

ICS 77.140.75

H 48



团体标准

T/CSTM 00155-2019

承压设备用 10Cr9Mo1VNbNG 无缝钢管

Seamless steel tubes and pipes of 10Cr9Mo1VNbNG for pressure equipments

2019-08-13 发布

2019-11-13 实施

中关村材料试验技术联盟

发布

前 言

本标准按照 GB/T1.1—2009 给出的规则起草。

请注意本文件的某些内容有可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国材料与试验团体标准委员会特种设备领域委员会(CSTM/FC55)提出。

本标准由中国材料与试验团体标准委员会特种设备领域委员会(CSTM/FC55)归口。

中国团体标准信息网

承压设备用 10Cr9Mo1VNbNG 无缝钢管

1 范围

本标准规定了高压锅炉用 10Cr9Mo1VNbNG 无缝钢管的分类、代号、尺寸、外形、重量、技术要求、试样、试验方法、检验规则、包装、标志和质量证明书。

本标准适用于制造高压及其压力 ≥ 9.8 MPa的蒸汽锅炉、管道用无缝钢管。也适用于石油化工用炉管和压力管制造。

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，仅所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 223.5 钢铁酸溶硅和全硅含量的测定还原型硅钼酸盐分光光度法

GB/T 223.9 钢铁及合金铝含量的测定铬天青 S 分光光度法

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 223.14 钢铁及合金化学分析方法钽试剂萃取光度法测定钒含量

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 223.18 钢铁及合金化学分析方法硫代硫酸钠分离-碘量法测定铜量

GB/T 223.23 钢铁及合金镍含量的测定丁二酮肟分光光度法

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 223.26 钢铁及合金钼含量的测定 硫氰酸盐分光光度法

GB/T 223.29 钢铁及合金铅含量的测定载体沉淀-二甲酚橙分光光度法

GB/T 223.30 钢铁及合金化学分析方法对-溴苦杏仁酸沉淀分离-偶氮胂III分光光度法测定锆量

GB/T 223.31 钢铁及合金砷含量的测定蒸馏分离-钼蓝分光光度法

GB/T 223.36 钢铁及合金化学分析方法蒸馏分离-中和滴定法测定氮量

GB/T 223.38 钢铁及合金化学分析方法离子交换分离-重量法测定铈量

GB/T 223.40 钢铁及合金铈含量的测定氯磺酚 S 分光光度法

GB/T 223.43 钢铁及合金钨含量的测定重量法和分光光度法

GB/T 223.47 钢铁及合金化学分析方法载体沉淀-钼蓝光度法测定铈量

GB/T 223.50 钢铁及合金化学分析方法苯基荧光酮-溴化十六烷基三甲基胺直接光度法测定锡量

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 223.65 钢铁及合金钴含量的测定火焰原子吸收光谱法

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 223.69 钢铁及合金碳含量的测定管式炉内燃烧后气体容量法
- GB/T 223.78 钢铁及合金化学分析方法姜黄素直接光度法测定硼含量
- GB/T 223.80 钢铁及合金铋和砷含量的测定氢化物发生-原子荧光光谱法
- GB/T 223.82 钢铁氢含量的测定 惰性气体熔融-热导或红外法
- GB/T 224 钢的脱碳层深度测定法
- GB/T 226 钢的低倍组织及缺陷酸蚀检验法
- GB/T 228.1 金属材料拉伸试验第 1 部分：室温试验方法
- GB/T 228.2 金属材料拉伸试验第 2 部分：高温试验方法
- GB/T 229 金属材料夏比摆锤冲击试验方法
- 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 242 金属管扩口试验方法
- GB/T 246 金属材料管压扁试验方法
- GB/T 1979 结构钢低倍组织缺陷评级图
- GB/T 2102 钢管的验收、包装、标志和质量证明书
- 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 4336 碳素钢和中低合金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 4340.1 金属材料维氏硬度试验第 1 部分：试验方法
- GB/T 5777-2008 无缝钢管超声波探伤检验方法
- GB/T 6394 金属平均晶粒度测定方法
- GB/T 7735-2016 无缝和焊接（埋弧焊除外）钢管缺欠的自动涡流检测
- GB/T 10561-2005 钢中非金属夹杂物含量的测定标准评级图显微检验法
- 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 11261 钢铁氧含量的测定脉冲加热惰气熔融-红外线吸收法
- GB/T 12606-2016 无缝和焊接（埋弧焊除外）铁磁性钢管纵向和/或横向缺欠的全圆周自动漏磁检测
- GB/T 13298 金属显微组织检验方法
- GB/T 15822 无损检测磁粉检测（所有部分）
- GB/T 17395 无缝钢管尺寸、外形、重量及允许偏差
- 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 20124 钢铁氮含量的测定惰性气体熔融热导法（常规方法）
- GB/T 20490 承压无缝和焊接(埋弧焊除外)钢管分层的超声检测
- GB/T 31925-2015 厚壁无缝钢管超声波检验方法
- NB/T 47013.5 承压设备无损检测第 5 部分：渗透检测
- YB/T 5137 高压用热轧和锻制无缝钢管圆管坯

