

第4章 钢管

第1节 一般规定

4.1.1 适用范围

4.1.1.1 本章规定适用于锅炉管和过热器管以及建造锅炉、受压容器和压力管系所用的钢管。

4.1.1.2 在高温下工作的钢管，应将其高温力学性能资料提交CCS认可。

4.1.1.3 所有钢管(除III级管外)的制造和试验，除符合本篇第1章和第2章的规定外，还应符合本章各节的规定。(本章涉及的管系的分级参见CCS《钢质海船入级规范》第3篇第2章的有关规定)

4.1.1.4 III级管系用的钢管，可按公认的有关标准进行制造、试验和验收。

4.1.1.5 海底管系用的钢管以及海洋工程钢结构或流体输送用的钢管等可按公认的有关标准进行制造、试验和验收。

4.1.1.6 极地船舶暴露于低温环境下管系(包括管子、阀门和附件)的冲击试验应满足《钢质海船入级规范》第8篇第23章的相关要求。

4.1.2 制造

4.1.2.1 钢管应由CCS认可的工厂制造。除另有协议外，所用钢材应采用碱性吹氧转炉、电炉或平炉冶炼的镇静钢，并应采用模铸或经CCS认可的连铸工艺。

4.1.2.2 钢管可采用下列方法制造：

- (1) 热轧/扩无缝钢管工艺；
- (2) 冷拔/轧无缝钢管工艺；
- (3) 电阻焊或高频感应焊的焊接管工艺；
- (4) 电弧焊的焊接管工艺。

4.1.2.3 制造过程中，与任何有色金属或其化合物相接触的钢管的表面应无污染，以免对其后的加工和使用产生不良影响。

4.1.3 质量

4.1.3.1 无缝钢管的内、外表面应无裂缝、折叠、分层、结疤、轧折、发纹等缺陷存在。如有上述缺陷则应清除，且被清除部位的壁厚应不小于规定最小壁厚。

4.1.3.2 焊接钢管的内、外表面不允许存在裂缝、结疤、错位、毛刺、烧伤、压痕和深的划道等缺陷。但允许存在深度不超过壁厚允许偏差范围的小压痕、轻微的错位、辊印线、薄的氧化皮以及打磨与清除外毛刺的痕迹等缺陷。

