。对于产品弯管的尺寸校正不允许再加热后进行，除非这种作法也包含在评定弯管的工艺中。工艺评定应包括制造弯管的重要变数。当任一重要变数变化时，制造商的质量保证程序应包括这些工艺程序以保证重要的变数已正确控制。这些控制所需的设备校准频且不少于每年一次。重要变数如下：

重要变数	变化范围
管子壁厚	±3mm(0.12in.)
弯曲半径与直径的比率 (R/D_o)	无，如果没有与买方协商的话
成型速度	±2.5mm(0.1in.)每分钟
成型温度	与评定温度±25°C(±50° F)
线圈设计	无
冷却剂类型	无
冷却水温度	±15°C(±25° F)
流速/冷却剂压力	±10%的变化（或者与压力相当速率）
焊缝	与中轴线 15°
热处理	±15°C(±25° F)保温温度或工艺中任意变化
感应加热功率	±5%
感应加热频率	±20%

10.2 记录

10.2.1 弯管工艺评定

制造商应准备书面的工艺评定记录以表明由该工艺制造的弯管可以获得适当的性能如强度、韧性和硬度。这些记录买方可以进行审核。对于变更重要变数的情况应进行新的评定。

10.2.2 试验结果

所有适用的试验结果应为记录的一部分。

11 试验要求

评定弯管和产品弯管中的试验要求是不同的。下面所述的要求应用在所规定的方面。评定弯管试验应在代表最后热处理状态的试样上进行。产品弯管的试验应在每一弯管上进行，该弯管的最后热处理状态应与生产评定弯管的状态相同。

11.1 评定弯管要求

11.1.1 拉伸试验

对于 NPS 8 (DN200) 及以上的每一批次的材料，横向拉伸试样应从切线、过渡区和内外弧弯曲段处制取。NPS8 (DN200) 以下，可以选取横向或者纵向的试样。如果切线和或者过渡区不是和弯段成整体部分，除了弯段外，不要求进行拉伸试验。见图 2。

11.1.2 断裂韧性试验

对于每一批材料，一组三个试样的横向夏比 V 缺口冲击试样应在切线、过渡区和内外弧处制取。如果切线和或者过渡区不是和弯段成整体部分，那么除弯段外，不要求冲击试验。见图 2。

11.1.3 焊接试验

拉伸、冲击和硬度试验应在管子或筒状材料的纵向焊缝位置处进行，如图 2。合格标准应满足 8.1, 8.2, 8.3 和 11.1.4 条规定。对 ERW 焊缝进行试验是不可行的，因此本标准中不予要求。

11.1.4 硬度试验

弯管应在已进行拉伸试验的相同部位测试硬度。此外，应在弯管的内外弧每相隔 15° 获取硬度读数。圆周上每象限内最小和最大硬度值的允许差值应为 30 布氏硬度，或者采用其它方法计算的相当值。见图 2。

11.2 产品弯管要求

为了证实评定弯管和产品弯管的一致性，每一产品弯管应在与评定弯管相同部位进行硬度试验。此外，评定弯角外每增加 30 度应测试硬度值。圆周上相同象限内所有值应在第 11.1.4 条规定的相同范围内没有硬度值超过表 3 所规定的最大值。并且所有硬度值对应的抗拉强度不能低于表 3 所规定等级的值。

