

NB

中 华 人 民 共 和 国 能 源 行 业 标 准

NB/T 20007.51—2018

压水堆核电厂用不锈钢

第 51 部分：安全级设备用奥氏体不锈钢板

Stainless steel for pressurized water reactor nuclear power plants

—Part 51: Austenitic stainless steel plates for nuclear safety related components

2018 – 12 – 10 发布

2019 – 04 – 01 实施

国家能源局 发布

目 次

前言	11
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 制造	1
4 化学成分	2
5 力学性能	3
6 晶间腐蚀试验	5
7 金相检验	5
8 重新热处理	6
9 表面质量	6
10 超声检测	6
11 表面缺陷的清除和修整	6
12 尺寸和外形检查	6
13 标志、清洁、包装和运输	6
14 质量证明文件	6
附录 A（资料性附录） 不锈钢标准牌号对照	8

前 言

NB/T 20007《压水堆核电厂用不锈钢》与NB/T 20005《压水堆核电厂用碳钢和低合金钢》、NB/T 20006《压水堆核电厂用合金钢》、NB/T 20008《压水堆核电厂用其他材料》和NB/T 20009《压水堆核电厂用焊接材料》共同构成了压水堆核电厂核岛机械设备用材料系列标准。

NB/T 20007《压水堆核电厂用不锈钢》分为若干部分，本部分为NB/T 20007的第51部分。

本部分按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本部分由能源行业核电标准化技术委员会提出。

本部分由核工业标准化研究所归口。

本部分负责起草单位：上海核工程研究设计院有限公司。

本部分参加起草单位：中广核工程有限公司、中国核动力研究设计院和中国核电工程有限公司。

本部分主要起草人：宁冬、李辉、石悠、尤磊、董义令、王庆田、雷欣、郑越。

压水堆核电厂用不锈钢

第51部分：安全级设备用奥氏体不锈钢板

1 范围

本部分规定了压水堆核电厂安全级设备用奥氏体不锈钢板的制造、检验和验收等要求。

本部分适用于压水堆核电厂堆内构件、蒸汽发生器、稳压器、堆芯补水箱、非能动余热排出热交换器等安全级设备用奥氏体不锈钢板。

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 223 钢铁及合金化学分析方法

GB/T 228.1—2010 金属材料 拉伸试验 第1部分：室温试验方法（ISO 6892-1:2009, MOD）

GB/T 228.2 金属材料 拉伸试验 第2部分：高温拉伸试验方法（GB/T 228.2—2015, ISO 6892-2:2011, MOD）

GB/T 230.1 金属材料 洛氏硬度试验 第1部分：试验方法（A、B、C、D、E、F、G、H、K、N、T标尺）（GB/T 230.1—2009, ISO 6508-1:2005, MOD）

GB/T 5313 厚度方向性能钢板

GB/T 6394 金属平均晶粒度测定方法

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（ISO 4967: 1998, IDT）

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 20066 钢和铁 化学成分测定用试样的取样和制样方法（GB/T 20066—2006, ISO 14284:1996, IDT）

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 20123—2006, ISO 15350:2000, IDT）

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 20124—2006, ISO 15351: 1999, IDT）