4.1.3.3 钢管的外观应平直。钢管末端的切口应无毛刺，并应与该管轴线垂直。

4.1.3.4 钢管的品种规格和尺寸公差应符合公认的有关标准。

4.1.4 化学成分

4.1.4.1 钢材的脱氧方法和熔炼分析化学成分应符合本章各节的有关规定。

4.1.5 热处理

4.1.5.1 如本社需要，钢管应进行热处理，并按本章各节的有关规定以相应的热处理状态交货。

4.1.6 试验与试样

4.1.6.1 钢管可按批检查和试验。每一批钢管应由同一钢种、同一规格、同一炉罐号和同一热处理规程的钢管组成。

4.1.6.2 对于I级和II级压力管系用的钢管、锅炉管和过热器管，应按表4.1.6.2的规定，从每批或不足一批的钢管中，任选至少1根管子制备所需的试样。

钢管取样批量 表4.1.6.2

钢管等级	钢管外径 D (mm)	每批数量(根) ^①
I级	所有外径	50
II级	$D > 325$	100
	$D \leq 325$	200

注：① 由一根管坯轧制而成的钢管，在锯切后不再进行热处理，则从此钢管锯切的所有管段可视为一根计算。

4.1.6.3 应按本篇第2章以及本章各节的有关规定，截取和加工所需的试样，并进行试验和验收。

4.1.6.4 试样应沿钢管纵向截取，但对直径不小于200mm的钢管，也可垂直于钢管轴线截取横向试样。

4.1.7 目检和无损检测

4.1.7.1 所有的I级和II级压力管系用钢管、锅炉管和过热器管均应进行内外表面目检和尺寸校核。

4.1.7.2 所有焊接钢管应采用无损检测方法对所有焊缝区域进行检测，其结果应符合公认的有关标准。

4.1.8 液压试验

4.1.8.1 每根钢管均应在制造厂进行液压试验。经CCS同意，也可用超声波检测或涡流检测代替液压试验，但制造厂应提供证明该方法可靠性的技术文件。

4.1.8.2 应按下列规定进行液压试验：

(1) 试验压力应为钢管工作压力的2倍，且不低于7.0MPa。如订货方要求，亦可按合同要求的试验压力进行试验，但应将有关资料提交CCS备查；

(2) 本条(1)中所述的试验压力 P 不必超过按下式确定的值：

$$P = 2t\sigma_t / D \quad \text{MPa}$$

式中： D ——钢管的公称外径，mm；

t ——钢管的公称壁厚，mm；

σ_t ——许用应力值，MPa；对于碳钢钢管，为屈服强度(R_{eH} 或 $R_{p0.2}$)的80%，对于奥氏体不锈钢钢管，为规定非比例延伸强度($R_{p0.2}$)的80%。

(3) 在试验压力下应保持足够的时间，以便进行检查。

4.1.9 钢管缺陷的修补

4.1.9.1 钢管表面的缺陷，如修整后管壁厚度不小于所规定的最小厚度时，允许用机械方法进行打磨，然后光滑过渡至钢管表面。

4.1.9.2 当拟用焊补修复钢管表面的小缺陷时，应将焊补工艺规程，包括预热和焊后热处理等资料提交CCS认可。修补区域均应进行磁粉检测。奥氏体钢管在完成焊补、热处理和打磨之后，应进行渗透检测。

4.1.10 标记

4.1.10.1 制造厂应在已验收钢管的端部清晰地标上CCS的标志及下列标记：

- (1) 制造厂名称及商标；
 - (2) 钢管的规格和钢级标记；
 - (3) 炉罐号或供查阅钢管全部生产过程的识别标志。
- 钢印应用油漆框出，以求明显易认。

4.1.11 合格证书

4.1.11.1 制造厂应出具包括下列内容的钢管产品合格证书：

- (1) 订货方的名称和合同号；
- (2) 钢管发货、收货地址；
- (3) 钢管规格及钢级；
- (4) 钢管技术条件；
- (5) 炉罐号和化学成分；

(6) 力学性能试验结果和晶间腐蚀试验结果(如进行该项试验);

(7) 交货状态。

如制造厂使用由炼钢厂提供的钢材时,则炼钢厂应出具证明,说明炼钢方法、炉罐号和化学成分,且该炼钢厂应经CCS认可。

第2节 无缝压力管

4.2.1 适用范围

4.2.1.1 本节规定适用于碳钢、碳锰钢和低合金钢制成的铁素体钢无缝压力管。

4.2.2 制造和化学成分

4.2.2.1 无缝压力管应采用热轧(扩)或冷拔/轧工艺进行制造。

4.2.2.2 钢材的脱氧方法和熔炼分析化学成分应符合表4.2.2.2的规定。

无缝压力管钢材的脱氧方法和化学成分

表4.2.2.2

钢种	强度级 (N/mm ²)	脱氧 方法	化学成分(%)											
			C	Si	Mn	S	P	Ni	Cr	Mo	Cu	Sn	V	Al
碳钢 和 碳锰钢	320	半镇静 或镇静	≤0.16	—	0.4~0.7	≤0.04	≤0.04	Ni≤0.30 Cr≤0.25 Mo≤0.10 Cu≤0.30 残余元素总量≤0.70						
	360		≤0.17	≤0.35	0.4~0.8	≤0.04	≤0.04							
	410	镇静	≤0.21	≤0.35	0.4~1.2	≤0.04	≤0.04							
	460		≤0.22	≤0.35	0.8~1.4	≤0.04	≤0.04							
	490		≤0.23	≤0.35	0.8~1.5	≤0.04	≤0.04							
1Cr0.5Mo ₀	440	镇静	0.1~0.18	0.1~0.35	0.4~0.7	≤0.04	≤0.04	≤0.3	0.7~1.1	0.45~0.65	≤0.25	≤0.03	—	≤0.02
2.25Cr1Mo ₀	410 490		0.08~0.15	0.1~0.35	0.4~0.7	≤0.04	≤0.04	≤0.3	2.0~2.5	0.9~1.2	≤0.25	≤0.03	—	≤0.02
0.5Cr0.5Mo0.25V	460		0.1~0.18	0.1~0.35	0.4~0.7	≤0.04	≤0.04	≤0.3	0.3~0.6	0.5~0.7	≤0.25	≤0.03	0.22~0.32	≤0.02

