



中华人民共和国国家标准

GB/T 38875—2020

核电用耐高温抗腐蚀低活化 马氏体结构钢板

Reduced activation martensitic steel plates with heat-resistance and
corrosion-resistance for nuclear facilities

2020-06-02 发布

2020-12-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 2

4 订货内容 2

5 尺寸、外形和重量..... 3

6 技术要求 3

7 试验方法 6

8 检验规则 7

9 包装、标志和质量证明书..... 8



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：中国科学院金属研究所、抚顺特殊钢股份有限公司、中国科学院近代物理研究所、冶金工业信息标准研究院、中国科学院合肥物质科学研究院(中国科学院核能安全技术研究所)、攀钢集团江油长城特殊钢有限公司。

本标准主要起草人：单以银、石全强、卢伦、王志光、戴强、严伟、崔鸿、王威、姚存峰、杨柯、李艳芬、黄群英、胡进。

核电用耐高温抗腐蚀低活化 马氏体结构钢板

1 范围

本标准规定了核电用耐高温抗腐蚀低活化马氏体结构钢板的术语及定义、订货内容、尺寸、外形、重量、技术要求、试验方法、检验规则、包装、标志及质量证明书。

本标准适用于公称厚度不大于 55 mm 的热轧钢板(以下简称钢板)。

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 222 钢的成品化学成分允许偏差
- 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 223.14 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 223.21 钢铁及合金化学分析方法 5-C1-PADAB 分光光度法测定钴量
- 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 223.31 钢铁及合金 砷含量的测定 蒸馏分离-钼蓝分光光度法
- GB/T 223.42 钢铁及合金化学分析方法 离子交换分离-溴邻苯三酚红光度法测定钽量
- 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 223.47 钢铁及合金化学分析方法 载体沉淀-钼蓝光度法测定铈量
- GB/T 223.53 钢铁及合金化学分析方法 火焰原子吸收分光光度法测定铜量
- GB/T 223.54 钢铁及合金化学分析方法 火焰原子吸收分光光度法测定镍量
- 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 223.63 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 223.67 钢铁及合金 硫含量的测定 次甲基蓝分光光度法
- GB/T 223.75 钢铁及合金 硼含量的测定 甲醇蒸馏-姜黄素光度法
- GB/T 223.81 钢铁及合金 总铝和总硼含量的测定 微波消解-电感耦合等离子体质谱法
- GB/T 223.84 钢铁及合金 钛含量的量测定 二安替比林甲烷分光光度法
- 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 228.2 金属材料 拉伸试验 第 2 部分:高温试验方法
- GB/T 229 金属材料 夏比摆锤冲击试验方法
- GB/T 247 钢板和钢带包装、标志及质量证明书的一般规定
- GB/T 709 热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差
- GB/T 2039 金属材料 单轴拉伸蠕变试验方法

- 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 6394 金属平均晶粒度测定方法
- GB/T 8170 数值修约规则与极限数值的表示和判定
- GB/T 10561 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 11261 钢铁 氧含量的测定 脉冲加热惰气熔融-红外线吸收法
- GB/T 13303 钢的抗氧化性能测定方法
- 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 20124 钢铁 氮含量的测定 惰性气体熔融导学法(常规方法)
- GB/T 20127.1 钢铁及合金 痕量元素的测定 第1部分:石墨炉原子吸收光谱法测定银含量
- GB/T 20127.13 钢铁及合金 痕量元素的测定 第13部分:碘化物萃取-苯基荧光酮光度法测定锡含量
- GB/T 22368 低合金钢 多元素含量的测定 辉光放电原子发射光谱法(常规法)
- GB/T 38804—2020 金属材料高温蒸汽氧化试验方法
- GB/T 38820—2020 抗辐照耐热钢
- NB/T 47013.3 承压设备无损检测 第3部分:超声检测
- YB/T 4395 钢 钼、铌和钨含量测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法
- YB/T 4402 马氏体不锈钢中 δ 铁素体含量金相测定法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

低活化 reduced activation

中子辐照后,产生低水平的高放射性和易挥发性核素,并在核废物管理要求的时间范围内(100年)其较长寿命的放射性核素能够衰变到低放射性水平。

4 订货内容

按本标准订货的合同或订单至少应包括下列内容:

