

**TB**

# 中华人民共和国铁道行业标准

**TB/T 2374—2008**

代替 TB/T 2374—1999

## 铁道车辆用耐大气腐蚀钢及不锈钢 焊接材料

**Welding material of atmospheric corrosion resisting steel  
and stainless steel for rolling stock**

2008-10-14 发布

2009-03-01 实施

中华人民共和国铁道部 发布

## 目 次

前 言 .....	II
1 范 围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 技术要求 .....	1
4 试验方法 .....	5
5 检验规则 .....	6
6 包装、标志和质量证明书 .....	6
附录 A(规范性附录) 铁道车辆用不锈钢、400 MPa 及以上级耐大气腐蚀钢化学成分 .....	7
附录 B(规范性附录) 焊接性试验 斜 Y 形坡口焊接裂纹试验方法 .....	8
附录 C(资料性附录) 焊接性试验 《斜 Y 形坡口焊接裂纹试验方法》的说明 .....	11

# 铁道车辆用耐大气腐蚀钢及不锈钢焊接材料

## 1 范围

本标准规定了铁道车辆用耐大气腐蚀钢焊条和焊丝(气体保护焊丝和埋弧焊丝)以及铁路货车车体用TCS不锈钢(简称不锈钢)气体保护焊丝的技术要求、试验方法、检验规则、包装、标志及质量证明书等。

本标准适用于铁道车辆用耐大气腐蚀钢及不锈钢焊接材料。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过在本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB/T 222—2006 钢的成品化学成分允许偏差

GB/T 223 钢铁及合金化学分析方法

GB/T 1954 铬镍奥氏体不锈钢焊缝铁素体含量测量方法

GB/T 2650 焊接接头冲击试验方法

GB/T 2652 焊缝及熔敷金属拉伸试验方法

GB/T 2653 焊接接头弯曲及压扁试验方法

GB/T 5118 低合金钢焊条

GB/T 5293 埋弧焊用碳钢焊丝和焊剂

GB/T 8110 气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝

GB/T 17853—1999 不锈钢药芯焊丝

TB/T 1979—2003 铁路车辆用耐大气腐蚀钢订货技术条件

TB/T 2375—1993 铁路用耐候钢周期浸润腐蚀试验方法

## 3 技术要求

### 3.1 耐大气腐蚀钢焊条、焊丝和焊剂

#### 3.1.1 手工焊条

焊条的尺寸、药皮、T形接头角焊缝试验、药皮含水量或熔敷金属扩散氢含量等应符合GB/T 5118的相应规定。

#### 3.1.2 气体保护焊丝

焊丝的尺寸及允许偏差、表面质量、挺度及拉伸试验、镀铜结合力、缠绕、松弛直径和间距等应符合GB/T 8110的相应规定。当焊丝有对接时,接头数量每盘不应超过1个。焊丝应保证均匀连续送丝。

#### 3.1.3 埋弧焊丝及焊剂

焊丝的尺寸、表面质量、松弛直径和间距等应符合GB/T 5293的相关规定。焊丝应保证均匀连续送丝。

推荐H08MnCuCrNiⅢ焊丝采用SJ301焊剂,其余埋弧焊丝采用SJ101焊剂,也可采用经过工艺试验符合要求的其他焊剂。焊剂应符合GB/T 5293的相关规定。

## 3.1.4 焊条熔敷金属和焊丝化学成分

焊条熔敷金属和焊丝化学成分应分别符合表1和表2的规定。

表1 耐大气腐蚀钢焊条熔敷金属化学成分

焊材类型	型号	牌号	化学成分 %								
			w(C)	w(Mn)	w(Si)	w(P)	w(S)	w(Cu)	w(Cr)	w(Ni)	w(W)
焊条	E5003-G	J502WCu	≤0.12	0.30~0.90	≤0.40	≤0.035	≤0.030	0.20~0.50	—	—	0.20~0.50
		J502NiCrCu							0.20~0.40	0.20~0.50	—
		J502NiCu							—		
	E5011-G	J505NiCrCu			≤0.70	≤0.035	≤0.030	0.20~0.50	0.20~0.40	0.20~0.50	—
		J507NiCu							—		
	E5015-G	J507NiCrCu			≤0.70	≤0.035	≤0.030	0.20~0.50	0.20~0.40	0.20~0.50	—
		J506WCu							—		
		J506NiCu							—		
	E5016-G	J506NiCrCu		≤1.25	≤0.60	≤0.025	≤0.020	0.20~0.40	0.30~0.80	0.20~0.50	—
		J556NiCrCu							0.30~0.60	0.20~0.60	
	E5016-G	J606NiCrCu		≤2.00					0.30~0.90	0.20~0.90	