4.2.3 热处理

4.2.3.1 钢管应进行热处理并应符合下列规定:

(1) 对碳钢、碳锰钢无缝钢管应作正火或正火加回火处理,但如热轧的终轧温度足以使钢管软化时,则可以采用热轧状态交货;

(2) 对合金钢无缝压力管应按表4.2.3.1(2)进行热处理。

合金钢无缝压力管

表4.2.3.1(2)

合金钢	热处理工艺
1Cr0.5Mo	正火加回火
2.25Cr1Mo 410强度级 490强度级	完全退火 正火加回火(回火温度650℃~780℃或650℃~750℃)
0.5Cr 0.5Mo 0.25V	正火加回火

4.2.4 力学性能和工艺性能

4.2.4.1 钢管可按批验收,取样数量应符合本章4.1.6的规定。进行试验的每根压力管应进行拉伸和压扁或弯曲试验,试验结果应符合表4.2.4.1的规定。

无缝压力管的力学性能和工艺性能

表4.2.4.1

钢种	强度级 (N/mm ²)	抗拉强度 R_m 不小于 (N/mm ²)	屈服强度 R_{eH} 不小于 (N/mm ²)	伸长率 A_5 不小于 (%)	压扁试验系数 C	弯曲试验 弯心直径 (mm)
碳钢和碳锰钢	320	320	195	25	0.10	4t (t为厚度)
	360	360	215	24	0.10	
	410	410	235	22	0.08	
	460	460	265	21	0.07	
	490	490	285	21	0.07	

钢种	强度级 (N/mm ²)	抗拉强度 R_m 不小于 (N/mm ²)	屈服强度 R_{eH} 不小于 (N/mm ²)	伸长率 A_5 不小于 (%)	压扁试验系数 C	弯曲试验 弯心直径 (mm)
1Cr0.5Mo	440	440	275	22	0.07	4t
2.25Cr1Mo	410	410	135	20	0.07	4t
	490	490	275	16		
0.5Cr0.5Mo0.25V	460	460	275	15	0.07	4t

注：① 对碳钢和碳锰钢，表中各强度级钢管的抗拉强度范围均为120N/mm²。
② 对合金钢，表中各强度级钢管的抗拉强度范围均为150N/mm²。

4.2.4.2 供设计用的无缝压力管的高温力学性能分别见表4.2.4.2(1)和表4.2.4.2(2)。

无缝压力管的高温屈服强度 表4.2.4.2(1)

钢种	强度级 (N/mm ²)	高温屈服强度 R_{eH}^T 不小于(N/mm ²)											
		温度(°C)											
		50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
碳钢和碳锰钢	320	172	168	158	147	125	100	91	88	87	—	—	—
	360	192	187	176	165	145	122	111	109	107	—	—	—
	410	217	210	199	188	170	149	137	134	132	—	—	—
	460	241	234	223	212	195	177	162	159	156	—	—	—
	490	256	249	237	226	210	193	177	174	171	—	—	—
1Cr0.5Mo	440	254	240	230	220	210	183	169	164	161	156	151	—
2.25Cr1Mo	410 ^①	121	108	99	92	85	80	76	72	69	66	64	62
	490 ^②	268	261	253	245	236	230	224	218	205	189	167	145
0.5Cr0.5Mo0.25V	460	266	259	248	235	218	192	184	177	168	155	148	—

注：① 退火状态。
② 正火加回火状态。

无缝压力管的高温破断平均应力 表4.2.4.2(2)

