

## 铝·铝合金

- MIG焊材料
- TIG焊材料

11

# 铝合金用材料

铝或铝合金的焊接比较容易产生内部气孔和热裂纹。防止对策如下所示。

## 1.内部气孔的防止

内部气孔是溶解在熔融金属中的氢元素，在金属凝固时汽化而产生的。为防止气孔的发生，去除熔融金属氢元素的来源尤为重要。要点如下所示。

### ①材料的管理

- 材料在干燥处保存。
- 为防尘、防污将材料放入塑料袋保管。
- 避免手直接碰触或与脏手套碰触，请使用清洁的手套。

### ②母材的管理（焊接前管理）

- 使用有机溶剂（丙酮等）将表面的油污去除。
- 清除表面的氧化膜。  
去除方法有机械法（不锈钢刷，铝用打磨机）和化学法（硝酸或氢氧化钠）。

### ③焊接现场

- 尽量降低湿度和尘埃。
- 空气中的水分会影响较大。另外为保证保护气充分起到效果，必须采取防风措施。  
相对湿度超过85%，气孔会急剧增加。另外微风（0.5~1.0m/分）也会有较大影响。

### ④焊机

- 保护气体管道要使用不锈钢或特氟龙材质。避免使用易吸湿的橡胶制管。
- 焊接开始前将保护气体以3~5ℓ/min的速度从焊枪释放15分钟。
- 氩气的结露点是在焊枪出口处-45℃以下时发生。

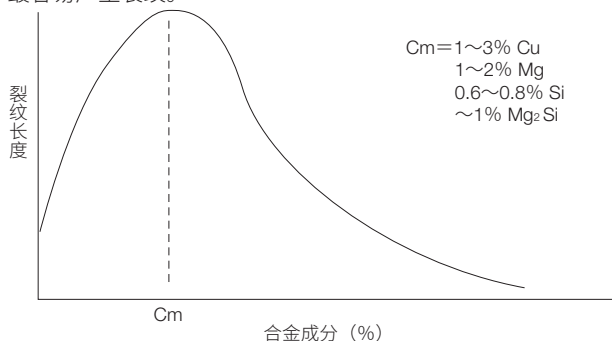
### ⑤焊接施工

- 定位焊接部的黑粉、氧化膜充分去除，定位焊点大，电弧会变得不稳定，所以该部分的余高应该尽量小。
- 横焊、仰焊容易发生气孔，尽量采取平焊姿势。
- 为防止气孔应采用最适合的电弧长度。喷射电弧中伴有偶尔的短路音为最佳。
- 焊道起弧位置容易发生气孔，因此请使用引弧板或预留充分时间。

## 2. 裂纹的防止

### ① 焊接裂纹产生的倾向及材料的选定

铝合金的焊接裂纹产生的倾向如下图所示，在一定的合金成分范围内最容易产生裂纹。



铝二元合金的焊接裂纹产生倾向

共晶引起焊接裂纹的材料是由于母材处于易开裂成分范围以内。然而，这种类型的母材即使与成分不同的材料进行焊接，也可以将其焊缝金属的化学成分从容易发生裂纹的区域中避开。另外，含有大量Mg的5000系材料，因其较易发生应力腐蚀裂纹，特别是针对疲劳性能有要求时，推荐采用Mg含量在3%以下的（A5554）材料。因此类因素的考量，针对一般结构件的焊材选定指南标示于JIS Z 3604。404页中有标示指南。

### ② 焊接施工

- 坡口间隙越大、焊接速度越快，越容易发生裂纹。请提高坡口精度或降低焊接速度。
- 热影响区及焊接部分的上一层，有细微裂纹发生时，请降低线能量。
- 为防止细微裂纹，层间温度请控制在70°C以下。
- 预热会助长细微裂纹的发生及母材强度的下降，一般情况下不建议预热。
- 因弧坑部较易产生裂纹，请仔细处理弧坑部分。
- 双面焊接时，清根量过多，会导致之前的焊道产生细微裂纹。
- 补焊时清根量和补焊次数要充分留意。