NB/T 20004—2014 核电厂核岛机械设备材料理化检验方法

NB/T 20328.2—2015 核电厂核岛机械设备无损检测另一规范 第2部分：超声检测

NB/T 20328.4 核电厂核岛机械设备无损检测另一规范 第4部分：渗透检测

3 制造

3.1 制造文件

钢板制造前，钢板制造厂应编制一份说明冶炼、成形和热处理等操作的文件。

3.2 冶炼

应采用电炉加炉外精炼的方法冶炼或电渣重熔法冶炼，也可采用其他相当或更好的工艺冶炼。

3.3 成形

钢板可由连铸板坯或直接从钢锭轧制成形。连铸板坯对钢板的厚度减薄比最小应为3:1。

若采用钢锭轧制，每个钢锭的头、尾应有充分的切除量，以保证去除缩孔和严重偏析。

3.4 交货状态和热处理

钢板应以固溶处理状态交货。

固溶处理保温温度最低为1040℃，保温足够时间后在水中急冷或用其他方法快速冷却，冷却速率应足以防止碳化物的析出。

因进行热处理而产生的氧化皮，应用酸洗或其他适当的方法除掉。

所有热处理的过程（包括热处理保温温度及其偏差、保温时间、加热速率和冷却方法等）应记录并列入质量证明文件。钢板在所有热处理保温期间的温度偏差不得超过±10℃。

3.5 临时焊接

未经采购方许可，钢板不得焊接非结构附件和临时附件。

4 化学成分

4.1 规定值

钢的化学成分（熔炼分析和成品分析）应符合表1的规定。

4.2 化学成分分析

化学成分分析试样的取样和制样方法按本部分和GB/T 20066的规定执行，分析方法按GB/T 223适用部分、GB/T 11170、GB/T 20123或GB/T 20124的有关规定，但仲裁分析应按GB/T 223适用部分执行。

制造厂应提供一份熔炼分析的化学分析报告，同时还应提供一份成品分析的化学分析报告。熔炼分析试样应在浇注钢锭时取样（电渣重熔时应在每个重熔钢锭的两端取样）；成品分析试样应取自5.2所述试料，也可取自试验后的室温拉伸试样端部。

表1 化学成分

化学成分（质量分数）（%）											
元素		C	Si	Mn	P	S ^a	Cr	Ni	N	Co	Mo
05Cr19Ni10	熔炼分析	≤0.065	≤0.75	≤2.00	≤0.030	≤0.010	18.00~20.00	8.00~10.50	≤0.10	≤0.05	—
	成品分析	≤0.065	≤0.75	≤2.00	≤0.030	≤0.010	18.00~20.00	8.00~10.50	≤0.10	≤0.05	—
06Cr19Ni10	熔炼分析	0.04~0.08	≤0.75	≤2.00	≤0.030	≤0.010	18.00~20.00	8.00~10.50	≤0.10	≤0.05	—
	成品分析	0.04~0.08	≤0.75	≤2.00	≤0.030	≤0.010	18.00~20.00	8.00~10.50	≤0.10	≤0.05	—

表1 化学成分(续)

化学成分(质量分数)(%)											
元素		C	Si	Mn	P	S ^a	Cr	Ni	N	Co	Mo
022Cr19Ni10	熔炼分析	≤0.030	≤0.75	≤2.00	≤0.030	≤0.010	18.00~20.00	8.00~12.00	≤0.10	≤0.05	—
	成品分析	≤0.030	≤0.75	≤2.00	≤0.030	≤0.010	18.00~20.00	8.00~12.00	≤0.10	≤0.05	—
022Cr17Ni12Mo2	熔炼分析	≤0.030	≤0.75	≤2.00	≤0.030	≤0.010	16.00~18.00	10.00~14.00	≤0.10	≤0.05	2.00~3.00
	成品分析	≤0.030	≤0.75	≤2.00	≤0.030	≤0.010	16.00~18.00	10.00~14.00	≤0.10	≤0.05	2.00~3.00
022Cr19Ni10N	熔炼分析	≤0.030	≤0.75	≤2.00	≤0.030	≤0.010	18.00~20.00	8.00~12.00	0.10~0.16	≤0.05	—
	成品分析	≤0.030	≤0.75	≤2.00	≤0.030	≤0.010	18.00~20.00	8.00~12.00	0.10~0.16	≤0.05	—
022Cr17Ni12Mo2N	熔炼分析	≤0.030	≤0.75	≤2.00	≤0.030	≤0.010	16.00~18.00	10.00~14.00	0.10~0.16	≤0.05	2.00~3.00
	成品分析	≤0.030	≤0.75	≤2.00	≤0.030	≤0.010	16.00~18.00	10.00~14.00	0.10~0.16	≤0.05	2.00~3.00

注：本部分牌号与ASME BPVC(2007年+2008年补遗)牌号对照参见附录A。

^a 当订货合同要求时，钢板的S含量应为≤0.005%。

5 力学性能

5.1 规定值

交货状态钢板的力学性能应满足表2和表3的规定。

表2 室温力学性能

试验项目	试验温度 ℃	力学性能	规定值	
			05Cr19Ni10、06Cr19Ni10、 022Cr19Ni10N、022Cr17Ni12Mo2N	022Cr19Ni10、 022Cr17Ni12Mo2
拉伸试验	室温	规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}$ /MPa	≥205	≥170
		抗拉强度 R_m /MPa	≥515	≥485
		断后伸长率 A (%)	≥40	≥40
硬度试验	室温	洛氏硬度 HRB	≤92	≤92

