ICS 77.140.75
CCS H 48

中华人民共和国国家标准

GB/T 21833.3—2024

奥氏体-铁素体型双相不锈钢无缝钢管 第3部分:油气输送用管

Seamless austenitic-ferritic (duplex) stainless steel tubes and pipes—Part 3: Pipes for oil and gas transmission

2024-04-25 发布　　2024-11-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会　发布

前　　言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则　第 1 部分:标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件是 GB/T 21833《奥氏体-铁素体型双相不锈钢无缝钢管》的第 3 部分,GB/T 21833 已经发布了以下部分:

——第 1 部分:热交换器用管;

——第 2 部分:流体输送用管;

——第 3 部分:油气输送用管。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国钢铁工业协会提出。

本文件由全国钢标准化技术委员会(SAC/TC 183)归口。

本文件起草单位:山西太钢不锈钢钢管有限公司、江苏武进不锈股份有限公司、湖州永兴特种不锈钢有限公司、青山钢管有限公司、浙江中达新材料股份有限公司、中兴能源装备有限公司、常州市联谊特种不锈钢管有限公司、青拓集团有限公司、太原科技大学、盛德鑫泰新材料股份有限公司、上上德盛集团股份有限公司、浙江永上特材有限公司、隆达钢业集团有限公司、江阴市华昌不锈钢管有限公司、钢研纳克检测技术股份有限公司、安徽应升钢管制造有限公司、山东省特种设备检验研究院集团有限公司、中纲不锈钢管业科技山西有限公司、华迪钢业集团有限公司、浙江博盛钢业集团有限公司、浙江德威不锈钢管业股份有限公司、江阴市南方不锈钢管有限公司、西安特种设备检验检测院、无锡腾跃特种钢管有限公司、新普特种材料集团有限公司、冶金工业信息标准研究院、河北汇中管道装备有限公司、浙江大大不锈钢有限公司。

本文件主要起草人:康喜唐、王伯文、陈亮、丁斌华、陈涛、陈小福、仇云龙、陈丽敏、奚飞飞、楚志兵、周文庆、严冬云、方德伟、田国雄、黄云云、罗静、应默涵、申孝民、邢博文、姜增和、王潮声、施慰卿、钱航宇、杨旭、王志标、张丹、董莉、张艳艳、项力中、张坛敏、程健、吴明华、张丽英、朱卫飞、邹文辉、拓雷锋、雷智申、项军炎、许鹏、赵昆、冯亚斌、张将、徐乐谐、滕霞、荆强征、刘晓峰、杨钰、李奇、常旭飞、姚亮、薛建忠、范晔峰。

引　言

奥氏体-铁素体型双相不锈钢无缝钢管是一类集优良的耐腐蚀、高强度和易于制造加工等诸多优异性能于一身的材料。GB/T 21833《奥氏体-铁素体型双相不锈钢无缝钢管》对用于热交换器、流体输送、油气输送的奥氏体-铁素体型双相不锈钢无缝钢管的范围、规格、技术要求、试验方法、检验规则等做了规定。鉴于三种不同用途钢管的使用目的及使用环境不尽相同，适用钢种、规格、技术要求差异较大，GB/T 21833 由三部分构成：

——第 1 部分：热交换器用管。主要应用于压力容器和换热器设备。

——第 2 部分：流体输送用管。主要应用于石油炼化厂、化工厂、海洋工程等的腐蚀性工艺管道。

——第 3 部分：油气输送用管。主要应用于石油、天燃气输送。

石油、天然气资源供给保障一直是国家能源安全的重要内容。油气介质二氧化碳及硫化氢含量高，油气管线容易受腐蚀而失效，因此对油气输送用管提出了更高的要求。双相不锈钢兼具奥氏体不锈钢的耐腐蚀性和铁素体不锈钢的高强度优点，是一种性能优良、性价比高的先进材料，在油气输送管道安全性、使用寿命、经济性等方面均具有显著优势，是腐蚀介质油气输送管道的首选材质。为满足我国油气输送用双相不锈钢材料研发和应用的需要，推进奥氏体-铁素体双相不锈钢管的研发与推广应用，制定本文件。

奥氏体-铁素体型双相不锈钢无缝钢管 第3部分:油气输送用管

1 范围

本文件规定了油气输送用奥氏体-铁素体型双相不锈钢无缝钢管的分类与代号、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、标志和质量证明书。

本文件适用于油气输送用奥氏体-铁素体型双相不锈钢无缝钢管(以下简称钢管)。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;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 223.18 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 223.25 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 223.36 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 223.43 钢铁及合金 钨含量的测定 重量法和分光光度法

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 223.60 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 223.62 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 223.85 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 223.90 钢铁及合金 硅含量的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法