钢种	强度级 (N/mm ²)	100000h下破断强度 R_m^T 参考值(N/mm ²)																				
		温度(°C)																				
		380	390	400	410	420	430	440	450	460	470	480	490	500	510	520	530	540	550	560	570	580
碳钢和碳锰钢	320	171	155	141	127	114	102	90	78	67	57	47	36	—	—	—	—	—	—	—	—	
	360	171	155	141	127	114	102	90	78	67	57	47	36	—	—	—	—	—	—	—	—	
	410	171	155	141	127	114	102	90	78	67	57	47	36	—	—	—	—	—	—	—	—	
	460	227	203	179	157	136	117	100	85	73	63	55	47	41	—	—	—	—	—	—	—	
	490	227	203	179	157	136	117	100	85	73	63	55	47	41	—	—	—	—	—	—	—	
1Cr0.5Mo	440	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	210	177	146	121	99	81	67	54	43	35	—
2.25Cr1Mo	410(退火)	—	—	—	—	—	—	—	196	182	168	154	141	127	115	102	90	78	69	59	51	44
	490 ^① (正火加回火)	—	—	—	—	—	—	—	221	204	186	170	153	137	122	107	93	79	69	59	51	44
0.5Cr0.5Mo0.25V	460	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	218	191	170	150	131	116	100	85	72	59	46

注：① 若回火温度高于750°C时,应参考410强度级的数值。

第3节 焊接压力管

4.3.1 适用范围

- 4.3.1.1 本节规定适用于碳钢、碳锰钢和合金钢制造的铁素体钢焊接压力管。
4.3.1.2 如采用纵向埋弧焊制钢管时，应将其详细资料提交CCS认可。

4.3.2 制造和化学成分

4.3.2.1 焊接管应采用电阻焊或高频焊工艺制造。

4.3.2.2 钢材的脱氧方法和熔炼分析化学成分应符合本章表4.2.2.2的规定，但其中490N/mm²强度级的碳钢和碳锰钢、2.25Cr1Mo和0.5Cr0.5Mo0.25V合金钢除外。

4.3.3 热处理

4.3.3.1 钢管的热处理应符合下述列规定：

- (1) 如本社需要，碳钢和碳锰钢管应进行正火加回火处理或正火处理；
- (2) 对合金钢管，应作正火加回火处理。

4.3.4 力学性能和工艺性能

4.3.4.1 钢管应按本章4.1.6的规定按批验收。应从钢管上交替地截取试样中心带焊缝和不带焊缝的两种试样，凡位于试样标距范围内的焊缝增强部分应予以去除。

4.3.4.2 进行试验的每根耐压管应进行拉伸和压扁或弯曲试验，试验结果应符合本章表4.2.4.1的规定，但其中490N/mm²强度级的碳钢和碳锰钢、2.25Cr1Mo和0.5Cr0.5Mo0.25V合金钢管除外。

4.3.4.3 320~460 N/mm²强度级的碳钢和碳锰钢以及1Cr0.5Mo合金钢的高温力学性能见本章表4.2.4.2(1)和(2)。

第4节 锅炉管与过热器管

4.4.1 适用范围

4.4.1.1 本节规定适用于碳钢、碳锰钢和低合金钢制造的锅炉管与过热器管。

4.4.2 制造及化学成分

4.4.2.1 锅炉管与过热器管应为无缝钢管或焊接管，并应符合本章第2节和第3节的有关规定。所用钢材的脱氧方法和熔炼分析化学成分应符合本章表4.2.2.2的规定，但其中490N/mm²强度级的碳钢和碳锰钢和0.5Cr0.5Mo0.25V合金钢除外。

4.4.3 热处理

4.4.3.1 锅炉管与过热器管均应进行热处理，并应符合表4.4.3.1的规定。

锅炉管与过热器管的交货状态 **表4.4.3.1**

钢种		交货状态
碳钢和碳锰钢		正火或正火加回火 ^①
1Cr0.5Mo		正火加回火 ^②
2.25Cr1Mo	410 强度级	完全退火
	490 强度级	正火并在 650℃~780℃或 650℃~750℃回火

注：① 对热轧无缝钢管工艺制造的锅炉管和过热器管当终轧温度足以使钢管软化时，可采用热轧状态交货。

② 含碳量大于0.15%的1Cr0.5Mo合金钢管可采用正火状态交货。

4.4.4 力学性能和工艺性能

4.4.4.1 钢管可按批验收，并应符合本章4.1.6的规定。进行试验的每根锅炉管与过热器管至少应进行拉伸、压扁或弯曲、扩口或卷边试验，试验结果应符合表4.4.4.1的规定。

