



中华人民共和国国家标准

GB/T 32964—2016

液化天然气用不锈钢焊接钢管

Welded stainless steel pipes for liquefied natural gas

2016-08-29 发布

2017-07-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中国钢铁工业协会提出。

本标准由全国钢标准化技术委员会(SAC/TC 183)归口。

本标准起草单位:江苏武进不锈股份有限公司、浙江久立特材科技股份有限公司、山西太钢不锈钢钢管有限公司、浙江格洛斯无缝钢管有限公司、冶金工业信息标准研究院。

本标准主要起草人:宋建新、陈亮、刘明洲、岳维恒、吉海、陆凤辉、杨玉先、董莉。

液化天然气用不锈钢焊接钢管

1 范围

本标准规定了液化天然气用不锈钢焊接钢管的分类、订货内容、尺寸、外形及重量、技术要求、试验方法、检验规则、包装、标志和质量证明书。

本标准适用于公称外径为 219.1 mm~1 219 mm 的液化天然气用奥氏体不锈钢焊接钢管(以下简称钢管)。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 222 钢的成品化学成分允许偏差

GB/T 223.11 钢铁及合金 铬含量的测定 可视滴定或电位滴定法

GB/T 223.16 钢铁及合金化学分析方法 变色酸光度法测定钛量

GB/T 223.25 钢铁及合金化学分析方法 丁二酮肟重量法测定镍量

GB/T 223.28 钢铁及合金化学分析方法 α -安息香肟重量法测定钼量

GB/T 223.40 钢铁及合金 钨含量测定 氯磺酚 S 分光光度法

GB/T 223.58 钢铁及合金化学分析方法 亚砷酸钠-亚硝酸钠滴定法测定锰量

GB/T 223.59 钢铁及合金 磷含量的测定 钼磷钼蓝分光光度法和铈磷钼蓝分光光度法

GB/T 223.60 钢铁及合金化学分析方法 高氯酸脱水重量法测定硅含量

GB/T 223.67 钢铁及合金 硫含量的测定 次甲基蓝分光光度法

GB/T 223.86 钢铁及合金 总碳含量的测定 感应炉燃烧后红外吸收法

GB/T 228.1 金属材料 拉伸试验 第 1 部分:室温试验方法

GB/T 229 金属材料 夏比摆锤冲击试验方法

GB/T 230.1 金属材料 洛氏硬度试验 第 1 部分:试验方法

GB/T 231.1 金属材料 布氏硬度试验 第 1 部分:试验方法

GB/T 232 金属材料 弯曲试验方法

GB/T 241 金属管 液压试验方法

GB/T 1954 铬镍奥氏体不锈钢焊缝铁素体含量测定方法

GB/T 2102 钢管的验收、包装、标志和质量证明书

GB/T 2650 焊接接头冲击试验方法

GB/T 2975 钢及钢产品 力学性能试验取样位置及试样制备

GB/T 3323—2005 金属熔化焊焊接接头射线照相

GB/T 4334—2008 金属和合金的腐蚀 不锈钢晶间腐蚀试验方法

GB/T 11170 不锈钢 多元素含量的测定 火花放电原子发射光谱法(常规法)

GB/T 20066 钢和铁 化学成分测定用试样的取样和制样方法

GB/T 20123 钢铁 总碳硫含量的测定 高频感应炉燃烧后红外吸收法(常规方法)

GB/T 21835 焊接钢管尺寸及单位长度重量

NB/T 47013.2 承压设备无损检测 射线检测

NB/T 47013.5 承压设备无损检测 渗透检测

3 分类

钢管按制造类别分为以下三类：

I 类 —— 钢管双面焊，除打底焊和内侧盖面焊道可不添加填充金属外，其余焊道添加填充金属；

II 类 —— 钢管双面焊，全部焊道添加填充金属；

III 类 —— 钢管单面焊，全部焊道添加填充金属。

4 订货内容

按本标准订购钢管的合同或订单应包括但不限于下列内容：

- a) 标准编号；
- b) 产品名称；
- c) 钢的牌号；
- d) 钢管的制造类别；
- e) 尺寸规格(公称外径 $\times$ 公称壁厚,单位为毫米)；
- f) 订购的数量(总重量或总长度)；
- g) 交货状态；
- h) 特殊要求。

5 尺寸、外形及重量

5.1 外径和壁厚

5.1.1 钢管的公称外径(D)范围为 219.1 mm $\sim$ 1 219 mm,其公称外径和公称壁厚(S)应符合 GB/T 21835 的规定。根据需方要求,经供需双方协商,可供应 GB/T 21835 规定以外尺寸的钢管。