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 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 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 5777 无缝和焊接(埋弧焊除外)钢管纵向和/或横向缺欠的全圆周自动超声检测

GB/T 7735 无缝和焊接(埋弧焊除外)钢管缺欠的自动涡流检测

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 13305　不锈钢中 α-相面积含量金相测定法
GB/T 15970(所有部分)　金属和合金的腐蚀　应力腐蚀试验
GB/T 17395　无缝钢管尺寸、外形、重量及允许偏差
GB/T 17897　金属和合金的腐蚀　不锈钢三氯化铁点腐蚀试验方法
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 20124　钢铁　氮含量的测定　惰性气体熔融热导法(常规方法)
GB/T 30062　钢管术语
YB/T 4395　钢　钼、铌和钨含量的测定　电感耦合等离子体原子发射光谱法
YB/T 4396　不锈钢　多元素含量的测定　电感耦合等离子体原子发射光谱法

3　术语和定义

GB/T 30062 界定的术语和定义适用于本文件。

4　分类与代号

钢管按产品制造方式分为两类,其分类和代号如下:

a)　热轧(热挤压)钢管,W-H;
b)　冷拔(轧)钢管,W-C。

5　订货内容

按本文件订购钢管的合同或订单中包括但不限于下列内容:

a)　本文件编号;
b)　产品名称;
c)　钢的牌号或统一数字代号;
d)　尺寸规格(公称外径×公称壁厚,单位为毫米);
e)　订购的数量(总重量或总长度);
f)　交货状态;
g)　选择性要求;
h)　特殊要求。

6　尺寸、外形和重量及允许偏差

6.1　外径和壁厚

6.1.1　钢管的公称外径(D)和公称壁厚(S)应符合 GB/T 17395 的规定。根据需方要求,经供需双方协商,可供应其他外径和壁厚的钢管。

6.1.2　钢管公称外径和公称壁厚的允许偏差应符合表 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 规定以外尺寸允许偏差的钢管。

6.1.3　当合同中未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按普通级的规定执行。

表 1　外径和壁厚的允许偏差

单位为毫米

分类代号	制造方法	钢管的尺寸		允许偏差	
				普通级	高级
W-H	热轧(热挤压)钢管	公称外径(D)	$68 \leqslant D \leqslant 159$	$\pm 1.25\%D$	$\pm 1\%D$
			$D > 159$	$\pm 1.5\%D$	
		公称壁厚(S)	$S < 15$	$+15\%S$ $-12.5\%S$	$\pm 12.5\%S$
			$S \geqslant 15$	$+20\%S$ $-15\%S$	
W-C	冷拔(轧)钢管	公称外径(D)	$6 \leqslant D \leqslant 10$	± 0.2	± 0.15
			$10 < D \leqslant 30$	± 0.3	± 0.2
			$30 < D \leqslant 50$	± 0.4	± 0.3
			$50 < D \leqslant 219$	$\pm 0.85\%D$	$\pm 0.75\%D$
			$D > 219$	$\pm 0.9\%D$	$\pm 0.8\%D$
		公称壁厚(S)	$S \leqslant 3.0$	$\pm 12\%S$	$\pm 10\%S$
			$S > 3.0$	$+12.5\%S$ $-10\%S$	

6.2　长度

6.2.1　钢管的通常长度为 6 000 mm～12 000 mm。根据需方要求，经供需双方协商，并在合同中注明，可供应其他长度范围的钢管。

6.2.2　根据需方要求，经供需双方协商，并在合同中注明，可供应定尺长度、倍尺长度或其他特定长度要求的钢管。定尺和倍尺总长度应在通常长度范围内，全长允许偏差为 $^{+10}_{0}$ mm。按倍尺长度交货的钢管，每个切口应留余量 5 mm～10 mm。

6.3　弯曲度

钢管的每米弯曲度应不大于 1.5 mm，全长弯曲度应不大于钢管长度的 0.2%。

6.4　不圆度和壁厚不均

钢管的不圆度和壁厚不均应分别不超过外径公差和壁厚公差的 80%。

6.5　端头外形

6.5.1　钢管两端端面应垂直钢管轴线平切，切口毛刺应予清除。

6.5.2　根据需方要求，经供需双方协商，并在合同中注明，钢管两端可加工坡口，坡口倒角为 $(30^{+10}_{0})°$，钝边宽度为(1.6±0.8)mm。也可在合同中规定其他型式的坡口。