锅炉管与过热器管的力学性能与工艺性能 **表4.4.4.1**

钢种	强度级 (N/mm ²)	抗拉强度 R_m 不小于 (N/mm ²) ^①	屈服强度 R_{eH} 不小于 (N/mm ²) ^①	伸长率 A_5 不小于 (%)	压扁试验 系数 C	弯曲试验 弯心直径 (mm)	扩口或卷边试验外径扩大值(%)		
							内径/外径		
							≤0.6	>0.6 ≤0.8	>0.8
碳钢和碳锰钢	320	320	195	25	0.10	4t (t为厚度)	12	15	19
	360	360	215	24	0.10		12	15	19
	410	410	235	22	0.08		10	12	17
	460	460	265	21	0.07		8	10	15

钢种	强度级 (N/mm ²)	抗拉强度 R_m 不小于 (N/mm ²) ^①	屈服强度 R_{eH} 不小于 (N/mm ²) ^①	伸长率 A_5 不小于 (%)	压扁试验 系数 C	弯曲试验 弯心直径 (mm)	扩口或卷边试验外径扩大值(%)		
							内径/外径		
							≤0.6	>0.6 ≤0.8	>0.8
1Cr0.5Mo	440	440	275	22	0.07	4t	8	10	15
2.25Cr1Mo	410	410	135	20	0.07	4t	8	10	15
	490	490	275	16					

注：① 对碳钢和碳锰钢，表中各强度级的抗拉强度范围均为120 N/mm²。

② 对合金钢，表中各强度级钢管的抗拉强度范围均为150 N/mm²。

4.4.4.2 320~460 N/mm²强度级的碳钢和碳锰钢以及1Cr0.5Mo和2.25Cr1Mo合金钢的高温力学性能见本章表4.2.4.2(1)和(2)。

第5节 低温铁素体钢压力管

4.5.1 适用范围

4.5.1.1 本节规定适用于设计温度0℃至-165℃的液化气体运输船的液货舱和加工处理设备用的，由碳钢、碳锰钢或镍合金钢制造的钢管。

4.5.2 制造和化学成分

4.5.2.1 钢管的制造方法应符合表4.5.2.1的规定。

低温铁素体钢压力管的制造方法

表4.5.2.1

钢种	制造方法
碳钢和碳锰钢	热轧或冷拔无缝工艺或电阻焊或高频焊工艺
镍合金钢	热轧或冷拔无缝工艺

4.5.2.2 使用纵向焊接和螺旋焊接的管子，除满足本节要求外，还应满足本章第3节焊接压力管的相关要求。

4.5.2.3 钢材的脱氧方法和熔炼分析化学成分应符合表4.5.2.3的规定。

低温铁素体钢压力管钢材的脱氧方法和化学成分

表4.5.2.3

钢种	强度级 (N/mm ²)	脱氧 方法	化学成分 (%)							残余元素	其他元素 ^{①②}
			C	Si	Mn	P	S	Ni			
碳钢	360	全镇静细 化晶粒处 理	≤0.17	0.10~0.35	0.40~1.00	≤0.03	≤0.025			Cr≤0.25 Cu≤0.30	Al≥0.015 (酸溶)
碳锰钢	410 460		≤0.20	0.10~0.35	0.60~1.40	≤0.03	≤0.025			Mo≤0.10 Ni≤0.30 总量≤0.70	
3.5Ni	440	全镇静	≤0.15	0.10~0.35	0.30~0.90	≤0.040	≤0.040	3.25~3.75		Cr≤0.25 Cu≤0.30	—
9Ni	690		≤0.13	0.10~0.35	0.30~0.90	≤0.040	≤0.040	8.50~9.50		Mo≤0.10 总量≤0.60	—

