



# 中华人民共和国国家军用标准

FL 6210

GJB 11728—2024

## 航空航天用热轧不锈钢钢板规范

Specification for hot-rolled stainless steel plates for aerospace

2025—01—07 发布

2025—03—01 实施



中央军委装备发展部 颁布

## 前 言

本规范的附录 A 是规范性附录。

本规范由中国钢铁工业协会提出。

本规范起草单位：抚顺特殊钢股份有限公司、西安航天发动机有限公司、冶金工业信息标准研究院、钢铁研究总院有限公司、中国航发沈阳黎明航空发动机有限责任公司、中航西安飞机工业集团股份有限公司、中国航发南方工业有限公司、山西太钢不锈钢股份有限公司、攀钢集团江油长城特殊钢有限公司。

本规范主要起草人：卢 伦、陈庆新、张权明、刘振宝、李凯峰、李 毅、王心禾、雷玖芳、李姚兵、胡 进、谷 强。

# 航空航天用热轧不锈钢钢板规范

## 1 范围

本规范规定了航空航天用热轧不锈钢钢板的要求、质量保证规定和交货准备。  
本规范适用于公称厚度 4.0mm~60.0mm 的热轧不锈钢钢板(以下简称钢板)。

## 2 引用文件

下列文件中的有关条款通过引用而成为本规范的条款。凡注日期或版次的引用文件,其后的任何修改单(不包含勘误的内容)或修订版本均不适用于本规范,但提倡使用本规范的各方探讨使用其最新版本的可能性。凡不注日期或版次的引用文件,其最新版本适用于本规范。

- GB/T 222 钢的成品化学成分允许偏差
- GB/T 223.8 钢铁及合金化学分析方法 氟化钠分离 EDTA 滴定法测定铝含量
- 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 223.23 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  $\alpha$ -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 223.38 钢铁及合金化学分析方法 离子交换分离—重量法测定铌量
- 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 223.59 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 223.63 钢铁及合金 锰含量的测定 高碘酸钠(钾)分光光度法
- 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 223.91 钢铁及合金 铜含量的测定 2,2'-联喹啉分光光度法
- 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 247 钢板和钢带验收、包装、标志及质量证明书的一般规定
- GB/T 709—2019 热轧钢板和钢带尺寸、外形、重量及允许偏差
- GB/T 2970 厚钢板超声检测方法
- 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 4334—2020 金属和合金的腐蚀 奥氏体及铁素体—奥氏体(双相)不锈钢晶间腐蚀试验方法
- GB/T 4340.1 金属材料 维氏硬度试验 第 1 部分:试验方法
- GB/T 6394 金属平均晶粒度测定方法
- GB/T 10561—2023 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 13305—2023 不锈钢中  $\alpha$ -相含量测定法  
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 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)  
GJB 9443 重熔钢棒、坯低倍浸蚀及评定方法  
YB/T 4402 马氏体中  $\delta$  铁素体含量金相测定法

### 3 要求

#### 3.1 冶炼方法

钢应采用电弧炉加电渣重熔、真空感应加电渣重熔、非真空感应加电渣重熔、真空感应加真空电弧重熔等方法冶炼。其中 05Cr15Ni5Cu4Nb 钢应采用真空感应加电渣重熔或真空感应加真空电弧重熔方法冶炼；06Cr15Ni5Cu2Ti 钢应采用真空感应加电渣重熔方法冶炼；12Cr21Ni5Ti 钢也可采用转炉加电渣重熔冶炼。具体冶炼方法应在合同和质量证明书中注明，在征得需方同意时也可采用其他冶炼方法。

#### 3.2 化学成分

3.2.1 钢的牌号、类别及化学成分(熔炼分析)应符合表 1 的规定。

3.2.2 07Cr11Ni2MoVNb、06Cr15Ni5Cu2Ti 钢板的成品化学成分允许偏差应符合表 2 规定，其他牌号钢板的成品化学成分允许偏差应符合 GB/T 222 的规定。