注:G表示供需双方协商,以下各表中含义相同。

表2 耐大气腐蚀钢气体保护焊丝和埋弧焊丝化学成分

焊材类型	型号	牌号	化学成分 %									
			w(C)	w(Mn)	w(Si)	w(P)	w(S)	w(Cu)	w(Cr)	w(Ni)	w(RE)	
气体保护焊丝	RE44-G	H08MnSiCuCrNi II	≤0.10	0.90~1.30	0.35~0.65	≤0.025	0.20~0.50	0.20~0.50	0.20~0.50	—	—	
		H08MnSiCuCr II							—	≥0.15	—	
	ER50-G	H08NiCuMnSi II		0.60~1.20	≤0.025		0.20~0.50	≤0.10	0.40~0.60	—	—	
		TH500-NQ-II							—	—	—	
		TH550-NQ-II							0.20~0.60	—	—	
	ER55-G	TH600-NQ-II		1.20~1.60	≤0.60	≤0.020	0.30~0.90	0.20~0.80	0.20~0.80	—	—	
		TH650-NQ-II							—	—	—	
	ER60-G	TH700-NQ-II		1.40~1.80	≤0.60	≤0.020	0.30~0.90	0.20~0.80	0.20~0.80	—	—	
		TH750-NQ-II							—	—	—	
		TH800-NQ-II							0.20~0.80	—	—	
		TH850-NQ-II							—	—	—	
埋弧焊丝	EW	H08MnCuCrNi III	≤0.12	0.70~1.00	0.15~0.30	≤0.030	≤0.030	0.25~0.45	0.20~0.50	0.30~0.60	—	
		TH500-NQ-III		1.00~1.60	≤0.35	≤0.025	≤0.020	0.20~0.50	0.30~0.90	0.20~0.80	—	
		TH550-NQ-III		1.00~2.00	≤0.35	≤0.025	≤0.020	0.20~0.50	0.30~0.90	0.30~1.0	—	
		TH600-NQ-III		—	—	—	—	—	—	—	—	
		TH650-NQ-III		—	—	—	—	—	—	—	—	

为保证性能,必要时可添加Nb、V、Ti等合金元素,但合金元素的总量应小于等于0.22%。  
焊丝中RE仅为钢厂冶炼时的加入量,用户不作分析。

注:焊丝牌号中:T—铁道;H—焊丝;500(550,600)—焊丝熔敷金属的最小抗拉强度(MPa);NQ—耐大气腐蚀;II—富氩气体保护焊;III—表示埋弧焊。

## 3.1.5 熔敷金属的力学性能及耐腐蚀性能

熔敷金属的力学性能应符合表 3 的规定。加速腐蚀试验结果应符合表 4 的规定。

表 3 耐大气腐蚀钢焊条、气体保护焊丝和埋弧焊丝熔敷金属的力学性能

牌号	抗拉强度 $R_m$ MPa	下屈服强度 $R_{el}$ MPa	断后伸长率 $A\%$	$-40^{\circ}\text{C}$ 冲击功 $A_{KV}$ J
J502WCu、J502NiCrCu、J502NiCu、J505NiCrCu、J507NiCu、J507NiCrCu、J506WCu、J506NiCu	≥490	≥390	≥22	≥27
H08MnCuCrNi III	≥490	≥380		
H08NiCuMnSi II	≥500	≥380		≥60
H08MnSiCuCrNi II、H08MnSiCuCr II	≥440	≥340		
J506NiCrCu、TH500-NQ-II、TH500-HQ-III	≥500	≥400		
J556NiCrCu、TH550-NQ-II、TH550-NQ-III	≥550	≥450		
J606NiCrCu、TH600-NQ-II、TH600-NQ-III	≥600	≥500	≥20	

注: 拉伸试验时, 若屈服现象不明显, 可采用非比例延伸强度  $R_{p0.2}$ 。

表 4 耐大气腐蚀钢焊条、气体保护焊丝和埋弧焊丝熔敷金属的耐腐蚀性能

牌号	相对腐蚀率 %
J502WCu、J502NiCrCu、J502NiCu、J505NiCrCu、J507NiCu、J507NiCrCu、J506WCu、J506NiCu、H08MnCuCrNi III、H08NiCuMnSi II、H08MnSiCuCrNi II、H08MnSiCuCr II	≤10
J506NiCrCu、TH500-NQ-II、TH500-NQ-III	
J556NiCrCu、TH550-NQ-II、TH550-NQ-III	
J606NiCrCu、TH600-NQ-II、TH600-NQ-III	