3 分类和代号

3.1 分类

按产品制造方式分为两类，其类别和代号如下：

- a) 热轧（挤压）钢管，代号为 W-H；
- b) 冷拔（轧）钢管，代号为 W-C。

3.2 代号

本标准采用的代号和相应的说明如下：

D 外径（如无特殊说明,包括公称外径和/或计算外径，单位为毫米）

S 壁厚（如无特殊说明,包括公称壁厚和/或平均壁厚，单位为毫米）

S_{\min} 最小壁厚

d 公称内径

D_c 计算外径（按公称内径与公称壁厚之和计算出来的外径值）

S_c 平均壁厚（按最小壁厚及其允许偏差计算的壁厚最大值与最小值的平均值，单位为毫米）

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) 订购的数量（总重量或总长度）；
- e) 尺寸规格；
- f) 特殊要求。

5 尺寸、外形及重量

5.1 外径和壁厚

5.1.1 除非合同中另有规定，钢管按公称外径和公称壁厚交货。根据需方要求，经供需双方协商，钢管可按公称外径和最小壁厚、公称内径和公称壁厚或其他尺寸规格方式交货。

5.1.2 钢管的公称外径和壁厚应符合 GB/T 17395 的规定。根据需方要求，经供需双方协商，可供应 GB/T 17395 规定以外尺寸的钢管。当钢管按公称内径和公称壁厚交货时，其尺寸规格由供需双方协商确定。

5.1.3 按公称外径和公称壁厚交货时，公称外径和公称壁厚的允许偏差应符合表 1 的规定。

5.1.4 按公称外径和最小壁厚交货时，公称外径的允许偏差应符合表 1 的规定，壁厚的允许偏差应符合表 2 的规定。

5.1.5 钢管按公称内径和公称壁厚交货时，其公称内径的允许偏差为 $\pm 1\%d$ ，公称壁厚的允许偏差应符合表1的规定。

当需方未在合同中注明钢管尺寸允许偏差级别时，钢管外径和壁厚的允许偏差应符合普通级的规定。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和表2规定以外尺寸允许偏差的钢管，或其他内径允许偏差的钢管。

表1 钢管公称外径和公称壁厚允许偏差

单位为毫米

分类代号	制造方式	钢管尺寸		允许偏差		
				普通级	高级	
W-H	热轧 (挤压)钢管	公称外径 (D)	< 57		± 0.40	± 0.30
			57~325	$S \leq 35$	$\pm 0.75\%D$	$\pm 0.5\%D$
				$S > 35$	$\pm 1\%D$	$\pm 0.75\%D$
		> 325		$\pm 1\%D$	$\pm 0.75\%D$	
		公称壁厚 (S)	≤ 4.0		± 0.45	± 0.35
			$> 4.0 \sim 20$		$+12.5\%S$ $-10\%S$	$\pm 10\%S$
			> 20	$D < 219$	$\pm 10\%S$	$\pm 7.5\%S$
$D \geq 219$	$12.5\%S$ $-10\%S$			$\pm 10\%S$		
W-C	冷拔(轧) 钢管	公称外径 (D)	≤ 25.4		± 0.15	-
			$> 25.4 \sim 40$		± 0.20	-
			$> 40 \sim 50$		± 0.25	-
			$> 50 \sim 60$		± 0.30	-
			> 60		$\pm 0.5\%D$	-
		公称壁厚 (S)	≤ 3.0		± 0.30	± 0.2
			> 3.0		$\pm 10\%S$	$\pm 7.5\%S$