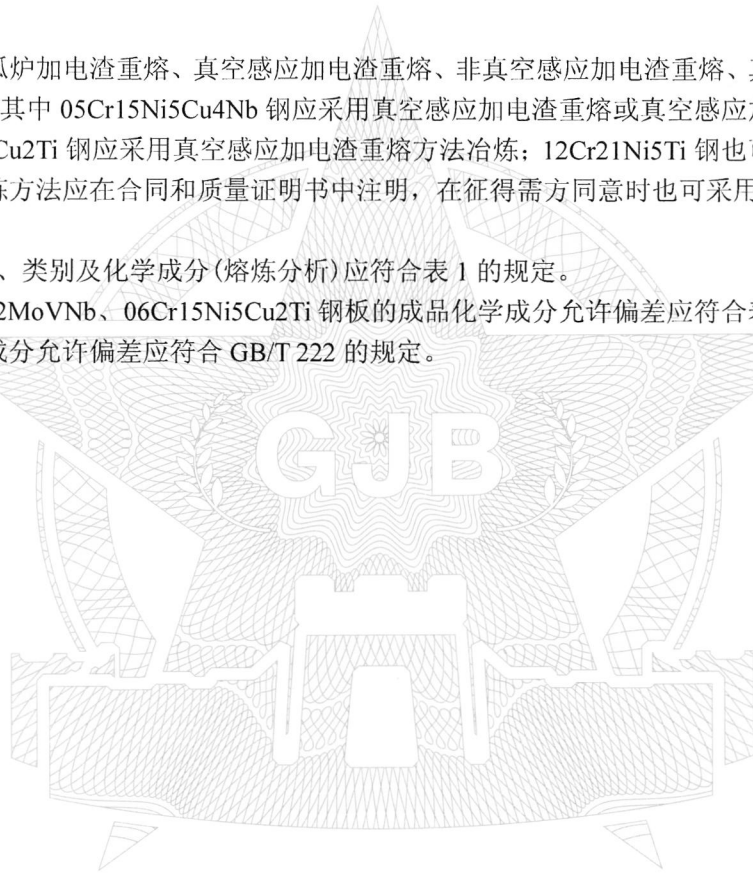


表 1 牌号和化学成分

序号	类别	新牌号	旧牌号	化学成分(质量分数) %											其他
				C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu	N		
1		06Cr19Ni10	0Cr18Ni9	≤0.07	≤0.80	≤2.00	≤0.035	≤0.020	8.00~11.00	17.00~19.00	—	—	—	—	—
2		022Cr19Ni10N	00Cr18Ni10N	≤0.030	≤0.75	≤2.00	≤0.035	≤0.020	8.00~12.00	18.00~20.00	—	—	—	0.10~0.16	—
3		06Cr25Ni20	0Cr25Ni20	≤0.08	≤1.50	≤2.00	≤0.035	≤0.020	19.00~22.00	24.00~26.00	—	—	—	—	—
4		022Cr17Ni12Mo2	00Cr17Ni14Mo2	≤0.030	≤0.75	≤2.00	≤0.035	≤0.020	10.00~14.00	16.00~18.00	2.00~3.00	—	—	≤0.10	—
5	奥氏体型	06Cr17Ni12Mo2	0Cr17Ni12Mo2	≤0.08	≤0.75	≤2.00	≤0.035	≤0.020	10.00~14.00	16.00~18.00	2.00~3.00	—	—	≤0.10	—
6		06Cr17Ni12Mo2Ti	0Cr18Ni12Mo3Ti	≤0.08	≤0.75	≤2.00	≤0.035	≤0.020	10.00~14.00	16.00~18.00	2.00~3.00	—	—	—	Ti≥5C
7		06Cr18Ni11Ti	0Cr18Ni10Ti	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.020	9.00~12.00	17.00~19.00	—	—	—	—	Ti≥5C
8		16Cr20Ni14Si2	1Cr20Ni14Si2	≤0.20	1.50~2.50	≤1.50	≤0.035	≤0.020	12.00~15.00	19.00~22.00	—	—	—	—	—
9		—	1Cr18Ni9Ti	≤0.12	≤0.80	≤2.00	≤0.035	≤0.020	8.00~11.00	17.00~19.00	—	—	—	—	Ti:5(C-0.02)~0.80
10		12Cr21Ni5Ti <sup>a</sup>	1Cr21Ni5Ti <sup>a</sup>	0.09~0.14	≤0.80	≤0.80	≤0.025	≤0.020	4.80~5.80	20.00~22.00	—	—	—	—	Ti:0.30~0.58
11	奥氏体—铁素体型	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	—
12		022Cr23Ni5Mo3N	—	≤0.030	≤1.00	≤2.00	≤0.030	≤0.020	4.50~6.50	22.00~23.00	3.00~3.50	—	—	0.14~0.20	—
13	马氏体型	12Cr13 <sup>b</sup>	1Cr13 <sup>b</sup>	0.08~0.15	≤0.80	≤0.80	≤0.035	≤0.020	—	12.00~14.00	—	—	—	—	—
14		20Cr13 <sup>b</sup>	2Cr13 <sup>b</sup>	0.16~0.25	≤0.80	≤0.80	≤0.035	≤0.020	—	12.00~14.00	—	—	—	—	—

表 1 (续)

序号	类别	新牌号	旧牌号	化学成分 (质量分数) %										
				C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu	N	其他
15		40Cr13 <sup>b</sup>	4Cr13 <sup>b</sup>	0.36~0.45	≤0.80	≤0.80	≤0.035	≤0.020	—	12.00~14.00	—	—	—	—
				0.11~0.17	≤0.80	≤0.80	≤0.035	≤0.020	1.50~2.50	16.00~18.00	—	—	—	—
16		14Cr17Ni2	1Cr17Ni2	0.10~0.16	≤0.60	≤0.60	≤0.035	≤0.020	1.40~1.80	10.50~12.00	0.35~0.50	—	—	W: 1.50~2.00 V: 0.18~0.30
				0.05~0.09	≤0.60	≤0.60	≤0.030	≤0.020	1.40~1.80	10.50~12.00	0.35~0.50	—	—	Nb: 0.05~0.15 V: 0.15~0.25 Ce≤0.020
17	马氏体型	07Cr11Ni2MoVNb <sup>c</sup>	0Cr11Ni2MoVNb <sup>c</sup>	≤0.08	≤0.70	≤1.00	≤0.020	≤0.018	4.70~5.70	14.00~15.00	≤0.30	1.75~2.50	—	Ti: 0.15~0.30
				≤0.07	≤1.00	≤1.00	≤0.020	≤0.015	3.50~5.50	14.00~15.50	≤0.50	2.50~4.50	—	Nb: 5C~0.45
18		06Cr15Ni5Cu2Ti	0Cr15Ni5Cu2Ti	≤0.07	≤1.00	≤1.00	≤0.035	≤0.020	3.00~5.0	15.00~17.50	—	3.00~5.00	—	Nb: 5C~0.45
				≤0.07	≤1.00	≤1.00	≤0.035	≤0.020	—	—	—	—	—	—

<sup>a</sup> 根据需方要求, Al≤0.10%, 并在合同中注明。  
<sup>b</sup> 允许含有Ni≤0.60%。  
<sup>c</sup> Ce按计算量加入, 不作分析。

表 2 成品化学成分允许偏差

序号	新牌号	旧牌号	化学成分允许偏差 (质量分数) %										
			C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu	V	Ti
1	07Cr11Ni2MoVNb	0Cr11Ni2MoVNb	±0.01	—	—	—	—	±0.20	±0.05	±0.02	—	±0.02	—
			±0.01	+0.10 0	+0.10 0	+0.005 0	+0.20 0	0	-0.50	—	+0.10 0	—	±0.05
2	06Cr15Ni5Cu2Ti	0Cr15Ni5Cu2Ti	±0.01	+0.10 0	+0.10 0	+0.005 0	+0.20 0	0	-0.50	—	—	—	—
			±0.01	+0.10 0	+0.10 0	+0.005 0	+0.20 0	0	-0.50	—	+0.10 0	—	±0.05