6.6　重量

钢管按实际重量交货，也可按理论重量交货。钢管每米理论重量按式(1)计算：

$$W=\frac{\pi}{1\ 000}\rho S(D-S) \qquad \cdots\cdots(1)$$

式中：

W ——钢管的理论重量，单位为千克每米(kg/m)；

π ——取 3.141 6；

ρ ——钢的密度，单位为千克每立方分米(kg/dm^3)，密度按 7.80 kg/dm^3；

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)。

7 技术要求

7.1 钢的牌号和化学成分

7.1.1 钢的牌号和化学成分(熔炼分析)应符合表 2 的规定。

表 2　钢的牌号和化学成分

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	N	Cu	其他
1	S22253	022Cr22Ni5Mo3N[a]	≤0.030	≤1.00	≤2.00	≤0.030	≤0.015	4.50～6.50	21.00～23.00	2.50～3.50	0.08～0.20	—	—
2	S22053	022Cr23Ni5Mo3N[b]	≤0.030	≤1.00	≤2.00	≤0.030	≤0.015	4.50～6.50	22.00～23.00	3.00～3.50	0.14～0.20	—	—
3	S25203	022Cr25Ni7Mo4CuN	≤0.030	≤0.80	≤1.50	≤0.035	≤0.015	5.50～8.00	24.00～26.00	3.00～5.00	0.20～0.35	0.50～3.00	—
4	S22553	022Cr25Ni6Mo2N	≤0.030	≤1.00	≤2.00	≤0.030	≤0.015	5.50～6.50	24.00～26.00	1.20～2.00	0.14～0.20	—	—
5	S22583	022Cr25Ni7Mo3WCuN	≤0.030	≤0.75	≤1.00	≤0.030	≤0.015	5.50～7.50	24.00～26.00	2.50～3.50	0.10～0.30	0.20～0.80	W:0.10～0.50
6	S22584	022Cr25Ni7Mo3W2CuN	≤0.030	≤0.80	≤1.00	≤0.030	≤0.020	6.00～8.00	24.00～26.00	2.50～3.50	0.24～0.32	0.20～0.80	W:1.50～2.50
7	S25073	022Cr25Ni7Mo4N[c]	≤0.030	≤0.80	≤1.20	≤0.035	≤0.015	6.00～8.00	24.00～26.00	3.00～5.00	0.24～0.32	≤0.50	—
8	S27603	022Cr25Ni7Mo4WCuN[d]	≤0.030	≤1.00	≤1.00	≤0.030	≤0.010	6.00～8.00	24.00～26.00	3.00～4.00	0.20～0.30	0.50～1.00	W:0.50～1.00
9	S25554	03Cr25Ni6Mo3Cu2N	≤0.040	≤1.00	≤1.50	≤0.035	≤0.015	4.50～6.50	24.00～27.00	2.90～3.90	0.10～0.25	1.50～2.50	—

