

## 第十八章 铝合金车体焊接工艺评定的原则

### 第一节 工艺评定的目的

工艺评定是验证一个企业焊接能力的工作，它是企业焊接材料的选择能力、母材质量控制能力、焊缝外观控制能力、焊缝内在质量控制能力、焊工操作技能水平、焊接参数优化能力的综合。

通过工艺评定，可以检验标准期望的焊缝力学性能能否达到要求，通过工艺评定可以检验焊缝的焊接材料选择、焊接操作技能、焊接参数、焊接质量控制是否正确。

### 第二节 工艺评定内容的制定流程

工艺评定主要依据是新标准 ISO15614-2，新标准比老标准 EN288 有一些大的改动，如将焊接位置不再列为评定的内容，工艺评定的制定主要依据母材、板厚、焊角大小、焊接接头种类、焊丝、焊接保护气体、焊接方法、焊接清根方式、特殊要求来制定，在新标准中，主要依据以下步骤制定工艺评定的内容。

#### 一、铝合金母材的选择范围

在工艺评定中，铝合金材料选择的原则是高强度材料可以代替低强度材料的焊接工艺评定；时效处理型铝合金可以代替非时效处理型铝合金，因此，在轨道车辆工业领域的铝合金焊接工艺评定中，优先选用 7XXX 系列铝合金代替 3XXX、5XXX、6XXX 系列的铝合金，用 T6 状态材料代替 T4、T5 状态材料，但对于 3mm 以下的材料，选择 7XXX 系列铝合金的可能性很小，一般选择 6XXX 系列铝合金做工艺评定就足够覆盖所有范围，表 18-1 为材料认证范围覆盖表，对于其它行业，可根据该表进行进一步细化。

表 18-1 材料认证范围覆盖表

试件的材料分组（小组）	相似接合范围分组（小组）	相异结合范围分组（小组）
21 到 21	21 到 21	不适用
22.1 到 22.1	22.1 到 22.1	22.1 到 22.2
	22.2 到 22.2	
22.2 到 22.2	22.2 到 22.2	22.1 到 22.2
	22.1 到 22.1	
22.3 到 22.3	22.3 到 22.3	22.1、22.2、22.3 和 22.4 之间的组合
	22.1 到 22.1	
	22.2 到 22.2	
	22.4 到 22.4	
22.4 到 22.4	22.4 到 22.4	22.1、22.2、22.3 和 22.4 之间的组合
	22.1 到 22.1	
	22.2 到 22.2	
	22.3 到 22.3	
23.1 到 23.1	23.1 到 23.1	22.1、22.2a、22.3a 和 22.4a 之间的组合
	22.1 到 22.1	
	22.2 到 22.2 a	
	22.3 到 22.3 a	
	22.4 到 22.4 a	
23.2 到 23.2	23.2 到 23.2	23.2 到 23.1
	23.1 到 23.1	22.1、22.2a、22.3a 和 22.4a 之间的组合
	22.1 到 22.1	
	22.2 到 22.2 a	
	22.3 到 22.3 a	
	22.4 到 22.4 a	
24.1 到 24.1	24.1 到 24.1	不适用
24.2 到 24.2	24.2 到 24.2	24.2 到 24.1 以及 24.2 到 23.1b
	24.1 到 24.1	

	23.1 到 23.1 b	
25 到 25	25 到 25	25 到 24.1
	24.1 到 24.1	25 到 24.2
	24.2 到 24.2	
26 到 26	26 到 26	26 到 24.1c、24.2c 或 5c 中的任一种
	24.1 到 24.1 c	
	24.2 到 24.2 c	
	25 到 25 c	
注： 倘若使用相同的填充金属，资格评定结果有效。		
a	如果使用的是铝—镁填充金属。	
b	如果使用的是铝—硅填充金属。	
c	仅用于铸件。	

## 二、材料厚度的认证范围

在一定厚度范围内，焊缝的特征基本保持一致。因此，不必每个厚度均做焊接工艺评定，在一定厚度范围内，选取某个厚度做工艺评定试验即可覆盖该范围内的工艺评定，厚度替代范围见表 18-2。

表 18-2 材料厚度替代范围表

试件厚度 t	资格范围
$t \leq 3$	0.5t 到 2t
$3 < t \leq 20$	3 到 2t
$t > 20$	$\geq 0.8t$

## 三、焊角覆盖范围

焊角的大小会影响力学性能、操作技巧、焊接方法等，因厚度的替代范围不能完全适合焊角的替代关系。一般选择板厚 3、6、15mm 的材料，基本上就可以覆盖所有的焊角范围，具体焊角覆盖范围见表 18-3。

表 18-3 焊角替代范围表

试件焊缝厚度 a	资格范围
a < 10	0.75a 到 1.5a
a ≥ 10	≥ 7.5

#### 四、焊接接头种类的覆盖范围

一般来讲，不是每种接头均需要做工艺评定，复杂焊接条件可以取代简单工艺条件，例如带背板条件的焊接就可以替代无背板焊接的工艺评定；不带清根的焊接就可以替代带清根的焊接工艺评定，表 18-4 是接头的覆盖范围。