5.1.2 钢管外径允许偏差为公称外径的 $\pm 0.5\%$ 。

5.1.3 钢管壁厚允许偏差为 -0.30 mm。

5.2 不圆度

钢管不圆度(实测外径最大值和最小值之差)应不大于公称外径的 1.0%。对于薄壁钢管($S/D \leq 3\%$)其不圆度应不大于公称外径的 1.5%。

5.3 长度

5.3.1 钢管的通常长度为 6 000 mm $\sim$ 12 000 mm。

5.3.2 根据需方要求,经供需双方协商,钢管可按定尺长度供货,定尺长度的允许偏差为 $^{+20}_0$ mm。

5.4 弯曲度

钢管的弯曲度应不大于 3 mm/3 m。

5.5 端头外形

5.5.1 钢管两端面应平切,并应清除切口毛刺。

5.5.2 根据需方要求,经供需双方协商,并在合同中注明,对壁厚大于 3.0 mm 且不大于 22.0 mm 的钢管可加工坡口,坡口角度为 $37.5^{\circ} \pm 2.5^{\circ}$,钝边为 $1.6 \text{ mm} \pm 0.8 \text{ mm}$ 。

5.6 重量

5.6.1 钢管按实际重量交货。

5.6.2 根据需方要求,经供需双方协商,并在合同中注明,钢管亦可按理论重量交货。

5.6.3 钢管的每米理论重量按式(1)计算:

$$W = \frac{\pi}{1\,000} \rho S (D - S) \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

W —— 钢管理论重量,单位为千克每米(kg/m);

π —— 3.141 6;

ρ —— 钢的密度,单位为千克每立方分米(kg/dm³),钢的密度见表 2;

S —— 钢管的公称壁厚,单位为毫米(mm);

D —— 钢管的公称外径,单位为毫米(mm)。

6 技术要求

6.1 钢的牌号和化学成分

6.1.1 钢的牌号和化学成分(熔炼分析)应符合表 1 的规定。根据需方要求,经供需双方协商,并在合同中注明,可供应表 1 规定以外的牌号和/或化学成分要求的钢管。

6.1.2 如需方要求进行成品分析,应在合同中注明。成品钢管的化学成分允许偏差应符合 GB/T 222 的规定。

表 1 牌号和化学成分

序号	统一数字代号	牌号	化学成分(质量分数)/%									
			C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Ti	Nb
1	S30408	06Cr19Ni10	≤ 0.08	≤ 1.00	≤ 2.00	≤ 0.040	≤ 0.030	8.00~ 11.00	18.00~ 19.50	—	—	—
2	S30403	022Cr19Ni10	≤ 0.030	≤ 1.00	≤ 2.00	≤ 0.040	≤ 0.030	8.00~ 11.00	18.00~ 19.50	—	—	—
3	S31608	06Cr17Ni12Mo2	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.040	≤0.030	10.00~ 14.00	16.00~ 18.00	2.00~ 3.00	—	—
4	S31603	022Cr17Ni12Mo2	≤ 0.030	≤ 1.00	≤ 2.00	≤ 0.040	≤ 0.030	10.00~ 14.00	16.00~ 18.00	2.00~ 3.00	—	—
5	S32168	06Cr18Ni11Ti	≤ 0.08	≤ 1.00	≤ 2.00	≤ 0.040	≤ 0.030	9.00~ 12.00	17.00~ 19.00	—	5C~ 0.70	—
6	S34778	06Cr18Ni11Nb	≤ 0.08	≤ 1.00	≤ 2.00	≤ 0.040	≤ 0.030	9.00~ 12.00	17.00~ 19.00	—	—	10C~ 1.10

6.2 制造方法

6.2.1 钢的冶炼方法

钢应采用粗炼钢水加炉外精炼方法冶炼。经供需双方协商,并在合同中注明,也可采用能满足本标准要求的其他冶炼方法。

6.2.2 钢管的制造方法

6.2.2.1 钢管可采用第3章中的Ⅰ类、Ⅱ类或Ⅲ类任一方法制造。需方指定某一种制造方法时,应在合同中注明。

6.2.2.2 钢管只允许有一条纵缝。经供需双方协商,并在合同中注明,对于外径不小于610 mm的钢管,可采用两条纵缝或单直缝+环焊缝对接。

6.2.2.3 焊缝同一位置的补焊不允许超过两次。补焊处应经适当的焊前表面清理和加工,用打磨方法彻底去除缺陷。补焊后,应按原规定的检验方法重新检验。补焊焊缝长度应不超过焊缝总长度的20%。补焊应在热处理前进行。如在热处理后进行补焊,补焊后应再次进行热处理。