11.3 试验结果

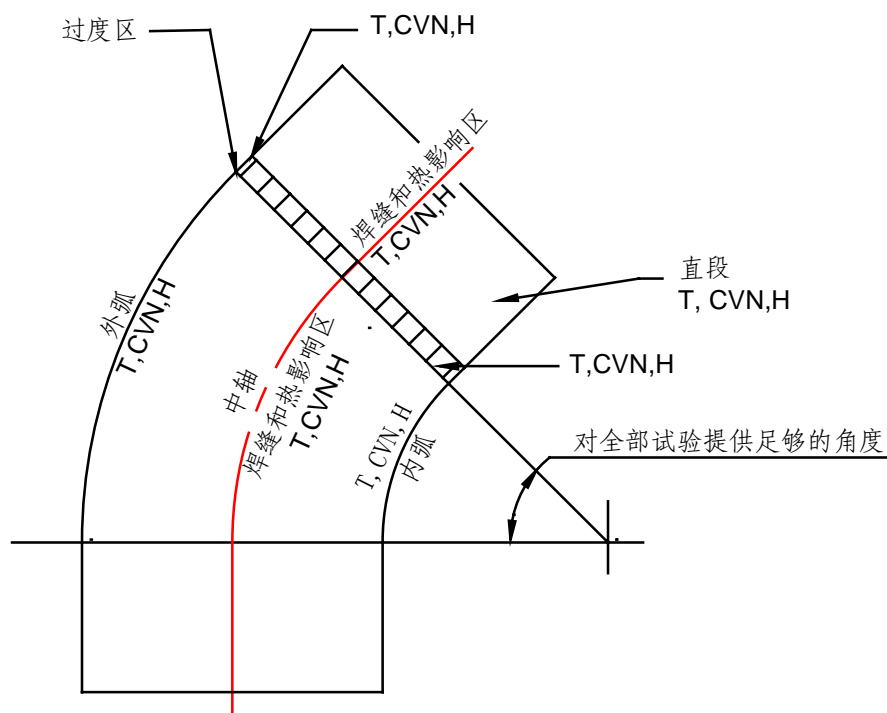
基于所有位置的试验结果满足相应等级最小值的规定，弯管应标记上表 3 相应的等级符号。如果弯管的强度与其所匹配管子的不同，依据 8.1 条的要求进行了关于屈服强度的壁厚替代，那么弯管的等级和预匹配的管子的等级应都标记上（如 P414/X483）。

12 尺寸要求

尺寸应满足第 12.1 到 12.6 条的要求。

12.1 圆度

圆度应在整个弯管和直段部位测量。最大和最小外径差在弯管处不能超过所匹配管子外径的 2.5%，在焊接端部不能超过 1%。买方和制造商可以对不同的圆度偏差达成一致。



T = 横向与纵向抗拉试验，依据尺寸

CVN = 横向夏比缺口试验，三组

H = 硬度值，评定弯管弧度 15 度，产品弯管每增加 30 度。

图 2 试样位置和方向

12.2 外径

每一焊接端部的外径应在所匹配管子外径的 1% 内，如果买方和制造商没有其它偏差要求并且也满足第 15.3 节的要求，整个弯曲部分的直径和剩余切线部只需满足圆度偏差。

12.3 壁厚

应在整个弯曲段检查足够多的部位以保证最小壁厚不低于弯管标记壁厚的 90%（或低于买方规定的最小壁厚）。该允许偏差不能用到根据 2.2 节设计要求所需加强的部位。壁厚检验应由通过校准的波超声仪器进行。该校准的仪器应符合制造商的工艺以保证获得精确值。

12.4 内径

12.4.1 焊接端部

对于 NPS 36 (DN900) 及以下，坡口端的内径偏差为 $\pm 2.5\text{mm}$ ($\pm 0.10\text{in.}$)。对于更大的尺寸，内径偏差应为 $\pm 3\text{mm}$ ($\pm 0.12\text{in.}$)。

12.4.2 管体

弯管任何部位的内直径不能小于所匹配管子规定最小内径的 97%。通过不用驱动的情况下在弯管内过球或者其它计量设备以证明符合该条要求。

12.5 端部制备

如果买方没有要求的话，焊接端应依据 ASME B16.25 图 2a 或者图 3a 制备。

12.6 弯管尺寸偏差

弯曲角度、中心到面的尺寸、弯曲半径、弦长、端面垂直度、弯曲平面度应进行测量和记录。定货尺寸的偏差应如下：

尺寸	偏差
弯曲角度	±1/2 度
弯曲半径	±1%
弯管平面度	±1 度
端面垂直度	
NPS36 (DN900) 及以下	2.4 mm (0.09in.)
大于 NPS36 (DN900)	3 mm (0.12in.)
线性尺寸	
NPS24 (DN600) 及以下	± 5mm (0.19in.)
大于 NPS24 (DN600)	± 6mm (0.25in.)