## 3.3 交货状态

3.3.1 奥氏体、奥氏体—铁素体不锈钢热轧钢板交货状态及推荐的热处理制度见表 3。

表 3 奥氏体、奥氏体—铁素体钢板交货状态及推荐热处理制度

序号	新牌号	旧牌号	交货状态	推荐热处理制度
1	06Cr19Ni10	0Cr18Ni9	固溶酸洗	1010℃~1150℃, 快冷
2	022Cr19Ni10N	00Cr18Ni10N	固溶酸洗	不低于 1040℃, 水冷或其他方式快冷
3	06Cr25Ni20	0Cr25Ni20	固溶酸洗	不低于 1040℃, 水冷或其他方式快冷
4	022Cr17Ni12Mo2	00Cr17Ni14Mo2	固溶酸洗	不低于 1040℃, 水冷或其他方式快冷
5	06Cr17Ni12Mo2	0Cr17Ni12Mo2	固溶酸洗	不低于 1040℃, 水冷或其他方式快冷
6	06Cr17Ni12Mo2Ti	0Cr18Ni12Mo3Ti	固溶酸洗	不低于 1040℃, 水冷或其他方式快冷
7	06Cr18Ni11Ti	0Cr18Ni10Ti	固溶酸洗	1010℃~1150℃, 水冷或其他方式快冷
8	16Cr20Ni14Si2	1Cr20Ni14Si2	固溶酸洗	1060℃~1130℃, 水冷或其他方式快冷
9	—	1Cr18Ni9Ti	固溶酸洗	1010℃~1150℃, 水冷或其他方式快冷
10	12Cr21Ni5Ti	1Cr21Ni5Ti	固溶酸洗	1000℃~1080℃, 水冷或其他方式快冷
11	022Cr22Ni5Mo3N	—	固溶酸洗	1040℃~1100℃, 水冷或其他方式快冷
12	022Cr23Ni5Mo3N	—	固溶酸洗	1040℃~1100℃, 水冷或其他方式快冷

3.3.2 马氏体不锈钢热轧钢板的交货状态及推荐的热处理制度见表 4。

表 4 马氏体钢板的交货状态及推荐的热处理制度

序号	新牌号	旧牌号	交货状态	推荐的热处理制度
1	12Cr13	1Cr13	退火酸洗	750℃±15℃, 快冷或 800℃~900℃, 缓冷
2	20Cr13	2Cr13	退火酸洗	750℃±15℃, 快冷或 800℃~900℃, 缓冷
3	40Cr13	4Cr13	退火酸洗	750℃±15℃, 快冷或 800℃~900℃, 缓冷
4	14Cr17Ni2	1Cr17Ni2	退火酸洗或高温回火酸洗	680℃~700℃, 缓冷
5	13Cr11Ni2W2MoV	1Cr11Ni2W2MoV	退火酸洗	680℃~700℃, 缓冷
6	07Cr11Ni2MoVNb	0Cr11Ni2MoVNb	退火酸洗	680℃±20℃, 缓冷

3.3.3 沉淀硬化不锈钢热轧钢板的交货状态及推荐的热处理制度见表 5。

表 5 沉淀硬化钢板的交货状态及推荐的热处理制度

序号	新牌号	旧牌号	交货状态	推荐的热处理制度
1	06Cr15Ni5Cu2Ti	0Cr15Ni5Cu2Ti	软态(退火)	650℃~680℃, 空冷或炉冷
2	05Cr15Ni5Cu4Nb	—	固溶酸洗	1040℃±10℃, 快冷到 32℃以下
			退火酸洗	650℃~680℃, 炉冷
3	05Cr17Ni4Cu4Nb	0Cr17Ni4Cu4Nb	固溶酸洗	1040℃±10℃, 快冷到 32℃以下
			退火酸洗	650℃~680℃, 炉冷

3.3.4 钢板应进行平整和研磨后交付。

## 3.4 力学性能

3.4.1 交货状态的奥氏体、奥氏体—铁素体不锈钢板的力学性能应符合表 6 的规定。

表 6 交货状态的奥氏体、奥氏体—铁素体不锈钢板的力学性能

序号	新牌号	旧牌号	拉伸性能			硬度 <sup>a</sup>		
			抗拉强度 $R_m$ MPa	规定塑性 延伸强度 $R_{p0.2}$ MPa	断后 伸长率 $A$ %	布氏硬度 HBW	洛氏硬度 HRB 或 HRC	维氏硬度 HV
1	06Cr19Ni10	0Cr18Ni9	≥520	≥205	≥40	≤187	HRB≤90	≤200
2	022Cr19Ni10N	00Cr18Ni10N	≥515	≥205	≥40	≤217	HRB≤95	≤220
3	06Cr25Ni20	0Cr25Ni20	≥515	≥205	≥40	≤217	HRB≤95	≤220
4	022Cr17Ni12Mo2	00Cr17Ni14Mo2	≥485	≥180	≥40	≤217	HRB≤95	≤220
5	06Cr17Ni12Mo2	0Cr17Ni12Mo2	≥515	≥205	≥40	≤217	HRB≤95	≤220
6	06Cr17Ni12Mo2Ti	0Cr18Ni12Mo3Ti	≥515	≥205	≥40	≤217	HRB≤95	≤220
7	06Cr18Ni11Ti	0Cr18Ni10Ti	≥520	≥205	≥40	≤187	HRB≤90	≤200
8	16Cr20Ni14Si2	1Cr20Ni14Si2	≥540	≥220	≥40	≤217	HRB≤95	≤220
9	—	1Cr18Ni9Ti	≥540	≥196	≥42	—	—	—
10	12Cr21Ni5Ti	1Cr21Ni5Ti	≥635	—	≥20	—	—	—
11	022Cr22Ni5Mo3N	—	≥620	≥450	≥25	≤293	HRC≤31	—
12	022Cr23Ni5Mo3N	—	≥655	≥450	≥25	≤293	HRC≤31	—