表3 高温力学性能

钢板牌号	试验温度 ^a ℃	力学性能	规定值
05Cr19Ni10	100	规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}$ /MPa	≥170
		抗拉强度 R_m /MPa	≥437
	125	规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}$ /MPa	≥161
		抗拉强度 R_m /MPa	≥424
	150	规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}$ /MPa	≥154
		抗拉强度 R_m /MPa	≥411
	350 ^b	规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}$ /MPa	≥123
		抗拉强度 R_m /MPa	≥394
06Cr19Ni10	350	规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}$ /MPa	≥123
		抗拉强度 R_m /MPa	≥394
022Cr19Ni10	150	规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}$ /MPa	≥132
		抗拉强度 R_m /MPa	≥379
	350 ^b	规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}$ /MPa	≥104
		抗拉强度 R_m /MPa	≥352
022Cr17Ni12Mo2	350	规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}$ /MPa	≥105
		抗拉强度 R_m /MPa	≥383
022Cr19Ni10N	150	规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}$ /MPa	≥154
		抗拉强度 R_m /MPa	≥411
022Cr17Ni12Mo2N	150	规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}$ /MPa	≥158
		抗拉强度 R_m /MPa	≥439
^a 高温拉伸试验的试验温度按订货合同的规定执行。			
^b 用于稳压器时, 考核温度为 360℃。			

5.2 取样

- 5.2.1 应在交货钢板上截取试料, 随即做适当标记和最终轧制方向标志。
- 5.2.2 试料应具有足够的尺寸, 以便截取全部试验和可能的复试所需的试样。试样应采用机加工方法切取。
- 5.2.3 试料应在钢板轴线和钢板边缘之间的二分之一处截取, 且试样距试料任何边缘的距离不得小于钢板的厚度。
- 5.2.4 对于热处理时每张重量不大于 3 000 kg 的钢板, 应在每张钢板的一端取一块试料。对于热处理时每张重量大于 3 000 kg 的钢板, 应在每张钢板的两端各取一块试料, 两块试料分别位于钢板轴线两侧。
- 5.2.5 所有拉伸试样的纵轴应垂直于钢板的最终轧制方向。试样的纵轴位置应如下所述:
- 当钢板厚度不大于 10 mm 时, 试样厚度等于钢板厚度;
 - 当钢板厚度大于 10 mm 而不大于 30 mm 时, 试样的纵轴位于厚度中心处;
 - 当钢板厚度大于 30 mm 时, 试样的纵轴位于四分之一厚度处。

5.3 试验

5.3.1 试验项目和数量

从5.2所述的每块试料上加工一组试样，包括1个化学分析试样、1个室温拉伸试样、1个高温拉伸试样和1个硬度试样。

5.3.2 试验方法

拉伸试样采用GB/T 228.1—2010中表D.1中的R4圆形横截面比例试样。当板厚不大于20 mm时，可采用全厚度矩形截面的试样。

室温拉伸试验按GB/T 228.1—2010的规定进行。

高温拉伸试验按GB/T 228.2的规定进行。

硬度试验按GB/T 230.1的规定进行。

5.4 复试

如果拉伸性能的试验结果不满足表2或表3的要求，可在不合格试样的邻近部位截取双倍数量的试样进行复试。如果复试结果均合格，则钢板拉伸试验合格。

5.5 厚度方向的拉伸性能

当订货合同要求时，应按GB/T 5313的规定进行厚度方向的室温拉伸试验，具体要求按订货合同执行。

6 晶间腐蚀试验

应在5.2所述的每块试料上取1组（2个）晶间腐蚀试样。

022Cr19Ni10、022Cr17Ni12Mo2、022Cr19Ni10N和022Cr17Ni12Mo2N钢板应经敏化处理；其余钢板的敏化处理按订货合同的要求执行。敏化处理制度为 $675^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 下保温1h。

晶间腐蚀试验应按NB/T 20004—2014中18.3方法二的规定进行。

7 金相检验

7.1 试样

应在5.2所述的每块试料上取样进行金相检验。

7.2 晶粒度

钢板的晶粒度应按GB/T 6394进行评定，05Cr19Ni10、022Cr19Ni10、022Cr17Ni12Mo2、022Cr19Ni10N和022Cr17Ni12Mo2N钢板评定的结果应为4级或更细；06Cr19Ni10钢板应为7级或更粗；并提供金相照片（包括放大倍数或标尺）。

