



中华人民共和国国家标准

GB/T 32958—2016

流体输送用不锈钢复合钢管

Stainless steel clad pipes for fluid transport

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

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
流体输送用不锈钢复合钢管
GB/T 32958—2016

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址: www.spc.org.cn

服务热线: 400-168-0010

2016年9月第一版

*

书号: 155066 • 1-54974

版权专有 侵权必究

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：浙江金洲管道工业有限公司、云南昆钢新型复合材料开发有限公司、江苏武进不锈钢股份有限公司、江苏众信绿色管业科技有限公司、绍兴市水联管业有限公司、浙江德威不锈钢管业制造有限公司、山西太钢不锈钢钢管有限公司。

本标准主要起草人：沈淦荣、杨伟芳、杜顺林、宋建新、孟宪虎、冯志琴、沈根荣、陆凤辉、张淮、刘尚华。

流体输送用不锈钢复合钢管

1 范围

本标准规定了流体输送用不锈钢复合钢管的订货内容、尺寸、外形、重量及允许偏差、技术要求、试验方法、检验规则、包装、标识和质量证明书。

本标准适用于一般流体和化工弱腐蚀环境流体输送用的以不锈钢为复层、碳钢或低合金钢为基层的内覆或衬里复合钢管(以下简称复合钢管)。

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 223.3 钢铁及合金化学分析方法 二安替比林甲烷磷钼酸重量法测定磷量

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 223.11 钢铁及合金 铬含量的测定 可视滴定或电位滴定法

GB/T 223.12 钢铁及合金化学分析方法 碳酸钠分离-二苯碳酰二肼光度法测定铬量

GB/T 223.14 钢铁及合金化学分析方法 钼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 223.19 钢铁及合金化学分析方法 新亚铜灵-三氯甲烷萃取光度法测定铜量

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 223.28 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 223.32 钢铁及合金化学分析方法 次磷酸钠还原-碘量法测定砷量

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 223.37 钢铁及合金化学分析方法 蒸馏分离-靛酚蓝光度法测定氮量

GB/T 223.40 钢铁及合金 铌含量的测定 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铋磷钼蓝分光光度法

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 223.61 钢铁及合金化学分析方法 磷钼酸铵容量法测定磷量

GB/T 223.62 钢铁及合金化学分析方法 乙酸丁酯萃取光度法测定磷量

GB/T 223.63 钢铁及合金化学分析方法 高碘酸钠(钾)光度法测定锰量

GB/T 223.64 钢铁及合金 锰含量的测定 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 223.68 钢铁及合金化学分析方法 管式炉内燃烧后碘酸钾滴定法测定硫含量
- 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 223.71 钢铁及合金化学分析方法 管式炉内燃烧后重量法测定碳含量
- GB/T 223.72 钢铁及合金 硫含量的测定 重量法
- GB/T 223.84 钢铁及合金 钛含量的测定 二安替比林甲烷分光光度法
- GB/T 223.85 钢铁及合金 硫含量的测定 感应炉燃烧后红外吸收法
- 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 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 229 金属材料 夏比摆锤冲击试验方法
- GB/T 241 金属管 液压试验方法
- GB/T 246 金属管 压扁试验方法
- GB/T 699—2015 优质碳素结构钢
- GB/T 700—2006 碳素结构钢
- GB/T 983 不锈钢焊条
- GB/T 1591—2008 低合金高强度结构钢
- 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 2651 焊接接头拉伸试验方法
- GB/T 2653 焊接接头弯曲试验方法
- 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 3091 低压流体输送用焊接钢管
- GB/T 4241 焊接用不锈钢盘条
- 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 4336 碳素钢和中低合金钢 火花源原子发射光谱分析方法(常规法)
- GB/T 5117 非合金钢及细晶粒钢焊条
- GB/T 5118 热强钢焊条
- GB/T 5293 埋弧焊用碳钢焊丝和焊剂
- GB/T 6396 复合钢板力学及工艺性能试验方法
- GB/T 8110 气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝
- GB/T 8163 输送流体用无缝钢管
- GB/T 8165 不锈钢复合钢板和钢带
- GB/T 9711—2011 石油天然气工业 管线输送系统用钢管
- 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 12470 埋弧焊用低合金钢焊丝和焊剂
- GB/T 12771 流体输送用不锈钢焊接钢管
- GB/T 13793 直缝电焊钢管
- GB/T 14957 熔化焊用钢丝
- GB/T 14976 流体输送用不锈钢无缝钢管
- GB/T 16957 复合钢板焊接接头力学性能试验方法

- GB/T 17219 生活饮用水输配水设备及防护材料的安全性评价标准
- GB/T 17395 无缝钢管尺寸、外形、重量及允许偏差
- GB/T 17854 埋弧焊用不锈钢焊丝和焊剂
- 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 21832 奥氏体-铁素体型双相不锈钢焊接钢管
- GB/T 21833 奥氏体-铁素体型双相不锈钢无缝钢管
- GB/T 21835 焊接钢管尺寸及单位长度重量
- NB/T 47013.2—2015 承压设备无损检测 第2部分:射线检测
- NB/T 47013.5—2015 承压设备无损检测 第5部分:渗透检测
- SY/T 6423.1—2013 石油天然气工业 钢管无损检测方法 第1部分:焊接钢管焊缝缺欠的射线检测
- SY/T 6423.2—2013 石油天然气工业 钢管无损检测方法 第2部分:焊接钢管焊缝纵向和/或横向缺欠的自动超声检测
- YB/T 4204 供水用不锈钢焊接钢管
- YB/T 4282 压力容器用热轧不锈钢复合钢板
- YB/T 5092 焊接用不锈钢丝

3 订货内容

按本标准订货的合同或订单应至少包括下列内容:

- a) 本标准编号;
- b) 产品名称;
- c) 牌号:基层牌号+复层牌号;
- d) 尺寸规格:外径 $\times$ 总壁厚(基层壁厚+复层壁厚),单位为毫米;
- e) 订购的数量(总重量或总长度);
- f) 制造要求(成型方法,焊接工艺,复合方式);
- g) 交货状态;
- h) 用途;
- i) 其他特殊要求。