<sup>a</sup> 硬度可任选一种方法进行检验。

3.4.2 马氏体不锈钢板的力学性能应符合表 7 的规定。

表 7 马氏体不锈钢板力学性能

序号	新牌号	旧牌号	试样状态或热处理 制度	拉伸性能			硬度 <sup>a</sup>		
				抗拉 强度 $R_m$ MPa	规定塑性 延伸强度 $R_{p0.2}$ MPa	断后 伸长率 $A$ %	布氏 硬度 HBW	洛氏 硬度 HRB	维氏 硬度 HV
1	12Cr13	1Cr13	交货状态	≥440	≥205	≥20	≤200	≤93	≤210
2	20Cr13	2Cr13	交货状态	≥520	≥225	≥18	≤223	≤97	≤234
3	40Cr13	4Cr13	交货状态	≥590	≥225	≥15	—	—	—
4	14Cr17Ni2	1Cr17Ni2	970℃~1030℃淬火， 油冷，275℃~350℃回 火，空冷	≥1080	—	≥10	—	—	—
5	13Cr11Ni2W2MoV	1Cr11Ni2W2MoV	1000℃~1020℃淬火， 油冷或空冷，660℃~ 710℃回火，油冷或空 冷	≥835	—	≥14	—	—	—
6	07Cr11Ni2MoVNb	0Cr11Ni2MoVNb	交货状态	≤930	—	≥14	≤269	—	—
			1000℃~1050℃淬火， 油冷或空冷，640℃~ 660℃回火，空冷	≥890	实测	≥14	—	—	—

<sup>a</sup> 硬度可任选一种方法进行检验。

3.4.3 沉淀硬化不锈钢板的力学性能应符合表 8 的规定，其试样状态根据合同规定进行，合同未注明时，06Cr15Ni5Cu2Ti 钢板检验交货状态试样的力学性能，05Cr15Ni5Cu4Nb 和 05Cr17Ni4Cu4Nb 钢板检验固溶和 480℃时效力学性能。

表 8 沉淀硬化不锈钢板的力学性能

序号	新牌号	旧牌号	试样状态	推荐热处理制度	公称厚度 mm	力学性能				硬度 <sup>a</sup>		
						抗拉强度 $R_m$ MPa	规定塑性 延伸强度 $R_{p0.2}$ MPa	断后 伸长率 $A$ %	断面 收缩率 $Z$ %	布氏硬度 HBW	洛氏硬度 HRC	
1	06Cr15Ni5Cu2T	0Cr15Ni5Cu2Ti	450℃时效	交货状态	5~20	≤1030	≤930	≥10	—	—	—	
						≥1225	≥930	≥9	—	—	—	
			固溶	950℃~975℃固溶, 水冷 或空冷; 450℃±10℃时 效, 保温 1h, 空冷	—	≤1275	≤1100	≥3	—	≤38	—	—
						≥1310	≥1172	≥5	—	375~444	40~47	
						≥1310	≥1172	≥8	≥30	375~444	40~47	
						≥1310	≥1172	≥10	≥35	375~444	40~47	
						≥1172	≥1069	≥5	—	352~415	38~45	
						≥1172	≥1069	≥8	≥30	352~415	38~45	
						≥1172	≥1069	≥10	≥35	352~415	38~45	
						≥1069	≥1000	≥5	—	331~388	35~42	
2	05Cr15Ni5Cu4Nb	0Cr15Ni5Cu4Nb	550℃时效	1040℃±10℃固溶, 空冷; 550℃±5℃时效, 保温 4h±0.25h, 空冷或快冷	4.70~15.80	≥1069	≥1000	≥8	≥35	331~388	35~42	
					>15.80~60	≥1069	≥1000	≥12	≥40	331~388	35~42	
			固溶	1040℃±10℃固溶, 空冷; 580℃±5℃时效, 保温 4h±0.25h, 空冷或快冷	≤4.70	≥1000	≥862	≥5	—	311~363	33~39	
						≥1000	≥862	≥9	≥35	311~363	33~39	
						≥1000	≥862	≥13	≥45	311~363	33~39	
						≥965	≥793	≥5	—	302~352	32~38	
						≥965	≥793	≥10	≥35	302~352	32~38	
						≥965	≥793	≥14	≥45	302~352	32~38	
						≥931	≥724	≥8	—	269~341	28~37	
						≥931	≥724	≥10	≥40	269~341	28~37	
620℃时效	1040℃±10℃固溶, 空冷; 620℃±5℃时效, 保温 4h ±0.25h, 空冷或快冷	>15.80~60	≥931	≥724	≥16	≥50	269~341	28~37				
			≥931	≥724	≥16	≥50	269~341	28~37				

表 8 (续)

序号	新牌号	旧牌号	试样状态	推荐热处理制度	公称厚度 mm	力学性能				硬度 <sup>a</sup>		
						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 %	断面 收缩率 Z %	布氏硬度 HBW	洛氏硬度 HRC	
3	05Cr17Ni4Cu4Nb	0Cr17Ni4Cu4Nb	固溶	1040℃±10℃固溶, 空冷; 480℃±5℃时效, 保温 1h±0.1h, 空冷或快冷	—	≤1275	≤1100	≥3	—	—	—	≤38
					≤4.70	≥1310	≥1172	≥5	—	375~444	40~47	
					4.70~15.80	≥1310	≥1172	≥8	≥30	375~444	40~47	
					>15.80~60	≥1310	≥1172	≥10	≥35	375~444	40~47	
					≤4.70	≥1172	≥1069	≥5	—	352~415	38~45	
					4.70~15.80	≥1172	≥1069	≥8	≥30	352~415	38~45	
					>15.80~60	≥1172	≥1069	≥10	≥35	352~415	38~45	
					≤4.70	≥1069	≥1000	≥5	—	331~388	35~42	
					4.70~15.80	≥1069	≥1000	≥8	≥35	331~388	35~42	
					>15.80~60	≥1069	≥1000	≥12	≥40	331~388	35~42	
					≤4.70	≥1000	≥862	≥5	—	311~363	33~39	
					4.70~15.80	≥1000	≥862	≥9	≥35	311~363	33~39	
>15.80~60	≥1000	≥862	≥13	≥45	311~363	33~39						
				1040℃±14℃固溶, 空冷; 580℃±5℃时效, 保温 4h±0.25h, 空冷或快冷	≤4.70	≥965	≥793	≥5	—	302~352	32~38	
					4.70~15.80	≥965	≥793	≥10	≥35	302~352	32~38	
					>15.80~60	≥965	≥793	≥14	≥45	302~352	32~38	
					≤4.70	≥931	≥724	≥8	—	269~341	28~37	
				1040℃±14℃固溶, 空冷; 620℃±5℃时效, 保温 4h±0.25h, 空冷或快冷	4.70~15.80	≥931	≥724	≥10	≥40	269~341	28~37	
					>15.80~60	≥931	≥724	≥16	≥50	269~341	28~37	