6.2.2.4 对添加填充金属的焊接钢管,添加填充金属的合金成分应不低于母材。

6.3 交货状态

6.3.1 钢管应以整体热处理并酸洗钝化后交货,成品钢管的推荐热处理制度见表2。

6.3.2 经供需双方协议,并在合同中注明,钢管可采用表2规定以外的其他热处理制度。

6.4 力学性能

6.4.1 拉伸试验

6.4.1.1 热处理状态钢管的母材拉伸力学性能应符合表2的规定。

6.4.1.2 热处理状态钢管的焊缝横向抗拉强度应符合表2的规定。

表2 推荐热处理制度、力学性能和密度

序号	统一数字代号	牌号	推荐热处理制度	力学性能				硬度		密度 ρ kg/dm ³
				抗拉强度 R_m MPa	规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}$ MPa	断后伸长率 A %		洛氏 HRB	布氏 HBW	
						纵向	横向			
								不大于		
1	S30408	06Cr19Ni10	1 040 ℃~1 150 ℃， 水冷或其他方式快冷	≥520	≥210	≥40	≥35	90	192	7.93
2	S30403	022Cr19Ni10	1 040 ℃~1 150 ℃， 水冷或其他方式快冷	≥490	≥175	≥40	≥35	90	192	7.93
3	S31608	06Cr17Ni12Mo2	1 040 ℃~1 150 ℃， 水冷或其他方式快冷	≥520	≥210	≥40	≥35	90	192	8.00
4	S31603	022Cr17Ni12Mo2	1 040 ℃~1 150 ℃， 水冷或其他方式快冷	≥490	≥175	≥40	≥35	90	192	7.93

表 2 (续)

序号	统一数字代号	牌号	推荐热处理制度	力学性能				硬度		密度 ρ kg/dm ³
				抗拉强度 R_m MPa	规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}$ MPa	断后伸长率 A %		洛氏 HRB	布氏 HBW	
						纵向	横向			
								不大于		
5	S32168	06Cr18Ni11Ti	≥1 040 ℃， 水冷或其他方式快冷	≥520	≥210	≥40	≥35	90	192	8.03
6	S34778	06Cr18Ni11Nb	≥1 040 ℃， 水冷或其他方式快冷	≥520	≥210	≥40	≥35	90	192	8.03

6.4.2 冲击试验

钢管的焊缝和母材应进行横向夏比 V 型缺口冲击试验,冲击试验温度为-196 ℃,冲击吸收能量应符合表 3 的规定。当钢管尺寸不足以截取 10 mm×3.3 mm 的冲击试样时,冲击试验不做要求。

表 3 冲击试验要求

试样尺寸(高度×宽度) mm	三个试样平均冲击吸收能量 J	单个试样最小冲击吸收能量 J	侧膨胀值 mm
10×10	≥60	≥42	≥0.38
10×7.5	≥45	≥31	≥0.38
10×5	≥30	≥21	≥0.38
10×3.3	≥20	≥14	≥0.38

6.4.3 硬度试验

根据需方要求,经供需双方协商,并在合同中注明,对壁厚不小于 1.7 mm 的钢管可做母材洛氏或布氏硬度试验,其平均值应符合表 2 的规定。

6.5 液压试验

6.5.1 钢管应逐根进行液压试验。试验压力按式(2)计算,最大试验压力为 19 MPa。

$$P = 2SR / D \dots\dots\dots (2)$$

式中：
P —— 试验压力,单位为兆帕(MPa),当 P<7 MPa 时,修约到最接近的 0.5 MPa,当 P≥7 MPa 时,修约到最接近的 1 MPa;
S —— 钢管的公称壁厚,单位为毫米(mm);
D —— 钢管的公称外径,单位为毫米(mm);
R —— 允许应力,单位为兆帕(MPa),按表 3 中规定塑性延伸强度最小值的 50%。
在试验压力下,稳压时间应不少于 10 s,钢管不允许出现渗漏现象。