表 18-4 焊接接头替代范围表

焊接工艺评定 试件的接头种类			认可范围								
			板对接接头				管对接接头		支接管接头		板管角焊缝
			单面焊		双面焊		单面焊		单面焊	双面焊	
			带衬垫	不带衬垫	清根	不清根	带衬垫	不带衬垫	-	-	-
板对接接头 <sup>b</sup>	单面焊	带衬垫	X	-	X	-	X <sup>a</sup>	-	-	X <sup>a</sup>	X
		不带衬垫	X	X	X	X	X <sup>a</sup>	X <sup>a</sup>	X <sup>a</sup>	X <sup>a</sup>	X
	双面焊	清根	X	-	X	-	X <sup>a</sup>	-	-	X <sup>a</sup>	X
		不清根	X	-	X	X	-	-	-	X <sup>a</sup>	X
管对接接头	单面焊	带衬垫	X	-	X	-	X	-	-	X	X
		不带衬垫	X	X	X	X	X	X	X	X	X
支接管接头	单面焊	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X
	双面焊	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X
板管角焊缝	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X
注： X 表示 WPS 涵盖了这些接头种类。 - 表示 WPS 未涵盖这些接头种类。 a 板可以认可直径大于 500 毫米的管子。 b 板对接接头认可了 T 型接头。											

## 五、不同焊接方法的工艺评定

自动焊、手工 MIG 焊、TIG 焊、激光焊接等不同的焊接方法，需要做不同的工艺评定。

## 六、接头型式

对接、角接、搭接等接头形式，在做工艺评定上没有严格的区别。一般情况下对接接头的工艺评定就足够了，但设计产品上大部分接头型式为角接或重要部位均为搭接结构时，也要补充做角接接头或搭接接头的工艺评定。

## 七、焊接位置

各种焊接位置，在评定上没有区别，PF、PD 和 PA 的评定在新标准中不再区分。

## 八、焊接材料

焊接材料通常指保护气体、焊丝，当焊接保护气体不同时，需要做不同的工艺评定，焊丝超出可替代的组别时也需要重新做工艺评定，焊丝替代范围见表 18-5。

表 18-5 焊丝替代范围表

类型	合金设计	化学成份设计	备注
类型 1	R-1450 R-1050A	AL99.5Ti AL99.8	通过晶粒的强化作用，Ti 降低了焊接金属中裂纹的敏感性
类型 3	R-3103	ALMn1	
类型 4	R-4043A R-4046 R-4047 R-4018	ALSi5 ALSi10Mg ALSi12(A) AL7SiMg	由于阳极化和暴露在空气中，类型 4 合金氧化成黑白色，颜色的深度随 Si 含量的提高而提高。因此这类填充金属和锻造母材之间颜色对比不明显  这类填充金属材料特定用于防止高稀释度和高抑制变形的焊接接头的晶间裂纹
类型 5	R-5249 R-5754	ALMg2Mn0.8Zr ALMg3	如果着重考虑防腐性能和颜色对比，那么填充金属的 Mg 的含量应和母材匹配。如果着重考虑

			防透性和焊接金属的断裂强度，那没应使用 Mg 含量为 4.5%到 5%的填充金属
R-5556A	ALMg5. 2Mn		
R-5183	ALMg4. 5Mn. 07 (A)		通过晶粒的强作用 Cr 和 Zr 降低了焊接金属中的裂纹的敏感性，Zr 降低了热裂纹的发生
R-5087	ALMg4. 5MnZr		
R-5356	ALMg5Cr (A)		
注释 1 类型中数字 1、2、3、4、5 对应合金设计中的第一个数字			
注释 2 该表知道有新的填充金属标准替代它之前一直有效			

### 九、用户特殊要求的工艺评定

当采用新焊接方法、设备、材料并超出以上范围，需要做工艺评定。

### 第三节 车辆工业铝合金车体焊接应该进行的工艺评定内容

在车辆铝合金工业，一般做以下工艺评定就可覆盖所有工艺评定内容。如果气体、焊丝、焊接方法（TIG、激光、搅拌）发生变化，在表 18-6 中，重复做相同内容。

表 18-6 焊接工艺基本评定建议表

序号	评定项目	接头形式	母材	填充金属	焊接位置	焊接方法	接头几何形状	材料	板厚	试板尺寸	覆盖范围		
											板厚及母材厚度	材料组别	焊缝细节
1	ISO15614-2 351 P RW 25.1 S 105 PA ss nb	SW	V 60°	PA	151°-手工		ER-AW 6005A T	3mm	150 × 200	1.6 ≤ t ≤ 6	21, 22, 23	ss nb, ss nb, bs	s1
2	ISO15614-2 351 P RW 25.2 S 115 PA ss nb	SW	V 60°	PA	151°-手工		ER-AW 1020 T6	15mm	150 × 200	3 ≤ t ≤ 20	21, 22, 23	ss nb, bs	s1, n1
3	ISO15614-2 351 P RW 25.1 S 121 PA bs ec	SW	X 70° 3mm	PA	151°-手工		ER-AW 6005A T	2mm	150 × 200	t ≥ 19.2	21, 22, 23	ss nb	s1, n1
4	ISO1118 351 P RW 25.1 S 105 PA ss nb	SW	V 60°	PA	151°-半自动		ER-AW 6005A T	3mm	150 × 200		21, 22, 23	ss nb, bs	s1
5	ISO15614-2 351 P FW 25.1 S 105 PA nb s1	FW	T	PA	151°-手工		ER-AW 6005A T	3mm	150 × 150	3 ≤ a	21, 22, 23		s1
	ISO15614-2 351 P FW 25.1 S 108 PA nb s1	FW	T	PA	151°-手工		ER-AW 6005A T	3mm	150 × 150	3 ≤ a	21, 22, 23		
6	ISO15614-2 351 P FW 25.2 S 115 PA nb n1	FW	T	PA	151°-手工		ER-AW 1020 T6	15mm	150 × 150	a ≥ 7.5	21, 22, 23		s1, n1