4 尺寸、外形、重量及允许偏差

4.1 外径和壁厚

复合钢管的外径(D)应为 21.3 mm~1 626 mm,总壁厚(t)不小于 2.8 mm,复层厚度(t_1)应不小于 0.25 mm。各种制造工艺的钢管外径、壁厚应符合表 1 的规定,其具体尺寸规格应符合 GB/T 17395 或 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 或 GB/T 17395 规定以外规格的复合钢管。

表 1 各种制造工艺复合钢管外径、壁厚范围

单位为毫米

制造工艺		外径范围(D)	总壁厚(t) 不小于	复层壁厚(t_1) 不小于
总要求		21.3~1 626	2.8	复层厚度不小于复合管总壁厚的 8%,且不小于 0.25 mm(焊接连接时不小于 0.5 mm)
衬里复合钢管		21.3~1 422	2.8	0.25
内覆 复合 钢管	螺旋缝埋弧焊(SAWH)	219.1~1 626	3.0	0.50
	直缝埋弧焊(SAWL)	406.4~1 626	6.4	1.00
	直缝高频焊(HFW)	219.1~711	2.8	0.50
	热压熔合、堆焊、离心铸造等	21.3~1 422	2.8	0.25

4.2 外径和壁厚的允许偏差

复合钢管的外径和壁厚允许偏差应符合表 2 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 2 规定以外允许偏差的复合钢管。

表 2 外径和壁厚允许偏差

单位为毫米

公称外径(D)	外径允许偏差		壁厚允许偏差 ^a	
	管体	管端 ^b	总壁厚 ^c (t)	复层厚度(t_1)
21.3~<60.3	+0.4 -0.8		±9% t	-10% t_1 ， 正公差无限
>60.3~168.3	±0.75% D	+1.6 -0.4		
>168.3~610	±0.75% D ， 但最大为±3.2	±0.5% D ， 但最大为±1.6		
>610~1 422	±0.5% D ， 但最大为±4.0	±1.6		
>1 422	协议	协议		
^a 壁厚正偏差不适用于焊缝。				
^b 管端包括钢管每个端头 100 mm 长度范围内的钢管。				
^c 无缝钢管作为基管时，总壁厚允许偏差±12.5% t 。				

4.3 不圆度

4.3.1 管端不圆度

管端不圆度应不超过公称外径的 1%,且最大不超过 5 mm; $D/t > 75$ 或外径不小于 1 016 mm 复合钢管的管端不圆度由供需双方协商确定。

4.3.2 管体不圆度

管体不圆度应不超过公称外径的 1.5%，且最大不超过 10 mm； $D/t > 75$ 或外径不小于 1 016 mm 复合钢管的管体不圆度由供需双方协商确定。

4.3.3 内径不圆度

当复合钢管采用焊接连接时，其内径不圆度应不大于公称外径的 0.5%，且不超过 2 mm。

4.4 弯曲度

4.4.1 复合钢管全长弯曲度应不大于复合钢管总长度的 0.2%。

4.4.2 根据需方要求，经供需双方协商并在合同中注明，可规定其他弯曲度指标。

4.5 长度

4.5.1 通常长度

复合钢管的通常长度为 3 000 mm～12 000 mm。

4.5.2 定尺长度

根据需方要求，经供需双方协商，并在合同中注明，复合钢管可以定尺长度交货。定尺交货时，定尺长度允许偏差为 $^{+50}_{0}$ mm。

4.6 管端

4.6.1 管端切斜

复合钢管的两端面应与轴线垂直切割，切口毛刺应予清除。管端切斜应不大于 1.6 mm，如图 1 所示。

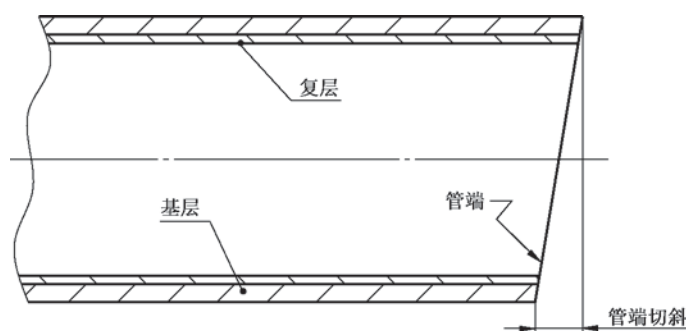


图 1 管端切斜示意图

4.6.2 坡口

除另有协议规定外，外径不小于 60.3 mm 且以焊接方式对接的复合钢管应机械加工坡口。坡口角度、钝边尺寸由供需双方协商确定。

4.6.3 封焊和堆焊

4.6.3.1 以焊接连接的衬里复合钢管管端的复层与基层间应进行封焊或堆焊（基层为镀锌钢管除外）。

4.6.3.2 如采用堆焊，钢管轴向的焊缝宽度应不小于钢管壁厚的两倍，且不小于 25 mm。

4.7 重量

4.7.1 复合钢管按理论重量交货,也可按实际重量交货。

4.7.2 复合钢管的理论重量按附录 A 计算。

4.7.3 以理论重量交货的复合钢管,每批或单根复合钢管的实际重量与理论重量的允许偏差为 $\pm 7.5\%$ 。

5 技术要求

5.1 原材料

5.1.1 基层材料

5.1.1.1 基层的牌号和化学成分应分别符合 GB/T 699—2015 中 10、20 或 GB/T 700—2006 中 Q195、Q215A、Q215B、Q235A、Q235B、Q235C、Q275A、Q275B 或 GB/T 1591—2008 中 Q345A、Q345B 的规定。