表2 钢管最小壁厚允许偏差

单位为毫米

分类代号	制造方式	壁厚范围	允许偏差	
			普通级	高级
W-H	热轧 (挤压) 钢管	$S_{\min} \leq 4.0$	$+0.9$ 0	$+0.7$ 0
		$S_{\min} > 4.0$	$+25\% S_{\min}$ 0	$+22\% S_{\min}$ 0
W-C	冷拔(轧) 钢管	$S_{\min} \leq 3.0$	$+0.6$ 0	$+0.4$ 0
		$S_{\min} > 3.0$	$+20\% S_{\min}$ 0	$+15\% S_{\min}$ 0

5.2 长度

5.2.1 通常长度

5.2.1.1 钢管的通常长度为 4 000 mm~12 000 mm。

5.2.1.2 经供需双方协商,并在合同中注明,可交付长度大于 12 000 mm 或短于 4 000 mm 但不短于 3000 mm 的钢管;长度短于 4 000 mm 但不短于 3 000 mm 的钢管,其数量应不超过该批钢管交货总数量的 5%。

5.2.2 定尺长度和倍尺长度

根据需方要求,经供需双方协商,并在合同中注明,钢管可按定尺长度或倍尺长度交货。钢管的定尺长度允许偏差为 $^{+15}_0$ mm。每个倍尺长度应按下述规定留出切口余量:

- a) $D \leq 159$ mm 时,切口余量为 5 mm~10 mm;
- b) $D > 159$ mm 时,切口余量为 10 mm~15 mm。

5.3 弯曲度

5.3.1 钢管的每米弯曲度应符合如下规定:

- a) $S \leq 15$ mm 时,不大于 1.5 mm/m;
- b) $15 \text{ mm} < S \leq 30$ mm 时,不大于 2.0 mm/m;
- c) $S > 30$ mm 时,不大于 3.0 mm/m。

5.3.2 $D \geq 127$ mm 的钢管,其全长弯曲度应不大于钢管长度的 0.10%。

5.3.3 根据需方要求,经供需双方协商,并在合同中注明,钢管的每米弯曲度和全长弯曲度可采用其他规定。

5.4 不圆度和壁厚不均

根据需方要求,经供需双方协商,并在合同中注明,钢管的不圆度和壁厚不均应分别不超过外径和壁厚公差的 80%。

5.5 端头外形

钢管两端端面应与钢管轴线垂直,切口毛刺应予清除。

5.6 重量

5.6.1 交货重量

5.6.1.1 钢管按公称外径和公称壁厚或公称内径和公称壁厚交货时,钢管按实际重量交货,亦可按理论重量交货。

5.6.1.2 钢管按公称外径和最小壁厚交货时,钢管按实际重量交货;供需双方协商,并在合同中注明,钢管亦可按理论重量交货。

5.6.2 理论重量的计算

钢管理论重量的计算按 GB/T 17395 的规定(钢的密度按 7.85 kg/dm^3)。按最小壁厚交货钢管,应采

用平均壁厚计算理论重量；按公称内径交货钢管,应采用计算外径计算理论重量。

5.6.3 重量允许偏差

根据需方要求,经供需双方协商,并在合同中注明,交货钢管实际重量与理论重量的偏差应符合如下规定:

- a) 单根钢管: $\pm 10\%$;
- b) 每批最小为 10 t 的钢管: $\pm 7.5\%$ 。

6 技术要求

6.1 化学成分要求

钢的熔炼成分和成品分析应分别符合表3和表4的规定。化学成分的相关术语、定义和判定方法应符合 GB/T 222 的规定。

表3 熔炼成分(质量分数)/%

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V	Ni	Nb	N	Altot	Cu
0.08~ 0.12	0.20~ 0.40	0.30~ 0.50	\leq 0.015	\leq 0.005	8.00~ 9.50	0.85~ 1.05	0.18~ 0.25	\leq 0.20	0.06~ 0.10	0.035~ 0.070	\leq 0.020	\leq 0.10
Ti	B	Zr	W	N/Al	As	Sn	Sb	Pb	Bi	H	O	Σ
\leq 0.01	\leq 0.001	\leq 0.01	\leq 0.05	\geq 4.0	\leq 0.010	\leq 0.010	\leq 0.003	\leq 0.015	\leq 0.010	\leq 0.0002	\leq 0.0025	\leq 0.035