注：① 可用其他细晶元素部分或全部代替铝。

② 当规定最低含铝量为0.015%时，测出的总含铝量应不低于0.020%。

4.5.3 热处理

4.5.3.1 钢管的热处理应符合表4.5.3.1的规定。

低温铁素体钢压力管的热处理

表4.5.3.1

钢种	交货状态
碳钢或碳锰钢	正火或经同意的热处理方法
3.5Ni	正火或正火加回火或淬火加回火
9Ni	两次正火加回火或淬火加回火

4.5.4 力学性能和工艺性能

4.5.4.1 钢管应按本章4.1.6.2和4.1.6.3所规定的试样数量按批抽样试验，试验的每根钢管应进行拉伸和压扁或弯曲试验。

若钢管的壁厚能够取出宽度为5mm或以上的标准试样时，还应按本节表4.5.4.2所规定的温度对每根试验的钢管进行冲击试验。冲击试验应取1组3个的夏比V型缺口冲击试样，试样应沿钢管纵向截取，且缺口应垂直于钢管表面。试样尺寸和试验方法应符合本篇第2章第3节的有关规定。

4.5.4.2 试验结果应符合表4.5.4.2的规定。

低温铁素体钢压力管的力学性能和工艺性能

表4.5.4.2

钢种	强度级 (N/mm ²)	抗拉强度 ^① <i>R_m</i> 不小于 (N/mm ²)	屈服强度 ^① <i>R_{eH}</i> 不小于 (N/mm ²)	伸长率 <i>A₅</i> 不小于 (%)	压扁试验 系数 C	弯曲试验 弯芯直径 (mm)	夏比V型缺口冲击试验	
							试验温度 (°C)	平均冲击能量 不小于(J)
碳钢	360	360	210	24	0.10	4t ^②	③	27
碳锰钢	410	410	235	22	0.08	4t		27
	460	460	260	21	0.07			
3.5Ni	440	440	245	16	0.08	4t	-95	34
9Ni	690	690	510	15	0.08	4t	-196	41

注：① 对碳钢和碳锰钢，表中各强度级钢管的抗拉强度范围均为120N/mm²；对镍合金钢，表中各强度级钢管的抗拉强度范围均为150N/mm²。

② t为试样厚度。

③ 试验温度应低于设计温度5°C或为-20°C，取其较低者。

第6节 奥氏体和奥氏体-铁素体双相不锈钢压力管

4.6.1 适用范围

4.6.1.1 本节规定适用于设计温度不低于-165°C的奥氏体不锈钢压力管和适用于腐蚀环境的奥氏体不锈钢和奥氏体-铁素体双相不锈钢钢管。

4.6.1.2 奥氏体不锈钢压力管也适用于高温场合，但应将其化学成分、力学性能和热处理规程等详细资料提交CCS认可。

4.6.1.3 奥氏体-铁素体双相不锈钢通常用于设计温度在0°C~300°C的使用条件。

4.6.2 制造和化学成分

4.6.2.1 钢管应采用无缝或连续自动电弧焊工艺制造。施焊时应沿纵向焊接。

4.6.2.2 钢材的熔炼分析化学成分应符合表4.6.2.2(1)或4.6.2.2(2)的规定。

奥氏体不锈钢压力管钢材的化学成分

表4.6.2.2(1)

牌号	统一数字代号	化学成分 (%)									
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	N	其他
06Cr19Ni10	S30408	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.045	≤0.030	18.0~20.0	8.0~11.0	—	—	—
022Cr19Ni10	S30403	≤0.03	≤1.00	≤2.00	≤0.045	≤0.030	18.0~20.0	8.0~12.0	—	—	—
06Cr17Ni12Mo2	S31608	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.045	≤0.030	16.0~18.0	10.0~14.0	2.0~3.0	—	—
022Cr17Ni12Mo2	S31603	≤0.03	≤1.00	≤2.00	≤0.045	≤0.030	16.0~18.0	10.0~14.0	2.0~3.0	—	—
06Cr19Ni13Mo3	S31708	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.045	≤0.030	18.0~20.0	11.0~15.0	3.0~4.0	—	—
022Cr19Ni13Mo3	S31703	≤0.03	≤1.00	≤2.00	≤0.045	≤0.030	18.0~20.0	11.0~15.0	3.0~4.0	—	—
06Cr18Ni10Ti	S32168	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.045	≤0.030	17.0~19.0	9.0~12.0	—	—	5C≤Ti≤0.80
06Cr18Ni11Nb	S34778	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.045	≤0.030	17.0~19.0	9.0~12.0	—	—	10C≤Nb≤1.10