5.1.1.2 根据需方要求,经供需双方协商,并在合同中注明,可供应其他基层牌号和/或化学成分的复合钢管。

5.1.1.3 化学成分应按熔炼成分验收。当需方要求进行成品分析时,应在合同中注明,成品化学成分的允许偏差应符合 GB/T 222 的规定。

5.1.1.4 用于衬里、热压熔合(旋压或挤压)内覆复合的基层材料选用直缝高频电焊钢管时,复合前基层钢管应分别符合 GB/T 3091、GB/T 13793 或 GB/T 9711 的规定,钢管应去除内毛刺,内毛刺残留高度应不大于 0.2 mm;选用无缝钢管时,复合前基层钢管应分别符合 GB/T 8163 或 GB/T 9711 的规定。复合前应进行表面预处理,去除基层钢管内表面的铁锈、毛刺和污垢。

根据需方要求,经供需双方协议,并在合同中注明,可采用其他符合相关标准的钢管作为基层钢管。

5.1.2 复层材料

5.1.2.1 复层材料的牌号和化学成分(熔炼分析)应符合表 3 的规定。根据需方要求,经供需双方协商,并在合同中注明,可供应复层为其他不锈钢牌号和化学成分的复合钢管。

5.1.2.2 化学成分按熔炼成分验收。当需方要求进行成品分析时,应在合同中注明,成品化学成分的允许偏差应符合 GB/T 222 的有关规定。

5.1.2.3 除外形尺寸外,用于衬里、热压熔合(旋压或挤压)内覆的复层钢管复合前应分别符合 GB/T 12771、GB/T 14976、GB/T 21832、GB/T 21833 或 YB/T 4204 的规定。根据需方要求,经供需双方协议,并在合同中注明,可采用其他符合相关标准的钢管作为复层钢管。

5.1.3 复合板(卷)

采用经轧制或爆炸方法生产的复合板(卷)作为制管原材料时,复合板(卷)应符合 GB/T 8165 或 YB/T 4282 的规定。

5.1.4 焊材

用于基层焊接的焊丝、焊剂应分别符合 GB/T 5293、GB/T 8110、GB/T 12470 或 GB/T 14957 的规定,焊条应符合 GB/T 5117 或 GB/T 5118 的规定。

用于复层焊接的焊丝、焊剂应分别符合 GB/T 4241、GB/T 17854 或 YB/T 5092 的规定,焊条应符合 GB/T 983 的规定。

表 3 不锈钢复层的牌号和化学成分

序号	类型	统一数字代号	牌号	化学成分(质量分数)/%													
				C	Si	Mn	P	S	Ni		Cr		Mo		N		其他
									最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	
1	奥氏 体型	S30210	12Cr18Ni9	0.15	0.75	2.00	0.040	0.030	8.00	10.00	17.00	19.00	—	—	—	—	—
2		S30408	06Cr19Ni10	0.08	0.75	2.00	0.040	0.030	8.00	11.00	18.00	20.00	—	—	—	—	—
3		S30403	022Cr19Ni10	0.030	0.75	2.00	0.040	0.030	8.00	12.00	18.00	20.00	—	—	—	—	—
4		S31008	06Cr25Ni20	0.08	1.50	2.00	0.040	0.030	19.00	22.00	24.00	26.00	—	—	—	—	—
5		S31608	06Cr17Ni12Mo2	0.08	0.75	2.00	0.040	0.030	10.00	14.00	16.00	18.00	2.00	3.00	—	—	—
6		S31603	022Cr17Ni12Mo2	0.030	0.75	2.00	0.040	0.030	10.00	14.00	16.00	18.00	2.00	3.00	—	—	—
7		S32168	06Cr18Ni11Ti	0.08	0.75	2.00	0.040	0.030	9.00	12.00	17.00	19.00	—	—	—	Ti:5×C~0.70	—
8		S34778	06Cr18Ni11Nb	0.08	0.75	2.00	0.040	0.030	9.00	12.00	17.00	19.00	—	—	—	Ni:10×C~1.10	—
9	马氏 体型	S41008	06Cr13	0.08	0.75	1.00	0.040	0.030	(0.60)	11.50	13.50	—	—	—	—	—	
10	铁素 体型	S11863	022Cr18Ti	0.030	0.75	1.00	0.040	0.030	(0.60)	16.00	19.00	—	—	—	—	Ti 或 Nb:0.10~1.00	—
11		S11972	019Cr19Mo2NbTi	0.025	0.75	1.00	0.040	0.030	1.00	17.50	19.50	2.50	1.75	2.50	—	(Ti+Nb)[0.20+ 4(C+N)]~0.80	—
12		S11348	06Cr13Al	0.08	0.75	1.00	0.040	0.030	(0.60)	11.50	14.50	—	—	—	—	Al:0.10~0.30	—
13		S11163	022Cr11Ti	0.030	0.75	1.00	0.040	0.020	(0.60)	10.50	11.70	—	—	—	—	Ti≥8(C+N), Ti:0.15~0.50, Nb:0.10	—
14	双相型	S11213	022Cr12Ni	0.030	0.75	1.50	0.040	0.015	0.30	1.00	10.50	12.50	—	—	—	—	—
15		S22253	022Cr22Ni5Mo3N	0.030	1.00	2.00	0.030	0.020	4.50	6.50	21.00	23.00	2.50	3.50	0.08	0.20	—
16		S25073	022Cr25Ni7Mo4N	0.030	1.00	2.00	0.035	0.020	6.00	8.00	24.00	26.00	3.00	5.00	0.24	0.32	—

5.2 制造方法

5.2.1 内覆复合

内覆复合钢管的制造方法如下：

- a) 采用复合板(卷)为原料,通过钢管成型和采用熔化极气体保护电弧焊(GMAW)、钨极惰性气体保护焊(GTAW)、等离子弧焊(PAW)、焊条电弧焊(SMAW)、HFW、SAWH、SAWL 的一种或多种组合焊接方法制造。
- b) 内衬复层通过热压熔合(旋压或挤压)与基层钢管形成冶金结合的方法制造。
- c) 在基层钢管内表面采取堆焊和离心铸造等工艺使复层与基层钢管形成冶金结合的方法制造。