补焊不仅会助长细微裂纹的产生，随着次数的增加，焊接部的强度也随之下降。请尽量控制在3次以内，清根深度和补焊时的线能量务必控制在最小量。

# MIG焊材料及TIG焊材料

牌 号	标 准	JIS	用 途 · 使 用 特 性
		AWS	
®A-1070WY	Z 3232 A1070-WY	—	纯铝焊接用。用于要求焊接部位和母材有同等的耐蚀性和延展性的场合。
®A-1070BY	Z 3232 A1070-BY	—	
®A-1100WY	Z 3232 A1100-WY A5.10 ER1100	—	纯铝系材料。适用于99.0%以上的纯铝以及Al-Mn系合金 (A3003, A3203等) 的焊接, 用于热交换器、化学装置等。操作性和耐蚀性良好, 有着出色的延展性和韧性。
®A-1100BY	Z 3232 A1100-BY A5.10 R1100	—	
®A-4043WY	Z 3232 A4043-WY A5.10 ER4043	—	标准为5.3%Si的Al-Si系材料。因耐热裂纹能力强, 适用于容易发生裂纹的6000系合金及铝合金铸件的焊接。含有3%以上Mg成分的Al-Mg合金在焊接部位生成Mg <sub>2</sub> Si化合物, 造成接头性能变差, 需要注意。
®A-4043BY	Z 3232 A4043-BY A5.10 R4043	—	
®A-5356WY	Z 3232 A5356-WY A5.10 ER5356	—	标准为5.0%Mg的Al-Mg系材料。通过添加Ti来改善力学性能, 焊接性优良, 属于被广泛使用的焊接材料。适用于Al-Mg系合金 (A5052等)、Al-Mg-Si系合金 (A6061等) 以及 Al-Zn-Mg系合金 (A7N01等) 焊接, 在两轮车及车辆等行业使用。与A5183相比强度较低。
®A-5356BY	Z 3232 A5356-BY A5.10 R5356	—	
®A-5183WY	Z 3232 A5183-WY A5.10 ER5183	—	标准为4.8%Mg、0.75%Mn系材料。焊接性优良, 力学性能、耐蚀性良好。适用于Al-Mg系合金、Al-Mg-Si系合金、Al-Zn-Mg系合金的焊接, 和A5356同样被广泛应用于LNG储罐、高速船、渔船等领域。
®A-5183BY	Z 3232 A5183-BY A5.10 R5183	—	
®A-5554WY	Z 3232 A5554-WY A5.10 ER5554	—	标准为2.9%Mg、0.70%Mn系材料。焊接性优良, 力学性能、耐蚀性良好。适用于Al-Mg系合金、Al-Mg-Si系合金、Al-Zn-Mg系合金的焊接, 在汽车等行业使用。
®A-5554BY	Z 3232 A5554-BY A5.10 R5554	—	

备注1.A-XXXXWY表示的是MIG焊材料, A-XXXXBY表示的是TIG焊材料。

主要直径 mm	焊丝·填充材料的 化学成分一例 %				焊接接头的抗拉试验一例				鉴别 色
					屈服强度 MPa	抗拉强度 MPa	母材	保护 气体	
1.2 1.6  2.4 3.2 4.0 5.0	Al				33	77	A1100P -O	Ar	-
	99.76								黑色
1.2 1.6 2.4  1.6 2.0 2.4 3.2	Cu	Al			38	93	A1100P -O	Ar	-
	0.09	99.15							红色
0.8 1.2 1.6 2.4  1.6 2.0 2.4 3.2 4.0 5.0	Si				121	198	A6061P -T6	Ar	-
	5.4								橙色
0.8 1.0 1.2 1.4 1.6 2.4  1.2 1.6 2.0 2.4 3.2 4.0	Mn	Mg	Cr	Ti	140	285	A5083P -O	Ar	-
	0.14	5.0	0.12	0.11					黄绿色
0.8 1.0 1.2 1.6 2.0 2.4  1.6 2.0 2.4 3.2 4.0 5.0	Mn	Mg	Cr	Ti	145	289	A5083P -O	Ar	-
	0.64	5.0	0.07	0.07					蓝色
1.2 1.6 2.4  2.4 3.2	Mn	Mg	Cr	Ti	122	232	A5454 P-O	Ar	-
	0.66	2.9	0.09	0.11					黄色