注: 相对腐蚀率 =  $[(\text{母材失重} - \text{熔敷金属失重}) / \text{母材失重}] \times 100\%$ 。

## 3.1.6 焊接接头弯曲性能

焊接接头弯曲试验应符合表 5 的规定, 耐大气腐蚀钢化学成分见附录 A 表 A.1, 弯曲试验后, 试样表面不应有肉眼可见的裂纹。

表 5 耐大气腐蚀钢焊条、气体保护焊丝和埋弧焊丝焊接接头弯曲性能

焊材牌号	钢材牌号	弯心直径 mm	弯曲角度 (°)
J506NiCrCu、TH500-NQ-II、TH500-NQ-III	Q400NQR1	3a	120
J556NiCrCu、TH550-NQ-II、TH550-NQ-III	Q450NQR1		
J606NiCrCu、TH600-NQ-II、TH600-NQ-III	Q500NQR1		

注: a 为试验板厚度。

## 3.1.7 焊条、气体保护焊丝抗裂性能

焊条、气体保护焊丝抗裂性能试验结果应符合表 6 的规定。

## 3.1.8 对不同强度级别耐大气腐蚀钢推荐使用的焊接材料

对不同强度级别耐大气腐蚀钢推荐使用的焊接材料见表 7。

表 6 耐大气腐蚀钢焊条和气体保护焊丝的抗裂性能

焊材牌号	钢材牌号	表面裂纹率 %	断面裂纹率 %	根部裂纹率 %
J506NiCrCu、TH500-NQ-II	Q400NQR1	0	0	0
J556NiCrCu、TH500-NQ-II	Q450NQR1			
J606NiCrCu、TH600-NQ-II	Q500NQR1			

表 7 耐大气腐蚀钢对应焊接材料

钢材牌号	焊材牌号			
	焊条	气体保护焊丝	埋弧焊丝	埋弧焊剂
09CuPCrNi-B、 09CuPTiRE-A、 05CuPCrNi	J502WCu、J502NiCrCu、 J502NiCu、J505NiCrCu、 J507NiCu、J507NiCrCu、 J506WCu、J506NiCu	H08MnSiCuCrNi II、 H08MnSiCuCr II、 H08NiCuMnSi II、 TH500-NQ-II	H08MnCuCrNi III	SJ301
08CuPVRE、 09CuPCrNi-A、 09CuPTiRE-B	J502WCu、J502NiCrCu、 J502NiCu、J505NiCrCu、 J507NiCu、J507NiCrCu、 J506WCu、J506NiCu	H08NiCuMnSi II、 TH500-NQ-II	H08MnCuCrNi III	SJ301
Q400NQR1	J506NiCrCu	TH500-NQ-II	TH500-NQ-III	SJ101
Q450NQR1	J556NiCrCu	TH550-NQ-II	TH550-NQ-III	SJ101
Q500NQR1	J606NiCrCu	TH600-NQ-II	TH600-NQ-III	SJ101

## 3.2 不锈钢焊丝

以下为不锈钢焊丝

3.2.1 焊丝表面应光滑平整,无毛刺、凹陷、划痕、锐弯、打结、油污及其他对焊接性能或焊接设备操作性能具有不良影响的杂质。焊丝应密排层绕。当焊丝有对接时,接头数量每盘不应超过1个。药芯焊丝的药芯应分布均匀,以保证不影响焊接工艺性能和熔敷金属性能。焊丝应保证均匀连续送丝。

3.2.2 焊丝的尺寸及允许偏差应符合表8的规定。

表 8 不锈钢焊丝的尺寸及允许偏差

单位为毫米

直径	允许偏差
1.0	$-\frac{0}{0.03}$
1.2	$-\frac{0}{0.04}$

注:也可采用供需双方商定的其他规格。

3.2.3 焊丝的型号、牌号、实芯焊丝化学成分及药芯焊丝熔敷金属化学成分应符合表9的规定。

表 9 不锈钢焊丝的化学成分

型号	牌号	化学成分 %						
		w(C)	w(Si)	w(Mn)	w(S)	w(P)	w(Cr)	w(Ni)
ER308LSi-G	H00Cr21Ni10Mn2Si	$\leq 0.03$	0.60~0.90	1.0~2.5	$\leq 0.015$	$\leq 0.025$	19.5~22.0	9.0~11.0
ER309LSi-G	H00Cr23Ni13Mn2Si	$\leq 0.03$	0.60~0.90	1.0~2.5	$\leq 0.015$	$\leq 0.025$	22.5~24.5	12.0~14.0
E308LT1	YH00Cr20Ni10Mn2Si	$\leq 0.04$	$\leq 1.0$	0.5~2.5	$\leq 0.03$	$\leq 0.03$	18.5~21.5	9.0~11.0
E309LT1	YH00Cr24Ni13Mn2Si	$\leq 0.04$	$\leq 1.0$	0.5~2.5	$\leq 0.03$	$\leq 0.03$	22.5~25.5	12.0~14.0