5.2.2 衬里复合

复层钢管嵌入基层钢管内,通过水压、旋压或缩径、冷拔等工艺使复层与基层形成机械结合的方法制造。

5.3 冷定径和冷扩径

5.3.1 除基层在定径后整体进行正火、淬火、回火或消除应力热处理外,基层的定径率应不超过 1.5%。

5.3.2 如未进行后续热处理或去应力热处理的冷定径或冷扩径钢管用作基层,除非另有协议,基层在各制造环节中的总形变率应不超过 2%。

5.3.3 扩径或定径率 D_r 应采用式(1)计算：

$$D_r = \frac{|D_a - D_b|}{D_b} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

D_a ——指供方设计的扩径/定径后外径,单位为毫米(mm)；

D_b ——指供方设计的扩径/定径前外径,单位为毫米(mm)；

$|D_a - D_b|$ ——指外径差的绝对值,单位为毫米(mm)。

5.4 交货状态

5.4.1 采用复合板(卷)成型焊接的复合钢管按焊接或热处理状态交货；其余类型钢管可在复合前分别对基层和复层材料进行热处理,复合后不要求进行热处理。

5.4.2 根据需方要求,经供需双方协商,并在合同中注明,复合钢管的复层也可经磨(抛)光或酸洗后交货。

5.4.3 根据需方要求可对复合钢管外表面涂层,涂层要求由供需双方协商规定。

5.5 力学性能

5.5.1 总则

复合钢管基层的力学性能应符合表 4 的规定,可采用基层或包括复层在内的全壁厚试验试样。当采用全壁厚试样时,可参照附录 B 计算对应的屈服强度和抗拉强度标准值。

采用衬里、热压熔合(旋压或挤压)、离心铸造的复合钢管力学性能试验应在复合以前进行。

表 4 复合钢管的力学性能

基层材料	下屈服强度 ^a <i>R_{el}</i> /MPa	抗拉强度 <i>R_m</i> /MPa	断后伸长率 A/%	
			<i>D</i> ≤168.3 mm	<i>D</i> >168.3 mm
	不小于			
10	195	315	22	
20	235	390	19	
Q195	195 ^b	315	15	20
Q215A、Q215B	215	335	15	20
Q235A、Q235B	235	370	15	20
Q275A、Q275B	275	410	13	18
Q345A、Q345B	345	470	13	18
^a 屈服现象不明显时,按 <i>R_{p0.2}</i> 。				
^b Q195 的屈服强度值仅供参考,不作交货条件。				

5.5.2 拉伸

5.5.2.1 复合钢管管体拉伸试验应测定屈服强度、抗拉强度、断后伸长率。焊接接头拉伸试验只测定抗拉强度,其值应符合表 4 的规定。当采用全壁厚试样时,如断后伸长率不合格,允许剖去复层仅对基层进行拉伸试验,其断后伸长率应不小于基层标准值。

5.5.2.2 外径不小于 219.1 mm 的复合钢管拉伸试验应截取管体横向试样和焊缝试样。采用 SAWL、HFW 工艺的复合钢管管体拉伸试样应在复合钢管上距焊缝 180°的位置截取,SAWH 钢管管体拉伸试样应在复合钢管上距螺旋焊缝至少 1/4 个板宽位置处截取。焊缝(包括 SAWL、HFW 钢管的焊缝,SAWH 钢管螺旋焊缝以及钢带对接焊缝)拉伸试样应在复合钢管上垂直于焊缝截取,且焊缝位于试样的中间。外径小于 219.1 mm 的复合管管体应取纵向试样,或选择使用钢管全截面纵向试样。

5.5.3 冲击试验

根据需方要求,经供需双方协商,并在合同中注明,对质量等级为 B 级、基层壁厚不小于 6 mm 且能制取 10 mm×5 mm×55 mm 及以上尺寸冲击试验试样时,基层的管体、焊缝及热影响区可做冲击试验,焊缝及热影响区的冲击吸收能量 KV_2 应符合基层对应厚度材料的规定。衬里复合钢管基层管体、焊缝及热影响区冲击试验可在复合以前进行。

5.5.4 硬度试验

根据需方要求,经供需双方协商并在合同中注明,复合钢管可按 GB/T 16957 规定进行硬度试验。取样方法、硬度指标由供需双方协商确定。

5.5.5 复合界面结合强度或夹持力试验

5.5.5.1 内覆复合钢管应进行复合界面结合强度试验,其值应不小于 140 MPa。试验试样的截取按 5.5.2 规定截取管体试样并压平。经供需双方协商,并在合同中注明,可用压扁试验代替结合强度试验。压扁试验复层与基层结合面分离或开裂长度的验收条件由供需双方协商确定。

5.5.5.2 衬里复合钢管应按附录 C 规定测量复层和基层之间夹持力,其值符合表 5 的规定。

表 5 衬里复合钢管的夹持力

外径(<i>D</i>)/mm	夹持力/kN	塌陷试验后夹持力/kN
	不小于	
≤114.3	30	15
>114.3~≤219.1	50	25
>219.1~≤323.9	70	35
>323.9	供需双方协商确定	

5.5.6 塌陷试验

5.5.6.1 根据需方要求,经供需双方协商,并在合同中注明,衬里复合钢管完成管端堆焊或封焊后可进行塌陷试验。整根复合钢管加热到 240 ℃,恒温 15 min 后,对衬里复合钢管进行内窥镜检查,应无鼓包、波痕、弯曲和裂纹。

5.5.6.2 衬里复合钢管塌陷试验后,应在塌陷试验后的管子上截取试样,按附录 C 的规定测量复层和基层之间夹持力,结果符合表 5 的规定。

5.6 工艺性能

5.6.1 压扁试验

基层钢管为无缝钢管、HFW 钢管的内覆或衬里复合钢管应进行压扁试验。对无填充金属的焊接钢管,由制造厂选择,可用导向弯曲试验代替压扁试验。将长度不小于 63.5 mm 的管段放置在两平行压板之间,焊缝与载荷方向垂直,分两步进行压扁试验。

第一步,延性试验。将试样压至两平板间距离为 *H*,试样的内、外表面以及边缘不允许出现裂纹、断裂和复层剥离(衬里复合钢管除外)。*H* 应按式(2)计算:

$$H = \frac{1.09t}{0.09 + \frac{t}{D}} \dots\dots\dots (2)$$

式中:

H ——两平板间的距离,单位为毫米(mm);

t ——钢管的总壁厚,单位为毫米(mm);

D ——钢管的外径,单位为毫米(mm)。

第二步,完整性(闭合压扁)试验。继续压扁直至试样断裂或两管壁贴合。在第二步的压扁试验中,除衬里复合钢管外,不允许出现复层和基层的剥离现象。

5.6.2 焊缝导向弯曲试验

对有填充金属的焊接复合钢管应进行室温导向弯曲试验。由制造厂选择,可对无填充金属的焊接复合钢管进行导向弯曲试验。试验应参照 5.5.2 规定截取管体焊缝和钢带对头焊缝弯曲试样,衬里复合钢管可去除复层,内覆复合管应保留复层,弯曲试样的焊缝位于试样中间,试样上不应有补焊焊缝,焊缝余高应去除。试样在弯模内弯曲约 180°,弯芯直径为总壁厚的 8 倍,其中一个为焊缝正面弯曲,另一个焊缝背面弯曲。试验后,应符合如下规定:

- a) 试样不允许完全断裂;
- b) 试样上焊缝金属中不允许出现长度超过 3.2 mm 的裂纹或破裂,不考虑深度;

- c) 基层、复层、热影响区或熔合线上不允许出现长度超过 3.2 mm 的裂纹或超过壁厚 10% 的裂纹或破裂。

试验过程中,出现在试样边缘且长度小于 6.4 mm 的裂纹和结合面裂纹,不应作为拒收的依据。

5.6.3 液压试验

内覆复合钢管应逐根进行液压试验。试验压力按式(3)计算,修约到最邻近的 0.1 MPa,最大试验压力为 5.0 MPa。试验压力保持时间应不少于 10 s,在试验过程中,复合钢管不允许出现渗漏现象。

$$P = \frac{2tR}{D} \dots\dots\dots (3)$$

式中:

P ——试验压力值,单位为兆帕(MPa);

t ——复合钢管的总壁厚,单位为毫米(mm);

R ——允许应力,5.5.1 规定屈服强度的 60%,单位为兆帕(MPa);

D ——复合钢管的外径,单位为毫米(mm)。

基层钢管按相应标准要求进行了液压试验,复合钢管可不再进行液压试验。

5.6.4 晶间腐蚀试验

根据需方要求,经供需双方协商并在合同中注明,复合钢管的复层、复层焊缝可做晶间腐蚀试验。晶间腐蚀试样宜采用热固性丙烯酸树脂镶嵌,镶嵌后试样仅露出复层、复层焊缝表面;或在试样基层、基层焊缝表面涂抹一层耐高温环氧树脂,试验方法应符合 GB/T 4334—2008 中方法 E 的规定或按合同规定采用其他耐腐蚀试验方法,试验后试样不允许出现晶间腐蚀倾向。

5.7 无损检测

5.7.1 内覆复合钢管

5.7.1.1 内覆复合焊接钢管应按 SY/T 6423.1—2013 或 NB/T 47013.2—2015 的规定进行射线检测,或按照 SY/T 6423.2—2013 的规定进行超声波检测,或经供需双方协商确定的其他检测方法和验收标准进行焊缝全长检测。手工或自动超声检测前应采用超声波方法检测焊缝两侧 50 mm 区域的未结合缺欠,对未结合缺欠应予记录。

5.7.1.2 采用射线检验法对焊缝的均匀性进行检测。X 射线直接透过焊缝材料,在射线检验的胶片上产生适合的影像,或者在证实具有要求的灵敏度条件下,在其他 X 射线成像介质上产生适合的影像。图像质量级别分别达到 SY/T 6423.1—2013 规定的 A 级或 NB/T 47013.2—2015 规定的 AB 级。射线检验合格判定按 SY/T 6423.1—2013 或 NB/T 47013.2—2015 执行,其中 NB/T 47013.2—2015 按质量等级 II 级验收。

5.7.1.3 热压熔合(旋压或挤压)内覆的复合钢管,应使用超声波纵波对基层与复层的未结合缺欠进行检测,结果满足 GB/T 9711—2011 附录 E 或满足相应的钢管检验验收标准的要求。如果钢管进行热处理和扩径,则无损检测应在所有热处理和扩径后进行,但可以选择在切头、平端和定径之前进行。

5.7.1.4 内覆复合钢管管端 100 mm 应进行超声波检测,不允许存在超过 6.4 mm 的未结合缺欠。

5.7.2 衬里复合钢管

5.7.2.1 封焊和堆焊焊缝应进行目视检测,并按 NB/T 47013.5—2015 的要求进行着色渗透检查,渗透检查验收等级应不低于 I 级。

5.7.2.2 每工作班应抽取一根,以及生产工艺参数调整后前 10 根钢管以及随后 20 根钢管中应各抽取一根,对封焊或堆焊焊缝进行全长 X 射线拍片检测。经协商,也可采用超声检测替代 X 射线拍片检测,

判定规则与验收要求由供需双方协商确定。

5.7.2.3 如检测发现任一封焊或堆焊焊缝不合格,则随后生产的钢管应逐根检测,直至连续 20 根钢管全部合格,此前生产的 20 根钢管也应逐根检测。

5.8 表面质量

5.8.1 基本要求

复合钢管的内外表面应光滑,不允许有折叠、裂纹、结疤、扭曲、气泡、断弧及其他深度超过总壁厚或复层壁厚允许偏差的缺陷存在。允许有深度不超过总壁厚或复层壁厚下偏差的轻微麻点、轻微划伤、凹坑和辊印等局部缺欠存在。

对于衬里复合钢管,基层与复层结合面的复合前的处理、基层焊接钢管焊缝余高由双方协商约定。

5.8.2 咬边

埋弧焊钢管上的咬边应按照下列规定进行核查、分类和处置:

- a) 深度 ≤ 0.4 mm 应接收(不考虑咬边长度)。
- b) 深度 > 0.4 mm 且 ≤ 0.8 mm 咬边,只要同时满足以下条件应接收:
 - 单个长度 $\leq 0.5 t$;
 - 单个深度 $\leq 0.1 t$;
 - 在任意 300 mm 长度的焊缝上,这样的咬边不多于两个。
- c) 所有超过 b) 规定的咬边应判为缺陷,应切除或整管拒收。

5.8.3 电弧烧伤

5.8.3.1 电弧烧伤应判为缺陷。

5.8.3.2 电弧烧伤应修磨清除、切除或整管拒收;当修磨清除缺陷后,应采用 10% 过硫酸铵溶液或 5% 的硝酸乙醇腐蚀液检查损伤材料是否已经完全清除。

5.8.4 内覆复合钢管的钢带(卷)对头焊缝

5.8.4.1 SAWL 和 HFW 钢管上不应有钢带/钢板对头焊缝。

5.8.4.2 SAWH 钢管允许有钢带对头焊缝,但钢带对头焊缝与螺旋焊缝的连接点距管端的距离应大于 150 mm,当钢带对头焊缝位于管端时,与相应管端的螺旋焊缝之间至少应有 150 mm 的环向间隔。对头焊缝应采用以下方法焊接和检验:

- a) 采用 SMAW 或 SMAW 与 GTAW 组合焊接方法焊接;
- b) 采用与螺旋焊缝相同的验收极限进行检验。

5.8.5 几何尺寸偏离

5.8.5.1 除摔坑外,由于钢管成型工艺或制造操作而造成钢管实际轮廓相对于钢管正常圆柱轮廓的几何尺寸偏离(如扁平块或撅嘴等),其极端点与钢管正常轮廓延伸部分之间的间距超过 3.2 mm 应判为缺陷。超过上述规定的缺陷应切除或拒收。

5.8.5.2 摔坑在任何方向上的长度应不大于 $0.5D$,且深度应不超过下列规定:

- a) 冷态成型并带有尖底划伤的摔坑,深度 3.2 mm;
- b) 其他摔坑,深度 6.4 mm。

超过规定极限值的摔坑应判为缺陷,应切除或拒收。

5.8.6 其他表面缺欠

外观检查发现的其他表面缺欠应按下列方法核查、分类和处置：

- a) 深度不大于 $t/8$ ，且不影响最小允许壁厚的缺欠，应判为可接受的缺欠；
- b) 深度大于 $t/8$ ，且不影响最小允许壁厚的缺欠，应判为缺欠，并应采用磨削法修磨清除；
- c) 剩余壁厚小于最小允许壁厚的缺欠应归为缺陷，应切除或整管拒收。

5.8.7 焊缝高度

5.8.7.1 内外焊缝应完全焊透和熔合，基层为埋弧焊钢管的复合钢管，焊缝高度应符合表 6 的规定。

表 6 埋弧焊允许焊缝高度

单位为毫米

基层厚度 t_1	焊缝高度最大值	
	内焊缝	外焊缝
≤ 13.0	3.5	3.5
> 13.0	3.5	4.5

5.8.7.2 距管端 100 mm 范围内，内焊缝应磨平，剩余高度应控制在 0 mm～0.5 mm（焊缝的磨平部位需用与复层材料相匹配的焊丝并采用 GTAW 堆焊一层盖面焊缝，盖面焊缝厚度不小于复层公称厚度的 90%，此处剩余高度不受 0 mm～0.5 mm 规定限制）。

5.8.7.3 复合钢管的内外焊缝与邻近钢管表面平滑过渡，除咬边处外，熔敷的内外焊缝顶部应不低于邻近钢管表面。

5.8.7.4 当复合钢管总壁厚不大于 15 mm 时，焊缝处钢带边缘的径向错边应不大于 1.5 mm；当复合钢管总壁厚大于 15 mm 时，焊缝处钢带边缘的径向错边最大值为总壁厚的 0.1 倍，且不允许超过 2.5 mm。

5.8.7.5 当复合钢管总壁厚不大于 20 mm 时，焊缝最大焊偏量应不超过 3 mm，当复合钢管总壁厚大于 20 mm 时，焊缝最大焊偏量应不超过 4 mm。

5.9 内覆复合钢管缺陷的修补

缺陷的修补应符合如下规定：

- a) 基层管体不允许进行焊接修补；
- b) 经供需双方协商，可对复层的缺陷进行修复；
- c) 基层钢管管端 200 mm 范围内焊缝不允许进行焊接修补，其余焊缝可修补；管端 200 mm 范围内焊缝如需进行焊接修补，应得到需方同意。

5.10 卫生性能

用于生活饮用水输送的复合钢管，其卫生性能评价按 GB/T 17219 的规定执行。

5.11 特殊要求

根据需方要求，经供需双方协商，并在合同中注明，复合钢管可增加复合界面结合强度或夹持力试验频次、提高液压试验压力值等要求。

6 试验方法

6.1 钢管的化学成分分析取样按 GB/T 20066 的规则进行。化学成分的光谱分析方法按 GB/T 4336

和 GB/T 11170 的规定进行,化学成分的化学分析方法按 GB/T 223.3、GB/T 223.5、GB/T 223.11、GB/T 223.12、GB/T 223.14、GB/T 223.16、GB/T 223.18、GB/T 223.19、GB/T 223.23、GB/T 223.25、GB/T 223.26、GB/T 223.28、GB/T 223.32、GB/T 223.36、GB/T 223.37、GB/T 223.40、GB/T 223.58、GB/T 223.59、GB/T 223.60、GB/T 223.61、GB/T 223.62、GB/T 223.63、GB/T 223.64、GB/T 223.67、GB/T 223.68、GB/T 223.69、GB/T 223.71、GB/T 223.72、GB/T 223.84、GB/T 223.85、GB/T 223.86、GB/T 20123、GB/T 20124 的规定进行,但仲裁分析时应按化学分析方法的规定进行。