- a) 本标准编号;
- b) 产品名称;
- c) 牌号和代号;
- d) 尺寸及允许偏差(见第5章);
- e) 订购重量;
- f) 冶炼方法(见6.2);
- g) 交货状态(见6.3);
- h) 低倍组织合格级别(见6.5);
- i) 腐蚀性能(必要时,见6.9);
- j) 超声检测合格级别(见6.11);
- k) 特殊要求(必要时,见6.13)。

5 尺寸、外形和重量

5.1 尺寸、外形及允许偏差

钢板的尺寸、外形及允许偏差应符合 GB/T 709 的规定。

5.2 重量

钢板一般按实际重量交货。经供需双方协商，也可以按理论重量交货，钢的密度为 $7.6 \times 10^3 \text{ g/cm}^3$ 。

6 技术要求

6.1 牌号及化学成分

6.1.1 钢的牌号、代号及化学成分(熔炼分析)应符合表 1 的规定，其成品化学成分允许偏差应符合 GB/T 222 的规定。

6.1.2 钢板中主要易活化元素的含量控制要求应符合表 2 的规定，氧含量应不大于 0.003%，氮含量应不大于 0.005%。

表 1 牌号及化学成分

牌号	代号	化学成分(质量分数)/%									
		C	Cr	W	V	Ta	Mn	Si	Ti	S	P
10Cr9W1VTa	CLAM	0.08	8.5	1.2	0.15	0.10	0.30	≤	≤	≤	≤
		~	~	~	~	~	~	≤	≤	≤	≤
		0.12	9.5	1.8	0.25	~ 0.20	0.60	0.05	0.01	0.005	0.005
20Cr11W2VTaSi	SIMP	0.14	10.0	1.0	0.15	0.10	≤	1.0	≤	≤	≤
		~	~	~	~	~	≤	~	≤	≤	≤
		0.25	12.0	2.0	0.30	0.20	1.0	2.0	0.01	0.005	0.005

表 2 主要易活化元素的含量控制要求

化学成分(质量分数)/%，不大于										
Al	Co	Ni	Cu	B	Mo	Nb	As	Sn	Sb	Ag
0.01	0.01	0.01	0.01	0.002	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005

6.2 冶炼方法

钢板一般采用真空感应加真空电弧重熔生产。经供需双方协商，并在合同中注明，也可采用满足要求的其他冶炼方法。

6.3 交货状态

钢板经热处理后交货，推荐热处理制度见表 3。经供需双方协商，并在合同中注明，也可以供应其他交货状态的钢板。

6.4 力学性能

6.4.1 交货状态钢板的力学性能应符合表 3 的规定。

表 3 钢板交货状态的力学性能

牌号	代号	推荐热处理制度	规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}$ /MPa, 不小于				抗拉强度 R_m /MPa, 不小于				冲击吸收能量 ^a KV_2 /J, 不小于	
			20 ℃	450 ℃	550 ℃	600 ℃	20 ℃	450 ℃	550 ℃	600 ℃	20 ℃	−20 ℃
10Cr9W1VTa	CLAM	950 ℃~1 050 ℃保温后喷雾冷却或空冷, 然后 720 ℃~800 ℃保温后空冷	510	400	310	230	600	450	350	300	200	150
20Cr11W2VTaSi	SIMP	1 000 ℃~1 100 ℃保温后空冷, 然后 720 ℃~800 ℃保温后空冷	550	420	320	230	800	500	400	320	120	30
^a 三个试样的平均值, 允许一个试样的单值低于规定值, 但不低于规定值的 70%。												

6.4.2 钢板的蠕变性能应符合表 4 的规定。

表 4 钢板的蠕变性能

牌号	代号	试验温度和应力	蠕变断裂时间/h, 不小于
10Cr9W1VTa	CLAM	550 ℃, 185 MPa	10 000
		600 ℃, 135 MPa	1 000
20Cr11W2VTaSi	SIMP	550 ℃, 215 MPa	1 000
		600 ℃, 120 MPa	10 000