见图 3, (a) 和 (b)。

13 检验

13.1 表面质量和光洁度

检验前,所有的弯管应喷砂或抛丸以清理干净,达到 SSPC SP-6 标准要求的明亮金属程度。所有的弯管应在可能达到的表面对夹层、裂纹、凹痕、划痕、弧坑、褶皱或其它有害缺陷进行外观检查。如果该缺陷不深于第 12.3 条的要求,表面缺陷应打磨或者机加工去除掉。在未经买方同意的情况下,不得对母材金属和焊缝金属进行焊接修补。感应加热工艺的特征是在每一弯管的切线点发生堆积,这是一种表面特性,不能认为是有害缺陷。

13.2 无损检测

弯管的整个外弧,从中轴线到中轴线包括焊缝,应进行磁粉或者渗透检测。该区域不应有裂纹、折叠或者夹层。任何方向上所有大于 3 mm (0.12in.)的圆形显示应认定为缺陷并应依据第 13.1 条的要求予以去除。

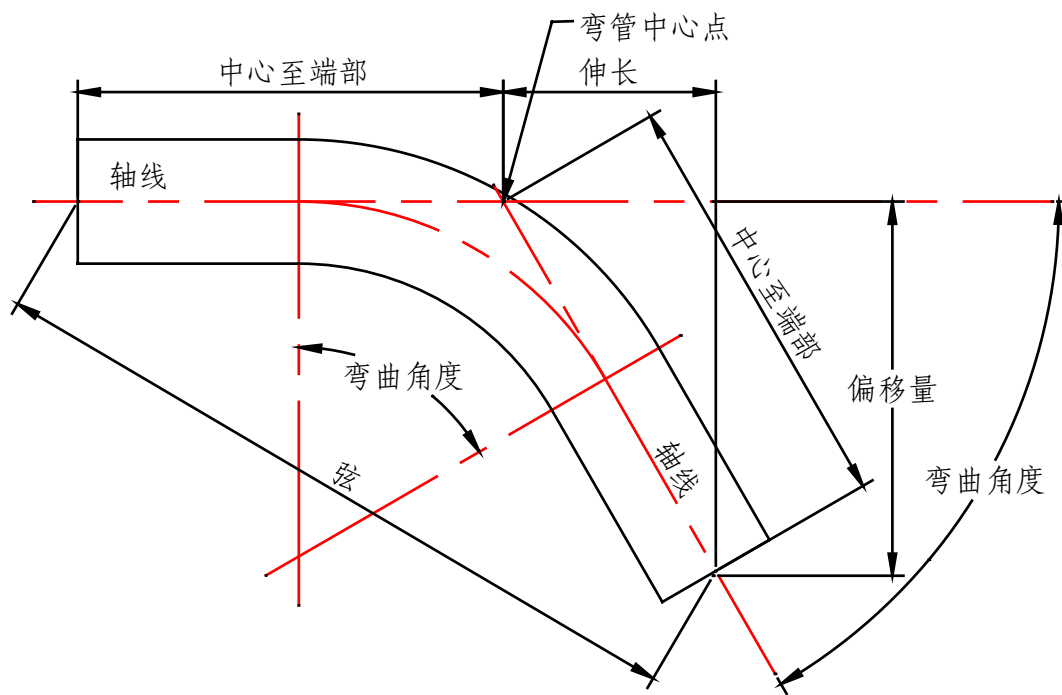
13.3 外部检验

代表买方的检验员应能自由出入制造商生产弯管的工厂。所有试验记录、焊接记录等应在运输前能够得到。

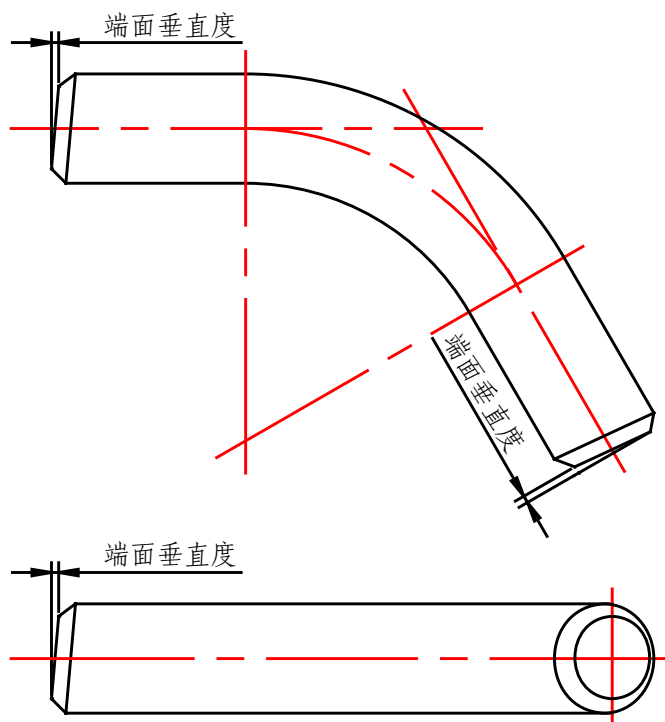
14 质量证明书

包括材料试验报告的质量证明书 (CMTR) 应提供并包括至少下列信息:

- (a) 化学成分 (包括 CE)
- (b) 拉伸性能
- (c) 冲击性能
- (d) 硬度结果
- (e) 热处理
- (f) 弯曲工艺评定
- (g) 焊缝或者无缝
- (h) 无损试验结果
- (i) 订单中要求的任何特殊试验 (从 15.2 到 15.8 条的要求)



(a) 弯管角度的测量和计算



(b) 端面垂直度的测量

图 3 弯管角度和垂直度的测量

15 补充要求