6.2 复合钢管的尺寸和外形应采用测径卷尺、游标卡尺、千分尺、光学测量仪等符合精度要求的量具或仪器逐根测量。复层厚度的测量可在复合前进行。

6.3 复合钢管的内外表面应在充分照明条件下逐根目视检查,内外焊缝偏差等应采用 GB/T 226 进行宏观检验。

6.4 复合钢管其他检验项目的取样数量、取样方法及试验方法应符合表 7 的规定。

表 7 复合钢管其他检验项目的取样数量、取样方法及试验方法

序号	检验项目		检验频次	取样数量	取样方法	试验方法	技术要求条款
1	熔炼分析		1 次/炉	1 个	GB/T 20066	6.1	5.1
2	产品分析		1 次/批	1 个			
3	拉伸试验		1 次/批	2 个(1 个管体、1 个焊缝)	GB/T 2975	GB/T 228.1 GB/T 2651 GB/T 16957	5.5.1 5.5.2
4	冲击试验		1 次/批	2 组(HAZ 热影响区适用时为 3 组),1 组 3 个	GB/T 2975	GB/T 229 GB/T 2650 GB/T 16957	5.5.3
5	硬度试验		协议	协议	GB/T 2975	协议	5.5.4
6	结合强度试验		1 次/批	1 个	GB/T 6396—2008	GB/T 6396—2008	5.5.5.1
7	夹持力试验		1 次/批	1 个	附录 C	附录 C	5.5.5.2
8	塌陷试验		协议或生产工艺评定时	1 个	5.5.6 附录 C	5.5.6 附录 C	5.5.6
9	压扁试验		1 次/批	1 个	GB/T 246	GB/T 246	5.6.1
10	焊缝导向弯曲试验		1 次/批	焊缝和钢带对头焊缝各 1 组,1 组 2 个	GB/T 2653	GB/T 2653 GB/T 16957	5.6.2
11	液压试验		逐根	—	—	GB/T 241	5.6.3
12	晶间腐蚀试验		协议或生产工艺评定时	2 个	GB/T 4334—2008	GB/T 4334—2008	5.6.4
13	无损检测	射线	逐根	—	—	SY/T 6423.1 NB/T 47013.2—2015	5.7
		超声波	逐根	—	—	SY/T 6423.2	5.7
		渗透	1 次/批	1 个	—	NB/T 47013.5—2015	5.7.2

表 7 (续)

序号	检验项目	检验频次	取样数量	取样方法	试验方法	技术要求条款
14	卫生性能	协议要求 或型式试 验要求时	按规定抽取 一个试样	GB/T 17219	GB/T 17219	5.10

7 检验规则

7.1 检查和验收

复合钢管的检查和验收应由供方质量技术监督部门进行。

7.2 组批规则

复合钢管应按批进行检查和验收。每批应由同一组合炉号、同一组合牌号、同一规格和同一制造和复合工艺的复合钢管组成。每批复合钢管的数量应不超过以下规定：

- a) 外径不大于 168.3 mm, 200 根；
- b) 外径大于 168.3 mm 且不大于 355.6 mm, 100 根；
- c) 外径大于 355.6 mm, 50 根。

7.3 复验和判定规则

钢管的复验和判定规则应符合 GB/T 2102 的规定。

8 包装、标识和质量证明书

8.1 标识

距管端 150 mm 处开始, 采用模板漆印或喷印等方法在复合钢管内表面或外表面做标志。标志内容和顺序应符合如下规定：

- a) 制造厂名称或标识、标记；
- b) 标准编号；
- c) 外径×公称总厚度(复层厚度)×长度, 单位为毫米(mm)；
- d) 复层材料牌号/基层材料牌号；
- e) 管号或批号；
- f) 其他附加标志。

8.2 包装和质量证明书

包装和质量证明书应符合 GB/T 2102 的规定。

附 录 A
(规范性附录)
复合钢管理论重量计算方法

复合钢管理论重量按式(A.1)计算:

$$W = \frac{\pi}{1\,000} [t_1(D - 2t_2 - t_1)\rho_1 + t_2(D - t_2)\rho_2] \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

- W —— 复合钢管的重量,单位为千克每米(kg/m);
- π —— 3.141 6;
- D —— 复合钢管的外径,单位为毫米(mm);
- t_1 —— 复合钢管复层的壁厚,单位为毫米(mm);
- ρ_1 —— 复合钢管复层的密度,单位为千克每立方分米(kg/dm³),复层不锈钢的密度按表 A.1 规定;
- t_2 —— 复合钢管基层的壁厚,单位为毫米(mm);
- ρ_2 —— 复合钢管基层的密度,单位为千克每立方分米(kg/dm³),基层碳素钢或低合金钢的密度按 7.85 kg/dm³。

表 A.1 典型复层不锈钢牌号的密度

序号	统一数字代号	牌号	密度, 20 ℃ kg/dm ³
1	S30210	12Cr18Ni9	7.93
2	S30408	06Cr19Ni10	
3	S30403	022Cr19Ni10	7.90
4	S31008	06Cr25Ni20	7.98
5	S31608	06Cr17Ni12Mo2	8.00
6	S31603	022Cr17Ni12Mo2	
7	S32168	06Cr18Ni11Ti	8.03
8	S34778	06Cr18Ni11Nb	
9	S41008	06Cr13	7.75
10	S11863	022Cr18Ti	7.70
11	S11972	019Cr19Mo2NbTi	7.75
12	S11348	06Cr13Al	
13	S11163	022Cr11Ti	
14	S11213	022Cr12Ni	
15	S25073	022Cr25Ni7Mo4N	7.80
16	S22253	022Cr22Ni5Mo3N	

附 录 B

(资料性附录)

复合钢管屈服强度和抗拉强度的计算

B.1 复合钢管的屈服强度下限值可按式(B.1)计算:

$$R_P = \frac{t_1 R_{P1} + t_2 R_{P2}}{t_1 + t_2} \dots\dots\dots (B.1)$$

式中:

R_P ——复合钢管的屈服下限值,单位为兆帕(MPa);

R_{P1} ——复合钢管复层材料的屈服点下限值,单位为兆帕(MPa);