6.5 低倍组织

钢板的酸浸低倍试片上不应有目视可见的缩孔、孔洞、裂纹、夹渣、针孔、折叠、分层等缺陷。

6.6 显微组织

钢板的显微组织为高温回火马氏体, 不应有 δ 铁素体。

6.7 晶粒度

在钢板的横截面上测定奥氏体晶粒度, 其晶粒度级别为 8 级或更细。

6.8 非金属夹杂物

钢板的非金属夹杂物级别应符合表 5 的要求。

表 5 钢板的非金属夹杂物合格级别

A		B		C		D	
粗系	细系	粗系	细系	粗系	细系	粗系	细系
合格级别/级,不大于							
0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1.0

6.9 腐蚀性能

根据需方要求,20Cr11W2VTaSi 钢板由供需双方协商确定采用合适的腐蚀介质(见表 6)进行腐蚀试验,并在合同中注明,其腐蚀性能应符合表 6 的规定。

表 6 20Cr11W2VTaSi 钢板经热处理后的腐蚀性能

序号	介质	腐蚀深度/(mm/a),不大于
1	700 ℃ 空气	0.020
2	800 ℃ 空气	0.050
3	500 ℃ 25 MPa 超临界水	0.041
4	600 ℃ 25 MPa 超临界水	0.055
5	450 ℃ LBE(44.5%Pb-55.5%Bi)	0.020
6	600 ℃ LBE(44.5%Pb-55.5%Bi)	0.100

6.10 辐照性能

钢板的辐照性能应符合 GB/T 38820—2020 中表 5 的规定。

6.11 超声检测

钢板应进行超声检测,其缺陷的合格级别由供需双方协商确定,并在合同中注明。

6.12 表面质量

6.12.1 钢板不应有分层。表面不应有目视可见的裂纹、结疤、折叠及夹杂。如有上述表面缺陷,允许清理,清理深度从钢板实际尺寸算起,不应超过钢板厚度公差之半,并应保证钢板的最小厚度。缺陷清理处应平滑无棱角。

6.12.2 钢板表面允许有不妨碍检查表面缺陷的薄层氧化铁皮、铁锈、由压入氧化铁皮脱落所引起的表面粗糙、划伤、压痕及其他局部缺陷,但其深度不应大于厚度公差之半,并应保证钢板的最小厚度。

6.12.3 钢板不准许焊补。

6.13 特殊要求

根据需方要求,经供需双方协商,并在合同中注明,钢板可进行物理性能、(辐照前)冲击吸收能量-温度曲线、其他无损检测等项目的检验。

7 试验方法

7.1 钢板的检验项目和试验方法应符合表 7 的规定。

表 7 钢板检验项目、检验类型、取样数量和取样部位、试验方法

序号	检验项目		检验分类		取样数量	取样部位	试验方法
			出厂检验	型式检验			
1	化学成分		●	●	1 个/炉	GB/T 20066	见 7.2 和 7.3
2	拉伸		●	●	每个温度 2 个	GB/T 2975 对应于钢锭头、 尾部钢板(宽度的 四分之一处)	GB/T 228.1 GB/T 228.2
3	冲击		●	●	每个温度 3 个		GB/T 229
4	蠕变		—	●	每个温度和应力 2 个	任一张钢板上	GB/T 2039
5	低倍		●	●	2 个	对应于钢锭头、 尾部的钢板	GB/T 226
6	显微组织		●	●	1 个	任一张钢板上	YB/T 4402
7	晶粒度		●	●	1 个	任一张钢板上	GB/T 6394
8	非金属夹杂物		●	●	1 个	任一张钢板上	GB/T 10561
9	腐蚀性能		○	●	每种介质 2 个	任一张钢板上	GB/T 13303 或 GB/T 38804
10	辐照 性能	拉伸	—	●	辐照前 2 个,辐照 后每个剂量 2 个	任一张钢板 上(宽度的 四分之一处) GB/T 2975	GB/T 38804— 2020 附录 B
11		肿胀率	—	●			
12		冲击吸收能 量-温度曲线	○ (辐照前)	●	辐照前每个温度 3 个;辐照后每个剂量 下每个温度 3 个		
13	物理性能		○	●	GB/T 38820— 2020 中表 6	任一张钢板上	GB/T 38820— 2020 中附录 A
14	超声检测		●	●	逐张	—	NB/T 47013.3
15	表面质量		●	●	逐张	—	目视