如果订单没有规定或者双方没有达成一致，补充要求不用于依据本标准订货的产品。一旦规定或者达成一致，补充要求与强制性条款（1 到 14 条）的要求具有同等效力。每一弯管应在 4.1 条规定的正常标记要求后标记所使用的补充要求（如 SR15.1）。

15.1 热处理

如果规定，弯管可以在“弯曲”后的状态供货，但所供炉号的材料应满足第 8 条的性能。

15.2 无损检测

应在弯曲部位包括内弧、外弧和焊缝进行磁粉或者渗透试验且不允许有裂纹。所有其它显示将由买方和制造商协商一致处理。所有的检测应由人员来操作完成并且所有的程序应由买方批准。

15.3 分段弯管

对于适宜分段要求的弯管，供货时由弯曲到切线处的椭圆度应最大不超过 1%。

15.4 断裂韧性

特殊的缺口韧性要求应由买方和制造商达成一致。包括更低的试验温度、更大的吸收能量要求或者不同的剪切面积要求。

15.5 酸性气体

应用到酸性气体的弯管应满足 NACE MR0175 的要求供货。

15.6 焊缝检测：UT

15.6.1 代替射线检验，管子或者筒状材料的每一焊缝可以由超声检测。合格标准由买方和制造商商定。

15.6.2 每一弯管成型和最终热处理后，从坡口端到坡口端的整个焊缝长度应进行超声检测。检测程序和合格标准由买方和制造商商定。

15.7 焊缝检测：RT

每一弯管成型和最终热处理后，从坡口端到坡口端的整个焊缝长度应进行 100% 射线检测。检测程序和合格标准应由买方和制造商商定。

15.8 化学成分

15.8.1 选择的化学成分要求和/或更低的碳当量应得到买方和制造商的批准。

15.8.2 由于相同材料化学成分而接受以前的弯管评定应得到买方和制造商的同意。如果达成一致，这将包括可变要求的重要变数。

强制附录 1 参考文献（略）

非强制附录 A 质量体系程序（略）

翻译：王粉兰