

YB

中华人民共和国国家标准

YB/T XXXX—XXXX

抗湿硫化氢腐蚀钢板

Steel plate with resisting wet hydrogen sulfide corrosion

(报批稿)

××××-××-××发布

××××-××-××实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

工业和信息化部标准报批公示

工业和信息化部标准报批公示

工业和信息化部标准报批公示

工业和信息化部标准报批公示

工业和信息化部标准报批公示

工业和信息化部标准报批公示

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。

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：舞阳钢铁有限责任公司、冶金工业信息标准研究院、江阴兴澄特种钢铁有限公司、湖南华菱湘潭钢铁有限公司、南京钢铁股份有限公司、山东钢铁股份有限公司莱芜分公司、首钢集团有限公司。

本文件主要起草人：龙杰、温海荣、刘生、孙梦寒、罗元东、张计谋、尹志钧、王中学、邹扬、吕建会、张维旭、白云、张勇伟、张佩、秦丽晔。

工业和信息化部标准报批公示

工业和信息化部标准报批公示

工业和信息化部标准报批公示

工业和信息化部标准报批公示

工业和信息化部标准报批公示

工业和信息化部标准报批公示

抗湿硫化氢腐蚀钢板

1 范围

本文件规定了抗湿硫化氢腐蚀钢板的术语和定义、订货内容、牌号表示方法、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。

本文件适用于厚度不大于250mm的石油化工等行业制造抗湿硫化氢腐蚀设备用碳钢和低合金钢钢板。

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 223.9 钢铁及合金 铝含量的测定 铬天青S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量
- 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 223.23 钢铁及合金 镍含量的测定 丁二酮肟分光光度法
- 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 223.40 钢铁及合金 铌含量的测定 氯磺酚S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 223.62 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 223.69 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 223.75 钢铁及合金 硼含量的测定 甲醇蒸馏-姜黄素光度法
- GB/T 223.77 钢铁及合金化学分析方法 火焰原子吸收光谱法测定钙量
- GB/T 223.79 钢铁 多元素含量的测定 X-射线荧光光谱法（常规法）
- GB/T 223.84 钢铁及合金 钛含量的测定 二安替比林甲烷分光光度法
- 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 231.1 金属材料 布氏硬度试验 第1部分：试验方法
- GB/T 232 金属材料 弯曲试验方法
- 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—2019 热轧钢板和钢带尺寸、外形、重量及允许偏差
- GB/T 713 锅炉和压力容器用钢板
- 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 4157 金属在硫化氢环境中抗硫化物应力开裂和应力腐蚀开裂的实验室试验方法

- GB/T 4336 碳素钢和中低合金钢 多元素含量的测定 火花放电原子发射光谱法（常规法）
- GB/T 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 8170 数值修约规则与极限数值的表示和判定
- GB/T 8650 管线钢和压力容器钢抗氢致开裂评定方法
- GB/T 10123 金属和金属的腐蚀 基本术语和定义
- 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 11261 钢铁 氧含量的测定 脉冲加热惰气熔融-红外吸收法
- GB/T 17505 钢及钢产品 交货一般技术要求
- 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 20125 低合金钢 多元素的测定 电感耦合等离子体发射光谱法
- 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）
- NB/T 47013.3 承压设备无损检测 第3部分：超声检测

3 术语和定义

GB/T 10123界定的术语和定义适用于本文件。

3.1

氢致开裂 hydrogen induced cracking; HIC

由于氢扩散进入金属而引起的金属材料内部平面裂纹。

3.2

硫化物应力腐蚀开裂 sulfide stress corrosion cracking; SSCC

在有水和硫化氢的环境中，由于腐蚀和拉伸应力（残余应力和/或外加应力）引起的金属开裂。

注：SSCC是氢致应力开裂（HSC）（4.40）的一种形式，由于金属表面酸性腐蚀形成的原子氢进入金属而引起氢脆。硫化物的存在促进了氢进入金属的过程。原子氢能够扩散进入金属，降低韧性并增加开裂敏感性。高强金属材料和高硬度焊缝区容易形成SSCC。

4 订货内容

按照本文件订货的合同或订单应包括下列内容：

- a) 本文件编号；
- b) 牌号；
- c) 尺寸及不平度精度；
- d) 交货状态；
- e) 重量；
- f) 特殊要求。

5 牌号表示方法

钢的牌号由承压设备用钢原牌号和氢致开裂“hydrogen induced cracking”英文单词首字母（HIC）组成。

示例：Q245R(HIC)