表4 成品成分(质量分数)/%

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V	Ni	Nb	N	Altot	Cu
0.08~ 0.13	0.20~ 0.40	0.30~ 0.50	\leq 0.017	\leq 0.006	8.00~ 9.50	0.85~ 1.05	0.18~ 0.25	\leq 0.20	0.06~ 0.10	0.035~ 0.070	\leq 0.020	\leq 0.10
Ti	B	Zr	W	N/Al	As	Sn	Sb	Pb	Bi	H	O	Σ
\leq 0.01	\leq 0.001	\leq 0.01	\leq 0.05	\geq 4.0	\leq 0.010	\leq 0.010	\leq 0.003	\leq 0.015	\leq 0.010	\leq 0.0002	\leq 0.0030	\leq 0.035

注: Altot 指全铝含量; 注2: $\Sigma = \text{As} + \text{Sn} + \text{Sb} + \text{Pb} + \text{Bi}$

6.2 制造方法

6.2.1 钢的冶炼方法

6.2.1.1 钢应采用电弧炉加炉外精炼并经真空精炼处理,或氧气转炉加炉外精炼并经真空精炼处理,或电渣重熔法冶炼。

6.2.1.2 经供需双方协商,并在合同中注明,可采用其他较高要求的冶炼方法。需方指定某一种冶炼方法时,应在合同中注明。

6.2.2 管坯的制造方法及要求

6.2.2.1 管坯可采用模铸或热轧（锻）方法制造。

6.2.2.2 热轧（锻）管坯应符合 YB/T 5137 规定，其非金属夹杂物要求满足本标准要求。模铸管坯（钢锭）可参照热轧（锻）管坯的规定执行。

6.2.3 钢管的制造方法

6.2.3.1 钢管应采用热轧（挤压）或冷拔（轧）无缝方法制造。

6.2.3.2 采用热轧（锻）坯或模铸钢锭直接轧制的钢管，其加工变形总延伸系数应不小于 3.0。

6.3 交货状态

钢管应以热处理状态交货。钢管的热处理制度应符合表 5 的规定。

表 5 钢管的热处理制度

$S \leq 70\text{mm}$ 的钢管正火(或加速冷却)+回火: 正火温度 $1040^{\circ}\text{C} \sim 1080^{\circ}\text{C}$, 且保温时间不少于 20 分钟; 回火温度 $750^{\circ}\text{C} \sim 780^{\circ}\text{C}$, 且均温时间不少于 90 分钟。
$S > 70\text{mm}$ 的钢管正火(淬火或加速冷却)+回火: 淬火(加速冷却)温度不低于 1040°C , 保温时间不低于 60 分钟; 回火温度 $750^{\circ}\text{C} \sim 780^{\circ}\text{C}$, 且回火保温时间不少于 90 分钟。

6.4 力学性能

6.4.1 交货状态钢管的室温力学性能应符合表 6 的规定。

6.4.2 $D \geq 76\text{mm}$ 且 $S \geq 14\text{mm}$ 的钢管应做冲击试验。表 6 中的冲击吸收能量为全尺寸试样夏比 V 型缺口冲击吸收能量要求值。当采用小尺寸冲击试样时，小尺寸试样的最小夏比 V 型缺口冲击吸收能量要求值应为全尺寸试样冲击吸收能量要求值乘以表 7 中的递减系数。

6.4.3 钢管硬度试验应符合以下规定：

a) $S \geq 5.0\text{mm}$ 的钢管，做布氏硬度试验或维氏硬度试验；

b) $S < 5.0\text{mm}$ 的钢管，做维氏硬度试验。

6.4.4 根据需方要求，经供需双方协商，并在合同中注明，可在钢管外表面做硬度试验，其值应符合表 6 的规定。

6.4.5 根据需方要求，经供需双方协商，并在合同中注明试验温度，供方可做钢管的高温规定塑性延伸强度 ($R_{p0.2}$) 试验，其值应符合附录 A 的规定。