双相不锈钢的化学成分 表 4.6.2.2(2)

钢号	统一数字代号	化学成分 (%)									
		C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	N	其他
022Cr22Ni5Mo3N	S22253	≤0.03	≤2.0	≤1.0	≤0.030	≤0.020	21.0~23.0	4.5~6.5	2.5~3.5	0.08~0.20	
022Cr23Ni5Mo3N	S22053	≤0.03	≤2.0	≤1.0	≤0.030	≤0.020	22.0~23.0	4.5~6.5	3.0~3.5	0.14~0.20	
03Cr25Ni6Mo3Cu2N	S25554	≤0.04	≤1.5	≤1.0	≤0.035	≤0.030	24.0~27.0	4.5~6.5	2.9~3.9	0.10~0.25	1.5≤Cu≤2.5
022Cr25Ni7Mo4N	S25073	≤0.03	≤1.2	≤0.8	≤0.035	≤0.020	24.0~26.0	6.0~8.0	3.0~5.0	0.24~0.32	Cu≤0.50

4.6.3 热处理

4.6.3.1 所有的钢管均应进行固溶处理。

4.6.4 力学性能和工艺性能

4.6.4.1 对I级和II级奥氏体不锈钢或奥氏体-铁素体双相不锈钢压力管应按本章4.1.6规定的试样数量按批抽样试验。进行试验的每根钢管应进行拉伸试验和压扁或弯曲试验，试验结果应符合表4.6.4.1(1)或4.6.4.1(2)的规定。

奥氏体不锈钢压力管的力学性能和工艺性能 表4.6.4.1(1)

牌号	统一数字代号	规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$ 不小于 (N/mm ²)	规定非比例延伸强度 $R_{p1.0}$ 不小于 (N/mm ²)	抗拉强度 R_m (N/mm ²)	伸长率 A_5 不小于 (%)	压扁试验系数 C	弯曲试验弯心直径 D
06Cr19Ni10	S30408	205	245	520~720	35	0.09	3t (t为厚度)
022Cr19Ni10	S30403	175	205	480~680	35	0.09	3t
06Cr17Ni12Mo2	S31608	205	245	520~720	35	0.09	3t
022Cr17Ni12Mo2	S31603	175	205	480~680	35	0.09	3t
06Cr19Ni13Mo3	S31708	205	245	520~720	35	0.09	3t
022Cr19Ni13Mo3	S31703	175	205	480~680	35	0.09	3t
06Cr18Ni10Ti	S32168	205	245	520~720	35	0.09	3t
06Cr18Ni11Nb	S34778	205	245	520~720	35	0.09	3t

注：① 表中各强度级钢管的抗拉强度范围均为200 N/mm²。

② $R_{p1.0}$ 仅作参考。除另有协议外，一般不要求测定该项数据。

双相不锈钢的力学性能 表4.6.4.1(2)

钢号	统一数字代号	规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$ 不小于 (N/mm ²)	抗拉强度 R_m 不小于 (N/mm ²)	伸长率 A_5 不小于 (%)	压扁试验系数 C	弯曲试验弯心直径 D
022Cr22Ni5Mo3N	S22253	450	620	25	0.09	3t ^①
022Cr23Ni5Mo3N	S22053	450	620	25	0.09	3t ^①
03Cr25Ni6Mo3Cu2N	S25554	490	690	25	0.09	3t ^①
022Cr25Ni7Mo4N	S25073	550	790	20	0.09	4t

注：对于焊接管的焊缝部位弯曲试验，其弯芯直径可为4t。

4.6.4.2 除另有协议外，本节所列的奥氏体不锈钢管一般不要求进行冲击试验。当奥氏体不锈钢管（无缝管和焊接管）用于-100℃及以下工作温度时，且管壁可以取出宽度为5mm及以上的标准冲击试样时，可要求进行-196℃温度下的夏比V型缺口冲击试验。试验的最小平均值应不低于41J（纵向取样）。

4.6.5 晶间腐蚀试验

4.6.5.1 凡用于直接接触腐蚀性化学品的钢管，应按本章4.1.6所规定的批量，从每批钢管中选取1%根数(至少1根)，按本规范第2章第7节的规定制备试样进行晶间腐蚀试验。