Q245R ——为承压设备用钢原牌号；

HIC ——氢致开裂hydrogen induced cracking的英文单词首位字母。

6 尺寸、外形、重量

6.1 钢板的尺寸、外形及允许偏差应符合 GB/T 709—2019 的规定，其中厚度允许偏差应符合 GB/T 709—2019 中 B 类偏差。根据需方要求，并在合同中注明，厚度偏差可符合 GB/T 709—2019 中 C 类偏差。

6.2 钢板按理论重量交货，钢的密度为 $7.85\text{g}/\text{cm}^3$ ，理论计重采用的厚度为钢板允许的最大厚度和最小厚度的算术平均值。

7 技术要求

7.1 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 1 的规定。

表 1 牌号和化学成分（熔炼分析）

| 牌号 | 化学成分（质量分数） % | | | | | | | | | | | | | | | | Cu+ Ni+Cr +Mo | |
|-------------|------------------------|-------------------|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------------------|------------|------------|-------------------------|-----------------------|-------------|------------|------------|-------------|---------------------|-----------|
| | C | Si | Mn | Cu | Ni | Cr | Mo | Nb | V | Ti | Al _t | Ca ^c | O | P | S | B | | Nb+V |
| Q245R(HIC) | ≤ 0.20 | ≤ 0.35 | 0.50 ~ 1.10 | ≤ 0.30 | ≤ 0.30 | ≤ 0.30 | ≤ 0.08 | ≤ 0.050 | ≤ 0.050 | ≤ 0.010 | ≥ 0.020 | 0.0015 ~ 0.0030 | ≤ 0.0020 | ≤ 0.010 | ≤ 0.003 | ≤ 0.0005 | ≤ 0.030 | ≤ 0.70 |
| Q345R(HIC) | ≤ 0.20 ^a | ≤ 0.55 | 1.20 ~ 1.60 | ≤ 0.30 | ≤ 0.30 | ≤ 0.30 | ≤ 0.08 | ≤ 0.050 | ≤ 0.050 | ≤ 0.010 | ≥ 0.020 | 0.0015 ~ 0.0030 | ≤ 0.0020 | ≤ 0.010 | ≤ 0.003 | ≤ 0.0005 | ≤ 0.030 | |
| Q370R(HIC) | ≤ 0.18 ^a | ≤ 0.55 | 1.20 ~ 1.60 | ≤ 0.30 | ≤ 0.30 | ≤ 0.30 | ≤ 0.08 | 0.015 ~ 0.050 | ≤ 0.050 | ≤ 0.010 | — | 0.0015 ~ 0.0030 | ≤ 0.0020 | ≤ 0.008 | ≤ 0.002 | ≤ 0.0005 | ≤ 0.030 | |
| 16MnDR(HIC) | ≤ 0.20 | 0.15 ~ 0.50 | 1.20 ~ 1.60 | ≤ 0.25 | ≤ 0.40 | ≤ 0.25 | ≤ 0.08 | — | — | ≤ 0.010 | ≥ 0.020 ^b | 0.0015 ~ 0.0030 | ≤ 0.0020 | ≤ 0.008 | ≤ 0.002 | ≤ 0.0005 | ≤ 0.030 | |

^a 厚度大于 60mm 的 Q345R(HIC) 和 Q370R(HIC) 钢板，碳含量上限可分别提高至 0.22% 和 0.20%。
^b 对于 16MnDR(HIC)，当 Nb+V+Ti ≥ 0.015% 时，Al_t 含量不作验收要求。
^c 当 Ca/S ≥ 1.5 时，Ca 含量的下限可不作要求。

7.1.2 熔炼分析碳当量（CEV）应符合表2的规定。

表2 熔炼分析碳当量

| 牌号 | 碳当量 CEV ^a （质量分数） % | | | |
|---------------------------|----------------------------------|---------|----------|----------|
| | 公称厚度 mm | | | |
| | ≤50 | >50~100 | >100~200 | >200~250 |
| Q245R (HIC) | ≤0.40 | ≤0.40 | ≤0.40 | - |
| Q345R (HIC) | ≤0.43 | ≤0.45 | ≤0.48 | ≤0.48 |
| Q370R (HIC) | ≤0.44 | ≤0.45 | - | - |
| 16MnDR (HIC) ^b | ≤0.44 | ≤0.45 | - | - |

^a 碳当量的计算公式：CEV (%) = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V) / 5 + (Ni + Cu) / 15
^b 16MnDR (HIC) 最大厚度为 60 mm。