6.4.6 成品钢管的 100 000 h 外推持久强度推荐数据参见附录 B。

表 6 力学性能

拉伸性能			冲击吸收能量 (KV_2) / J		硬度		
抗拉强度 R_m /MPa	下屈服强度或规定 塑性延伸强度 R_{el} 或 $R_{p0.2}$ /MPa	断后伸长率 A/%		纵向	横向	HBW	HV
		纵向	横向				
		不小于					
600~850	450	20	18	40	27	195~250	196~265

表 7 小尺寸试样冲击吸收能量递减系数

试样规格	试样尺寸 (高度×宽度)/mm	递减系数
标准试样	10 × 10	1
小试样	10 × 7.5	0.75
小试样	10 × 5	0.5

6.5 液压试验

6.5.1 钢管应逐根进行液压试验。液压试验压力按式 (1) 计算, 最大试验压力为 20 MPa。在试验压力下, 稳压时间应不少于 10 s, 钢管不应出现渗漏现象。

$$P = 2SR/D \dots \dots \dots (1)$$

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 $P \geq 7$ MPa 时, 修约到最接近的 1 MPa;

S——钢管壁厚, 单位为毫米 (mm);

D——钢管外径, 单位为毫米 (mm);

R——允许应力, 表 6 规定屈服强度的 80%, 单位为兆帕 (MPa)。

6.5.2 由供需双方协商, 可用涡流检测或漏磁检测代替液压试验。涡流检测时, 对比样管人工缺陷应符合 GB/T 7735-2016 中验收等级 E2H 或 E2 级的规定; 漏磁检测时, 对比样管外表面纵向人工缺陷应符合 GB/T 12606-2016 中验收等级 F2 的规定。

6.6 工艺性能

6.6.1 压扁

6.6.1.1 $D > 22$ mm 的钢管应做压扁试验。

6.6.1.2 压扁试验按以下两步进行:

a) 第一步是延性试验, 将试样压至两平板间距离为 H。H 按式 (2) 计算。

$$H = \frac{(1 + \alpha)S}{\alpha + S/D} \dots \dots \dots (2)$$

式中:

H——两平板间的距离, 单位为毫米 (mm);

S——钢管壁厚, 单位为毫米 (mm);

D——钢管外径, 单位为毫米 (mm);

α ——单位长度变形系数, 为 0.08。

试样压至两平板间距离为 H 时, 试样上不应存在裂缝或裂口。

b) 第二步是完整性试验 (闭合压扁)。压扁继续进行, 直到试样破裂或试样相对两壁相碰。在整个压扁试验期间, 试样不应出现目视可见的分层、白点、夹杂。

6.6.1.3 下述情况不应作为压扁试验合格与否的判定依据：

- a) 试样表面缺陷引起的裂缝或裂口；
- b) 当 $S/D > 0.1$ 时，试样 6 点钟（底部）和 12 点钟（顶部）位置处内表面的裂缝或裂口。

6.6.1.4 对 6.6.1.3 b) 有争议时，可将钢管外壁车削使 S/D 减小至 0.1 后进行压扁试验，试验方法、两平板间距离 H （按车削后实际外径和壁厚计算）与判定要求应符合 6.6.1.2 的规定。

6.6.2 弯曲

6.6.2.1 $D > 400$ mm 或 $S > 40$ mm 的钢管可用弯曲试验代替压扁试验。一组弯曲试验应包括一个正向弯曲（靠近钢管外表面的试样表面受拉变形）和一个反向弯曲（靠近钢管内表面的试样表面受拉变形）。

6.6.2.2 弯曲试验的弯芯直径为 25 mm，试样应在室温下弯曲 180° 。

6.6.2.3 弯曲试验后，试样弯曲受拉表面及侧面不应出现目视可见的裂缝或裂口。

6.6.3 扩口

根据需方要求，并在合同中注明， $D \leq 76$ mm 且 $S \leq 8$ mm 的钢管可做扩口试验。扩口试验在室温下进行，顶芯锥度为 60° 。扩口后试样的外径扩口率应符合表 8 的规定，扩口后试样不应出现裂缝或裂口。