注1:实芯焊丝型号中:ER—实芯焊丝;308(309)—焊丝熔敷金属化学成分分类;L—碳含量较低;Si—焊丝基础合金系中添加一定的Si元素。

注2:药芯焊丝型号中:E—焊丝;308(309)—焊丝熔敷金属化学成分分类;L—碳含量较低;T—药芯焊丝;T后的1—适合全位置焊接。

## 3.2.4 熔敷金属的力学性能应符合表 10 的规定。

表 10 不锈钢焊丝熔敷金属的力学性能

型 号	抗拉强度 $R_m$ MPa	非比例延伸强度 $R_{p0.2}$ MPa	断后伸长率 $A$ %	-40℃冲击功 $A_{kv}$ J
ER308LSi-G	≥520	≥345	35	≥47
ER309LSi-G	≥520	≥345	≥30	≥47
E308LT1	≥520	≥345	≥35	≥35
E309LT1	≥520	≥345	≥25	≥35

3.2.5 ER309LSi-G 及 E309LT1 焊丝熔敷金属的铁素体含量应在 5%~12% 之间。

3.2.6 焊接接头纵向正弯、背弯试验应符合表 11 的规定,弯曲试验后,实芯焊丝试样表面不应有肉眼可见的裂纹,药芯焊丝试样表面不应有大于 3 mm 的裂纹及其他有害缺陷。

表 11 不锈钢焊丝焊接接头弯曲性能

型 号	弯心直径 mm	弯曲角度 180°
ER308LSi-G	4a	完好
ER309LSi-G	4a	完好
E308LT1	40	裂纹等缺陷 ≤ 3 mm
E309LT1	40	裂纹等缺陷 ≤ 3 mm

注:a 为试验板厚度。

## 4 试验方法

## 4.1 熔敷金属试验按以下各条规定进行:

4.1.1 用于耐大气腐蚀钢焊条、气体保护焊丝和埋弧焊丝熔敷金属焊接用试板可选用 TB/T 1979—2003 或附录 A 表 A.1 中任何一种材料。用于不锈钢焊丝熔敷金属焊接用试板可选用附录 A 表 A.2 中任何一种材料。焊接用试板也可采用普通钢板,但需用试验焊材在坡口面及垫板表面堆焊两层以上、厚 3 mm 以上的隔离层。

4.1.2 不锈钢药芯焊丝、耐大气腐蚀钢焊条、气体保护焊丝和埋弧焊丝熔敷金属试件制备时,焊接材料烘干温度、板厚、根部间隙等应分别符合 GB/T 17853—1999、GB/T 5118、GB/T 8110 和 GB/T 5293 的相关规定。不锈钢实芯焊丝熔敷金属试件制备时,板厚、根部间隙等应参照 GB/T 8110 的相关规定。

4.1.3 耐大气腐蚀钢焊条、气体保护焊丝和埋弧焊丝熔敷金属拉伸、低温冲击试验的试样尺寸、取样位置分别按 GB/T 5118、GB/T 8110 和 GB/T 5293 相关规定执行。不锈钢实芯焊丝熔敷金属拉伸、低温冲击试验的试样尺寸、取样位置参照 GB/T 8110 相关规定执行。不锈钢药芯焊丝熔敷金属拉伸试验的试样尺寸、取样位置按 GB/T 17853—1999 中相关的规定执行,低温冲击试验的试样尺寸、取样位置参照 GB/T 8110 相关规定执行。

4.1.4 耐大气腐蚀钢焊条、气体保护焊丝和埋弧焊丝,不锈钢实芯焊丝和药芯焊丝熔敷金属拉伸试验按 GB/T 2652 规定进行。

4.1.5 耐大气腐蚀钢焊条、气体保护焊丝和埋弧焊丝,不锈钢实芯焊丝和药芯焊丝熔敷金属低温冲击试验按 GB/T 2650 的规定进行。

4.1.6 耐大气腐蚀钢焊条、气体保护焊丝和埋弧焊丝熔敷金属加速腐蚀试验所需试样应取自多层堆焊金属上,试验按 TB/T 2375—1993 的规定进行。

## 4.1.7 不锈钢焊丝熔敷金属铁素体含量试验方法按 GB/T 1954 的规定进行。

4.2 耐大气腐蚀钢焊条和不锈钢药芯焊丝化学分析试样应取自熔敷金属。耐大气腐蚀钢气体保护焊丝、埋弧焊丝和不锈钢实芯焊丝化学分析应取自成品焊丝，并备有足够重复分析用的试样。化学成分允许偏差应符合 GB/T 222—2006 的规定，分析方法可按供需双方协商的任何方法进行，仲裁试验应按 GB/T 223 的相关规定进行。