7.1.3 成品钢板的化学分析允许偏差应符合 GB/T 222 的规定，其中 P 的上偏差为 0.002%、S 的上偏差为 0.001%。

7.2 制造方法

7.2.1 钢由氧气转炉或电炉冶炼，并经炉外精炼。钢液应进行 Ca 处理和真空处理。必要时可进行电渣重熔二次精炼。

7.2.2 连铸坯、钢锭压缩比不小于 3，电渣重熔坯压缩比不小于 2。

7.3 交货状态

钢应采用正火、正火（允许加速冷却）+回火状态交货。

7.4 力学和工艺性能

7.4.1 钢板的力学和工艺性能应符合表3的规定。

7.4.2 根据需方要求，经供需双方协商，并在合同中注明，钢板可进行模拟焊后热处理。模拟焊后热处理制度由供需双方协商确定；钢板模拟焊后热处理状态的力学性能应符合表3的规定，如需方同意，交货状态力学性能可不作要求。

表3 力学和工艺性能

| 牌号 | 公称厚度 mm | 拉伸试验 | | | 冲击试验 | | 180° 弯曲 试验 ^b b=2a | 布氏硬 度 (HBW) |
|-------------|------------|---|--------------------------|--------------------|-----------|------------------------------------|------------------------------------|-------------------|
| | | 下屈服强度 ^a (R_{eL}) MPa | 抗拉强度 (R_m) MPa | 断后伸长 率 (A) % | 试验温度 ℃ | 冲击吸收能 量 (KV ₂) J | | |
| Q245R (HIC) | 8~16 | ≥245 | 400~520 | ≥25 | -20 | 平均值≥34 单个值≥26 | D=1.5a | ≤200 |
| | >16~36 | ≥235 | | | | | | |
| | >36~60 | ≥225 | | | | | | |
| | >60~100 | ≥205 | ≥24 | D=2a | | | | |
| | >100~150 | ≥185 | | | | | | |
| | >150~200 | ≥175 | | | | | | |
| Q345R (HIC) | 8~16 | ≥345 | 510~640 | ≥21 | -20 | 平均值≥41 单个值≥31 | D=2a | |
| | >16~36 | ≥325 | 500~630 | | | | D=3a | |

| | | | | | | | |
|--|----------|------|---------|-----|-----|------------------|------|
| | >36~60 | ≥315 | 490~620 | ≥20 | | | |
| | >60~100 | ≥305 | 490~620 | | | | |
| | >100~150 | ≥285 | 480~610 | | | | |
| | >150~250 | ≥265 | 470~600 | | | | |
| Q370R (HIC) | 10~16 | ≥370 | 530~630 | ≥20 | -20 | 平均值≥47 单个值≥35 | D=2a |
| | >16~36 | ≥360 | | | | | D=3a |
| | >36~60 | ≥340 | 520~620 | | | | |
| | >60~100 | ≥330 | 510~610 | | | | |
| 16MnDR (HIC) | 8~16 | ≥315 | 490~620 | ≥21 | -40 | 平均值≥47 单个值≥35 | D=2a |
| | >16~36 | ≥295 | 470~600 | | | | D=3a |
| | >36~60 | ≥285 | 460~590 | | | | |
| ^a 如屈服现象不明显,可采用规定塑性延伸强度 ($R_{p0.2}$) 代替 R_{eL} ; ^b a 为试样厚度, D 为弯曲压头直径。 | | | | | | | |

7.4.3 夏比 (V 型缺口) 冲击吸收能量,按 3 个试样的算术平均值计算,允许其中 1 个试样的单个值低于表 3 规定的平均值,但不得低于规定的单个值。

7.4.4 厚度小于 12mm 的钢板应采用小尺寸试样进行夏比 (V 型缺口) 冲击试验。对厚度为 6mm~<12mm 取冲击试验试样时,可分别取 5mm×10mm×55mm 和 7.5mm×10mm×55mm 的小尺寸试样,此时冲击吸收能量分别为不小于表 3 规定值的 1/2 和 3/4。优先采用较大尺寸的试样。

7.5 晶粒度

晶粒度测定按 GB/T 6394 进行,奥氏体晶粒度应为 6 级或更细。如供方能保证合格,晶粒度可不作检验。

7.6 氢致开裂试验

钢板的 HIC 试验应按 GB/T 8650 进行,采用标准溶液 A, HIC 试验结果等级 (溶液 A) 见表 4。根据需方要求,经供需双方协商也可采用 GB/T 8650 的溶液 B 或其他试验方法。合格级别应在合同中注明。

表 4 HIC 试验结果等级

单位为百分比

| 等级 | 一组试样全部检验截面的平均值 | | |
|----|----------------|-------------|-------------|
| | 裂纹长度率 (CLR) | 裂纹厚度率 (CTR) | 裂纹敏感率 (CSR) |
| I | ≤5 | ≤1.5 | ≤0.5 |
| II | ≤10 | ≤1.5 | ≤1 |