表 8 钢管外径扩口率

单位为 %

内径 ^a /外径		
≤ 0.6	$> 0.6-0.8$	> 0.8
8	10	15

注：a 内径为试样计算内径。

6.7 低倍检验

采用钢锭直接轧制的钢管应进行低倍检验。低倍检验横截面酸浸试片上不允许有目视可见的白点、夹杂、皮下气泡、翻皮和分层。

6.8 非金属夹杂物

6.8.1 采用钢锭直接轧制的钢管应进行非金属夹杂物检验。非金属夹杂物按 GB/T 10561 中的 A 法评级。其 A、B、C、D 各类夹杂物的细系级别和粗系级别应分别不大于 2.0 级，DS 类夹杂物应不大于 2.0 级；A、B、C、D 各类夹杂物的细系级别总数与粗系级别总数应各不大于 5.5 级。

6.8.2 根据需方要求，经供需双方协商，并在合同中注明，成品钢管的非金属夹杂物可要求更严级别。

6.9 晶粒度

成品钢管应进行晶粒度检验。钢管实际晶粒度应 3 级或更细，两个试片上晶粒度最大级别与最小级别差不超过 3 级。

6.10 显微组织

成品钢管的显微组织应为回火马氏体组织，或具有马氏体位向的回火索氏体组织。不应存在高温铁

素体 (δ -铁素体) 和自由铁素体。

6.11 脱碳层

$D \leq 76$ mm 的成品钢管应检验全脱碳层, 其外表面全脱碳层深度应不大于 0.2 mm, 内表面全脱碳层深度应不大于 0.3 mm, 两者之和应不大于 0.4 mm。

6.12 表面质量

6.12.1 钢管的内外表面不应有裂纹、折叠、结疤、轧折和离层。这些缺陷应完全清除, 且保持圆滑曲面, 缺陷清除处的实际壁厚应不小于壁厚所允许的最小值。

6.12.2 钢管内外表面直道 (含非尖锐芯棒擦伤) 允许的深度应符合如下规定:

- a) 冷拔 (轧) 钢管: 不大于壁厚的 4%, 且最大为 0.2 mm;
- b) 热轧 (挤压) 钢管: 不大于壁厚的 5%, 且最大为 0.4 mm。

6.12.3 不超过壁厚允许负偏差的其他局部缺欠允许存在。

6.12.4 钢管内外表面的氧化铁皮应清除, 但不妨碍检查的氧化薄层允许存在。外径大于 300 mm 的钢管, 内外表面应整体修磨或机加工后交货。

6.12.5 对外径不小于 219 mm 且壁厚不小于 25 mm 的钢管, 表面缺陷修磨处或对表面质量有疑问时, 制造厂应选择采用液体渗透检测或磁粉检测。液体渗透检测或磁粉检测应符合如下规定:

a) 液体渗透检测应符合 NB/T 47013.5 的规定。凡呈现下述显示的缺陷都应标明位置, 并按 6.12.1 条的规定进行清除:

- 线性缺陷显示;
- 尺寸超过 3 mm 的非线性缺陷显示;
- 3 个或 3 个以上排列成行, 且边缘间距小于 3 mm 的缺陷显示;
- 在 100 cm² 的矩形面积上, 累计有 5 个或 5 个以上密集缺陷显示, 该矩形长边不大于 20 cm, 且取自缺陷显示评定最不利的部位。

b) 磁粉检测应符合 GB/T 15822 的规定。磁粉检测显示的缺陷都应标明位置, 并按 6.12.1 条的规定进行清除。磁粉检测由制造厂选择采用缺陷修磨处的局部检测或全长检测, 局部检测或全长检测的标准试片应分别符合如下规定:

- 表面缺陷修磨处的局部检测采用 A-30/100 (相对槽深为 100/30 \pm 8 μ m);
- 全长检测采用 A-60/100 (相对槽深为 100/60 \pm 8 μ m)。