[a] 022Cr22Ni5Mo3N 的点腐蚀当量(PREN):Cr+3.3Mo+16N≥34。

[b] 022Cr23Ni5Mo3N 的点腐蚀当量(PREN):Cr+3.3Mo+16N≥35。

[c] 022Cr25Ni7Mo4N 的点腐蚀当量(PREN):Cr+3.3Mo+16N≥41。

[d] 022Cr25Ni7Mo4WCuN 的点腐蚀当量(PREN):Cr+3.3(Mo+0.5W)+16N≥41。

7.1.2 成品钢管的化学成分允许偏差应符合 GB/T 222 的规定。

7.2 制造方法

7.2.1 钢的冶炼方法

钢应采用电弧炉加炉外精炼或转炉加炉外精炼方法冶炼。经供需双方协商，并在合同中注明，也可采用其他冶炼方法。

7.2.2 钢管的制造方法

钢管应采用热轧（热挤压）或冷拔（轧）无缝生产工艺制造。

7.3 交货状态

7.3.1 钢管应经热处理并酸洗交货。经保护气氛热处理或整体磨（抛）光的钢管，可不经酸洗交货。

7.3.2 钢管的推荐热处理制度见表 3。经供需双方协商，并在合同中注明，钢管可采用表 3 以外的热处理制度。

表 3 钢管热处理制度及力学性能

序号	统一数字代号	牌号	推荐热处理制度		拉伸性能			硬度	
					抗拉强度（R_m）MPa	规定非比例延伸强度（$R_{p0.2}$）MPa	断后伸长率（A）%	HBW	HRC
					不小于			不大于	
1	S22253	022Cr22Ni5Mo3N	1 020 ℃～1 100 ℃	急冷	620	450	25	290	30
2	S22053	022Cr23Ni5Mo3N	1 020 ℃～1 100 ℃	急冷	655	485	25	290	30
3	S25203	022Cr25Ni7Mo4CuN	1 080 ℃～1 120 ℃	急冷	770	550	25	310	32
4	S22553	022Cr25Ni6Mo2N	1 050 ℃～1 100 ℃	急冷	690	450	25	280	29
5	S22583	022Cr25Ni7Mo3WCuN	1 020 ℃～1 100 ℃	急冷	690	450	25	290	30
6	S22584	022Cr25Ni7Mo3W2CuN	1 025 ℃～1 125 ℃	急冷	758	552	20	310	32
7	S25073	022Cr25Ni7Mo4N	1 025 ℃～1 125 ℃	急冷	800	550	15	300	32
8	S27603	022Cr25Ni7Mo4WCuN	1 070 ℃～1 140 ℃	急冷	750	550	25	300	32
9	S25554	03Cr25Ni6Mo3Cu2N	≥1 040 ℃	急冷	760	550	15	297	31

7.4 力学性能

7.4.1 热处理状态交货钢管的室温纵向拉伸性能应符合表 3 的规定。当钢管尺寸足以截取横向拉伸试样时，可用横向拉伸试验代替纵向拉伸试验，试验结果应符合表 3 的规定。

7.4.2 壁厚不小于 1.7 mm 的钢管应进行布氏或洛氏硬度试验，其值应符合表 3 的规定。

7.4.3 根据需方要求，经供需双方协商，并在合同中注明，钢管可进行冲击试验，试验温度和冲击吸收能量由供需双方协商确定。当采用小尺寸冲击试样时，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 4 中的递减系数。

表 4 小尺寸试样冲击吸收能量递减系数

试样规格	试样尺寸(宽度×厚度) mm×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

7.5 液压

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 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。液压试验用水中氯离子(Cl^-)的含量(质量分数)应不大于 0.005%。

$$P = 2SR/D \qquad \cdots\cdots(2)$$

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 $P\geqslant 7$ 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)；

R ——允许应力，为表 3 规定最小塑性延伸强度($R_{p0.2}$)的 75%，单位为兆帕(MPa)；

D ——钢管的公称外径，单位为毫米(mm)。

7.6 工艺性能

7.6.1 压扁

壁厚不大于 10 mm 的钢管应做压扁试验。试样应压至两平板间距为 H，按式(3)计算。试验后，试样不应出现裂缝或裂口。

$$H = \frac{(1+\alpha)S}{\alpha + S/D} \qquad \cdots\cdots(3)$$

式中：

H ——压扁后两平行压板间距离，单位为毫米(mm)；

α ——单位长度变形系数，取 0.07；

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)。

7.6.2 扩口

根据需方要求，经供需双方协商，并在合同中注明，公称外径不大于 150 mm 且壁厚不大于 10 mm 的钢管可做扩口试验。扩口试验的顶心锥度为 60°，扩口后试样的外径最小扩口率为 10%。试验后试样不应出现裂缝或裂口。

7.7 金相组织

钢管的金相组织应为奥氏体和铁素体，铁素体含量应为 40%～60%。

7.8 有害沉淀相试验

根据需方要求，经供需双方协商，并在合同中注明，钢管可进行有害沉淀相试验，试验方法及要求应符合附录 A 的规定。

7.9 无损检测

7.9.1 钢管应逐根进行超声检测。超声检测对比样管的人工缺陷应符合 GB/T 5777 的规定，验收等级为 U3。

7.9.2 根据需方要求，经供需双方协商，并在合同中注明，钢管可进行涡流检测。涡流检测对比样管的人工缺陷应符合 GB/T 7735 的规定，验收等级为 E3H 或 E3。

7.10 表面质量

钢管的内外表面应光滑，不应有裂纹、折叠、轧折、离层和结疤。上述缺陷应完全清除，清除深度应不超过公称壁厚的下偏差，清理处的实际壁厚应不小于壁厚所允许的最小值。允许不超过壁厚下偏差的其他局部缺陷存在。

7.11 特殊要求

根据需方要求，经供需双方协商，并在合同中注明，可增加以下特殊要求：

a) 调整表 2 规定的化学成分范围；
b) 规定不同于 7.7 要求的铁素体含量；
c) 点腐蚀试验；
d) 应力腐蚀试验；
e) 其他要求。

8 试验方法

8.1 钢管的化学成分分析取样遵守 GB/T 20066 的规则。化学成分分析通常遵守 GB/T 11170、GB/T 20123、GB/T 20124、YB/T 4395、YB/T 4396 或其他通用方法的规定，仲裁时应遵守 GB/T 223.11、GB/T 223.18、GB/T 223.19、GB/T 223.25、GB/T 223.26、GB/T 223.28、GB/T 223.36、GB/T 223.43、GB/T 223.58、GB/T 223.60、GB/T 223.62、GB/T 223.85、GB/T 223.86、GB/T 223.90、YB/T 4395、YB/T 4396 的规定。