7.7 无损检测

钢板应逐张按 NB/T 47013.3 进行超声检测,合格级别应在合同中注明。

7.8 表面质量

7.8.1 钢板表面不允许存在裂纹、气泡、结疤、折叠和夹杂等对使用有害的缺陷。钢板侧面不应有目视可见的分层。

7.8.2 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。

7.8.3 其他缺陷允许存在,其深度从钢板实际尺寸算起,不应超过厚度允许公差之半,并应保证缺陷

处钢板厚度不小于钢板允许最小厚度。

7.8.4 钢板不允许焊补。

7.9 特殊要求

根据需方要求，经供需双方协商并在合同中注明，可规定以下要求：

- a) 成品分析；
- b) 对 Q345R (HIC)，冲击试验温度为-30℃，冲击吸收能量应符合表 3 规定；
- c) 按 GB/T 5313 进行厚度方向性能试验；
- d) 按 GB/T 10561 进行非金属夹杂物检验；
- e) 硫化物应力腐蚀开裂 (SSCC) 试验；
- f) 其他要求。

8 试验方法

8.1 钢的化学成分试验方法按 GB/T 4336、GB/T 11261、GB/T 20123、GB/T 20125、GB/T 22368 或其他通用试验方法进行，仲裁时应按 GB/T 223.9、GB/T 223.11、GB/T 223.14、GB/T 223.18、GB/T 223.23、GB/T 223.26、GB/T 223.40、GB/T 223.60、GB/T 223.62、GB/T 223.63、GB/T 223.67、GB/T 223.69、GB/T 223.75、GB/T 223.77、GB/T 223.79、GB/T 223.84 的规定。

8.2 钢板的检验项目、取样数量、取样方法和试验方法应符合表 5 规定。

表 5 检验项目、取样数量、取样方法和试验方法

| 序号 | 检验项目 | | 取样数量 (个) | 取样方法 | 试验方法 |
|----|----------------------|-------------------|----------|-------------------|--------------|
| 1 | 化学分析 | 熔炼分析 | 1/炉 | GB/T 20066 | 见 8.1 |
| | | 成品分析 ^a | 协商 | | |
| 2 | 拉伸试验 ^b | | 1/批 | GB/T 2975 | GB/T 228.1 |
| 3 | 弯曲试验 ^b | | 1/批 | GB/T 2975 | GB/T 232 |
| 4 | 冲击试验 ^b | | 3/批 | GB/T 2975 | GB/T 229 |
| 5 | 厚度方向性能 ^a | | 3/批 | GB/T 5313 | GB/T 5313 |
| 6 | 布氏硬度 | | 1/批 | 宽度 1/4 处 | GB/T 231.1 |
| 7 | 非金属夹杂物 ^a | | 1/批 | GB/T 10561 | GB/T 10561 |
| 8 | 晶粒度 | | 1/炉 | 宽度 1/4 处，厚度 1/4 处 | GB/T 6394 |
| 9 | 无损检测 | | 逐张 | 协商 | NB/T 47013.3 |
| 10 | HIC 试验 | | 1 组/批 | GB/T 8650 | |
| 11 | SSCC 试验 ^a | | 1 组/批 | 协商 | 协商 |
| 12 | 尺寸、外形 | | 逐张 | - | 符合精度要求的适宜量具 |
| 13 | 表面 | | 逐张 | - | 目视 |

^a 经供需双方协商确定。
^b 进行拉伸、冲击、弯曲试验时，应取横向试样。

注：经供需双方协商，成品分析、拉伸、冲击、夹杂物及晶粒度取样位置可位于板厚 1/2 处。

9 检验规则

9.1 钢板及钢带的检查和验收由供方质量检验部门进行。

- 9.2 钢板的力学和工艺性能检验应按同一热处理制度的逐轧制张组批。
- 9.3 HIC 试验组批应由同一牌号、同一炉号、同一厚度、同一热处理制度的钢板组成。
- 9.4 钢板及钢带的取样数量和取样方法应符合表 5 的规定。
- 9.5 SSCC 试验组批规则由供需双方协商。
- 9.6 冲击试验结果不符合 7.4.3 规定时，应从同一张钢板（或同一样坯）上再取 3 个试样进行试验，前后两组 6 个试样冲击吸收能量的算术平均值不得低于规定的平均值，允许有 2 个试样低于规定的平均值，但其中小于规定的单个值的试样只允许有 1 个。
- 9.7 HIC 和 SSCC 试验复验与判定规则由供需双方协商，其他检验项目的复验与判定规则应符合 GB/T 17505 的规定。
- 9.8 化学成分和力学性能的检测结果按修约值比较法进行修约，修约规则按 GB/T 8170 的规定。
- 10 包装、标志及质量证明书

钢板的包装、标志及质量证明书应符合 GB/T 247 的规定，刻印应采用低应力钢印。