4.3 耐大气腐蚀钢焊条、气体保护焊丝、埋弧焊丝和不锈钢实芯焊丝焊接接头弯曲试样的取样及试验方法按 GB/T 2653 的规定进行。不锈钢药芯焊丝纵向正弯、背弯试验的试样尺寸、取样位置按 GB/T 17853—1999 中的相关规定执行，试验方法按 GB/T 2653 的规定进行。不锈钢焊丝焊接接头纵向正弯和背弯各取 1 个试样进行试验。

4.4 耐大气腐蚀钢焊条和气体保护焊丝抗裂试验温度为 5 ℃～20 ℃，试板厚度为 14 mm～18 mm，焊接热输入应为(17±2) kJ/cm，试验方法见附录 B(方法说明参见附录 C)。

## 5 检验规则

## 5.1 出厂检验

5.1.1 耐大气腐蚀钢焊条、气体保护焊丝、埋弧焊丝和不锈钢焊丝应经过制造厂检验部门检验合格后方可出厂。

5.1.2 耐大气腐蚀钢焊条、气体保护焊丝和埋弧焊丝出厂检验项目为 3.1.1、3.1.2、3.1.4、3.1.3 中埋弧焊丝相关项目和 3.1.5 中熔敷金属的力学性能相关项目。不锈钢焊丝出厂检验项目为 3.2.1、3.2.2、3.2.3 和 3.2.4 中项目。

## 5.2 型式检验

5.2.1 出现下列情况之一应进行型式检验：

- a) 初次生产时；
- b) 正常生产后，如材料和生产工艺有较大改变，可能影响产品性能时；
- c) 正常生产后，每生产一年时；
- d) 停产一年后，恢复生产时。

5.2.2 耐大气腐蚀钢焊条、气体保护焊丝和埋弧焊丝型式检验项目为 3.1.1、3.1.2、3.1.4、3.1.5、3.1.7 及 3.1.3 中埋弧焊丝相关项目，其余项目可由供需双方协商确定。不锈钢焊丝型式检验按 3.2.1、3.2.2、3.2.3 和 3.2.4 中规定进行，其余项目可由供需双方协商确定。

## 5.3 组批规则及检验、复验要求

耐大气腐蚀钢焊条、气体保护焊丝、埋弧焊丝、不锈钢药芯焊丝组批规则、检验、复验应分别符合 GB/T 5118、GB/T 8110、GB/T 5293 和 GB/T 17853—1999 的相关规定。不锈钢实芯焊丝组批规则、检验、复验应参照 GB/T 8110 的相关规定。

## 6 包装、标志和质量证明书

耐大气腐蚀钢焊条、气体保护焊丝、埋弧焊丝、不锈钢药芯焊丝的包装、标志和质量证明书应分别符合 GB/T 5118、GB/T 8110、GB/T 5293 和 GB/T 17853—1999 的相关规定。不锈钢实芯焊丝的包装、标志和质量证明书应参照 GB/T 8110 的相关规定。

**附录 A**  
**(规范性附录)**  
**铁道车辆用不锈钢、400 MPa 及以上级耐大气腐蚀钢化学成分**

A. 1 400 MPa 及以上级耐大气腐蚀钢的化学成分见表 A. 1。

**表 A. 1 400 MPa 及以上级耐大气腐蚀钢的化学成分**

牌号	化学成分 %							
	w(C)	w(Si)	w(Mn)	w(P)	w(S)	w(Cu)	w(Cr)	w(Ni)
Q400NQR1	≤0.12	≤0.75	≤1.10	≤0.025	≤0.008	0.20~0.55	0.30~1.25	0.12~0.65
Q450NQR1	≤0.12	≤0.75	≤1.50	≤0.025	≤0.008	0.20~0.55	0.30~1.25	0.12~0.65
Q500NQR1	≤0.12	≤0.75	≤2.0	≤0.025	≤0.008	0.20~0.55	0.30~1.25	0.12~0.65

A. 2 不锈钢化学成分见表 A. 2。

**表 A. 2 不锈钢的化学成分**

牌号	化学成分 %							
	w(C)	w(Si)	w(Mn)	w(P)	w(S)	w(Cr)	w(Ni)	w(N)
TCS345	≤0.03	≤1.00	≤2.00	≤0.040	≤0.015	10.5~12.5	0.3≤1.0	≤0.03