8.2 钢管的尺寸和外形应采用符合精度要求的量具逐根测量。

8.3 钢管的内外表面应在充分照明条件下逐根目视检查。

8.4 钢管其他检验项目的取样方法和试验方法应符合表 5 的规定。

表 5　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	熔炼分析	每炉取 1 个试样	GB/T 20066	8.1
		成品分析	每炉取 1 个试样		
2	拉伸		每批在两根钢管上各取 1 个试样	GB/T 2975	GB/T 228.1
3	硬度		每批在两根钢管上各取 1 个试样	GB/T 230.1、GB/T 231.1	GB/T 230.1、GB/T 231.1
4	冲击		每批取一组 3 个试样	GB/T 2975	GB/T 229
5	液压		逐根	—	GB/T 241
6	压扁		每批在两根钢管上各取 1 个试样	GB/T 246	GB/T 246
7	扩口		每批在两根钢管上各取 1 个试样	GB/T 242	GB/T 242
8	金相		每批在两根钢管上各取 1 个试样	GB/T 13305	GB/T 13305
9	有害沉淀相		协议	协议	附录 A
10	超声		逐根	—	GB/T 5777
11	涡流		逐根	—	GB/T 7735
12	点腐蚀		协议	GB/T 17897	GB/T 17897
13	应力腐蚀		协议	协议	GB/T 15970

9　检验规则

9.1　检查和验收

钢管的检查和验收应由供方质量技术监督部门进行。

9.2　组批规则

9.2.1　钢管按批检查和验收。

9.2.2　若钢管在切成单根后不再进行热处理，则从 1 根热处理后的钢管截取的所有管段都应视为 1 根。

9.2.3　每批应由同一牌号、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以下规定：

a）　$D \leqslant 76$ mm 且 $S \leqslant 3$ mm：500 根；

b）　$D > 351$ mm：50 根；

c）　其他尺寸：200 根。

9.3　取样数量

每批钢管各项检验的取样数量应符合表 5 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）
有害沉淀相试验方法及结果评定

A.1　概述

A.1.1　本附录规定了奥氏体-铁素体双相不锈钢有害沉淀相检测的两种试验条件和检测方法，分别为：

试验方法 A ——氢氧化钠浸蚀试验，用于检测双相不锈钢中有害沉淀相的存在；

试验方法 B ——三氯化铁腐蚀试验，用于检测双相不锈钢中有害沉淀相的存在及其对耐蚀性能的影响。

A.1.2　试验方法 A、试验方法 B 适用于奥氏体-铁素体双相不锈钢在生产、制造过程（如热处理）中或长期在一定温度下使用析出有害相的检验，不适用于其他原因导致的奥氏体-铁素体双相不锈钢耐蚀性降低的情况。试验方法 A 可用于在试验方法 B 之前进行快速筛查。

A.1.3　本附录所述试验方法的适用牌号包括 022Cr22Ni5Mo3N（S22253）、022Cr23Ni5Mo3N（S22053）、022Cr25Ni7Mo4CuN（S25203）、022Cr25Ni7Mo4N（S25073）、022Cr25Ni7Mo4WCuN（S27603）、03Cr25Ni6Mo3Cu2N（S25554）。

A.2　试验方法

A.2.1　试验方法 A　氢氧化钠浸蚀试验

A.2.1.1　试验装置

试验装置包括如下内容：

a）　直流电源：约 15 V 电压、20 A 电流的蓄电池、发电机及整流器；

b）　电流表：测量范围为 0 A～30 A；

c）　可变电阻器；

注：试样浸蚀时在回路中放置电流表和可变电阻来测量和控制电流的大小。

d）　电极：被浸蚀的金属做正极，一块与被浸蚀试样大小形状相同的金属做负极；

e）　电夹钳：用来夹紧要浸蚀的试样；

f）　金相显微镜：最大放大倍数不小于 500 倍；

g）　浸蚀用电解槽；

h）　电解液：试剂等级的氢氧化钠（NaOH）。

A.2.1.2　试验方法

A.2.1.2.1　选取一个纵向或横向的剖面进行试验。除另有规定外，试样尺寸由供方确定。试样截取后，任何影响材料与切割有关的高温或变形应在试验之前通过打磨或加工去除。

A.2.1.2.2　试样应便于对断面在整个厚度上进行检查，当断面较大时，试样应便于从一侧表面到一半厚度之间（含一半厚度）对断面进行检查。

A.2.1.2.3　试样横断面的表面应抛光，抛光后的表面应满足 500 倍金相显微镜进行检查的要求。

A.2.1.2.4　浸蚀用的溶液可通过在 100 g 蒸馏水中加入 40 g 试剂级别的 NaOH 进行制备。

A.2.1.2.5　已抛光的试样应在 1 V～3 V 直流电压下浸蚀 5 s～60 s。当采用铂做负极，在 1 V～3 V 直流电压下进行 5 s～60 s 的浸蚀时，任何有害金属间相都会显现出黄色，随着铁素体颜色变暗然后呈棕色，变暗。