R_{P2} ——复合钢管基层材料的屈服点下限值,单位为兆帕(MPa);

t_1 ——复合钢管复层材料的厚度,单位为毫米(mm);

t_2 ——复合钢管基层材料的厚度,单位为毫米(mm)。

B.2 复合钢管的抗拉强度可按式(B.2)计算:

$$R_m = \frac{t_1 R_{m1} + t_2 R_{m2}}{t_1 + t_2} \dots\dots\dots (B.2)$$

式中:

R_m ——复合钢管的抗拉强度下限值,单位为兆帕(MPa);

R_{m1} ——复合钢管复层材料的抗拉强度下限值,单位为兆帕(MPa);

R_{m2} ——复合钢管基层材料的抗拉强度下限值,单位为兆帕(MPa);

t_1 ——复合钢管复层材料的厚度,单位为毫米(mm);

t_2 ——复合钢管基层材料的厚度,单位为毫米(mm)。

附 录 C
(规范性附录)
衬里复合钢管的夹持力试验

C.1 夹持力试验

从检验的每批复合钢管中,任取 1 根管段并机械加工至 300 mm(340 mm、430 mm)长作为本试验的试样,试样表面应清洁干净,管端平整且应与管道轴向垂直。

注:试样方法由试验人员根据复合钢管的外径、复层壁厚及试验条件综合评估后确定,试样长度根据试验方法确定。

C.2 试验准备

C.2.1 万能试验机。

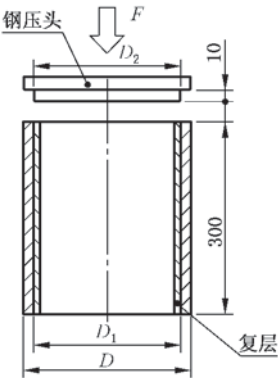
C.2.2 试验拉伸速率:3 mm/min。

C.2.3 试样:

a) 方法 I:在抽取的整根复合钢管上截取适宜长度试样,机械加工至试样长度 300 mm,详见图 C.1。

钢压头: D_2 略小于复合钢管基层钢管内径 D_1 且 D_2 尺寸的宽度为 10 mm。

单位为毫米



说明:

D_1 ——基层钢管内径,单位为毫米(mm);

D_2 ——钢压头直径,单位为毫米(mm);

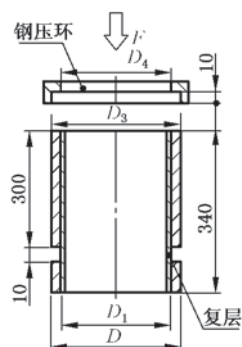
D ——复合钢管外径,单位为毫米(mm)。

图 C.1 方法 I

b) 方法 II:在抽取的整根复合钢管上截取适宜长度试样,机械加工后试样符合图 C.2 要求,复合钢管复层与基层结合长度为 300 mm。

钢压环: D_3 略大于复合钢管外径 D , D_4 略大于 D_1 。

单位为毫米



说明:

 D_1 ——基层钢管内径,单位为毫米(mm); D_3 ——钢压环内径,单位为毫米(mm); D_4 ——钢压环外径,单位为毫米(mm); D ——复合钢管外径,单位为毫米(mm)。

图 C.2 方法 II

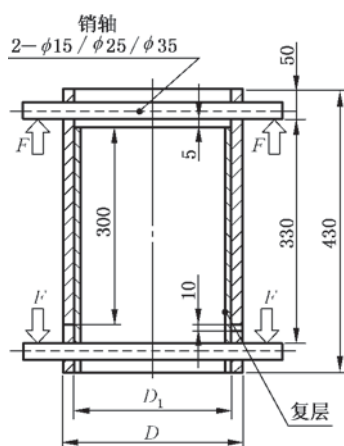
c) 方法 III:在抽取的整根复合钢管上截取适宜长度试样,机械加工后试样符合图 C.3 要求,复合钢管复层与基层结合长度为 300 mm。

复合钢管试样上与销轴配合的通孔尺寸应略大于销轴,上下通孔中心线应处于钢管截面的同一中心线。

选用的销轴直径分为 15 mm、25 mm、35 mm 等 3 种规格,长度在钢管试样外径基础上增加 60 mm,由试验人员根据复合钢管的外径和试验条件综合评估后选取。

万能试验机能锁紧上下销轴两端部的夹具工装,销轴两端部试验受力与试样轴线相同。

单位为毫米



说明:

 F ——施加在试样上的拉力,单位为千牛(kN); D_1 ——基层钢管内径,单位为毫米(mm); D ——复合钢管外径,单位为毫米(mm)。

图 C.3 方法 III

C.3 操作方法

C.3.1 试验操作方法Ⅰ:按图 C.1 所示,把试样放置于万能试验机平台上,用内径略大于 D_1 且宽度不小于 10 mm 的钢环垫在试样底部并对中,找正试样上部钢压头的对中位置,给钢压头以压力,使试样的基层钢管和复层钢管分离,记录分离 10 mm 时的最大压应力 F 。

C.3.2 试验操作方法Ⅱ:按图 C.2 所示,把试样放置于万能试验机平台上,钢压环放置于试样顶端并对中,给钢压环以压力,使试样的上部分基层钢管和复层钢管发生分离并向下滑动,记录分离和移动 10 mm 时的最大压应力 F 。

C.3.3 试验操作方法Ⅲ:按图 C.3 所示,把销轴穿入试样上下端部的两个通孔内,试样放置在万能试验机上后用夹具工装锁紧销轴两端,然后启动试验机通过两根销轴施以试样上下分离的拉力,基层钢管和复层钢管在两根销轴的拉动下开始分离。记录分离 10 mm 时的最大拉应力 F 。

C.3.4 在装件过程中应保证试样位于试验机压板、夹具工装的中心位置,试样轴线与压板压下或拉伸力方向一致。

C.3.5 压下或拉伸分离过程保持同一速率。

C.4 试验结果的判定

最大压应力或拉应力 F 即为衬里复合钢管的夹持力,按所对应的规格符合表 5 规定即为合格。