**附录 B**  
**(规范性附录)**  
**焊接性试验 斜Y形坡口焊接裂纹试验方法**

### B. 1 范围

本试验方法适用于本标准规定的耐大气腐蚀钢焊接接头的斜Y形坡口焊接裂纹试验。

### B. 2 术语和定义

**焊条自动送进装置 Automatic welding apparatus with covered electrode**

能按焊接工艺要求以一定的角度和速度送进焊条，并能控制运条方式以及焊接规范的焊条送进装置。

### B. 3 试件的制备

#### B. 3. 1 试验材料

试验材料应使用附录 A 所列耐大气腐蚀钢。

#### B. 3. 2 试件的形状和尺寸

试件的形状和尺寸如图 B. 1 所示。

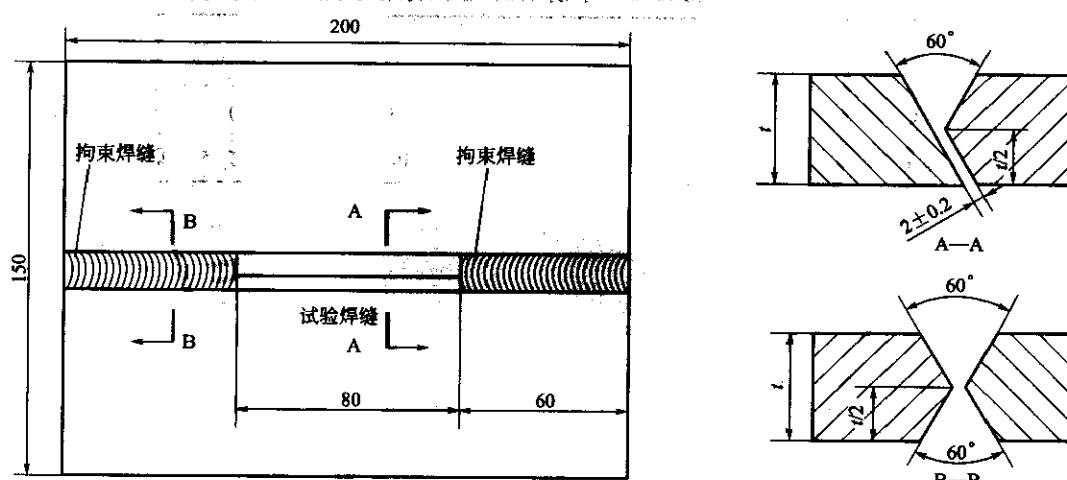


图 B. 1 试件的形状和尺寸

#### B. 3. 3 试件的加工

试件的坡口采用机械切削加工。

### B. 4 试验条件

**B. 4. 1** 试验所用焊材及钢材应按 3. 1. 7 执行，钢材应与试验焊材相匹配。

**B. 4. 2** 焊条焊前要严格进行烘干。

**B. 4. 3** 拘束焊缝采用双面焊接，注意不要产生角变形和未焊透。

**B. 4. 4** 试件达到试验温度后，原则上以标准的规范进行试验焊缝的焊接。

### B. 5 试验步骤

**B. 5. 1** 按图 B. 1 组装试件。

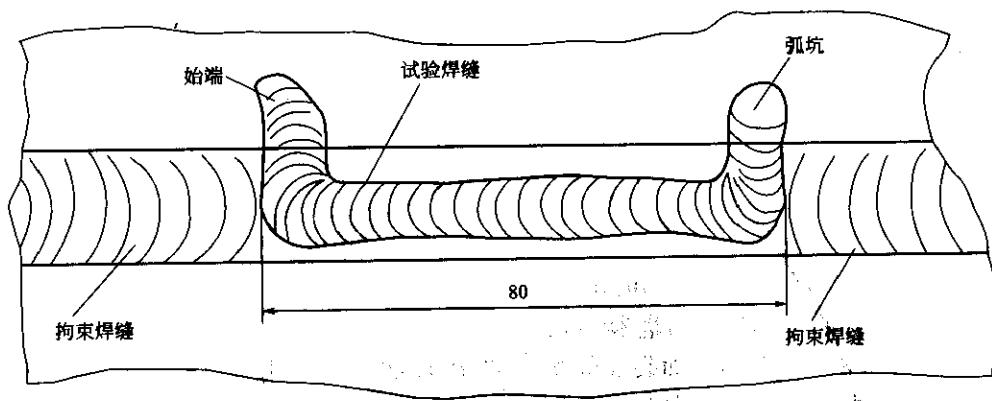
**B.5.2 焊接拘束焊缝。****B.5.3 焊接试验焊缝。****B.5.3.1** 当采用手工焊时,试验焊缝按图B.2所示方法焊接。**B.5.3.2** 当采用焊条自动送进装置焊接时,按图B.3所示进行。**B.5.4** 焊完的试件经48 h以后才能开始进行裂纹的检测和解剖。