6.13 无损检测

6.13.1 对于壁厚外径比小于等于 0.2 或大于等于 0.3 的钢管, 应按 GB/T 5777-2008 的规定逐根全长进行超声检测。超声检测对比样管纵向刻槽深度等级为 L2。当钢管壁厚外径比大于等于 0.3 时, 除非合同中另有规定, 钢管内壁人工缺陷深度按 GB/T 5777-2008 附录 C 中 C.1 条的规定执行。

6.13.2 当钢管壁厚与外径之比大于 0.2 且小于 0.3 时, 钢管应按 GB/T 31925-2015 的规定逐根全长进行超声检测。超声检测对比样管纵向刻槽深度等级为 U2。

6.13.3 钢管应按 GB/T20490 的规定进行超声波分层缺欠检测, 分层缺欠检测采用 B1 等级验收。

6.13.4 当钢管按最小壁厚交货时，对比样管刻槽深度按平均壁厚计算。

6.13.5 根据需方要求，经供需双方协商，并在合同中注明，可增做其他无损检测。

7 试样

7.1 拉伸试验试样

7.1.1 $D < 219\text{mm}$ 的钢管，拉伸试验应沿钢管纵向取样。

7.1.2 $D \geq 219\text{mm}$ 的钢管，当钢管尺寸允许时，拉伸试验应沿钢管横向截取直径为 10 mm 的圆形横截面试样；当钢管尺寸不足以截取 10 mm 圆形横截面试样时，则应采用直径为 8 mm 或 5 mm 中可能的较大尺寸横向圆形横截面试样；当钢管尺寸不足以截取 5 mm 圆形横截面试样时，拉伸试验应沿钢管纵向取样。横向圆形横截面试样应取自未经压扁的管端。

7.2 冲击试验试样

7.2.1 $D < 219\text{ mm}$ 的钢管，冲击试验沿钢管纵向或横向取样；如合同中没有特殊规定，仲裁试样应沿钢管纵向截取。

7.2.2 $D \geq 219\text{ mm}$ 的钢管，冲击试验应沿钢管横向取样。

7.2.3 无论沿钢管纵向截取还是沿钢管横向截取，冲击试样均应为标准尺寸、宽度 7.5 mm 或宽度 5 mm 中可能的较大尺寸试样。

7.3 弯曲试验试样

7.3.1 试样制备

弯曲试验的试样应沿钢管的一端横向截取，试样的制备应符合 GB/T 232 的规定。试样截取时，正向弯曲试样应尽量靠近外表面，反向弯曲试样应尽量靠近内表面。试样弯曲受拉变形表面不应有明显伤痕和其他缺陷。

7.3.2 试样尺寸

试样加工后的截面尺寸为 $12.5\text{ mm} \times 12.5\text{ mm}$ 或 $25\text{ mm} \times 12.5\text{ mm}$ （宽度×厚度）；截面上的四个角应加工成圆角，圆角半径不大于 1.6 mm；试样长度不大于 150 mm。

8 检验和试验方法

8.1 钢管的化学成分分析取样按 GB/T 20066 的规则进行。化学成分分析通常按 GB/T 4336、GB/T 11170、GB/T 11261、GB/T 20123、GB/T 20124 或其他通用的方法进行，仲裁时应按 GB/T 223.5、GB/T 223.9、GB/T 223.11、GB/T 223.14、GB/T 223.16、GB/T 223.18、GB/T 223.23、GB/T 223.25、GB/T 223.29、GB/T 223.30、GB/T 223.31、GB/T 223.36、GB/T 223.38、GB/T 223.40、GB/T 223.43、GB/T 223.47、GB/T 223.50、GB/T 223.58、GB/T 223.59、GB/T 223.65、GB/T 223.67、GB/T 223.69、GB/T 223.78、GB/T 223.80、GB/T 11261 的规定进行。

8.2 当要求进行外表面硬度试验时，外表面的硬度试验应符合如下规定：

- a) 壁厚不小于 25 mm 的钢管，应逐根进行；
- b) 其余规格的钢管，每批选取 2 根钢管进行（当一批钢管只有 1 根时可选取 1 根）。
- 8.3 钢管的尺寸和外形应采用符合精度要求的量具逐根测量。
- 8.4 钢管的内外表面应在充分照明条件下逐根目视检查，直道深度应采用符合精度要求的量具测量。
- 8.5 钢管其他检验项目的取样方法和试验方法应符合表 9 的规定。