<sup>a</sup> 硬度可任选一种方法进行检验。

### 3.5 脆化倾向性

根据需方要求，经供需双方协商并在合同中注明，可对 12Cr21Ni5Ti 钢板进行脆化倾向性试验，试样热处理制度及试验结果应符合表 9 的规定。

表 9 脆化倾向性

试样热处理制度	冲击韧性值 J/cm <sup>2</sup>
550℃±10℃保温 1h，炉冷(≤100℃/h)至 300℃后空冷	≥39.2

### 3.6 低倍

钢坯的酸浸低倍试片上不应有目视可见的白点、缩孔、裂纹、分层、夹杂、折叠等有害缺陷。低倍组织合格级别应符合表 10 的规定。

表 10 低倍组织合格级别

暗斑	白斑	径向偏析	环状花样
级别，不大于			
A	A	A	B

### 3.7 高倍

#### 3.7.1 非金属夹杂物

3.7.1.1 钢板应检验非金属夹杂物，其合格级别应符合表 11 规定。

表 11 非金属夹杂物合格级别

冶炼方法	A 类		B 类		C 类		D 类	
	细系	粗系	细系	粗系	细系	粗系	细系	粗系
	级别，不大于							
真空感应加真空电弧重熔	1.5	1.0	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
电弧(或转炉)加电渣重熔、非真空感应加电渣重熔、真空感应加电渣重熔	1.5	1.5	1.5	1.5	1.0	1.0	1.5	1.5

3.7.1.2 根据需方要求，12Cr21Ni5Ti 钢板可检验氮化物，其结果应不大于 2 级，评级按附录 A 的规定进行。

#### 3.7.2 铁素体

3.7.2.1 05Cr15Ni5Cu4Nb、05Cr17Ni4Cu4Nb 钢板应检验 δ 铁素体含量，其含量应不大于 5%。

3.7.2.2 根据需方要求，可检验其他牌号钢板的 δ 铁素体含量，并在合同中注明检验方法及含量要求。

3.7.2.3 根据需方要求并在合同中注明，奥氏体、奥氏体—铁素体钢板可检验 α—相，合格级别由供需双方协商确定。

#### 3.7.3 晶间腐蚀

3.7.3.1 根据需方要求，表 12 中的奥氏体、奥氏体—铁素体钢板可进行晶间腐蚀试验，试样状态见表 12，试验后试样弯曲面不应有晶间腐蚀裂纹。

3.7.3.2 根据需方要求，其他牌号奥氏体、奥氏体—铁素体不锈钢板也可进行晶间腐蚀试验，试验后试样弯曲面不应有晶间腐蚀裂纹。

表 12 奥氏体、奥氏体—铁素体不锈钢板的晶间腐蚀试样状态

序号	新牌号	旧牌号	试样状态
1	06Cr19Ni10	0Cr18Ni9	固溶
2	022Cr19Ni10N	00Cr18Ni10N	敏化
3	06Cr25Ni20	0Cr25Ni20	固溶
4	022Cr17Ni12Mo2	00Cr17Ni12Mo2	敏化
5	06Cr17Ni12Mo	0Cr17Ni12Mo2	固溶
6	06Cr17Ni12Mo2Ti	0Cr18Ni12Mo3Ti	敏化
7	06Cr18Ni10Ti	0Cr18Ni10Ti	敏化
8	—	1Cr18Ni9Ti	敏化
9	12Cr21Ni5Ti	1Cr21Ni5Ti	敏化
10	022Cr22Ni5Mo3N	00Cr22Ni5Mo3N	敏化
11	022Cr23Ni5Mo3N	00Cr23Ni5Mo3N	敏化

#### 3.7.4 奥氏体含量

根据需方要求并在合同中注明，12Cr21Ni5Ti 钢板可进行奥氏体—铁素体双相组织检验。采用金相法检验，其奥氏体含量应大于 20%。

#### 3.8 低塑性裂纹

12Cr21Ni5Ti 试样经敏化处理后，进行 90° 冷弯试验，试样表面不应有裂纹。

#### 3.9 超声检测

钢板或钢坯应进行超声检测，不应有分层。

#### 3.10 尺寸、外形、重量

3.10.1 钢板的尺寸、外形及允许偏差应符合 GB/T 709—2019 的规定。

3.10.2 钢板应切成直角，切斜不应使钢板长度和宽度小于公称尺寸，且保证订货公称尺寸最小矩形。

3.10.3 供方可供应定尺或倍尺的钢板，因取试样短尺的钢板允许交货。

3.10.4 钢板按实际重量交货。

#### 3.11 外观质量

钢板表面不应有裂纹、气泡、夹杂、结疤、重皮、氧化皮或过酸洗等影响使用的缺陷，钢板局部缺陷允许用细砂轮修磨，但应保证钢板最小厚度；允许存在深度不大于钢板厚度公差二分之一的轻微麻点、划伤、凹坑和辊印。