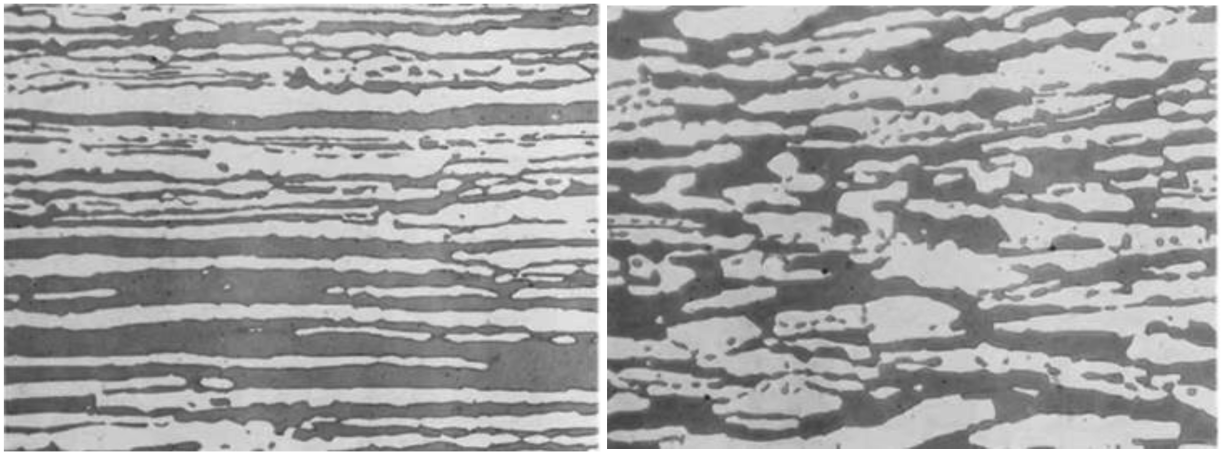
A.2.1.2.6　浸蚀后，试样应用热水、丙酮或酒精彻底清洗，并在空气中晾干。

A.2.1.3　浸蚀组织

A.2.1.3.1　经浸蚀的表面应全部采用金相显微镜在500倍下进行检查。

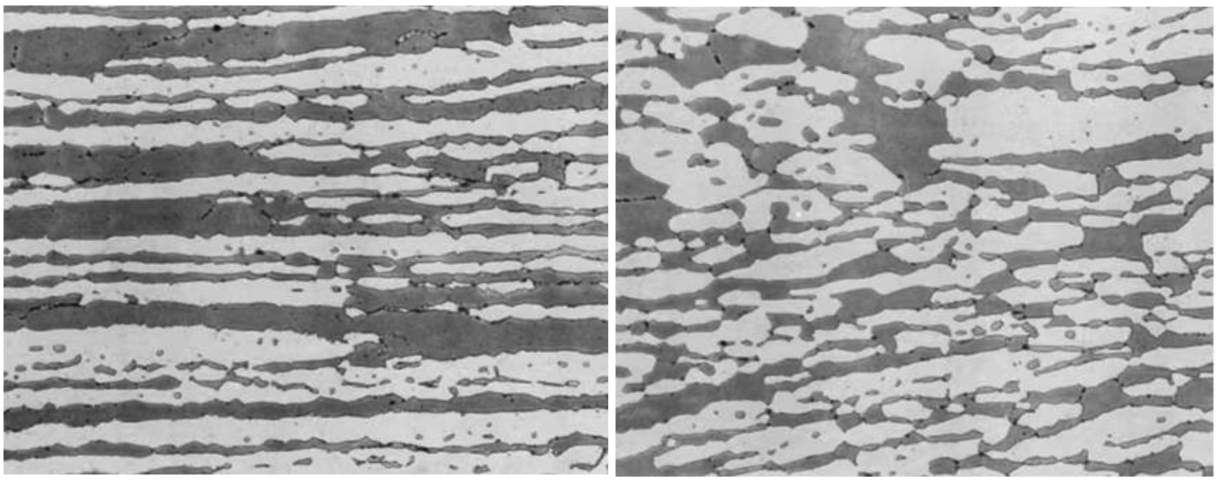
A.2.1.3.2　浸蚀组织分为以下几类：

a)　未受影响组织(图A.1)：铁素体已被浸蚀，无有害金属间相，相间边界平滑；



图A.1　S22253未受影响组织纵向剖面(左)及横向剖面(右)(原片为500×)