注：●必检项目；○供需双方协商检验项目；—无此项目。

7.2 化学成分分析通常按照 GB/T 22368、GB/T 11170 等通用方法进行。仲裁时按 GB/T 223.5、GB/T 223.11、GB/T 223.14、GB/T 223.21、GB/T 223.26、GB/T 223.31、GB/T 223.53、GB/T 223.54、GB/T 223.60、GB/T 223.62、GB/T 223.63、GB/T 223.67、GB/T 223.75、GB/T 223.81、GB/T 223.84、GB/T 223.86 和 GB/T 20127.13。

7.3 钼、钨、铈、银、氧和氮的含量检测分别执行 GB/T 223.42、GB/T 223.43、GB/T 223.47、GB/T 20127.1、GB/T 11261、GB/T 20124 和 YB/T 4395。

8 检验规则

8.1 检查和验收

8.1.1 钢板的检查和验收由供方质量监督部门进行。

8.1.2 供方应保证交货的钢板符合本标准或合同的规定,必要时,需方有权对本标准或合同所规定的任一检验项目进行检查和验收。

8.2 检验分类

钢板的检验分为型式检验和出厂检验。

8.3 型式检验

8.3.1 有下列情况之一者,应进行型式检验:

- a) 新产品定型鉴定;
- b) 材料成分、制备工艺有较大改变时;
- c) 合同要求时。

8.3.2 型式检验项目、取样数量、取样部位和试验方法见表 7。

8.3.3 所有检验项目的结果均符合第 6 章的要求,则型式检验通过。

8.4 出厂检验

8.4.1 组批规则

钢板应成批提交检验与验收。每批应由同一牌号、同一炉号、同一尺寸、同一交货状态的钢板组成。

8.4.2 取样数量和取样部位

取样数量和取样部位应符合表 7 的规定。

8.4.3 复验与判定规则

8.4.3.1 化学成分分析结果不合格时,允许在原取样部位重新取样对不合格元素进行分析,如仍不合格,则该炉钢板判为不合格。

8.4.3.2 拉伸性能(某一温度)不合格时,允许从该批钢板(包括初试不合格的钢板相同部位)上切取双倍数量的试样,在该温度下进行拉伸试验复验,若有一个试样不合格,则该批钢板判为不合格。

8.4.3.3 冲击性能不合格时,从初试不合格的钢板的相同部位上再取一组 3 个试样,在第二组试样试验后,如果同时符合下列条件,则该批钢板合格。否则,该张钢板报废,允许再从该批剩余钢板中重新取两张钢板,在每个钢板上各取新的一组 3 个试样,这两组试样的试验结果均应符合表 3 的规定,则该批钢板合格。反之,则该批钢板判为不合格。

- a) 6 个试样的平均值应不低于规定的最小值;
- b) 低于规定最小值的试样不超过 2 个;
- c) 低于规定值 70% 的试样不超过 1 个。

8.4.3.4 低倍检验不合格时,则该批钢板判为不合格。

8.4.3.5 显微组织、晶粒度、非金属夹杂物检验不合格时,允许从该批钢板(包括初试不合格的板材相同部位)上切取双倍数量的试样进行复验,若有一个试样不合格,则该批钢板判为不合格。

8.4.3.6 超声检测不合格时,则该张钢板判为不合格。

8.4.3.7 表面质量不合格时,则该张钢板判为不合格。对于表面质量检验不合格的钢板,允许供方重新逐张修理,重新检验,合格者交货。

8.4.3.8 允许供方对力学性能(拉伸和冲击)、显微组织、晶粒度等复验不合格的钢板重新进行热处理后,作为新的一批提交验收。

8.4.3.9 钢板的检验结果应采用修约值比较法修约到与规定值本位数字所标识的数位相一致,修约规则应符合 GB/T 8170 的规定。

9 包装、标志和质量证明书

钢板的包装、标志和质量证明书应符合 GB/T 247 的规定。