图 B.2 采用手工焊时试验焊缝位置

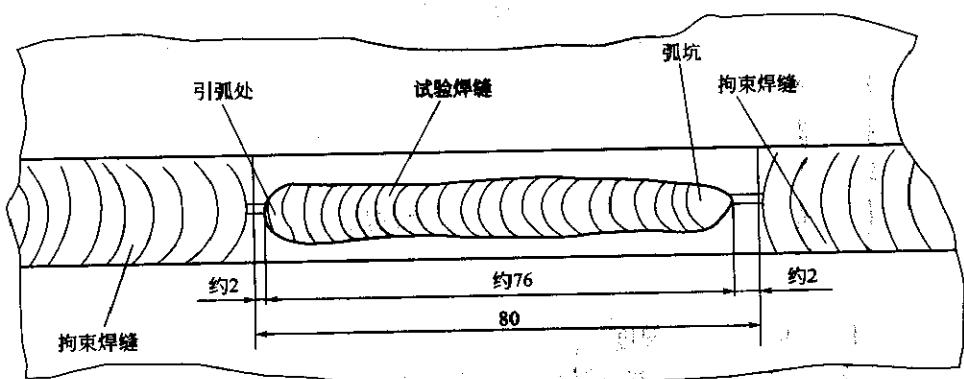


图 B.3 采用焊条自动送进装置焊接试验焊缝位置

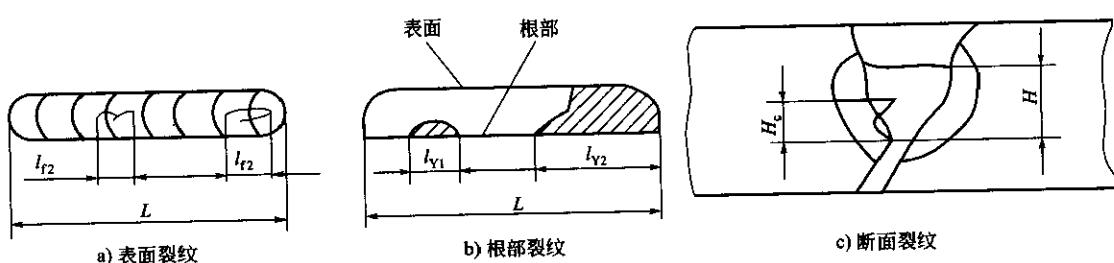
**B.6 计算方法****B.6.1** 采用肉眼或其他适当的方法来检查焊接接头的表面和断面是否有裂纹,并分别计算出表面裂纹率、根部裂纹率和断面裂纹率。**B.6.2** 裂纹的长度和高度按图B.4所示进行检测,裂纹长度为曲线形状如图B.4a)按直线长度检测,裂纹重迭时不必分别计算。

图 B.4 试样裂纹长度的计算

**B.6.3** 采用公式(1)计算表面裂纹率。

$$C_f = \frac{\sum l_f}{L} \times 100\% \quad \dots \dots \dots \quad (1)$$

式中：

$C_f$ —表面裂紋率, %;

$\sum l_i$ ——表面裂纹长度之和,单位为毫米(mm);

$L$ ——试验焊缝长度,单位为毫米(mm)。

**B. 6.4** 将试件采用适当的方法着色后拉断或弯断,然后按图 B. 4b)检测根部裂纹,并按公式(2)计算出根部裂纹率。

$$C_r = \frac{\sum I_f}{I} \times 100\% \quad \dots \dots \dots \quad (2)$$

式中：

C<sub>r</sub>—根部裂纹率, %:

$L$ —试验焊缝长度,单位为毫米(mm);

$\sum l_r$ ——根部裂纹长度之和, 单位为毫米(mm)。

**B. 6.5** 对试件的五个横断面进行断面裂纹检查,按图 B. 4c)的要求测出裂纹的高度,用公式(3)对这五个横断面分别计算出其裂纹率,然后求出其平均值

武中

C<sub>1</sub>—断面裂纹率, %.