b)　有可能受影响组织(图A.2)：铁素体已被浸蚀，显示有游离的可能为有害金属间相的组织，相间边界可能显现出细微的波浪状；



图A.2　S22253可能受影响组织纵向剖面(左)及横向剖面(右)(原片为500×)

c)　已受影响组织(图A.3)：浸蚀过程中，铁素体变暗之前或同时，有害金属间相很快显现出来；

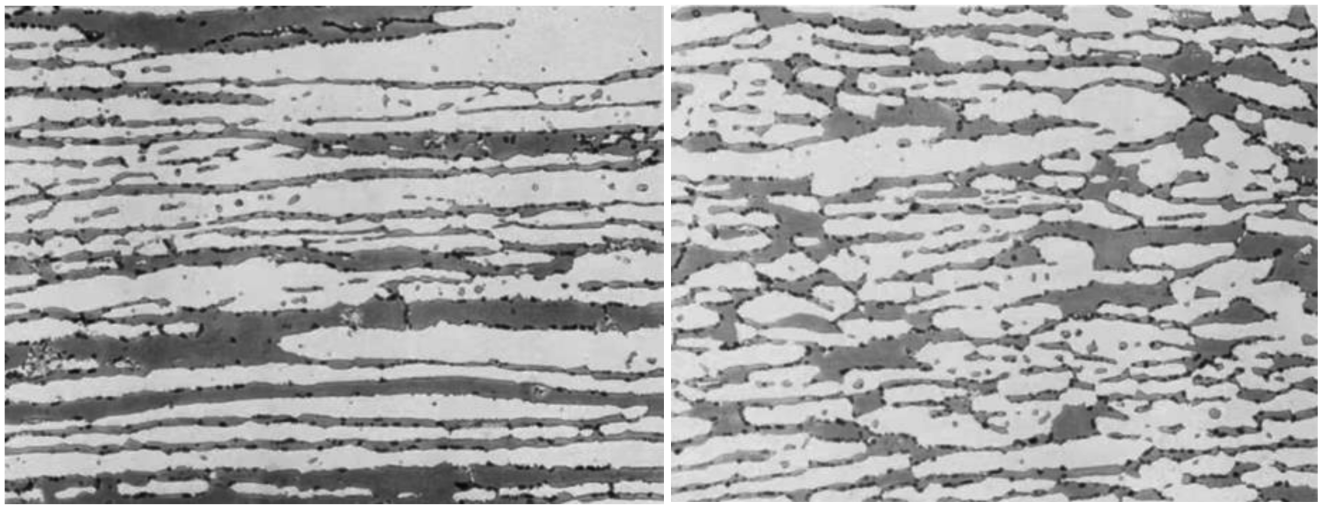


图 A.3　S22253 已受影响组织纵向剖面(左)及横向剖面(右)(原片为 500×)

d)　中心线组织(图 A.4)——在产品二分之一厚度的区域,观察到一种连续或不连续的金属间相,该区域以外,或有或无受影响组织显示有成分偏析。

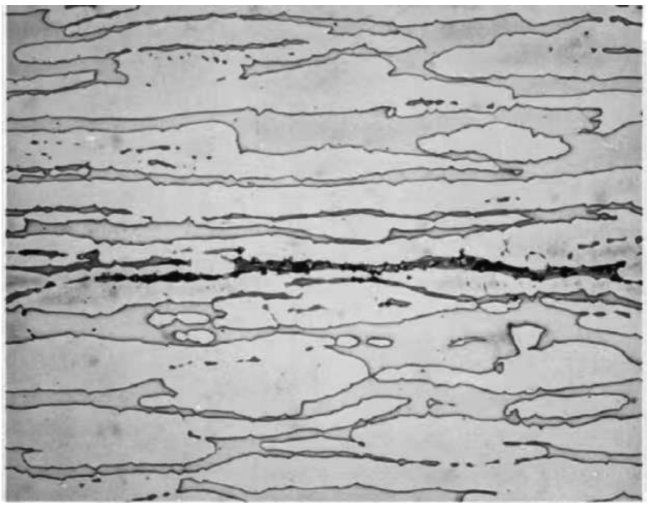


图 A.4　S22253 纵向剖面(原片为 500×)