#### 3.12 产品标识

钢板应标明供方厂名、牌号、炉批号和尺寸、规格等。

#### 3.13 特殊要求

根据需方要求，经供需双方协商，可规定以下特殊要求：

- a) 检验晶粒度；
- b) 规定奥氏体钢板的抗拉强度上限值。

### 4 质量保证规定

#### 4.1 检验分类

本规范规定的检验为质量一致性检验。

## 4.2 质量一致性检验

## 4.2.1 组批规则

钢板应成批提交验收，每批应由同一牌号、同一炉号、同一规格、同一交货状态和同一热处理炉批钢板组成。

## 4.2.2 取样部位、取样数量

质量一致性检验项目的取样数量、取样部位应符合表 13 的规定。

表 13 检验项目表

序号	检验项目		取样数量	取样部位	要求的章条号	检验方法的章条号
1	化学成分		1 个/炉 <sup>a</sup>	按 GB/T 20066 规定	3.2	4.3.1
2	拉伸		2 个/批	GB/T 2975，横向	3.4、3.13.2	4.3.2
3	硬度		2 个/批	任取	3.4	4.3.3
4	脆化倾向性		2 个/批	GB/T 2975	3.5	4.3.4
5	低倍		2 个/批	相当于钢锭头部不同张钢板 (或钢坯)	3.6	4.3.5
6	非金属夹杂物		2 个/批	GB/T 10561—2023	3.7.1.1	4.3.6.1
7	氮化物		2 个/批	GB/T 10561—2023	3.7.1.2	4.3.6.2
8	铁素体	δ 铁素体含量	2 个/批	YB/T 4402	3.7.2	4.3.7.1
9		α-相	2 个/批	GB/T 13305—2023	3.7.2	4.3.7.2
10	晶间腐蚀		2 个/批	纵向	3.7.3	4.3.8
11	奥氏体含量		1 个/批	钢板 1/4 宽度	3.7.4	4.3.9
12	低塑性裂纹		1 个/批	纵向	3.8	4.3.10
13	超声检测		逐张	—	3.9	4.3.11
14	尺寸、外形		逐张	—	3.10	4.3.12
15	外观质量		逐张	—	3.11	4.3.13
16	产品标识		逐张	—	3.12	4.3.14
17	晶粒度		1 个/批	任取	3.13 a)	4.3.15

<sup>a</sup> 含碳、铝、钛元素的重熔钢应从钢锭头部和尾部取样分析。

## 4.2.4 判定和复验规则

4.2.4.1 化学成分分析结果不合格时，允许重新取样对不合格的元素进行分析，分析结果仍不合格，则该炉钢判为不合格。

4.2.4.2 钢板的拉伸、硬度、脆化倾向性、非金属夹杂物、铁素体、奥氏体含量、晶粒度、低塑性裂纹检验结果不合格时，允许取双倍数量的试样(包括在原不合格钢板或钢坯上切取)对不合格项目进行复验，若复验结果仍不合格，则该批钢板判为不合格。

4.2.4.3 钢坯的低倍、钢板的晶间腐蚀检验不合格时，该支钢坯或钢板判为不合格。同锭的其他支钢坯或钢板逐支取样检验，合格者可交货。

4.2.4.4 钢板的超声检测不合格时，该张钢板判为不合格。

4.2.4.5 钢板的尺寸、外形、外观质量不合格时，该张钢板判为不合格。对检验不合格的钢板，允许修理、矫直或研磨后重新检验，合格者可交货。

4.2.4.6 产品标识不合格时，应重新进行标识，合格者交货。

## 4.3 检验方法

## 4.3.1 化学分析

化学成分分析按 GB/T 11170、GB/T 20123、GB/T 20124 或通用方法进行，仲裁分析时应按 GB/T 223.8、GB/T 223.11、GB/T 223.14、GB/T 223.16、GB/T 223.23、GB/T 223.25、GB/T 223.26、GB/T 223.28、GB/T 223.36、GB/T 223.38、GB/T 223.43、GB/T 223.59、GB/T 223.60、GB/T 223.63、GB/T 223.67、GB/T 223.69、GB/T 223.91 的规定进行。

## 4.3.2 拉伸

拉伸试验按 GB/T 228.1 的规定进行。

## 4.3.3 硬度

4.3.3.1 洛氏硬度试验按 GB/T 230.1 的规定进行。

4.3.3.2 布氏硬度试验按 GB/T 231.1 的规定进行。

4.3.3.3 维氏硬度试验按 GB/T 4340.1 的规定进行。

## 4.3.4 脆化倾向性

厚度不大于 10mm 钢板的试样尺寸应符合图 1 规定，厚度大于 10mm 钢板的试样应符合 GB/T 2975 规定，冲击韧性试验按 GB/T 229 进行。

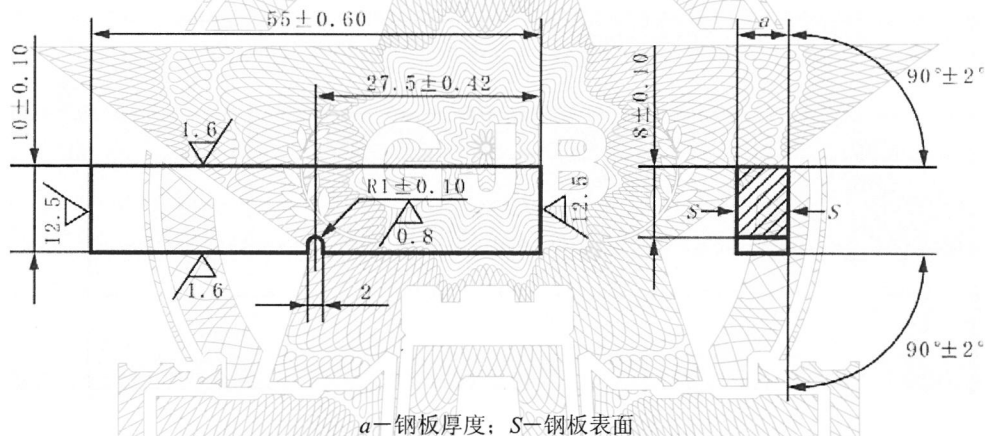


图 1 脆化倾向性试验冲击试样图

## 4.3.5 低倍

低倍组织检验按 GJB 9443 的规定进行。

## 4.3.6 非金属夹杂物

4.3.6.1 非金属夹杂物检验按 GB/T 10561—2023 中 A 法的规定进行。

4.3.6.2 氮化物检验按附录 A 的规定进行。

## 4.3.7 铁素体

4.3.7.1  $\delta$  铁素体检验通常检查 10 个视场，按 YB/T 4402—2014 中比较法的规定进行，经供需双方协商并在合同注明，也可按其他方法检验。仲裁时按网格法进行。