6.5.2 根据需方要求,经供需双方协商,并在合同中注明,可采用其他试验压力进行液压试验。

6.5.3 根据需方要求,经供需双方协商,并在合同中注明,可用无损探伤代替液压试验。

6.6 焊缝的横向弯曲试验

6.6.1 钢管焊缝应进行横向弯曲试验。弯曲试样应从钢管或焊接试板上截取,焊接试板应与钢管同一材质、同一炉号、同一热处理制度以及同一焊接工艺。对于壁厚不大于 20 mm 的钢管,一组弯曲试验应包括一个正弯试验和一个反弯试验(即钢管内焊缝和外焊缝分别处于最大弯曲表面);对于壁厚大于 20 mm 的钢管,应取两个全厚度侧弯试样。

6.6.2 弯曲试验时,弯芯直径为试样厚度的 3 倍,弯曲角度为 180°。弯曲后,试样焊缝区域不允许出现裂纹或裂口。

6.7 无损检测

钢管焊缝应按照 GB/T 3323 或 NB/T 47013.2 进行 100% 的射线检测,验收等级为 II 级。

6.8 表面质量

6.8.1 钢管的内外表面不允许有裂纹、分层、未熔合、未焊透缺陷。这些缺陷应完全清除,缺陷清除处的实际壁厚应不小于壁厚所允许的最小值。

6.8.2 采用双面焊的钢管,其内外焊缝任一侧的余高应与母材齐平或有不超过 2.0 mm 的均匀余高;采用单面焊的钢管,其外焊缝的余高应与母材圆滑过渡,其内焊缝余高应不超过 15% S,但最大应不超过 2.0 mm。

6.8.3 母材不允许补焊,只允许用打磨方式消除缺陷。

6.9 特殊要求

根据需方要求,经供需双方协商,并在合同中注明,可增加下列检验项目:

- a) 铁素体含量检测;
- b) 渗透检测;
- c) 晶间腐蚀试验。

7 试验方法

7.1 钢管的化学成分分析取样按 GB/T 20066 的规则进行,化学成分分析按 GB/T 223.11、GB/T 223.16、GB/T 223.25、GB/T 223.28、GB/T 223.40、GB/T 223.58、GB/T 223.59、GB/T 223.60、GB/T 223.67、GB/T 223.86、GB/T 11170、GB/T 20123 的规定进行,但仲裁分析时应按 GB/T 223.11、GB/T 223.16、GB/T 223.25、GB/T 223.28、GB/T 223.40、GB/T 223.58、GB/T 223.59、GB/T 223.60、GB/T 223.67、GB/T 223.86 的规定进行。

7.2 钢管的尺寸和外形应采用符合精度要求的量具逐根测量,钢管的外径可采用测量周长后计算。

7.3 钢管的内外表面应在充分照明条件下逐根目视检查或内窥镜检查。

7.4 钢管其他检验项目的试验方法和取样方法应符合表 4 的规定。

表 4 钢管的检验项目、取样数量、取样方法和试验方法

序号	检验项目	取样数量	取样方法	试验方法
1	化学成分	每炉取 1 个试样	GB/T 20066	按 7.1
2	拉伸试验	每批在两根钢管或试板上各取 1 个试样	GB/T 2975	GB/T 228.1
3	硬度试验	每批在两根钢管或试板上各取 1 个试样	GB/T 2975	GB/T 230.1、GB/T 231.1
4	弯曲试验	每批在两根钢管或试板上各取 1 组试样	GB/T 232	GB/T 232
5	液压试验	逐根	—	GB/T 241
6	射线探伤	逐根	—	GB/T 3323、NB/T 47013.2
7	冲击试验	焊缝和母材每批在钢管或试板上 各取一组 3 个试样	GB/T 2975	GB/T 229、GB/T 2650
8	铁素体含量检测	协商	协商	GB/T 1954
9	渗透检测	协商	协商	NB/T 47013.5
10	晶间腐蚀试验	每批在两根钢管或试板上各取 1 个试样	GB/T 4334—2008	GB/T 4334—2008 方法 E

8 检验规则

8.1 检查和验收

钢管的检查和验收由供方质量技术监督部门进行。

8.2 组批规则

钢管应按批进行检查和验收。每批应由同一牌号、同一炉号、同一规格、同一焊接工艺和同一热处理制度的钢管组成。每批钢管的数量应不超过如下规定：

- a) 外径不大于 610 mm,100 根；
- b) 外径大于 610 mm,50 根。

8.3 取样数量

每批钢管各项检验的取样数量应符合表 4 的规定。

8.4 复验与判定规则

钢管的复验与判定规则应符合 GB/T 2102 中的有关规定。

9 包装、标志和质量证明书

钢管的包装、标志和质量证明书应符合 GB/T 2102 的规定。