$H$ —试样焊缝的最小厚度, 单位为毫米(mm);

$H$ —断面裂纹的高度, 单位为毫米(mm)。

五个横断面的位置是:按试验焊缝宽度开始均匀外与焊缝弧坑中心之间的距离四等分而确定。

B 7. 词 录

### B.7.1 试验日期、时间、环境温度和湿度

### B.7.2 试件钢号及化学成分、试件状态、试件厚度及其轧制方向

#### B.7.3 焊前试件温度、焊接电源的种类、焊接极性、焊条牌号、焊条直径、焊条的烘干温度和时间、焊接电流、焊接电压和焊接速度

#### B.7.4 试件开始解剖时间和方法

### B 7.5 试验结果-裂纹长度及其裂纹率

**附录 C**  
(资料性附录)  
**焊接性试验 《斜Y形坡口焊接裂纹试验方法》的说明**

### C. 1 适用范围

本试验方法所产生的裂纹多出现于焊根尖角处的热影响区。当焊缝金属的抗裂性能不好时,裂纹可能扩展到焊缝金属,甚至贯穿至焊缝表面。裂纹可能在焊后立即出现,也可能在焊后数分钟,乃至数小时后才开始出现。因此,本试验方法主要适用于钢材焊接接头热影响区的冷裂纹试验,也可作为母材和焊条组合的裂纹试验。

### C. 2 试件的制备

C. 2. 1 试件的厚度不作限制,一般常用厚度为 9 mm~38 mm。

C. 2. 2 为避免试件间隙波动以及气割表面层等问题,坡口加工采用机械切削加工。

### C. 3 试验条件

C. 3. 1 试件的拘束焊缝如图 C. 1 所示,开 X 形坡口。焊接试验部位用比 2 mm 略大的塞片插入以保证试件间隙,焊完拘束焊缝后拆除塞片。要严格保证试件两面点固焊的质量。

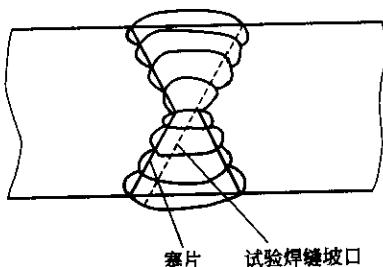


图 C. 1 拘束焊缝坡口形状

C. 3. 2 拘束焊缝焊接:一般采用直径为 4 mm 或 5 mm 低氢型焊条。首先从背面焊第一层,然后再焊正面一侧的第一层,注意不要产生角变形及未焊透。以下各层正面和背面交替焊接,直至焊完。

C. 3. 3 在焊接试验焊缝之前要把在焊接拘束焊缝时所附着的飞溅物清除干净,并去除水滴、油、锈等。为此,首先可用适当的加热方法清除表面水滴、油脂。待充分冷却后,用钢丝刷和砂纸打磨坡口除锈,最后用丙酮洗净。

C. 3. 4 试验一般在室温进行,也可在各种预热后和热处理条件下进行试验。

为进一步提高裂纹的敏感性,可以将试件进行零度以下温度的预冷,或把试件的一半浸放在水中,进行焊接。

C. 3. 5 手工焊焊接试验焊缝时,应在坡口外引弧,收弧也应离开坡口进行。

采用焊条自动送进装置进行焊接时,引弧和收弧均在试验坡口内进行。

### C. 4 试验步骤

C. 4. 1 表面裂纹的检查采用肉眼观察或其他适当的方法,以磁粉或着色法为好。断面裂纹检测要对裂纹检测的横断面进行研磨腐蚀。普通钢材采用 5% 硝酸酒精溶液腐蚀,尤其推荐采用 3% 苦味酸酒精

溶液加 3% 浓硫酸腐蚀,然后采用放大 20 至 30 倍的显微镜来检测裂纹。

C. 4.2 不应采用气割方法从试验板上切取试样,要用机械切割,要避免因切割振动而引起裂纹的扩展。

#### C. 5 计算方法

C. 5.1 焊缝的引弧处和收弧处的裂纹,在很大程度上取决于焊工的技艺,此裂纹可延伸到试验焊缝中去。为避免对钢材及焊条裂纹敏感性的错误判断,采用手工电弧焊焊接试验焊缝时应在坡口以外处引弧和收弧(如图 B. 2 所示)。

采用焊条自动送进装置进行焊接时,裂纹率的计算要包括引弧处和收弧处所产生的裂纹,但收弧处的热裂纹除外。

C. 5.2 采用焊条自动送进装置焊接试验焊缝时,试验焊缝中的根部裂纹率可以从断面裂纹检查结果,依下法算出:试验焊缝引弧和收弧部分的各横断面上检出根部裂纹,各以裂纹率的 17% 来计算;焊缝中中央部三个横断面上的根部裂纹率各以裂纹率的 22% 计算;以此计算的五个横断面裂纹率之和为根部裂纹率。

C. 5.3 断面裂纹率还可以采用下述方法进行计算:将试验焊缝采用适当方法着色,然后把试样拉断或弯断。此时断面裂纹率用被断面上的裂纹面积与全断面面积之比以百分率表示。