4.3.7.2  $\alpha$ -相检验按 GB/T 13305—2023 中金相法的规定进行。

## 4.3.8 晶间腐蚀

晶间腐蚀试验方法由供需双方协商并在合同中注明，合同未注明时，按 GB/T 4334—2020 中 E 法的规定进行。

## 4.3.9 奥氏体含量

试样经 1200℃ 保温 30min 空冷，检验按 GB/T 13305 的规定进行。

#### 4.3.10 低塑性裂纹

试样按 GB/T 4334—2020 的规定进行敏化处理，弯曲成 90° (L 型)。

#### 4.3.11 超声检测

超声检测按 GB/T 2970 的规定进行。

#### 4.3.12 尺寸、外形

尺寸、外形采用合适的测量工具进行检查。

#### 4.3.13 外观质量

外观质量采用目视进行检查。

#### 4.3.14 产品标识

产品标识采用目视进行检查。

#### 4.3.15 晶粒度

晶粒度检验按 GB/T 6394 的规定进行。

### 5 交货准备

钢板的包装、标志和质量证明书应符合 GB/T 247 的规定。

### 6 说明事项

#### 6.1 预定用途

本规范规定的钢板预定用于制造航空航天零部件。

#### 6.2 订货文件中应明确的内容

订货文件中应规定下列内容：

- a) 本规范编号；
- b) 牌号；
- c) 冶炼方法；
- d) 尺寸、外形及允许偏差；
- e) 交货状态；
- f) 交货重量(数量)；
- g) 沉淀硬化钢板的热处理制度；
- h) 12Cr21Ni5Ti 脆化倾向性试验(有要求时，见 3.5)；
- i) 12Cr21Ni5Ti 钢板氮化物检验(有要求时，见 3.6.1)；
- j) 除 05Cr15Ni5Cu4Nb、05Cr17Ni4Cu4Nb 外，其他牌号钢板  $\delta$  铁素体检验(有要求时，见 3.7.2)；
- k) 奥氏体及奥氏体—铁素体钢板  $\alpha$  相检验(有要求时，见 3.7.2)；
- l) 晶间腐蚀试验(有要求时，见 3.7.3)；
- m) 其他特殊要求(需要时，见 3.13)。

附录 A  
(规范性附录)  
氮化钛夹杂物评定方法

A.1 适用范围

本附录规定了用标准图谱评定压缩比不小于 3 的 12Cr21Ni5Ti 钢中的氮化钛夹杂物 (TiN) 的显微评定方法。根据供需双方协议, 也可用于评定其他钢类。

A.2 试样制备

试样制备按 GB/T 10561—2023 的规定。

A.3 氮化钛夹杂物的评定

A.3.1 评定视场

将未经浸蚀的试样检查面, 置于放大 200× 的显微镜下, 对直径为 80mm 的圆形视场全面观察进行评定。

A.3.2 评定原则

根据氮化钛夹杂物的分布情况、数量多少、延伸长度及贯穿视场程度等因素综合进行评级。当检测视场严重程度介于相邻两级之间时, 按接近级别数报出。允许评半级, 如 1.5 级、2.5 级等。