7.3 非金属夹杂物

非金属夹杂物按GB/T 10561—2005中方法A进行评定，试验结果应符合如下要求：

- A类：粗系、细系应分别小于或等于1.5级；
- B类：粗系、细系应分别小于或等于1.5级；
- C类：粗系、细系应分别小于或等于1.5级；
- D类：粗系、细系应分别小于或等于1.5级。

8 重新热处理

若力学性能试验结果不合格，可对该钢板进行重新热处理。

重新热处理后应进行除化学分析、非金属夹杂物以外所有规定的试验和检验。

重新热处理只允许进行一次。

9 表面质量

应对交货的每张钢板进行表面质量检验。钢板表面不准许存在肉眼可见的氧化皮、裂纹、气孔、折迭、结疤、夹杂及其他影响使用性能的缺陷。钢板不得有分层。

钢板的表面粗糙度应满足无损检测要求。

10 超声检测

所有热处理结束后，每张钢板应按NB/T 20328.2—2015中第12章规定的检测方法和验收标准进行100%体积的超声检测。

11 表面缺陷的清除和修整

钢板表面缺陷应采用打磨或机加工方法进行清除，清除过程中，应避免打磨表面局部过热。磨具应为仅含碳化硅、氧化铝或金刚石磨料的磨具，且磨具未使用过或此前仅在奥氏体不锈钢上使用过。缺陷清除后，凹痕和周围表面应平滑过渡，钢板的尺寸仍应合格。

缺陷清除后的区域应按NB/T 20328.4规定的检测方法和验收标准进行渗透检测。

不准许钢板制造厂对钢板进行焊补。

12 尺寸和外形检查

交货前，应对所有成品钢板进行尺寸和外形检查。

钢板的所有尺寸、外形及表面粗糙度应满足订货合同和图样的规定。

13 标志、清洁、包装和运输

钢板的标志、清洁、包装和运输应按订货合同的相关规定执行。

在钢板的制造、加工和运输过程中，应避免接触到那些可能对材料性能和完整性产生不利影响的物质，如硫、铅、锌、铜、汞、铝、镉、锡、锑、砷、铋、卤素和其它低熔点金属和它们的合金及化合物。此外，由于含氯材料老化产生的酸性氯化物是潜在的危险，因此需合理选用胶带、磁性墨水、标记物、耦合剂、渗透剂及涂料等来予以避免。

钢板表面应无锈斑、油污及其他污染物。

14 质量证明文件

钢板交货时，钢板制造厂应提交质量证明文件，其内容应至少包括：

a) 化学成分（熔炼分析和成品分析）分析报告；

- b) 热处理报告（包括重新热处理，如果有）；
- c) 力学性能试验报告（包括复试，如果有）；
- d) 晶间腐蚀试验报告；
- e) 金相检验报告（晶粒度、非金属夹杂物和金相照片等）；
- f) 表面质量检验报告；
- g) 尺寸和外形检查报告；
- h) 无损检测报告；
- i) 未曾焊补的声明。

以上报告应至少包括：

- 钢板制造厂名称或代号；
- 订货合同号；
- 钢板标准号、牌号和规格；
- 熔炼炉号和热处理炉号；
- 钢板编号；
- 材料识别标记（如果有）；
- 检验机构名称（如适用）；
- 各种试验结果（包括复试，如果有），以及相应的规定值。

附 录 A
(资料性附录)
不锈钢标准牌号对照

表A. 1 列出了相关不锈钢标准所含材料牌号的对应关系。

表A. 1 不锈钢标准牌号对照

本标准	ASME BPVC (2007 年+2008 年补遗)
022Cr19Ni10	304L
05Cr19Ni10	304
06Cr19Ni10	304H
022Cr17Ni12Mo2	316L
022Cr19Ni10N	304LN
022Cr17Ni12Mo2N	316LN

中 华 人 民 共 和 国
能 源 行 业 标 准
压水堆核电厂用不锈钢
第 51 部分：安全级设备用奥氏体
不锈钢板

NB/T 20007.51—2018

*

核工业标准化研究所出版发行

北京海淀区骚子营 1 号院

邮政编码：100091

电 话：010-62863505

原子能出版社印刷

版权专有 不得翻印

*

2019 年 4 月第 1 版 2019 年 4 月第 1 次印刷

印数 1—50

定价 25.00 元