表 9 钢管检验项目的取样数量、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	见8.1
2	室温拉伸	每批在两根钢管上各取1个试样	GB/T 2975、7.1	GB/T 228.1
3	冲击	每批在两根钢管上各取一组3个试样	GB/T 2975、7.2	GB/T 229
4	硬度	每批在两根钢管上各取1个试样	GB/T 231.1 GB/T 4340.1	GB/T 231.1、 GB/T 4340.1
5	外表面的硬度	见8.2	见8.2	供需双方协商
6	高温拉伸	每批在两根钢管上各取1个试样	GB/T 2975	GB/T 228.2
7	液压	逐根	-	GB/T241
8	涡流检测	逐根	-	GB/T7735-2016
9	漏磁检测	逐根	-	GB/T12606-2016
10	压扁	每批在两根钢管上各取1个试样	GB/T246	GB/T246
11	弯曲	每批在两根钢管各取一组2个试样	GB/T232、见7.3	GB/T232
12	扩口	每批在两根钢管上各取1个试样	GB/T242	GB/T242
13	低倍	每炉在两根钢管上各取1个试样	GB/T226	GB/T226、GB/T1979
14	非金属夹杂物	每炉在两根钢管上各取1个试样	GB/T10561-2005	GB/T10561-2005 A法
15	晶粒度	每批在两根钢管上各取1个试样	GB/T 6394	GB/T 6394
16	显微组织	每批在两根钢管上各取1个试样	GB/T13298	GB/T13298
17	脱碳层	每批在两根钢管上各取1个试样	GB/T224	GB/T224
18	渗透检测	见6.12.5	-	NB/T47013.5
19	磁粉检测	见6.12.5	-	GB/T 15822
20	超声检测	逐根	-	GB/T5777-2008、 GB/T31925-2015
21	分层缺陷检测	逐根	-	GB/T20490

9 检验规则

9.1 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。

9.2 组批规则

钢管的化学成分、低倍检验和非金属夹杂物检验可按熔炼炉检查和验收，钢管其余检验项目应按批检查和验收。每批应由同一炉号、同一规格和同一热处理制度（炉次）的钢管组成。每批钢管的数量应不超过如下规定：

- a) $D \leq 76 \text{ mm}$ 且 $S \leq 3.0 \text{ mm}$ ：400 根；
- b) $D > 351 \text{ mm}$ ：50 根；
- c) 其他尺寸：200 根。

9.3 取样数量

钢管各项检验的取样数量应符合表 9 的规定。

9.4 复验与判定规则

钢管的复验与判定规则应符合 GB/T 2102 的规定。

10 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。

附录 A

(规范性附录)

高温规定塑性延伸强度

序号	温度/℃	高温规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}$ /MPa (不小于)
1	100	384
2	150	378
3	200	377
4	250	377
5	300	376
6	350	371
7	400	358
8	450	337
9	500	306
10	550	260
11	600	198
12	610	186
13	620	173

附录 B

(资料性附录)

100 000 h外推持久强度推荐数据

序号	温度/°C	10 000h持久强度推荐数据/MPa
1	540	166
2	550	153
3	560	140
4	570	128
5	580	116
6	590	103
7	600	93
8	610	83
9	620	73
10	630	63
11	640	53
12	650	44

附件 C

(资料性附录)

本标准起草单位：湖北新冶钢有限公司、中国特种设备检测院、哈尔滨锅炉厂有限责任公司、东方锅炉股份有限公司、上海锅炉厂有限公司、宝山钢铁股份有限公司、内蒙古北方重工业集团有限公司、国家质检总局特种设备安全监察局、全国锅炉压力容器标准化委员会、钢铁研究总院、西安热工研究院有限公司、上海发电设备成套设计研究院有限责任公司、大唐集团科学技术研究院、武汉锅炉股份有限公司、江阴兴澄特种钢铁有限公司

本标准起草人：孔繁革、徐彤、谭舒平、王炯祥、李健、王起江、杨华春、周仲成、李军、杨国义、刘正东、周荣灿、赵双群、王崇斌、蔡文河、包汉生、王维廉、孔伟怡、梁宝琦、翟国丽、李翼、刘谦、朱志宝