A.3.3 评级图

采用 1 级~5 级评级图, 共 5 个级别, 见图 A.1~图 A.5。

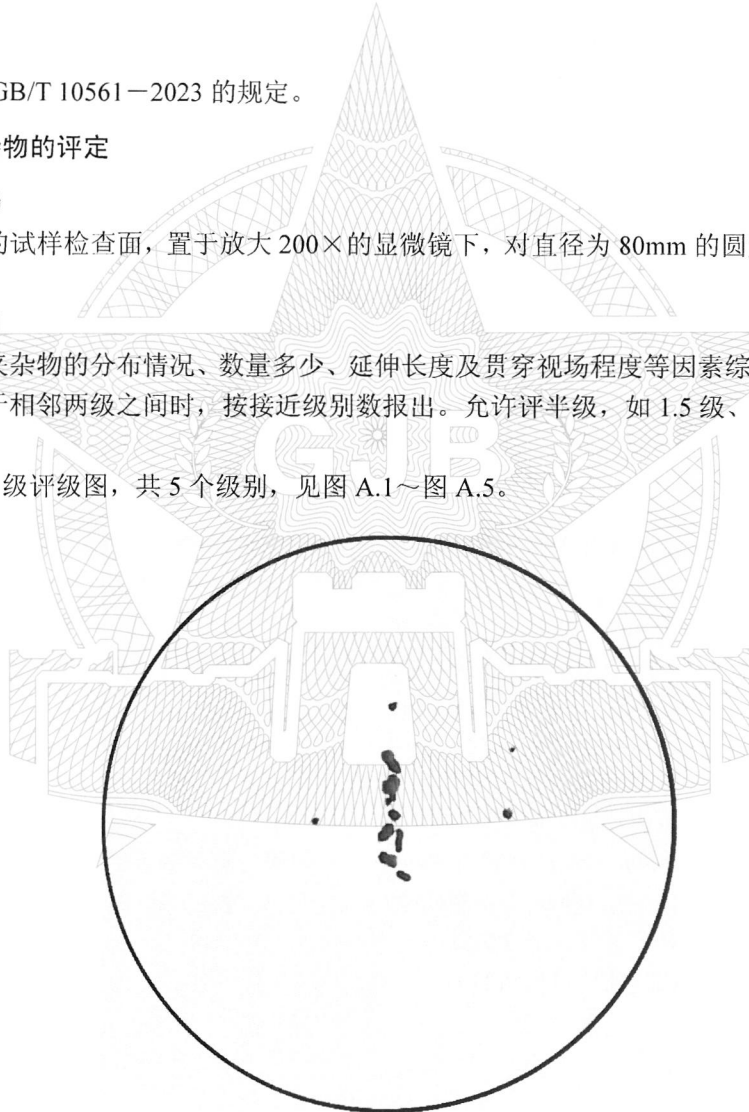


图 A.1 1 级评级图



图 A.2 2 级评级图

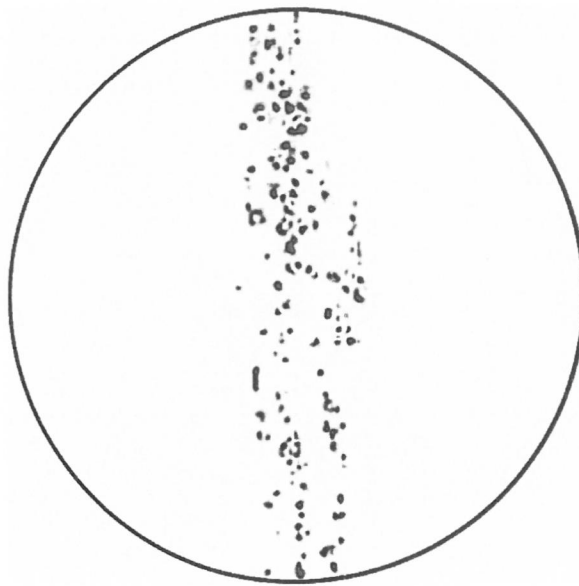


图 A.3 3 级评级图

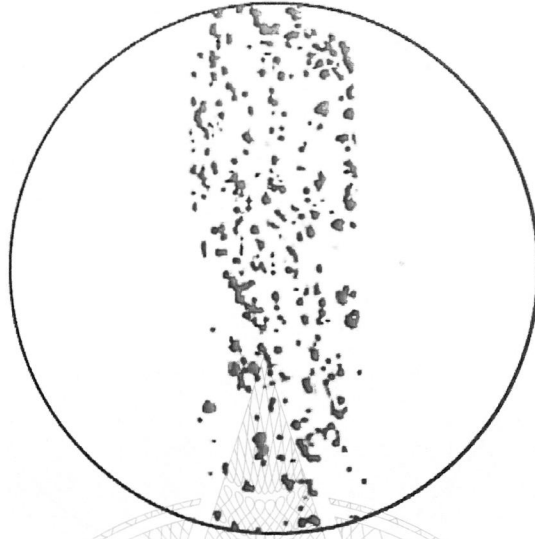


图 A.4 4级评级图

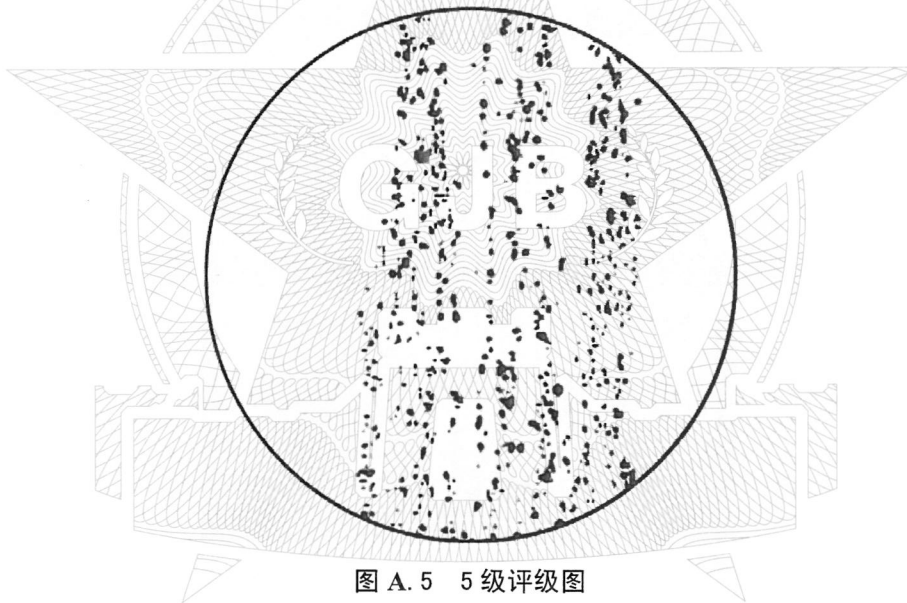


图 A.5 5级评级图

#### A.3.4 评定方法

- 1级：氮化钛夹杂物含量少，长度约占视场的 1/4。
- 2级：氮化钛夹杂物分布情况比 1 级集中，长度约占视场的 2/3。
- 3级：氮化钛夹杂物分布呈条带状，有明显的方向性，且贯穿视场。
- 4级：氮化钛夹杂物数量多而集中，有明显的方向性，且较宽贯穿视场。
- 5级：氮化钛夹杂物数量多，占视场的 1/2 以上。

#### A.3.5 评定结果表示方法

每个试样氮化钛夹杂物按最高级别报出。

中华人民共和国  
国家军用标准  
航空航天用热轧不锈钢钢板规范  
GJB 11728—2024

\*

国家军用标准出版发行部出版  
(北京东外京顺路7号)  
国家军用标准出版发行部印刷车间印刷  
国家军用标准出版发行部发行  
版权专有 不得翻印

\*

开本 880×1230 1/16 印张 1½ 字数 40 千字  
2025年2月第1版 2025年2月第1次印刷

\*

军标出字第 16685 号