A.2.1.4　结果评定

该方法的结果评定见表 A.1。

表 A.1　合格组织

合格的浸蚀组织	不合格的浸蚀组织
未受影响组织:图 A.1	可能受影响组织:图 A.2 已受影响组织:图 A.3 中心线组织:图 A.4

A.2.2 试验方法 B 三氯化铁腐蚀试验

A.2.2.1 试验前快速筛选

在进行三氯化铁腐蚀试验之前，可先用氢氧化钠浸蚀试验（详见方法 A）进行快速筛选。试验方法 A 中呈现未受影响组织的试样，可不再进行方法 B 所述的三氯化铁腐蚀试验，除此以外的其他试样都应进行三氯化铁腐蚀试验。

A.2.2.2 试验装置

A.2.2.2.1 玻璃烧杯（1 000 mL）、长形或锥形烧瓶（1 000 mL）、宽颈或 50 mm 直径试管或其他合适的容器。

A.2.2.2.2 适当形状的玻璃托架，使试样保持于试验溶液的中部。

A.2.2.2.3 水浴或油浴，恒温。

A.2.2.3 三氯化铁试验溶液

A.2.2.3.1 将 100 g 试剂级三氯化铁（$FeCl_3 \cdot 6H_2O$）溶解在 900 mL 蒸馏水（$FeCl_3$ 重量约占 6%）中制备试验溶液。用玻璃棉或滤纸过滤溶液，以去除不溶性颗粒。

A.2.2.3.2 开始试验之前，根据需要加入 HCl 或 NaOH，将试验溶液的 pH 值调整到大约 1.3。

A.2.2.4 试样

A.2.2.4.1 用游标卡尺测量试样的尺寸，计算试样总面积及有效试验面积。试样的总表面积应在 10 cm^2 以上。

A.2.2.4.2 根据试验需要，切割出便于测试的试样，试样表面应包含产品的全厚度，对于特别厚的产品，至少应包含二分之一以上厚度。

A.2.2.4.3 试样截取后，任何影响材料与切割有关的高温或变形应在试验之前通过打磨或加工去除。

A.2.2.4.4 试样上有氧化皮附着时，应用切削或研磨方法去除。

A.2.2.4.5 如果试样表面有粗糙度一致要求时，可用磨床加工。

A.2.2.4.6 试样表面不应用硝酸、柠檬酸或磷酸等进行钝化处理，也不应用氢氟酸等进行酸洗。

A.2.2.4.7 加工好的试样应用氧化镁膏或其他相似的物质进行清洗，而后用水冲洗干净，浸入酒精或丙酮，风干。试样称重，精确至 0.1 mg 或更高，并保存在干燥的容器里直到使用。

A.2.2.5 试验步骤

A.2.2.5.1 进行测试的三氯化铁溶液体积至少为 20 mL/cm^2 乘以试样表面积。

A.2.2.5.2 试验温度和验收标准见表 A.2。

表 A.2 试验温度和验收标准

统一数字代号	适用牌号	试验温度 ℃	腐蚀速率 mg/(dm^2 · d)
S22253	022Cr22Ni5Mo3N	25±1	≤10
S22053	022Cr23Ni5Mo3N	25±1	≤10
S25203	022Cr24Ni7Mo4CuN	40±1	≤10
S25073	022Cr25Ni7Mo4N	40±1	≤10

表 A.2　试验温度和验收标准（续）

统一数字代号	适用牌号	试验温度 ℃	腐蚀速率 mg/(dm^2 · d)
S27603	022Cr25Ni7Mo4WCuN	40±1	≤10
S25554	03Cr25Ni6Mo3Cu2N	40±1	≤10

A.2.2.5.3　试验周期为 24 h。

A.2.2.5.4　在 24 h 试验周期结束时，将试样从溶液中取出，用水冲洗，并用软的鬃毛刷在自来水的冲洗下刷出腐蚀产品，在丙酮或者酒精溶液中浸泡，然后在空气中干燥。

A.2.2.5.5　试样称重，精确至 0.1 mg 或更高，并保存到复验。

A.2.2.6　结果评定

A.2.2.6.1　腐蚀速率按照单位面积、单位时间的失重表示，按式(A.1)计算。除非另外说明，计算出的腐蚀速率不应超过 10 mdd[mg/(dm^2 · d)]。

$$腐蚀速率=\frac{W_{前}-W_{后}}{St} \qquad \cdots\cdots(A.1)$$

式中：

$W_{前}$——试验前试样的质量，单位为毫克(mg)；

$W_{后}$——试验后试样的质量，单位为毫克(mg)；

S　——试样总面积，单位为平方分米(dm^2)；

t　——试验时间，单位为天(d)。

A.2.2.6.2　如果试样显示的腐蚀率超过 10 mdd[mg/(dm^2 · d)]，允许从同一个产品上取两个新的试样重新进行试验，试验结果应符合 A.2.2.6.1 的规定。

A.2.2.6.3　三氯化铁腐蚀试验不合格的产品，可进行一次固溶处理后重新取样进行试验。