备注2.船级认证A-5183WY及BY: NK, ABS, LR, DNV·GL, BV  
详情请参照568~569页。

## 配合母材选定材料指南 (JIS Z 3604)

母材 \ 母材	AC7A	AC4D	AC4C ADC12	A7003 A7N01	A6061 A6N01 A6063 A6101	A5086 A5083 A5056	A5154 A5254 A5454	
A1070 A1050	( <sup>2</sup> ) ( <sup>5</sup> ) A4043	( <sup>6</sup> ) A4043	( <sup>5</sup> ) ( <sup>6</sup> ) A4043	( <sup>2</sup> ) ( <sup>4</sup> ) ( <sup>5</sup> ) A5356	( <sup>5</sup> ) ( <sup>7</sup> ) A4043	( <sup>2</sup> ) A5356	( <sup>2</sup> ) ( <sup>4</sup> ) ( <sup>5</sup> ) A5356	
A1100 A3003 A3203	( <sup>2</sup> ) ( <sup>5</sup> ) A4043	( <sup>6</sup> ) A4043	( <sup>5</sup> ) ( <sup>6</sup> ) A4043	( <sup>2</sup> ) ( <sup>4</sup> ) ( <sup>5</sup> ) A5356	( <sup>5</sup> ) ( <sup>7</sup> ) A4043	( <sup>2</sup> ) A5356	( <sup>2</sup> ) ( <sup>4</sup> ) ( <sup>5</sup> ) A5356	
A1200	( <sup>2</sup> ) ( <sup>5</sup> ) A4043	( <sup>6</sup> ) A4043	( <sup>5</sup> ) ( <sup>6</sup> ) A4043	( <sup>2</sup> ) ( <sup>4</sup> ) ( <sup>5</sup> ) A5356	( <sup>5</sup> ) ( <sup>7</sup> ) A4043	( <sup>2</sup> ) A5356	( <sup>2</sup> ) ( <sup>4</sup> ) ( <sup>5</sup> ) A5356	
A3004	( <sup>2</sup> ) A4043	( <sup>5</sup> ) A4043	A4043	( <sup>2</sup> ) ( <sup>3</sup> ) ( <sup>4</sup> ) A5356	( <sup>2</sup> ) ( <sup>3</sup> ) ( <sup>5</sup> ) ( <sup>7</sup> ) A4043	( <sup>2</sup> ) A5356	( <sup>2</sup> ) ( <sup>3</sup> ) A5356	
A2014 A2017	—	( <sup>6</sup> ) A2319	BA4145	—	BA4145	—	—	
A2219	( <sup>5</sup> ) A4043	( <sup>4</sup> ) ( <sup>5</sup> ) ( <sup>6</sup> ) A2319	( <sup>4</sup> ) ( <sup>5</sup> ) BA4145B	( <sup>5</sup> ) A4043	( <sup>5</sup> ) ( <sup>6</sup> ) A4043	—	( <sup>5</sup> ) A4043	
A5005 A5N01	( <sup>2</sup> ) ( <sup>3</sup> ) A5356	( <sup>5</sup> ) A4043	( <sup>5</sup> ) A4043	( <sup>2</sup> ) ( <sup>3</sup> ) A5356	( <sup>2</sup> ) ( <sup>3</sup> ) ( <sup>5</sup> ) ( <sup>7</sup> ) A4043	( <sup>2</sup> ) A5356	( <sup>2</sup> ) ( <sup>3</sup> ) A5356	
A5052 A5652	( <sup>2</sup> ) ( <sup>3</sup> ) A5356	( <sup>5</sup> ) A4043	( <sup>2</sup> ) ( <sup>3</sup> ) ( <sup>5</sup> ) A4043	( <sup>2</sup> ) ( <sup>3</sup> ) A5356	( <sup>2</sup> ) ( <sup>3</sup> ) ( <sup>5</sup> ) ( <sup>7</sup> ) A4043	( <sup>2</sup> ) A5356	( <sup>2</sup> ) ( <sup>3</sup> ) A5356	
A5154 A5254 A5454	( <sup>2</sup> ) ( <sup>3</sup> ) A5356	—	( <sup>2</sup> ) ( <sup>3</sup> ) ( <sup>5</sup> ) A4043	( <sup>2</sup> ) ( <sup>3</sup> ) A5356	( <sup>2</sup> ) ( <sup>3</sup> ) ( <sup>4</sup> ) A5356	( <sup>2</sup> ) ( <sup>3</sup> ) A5356	( <sup>2</sup> ) ( <sup>3</sup> ) A5356	
A5086 A5083 A5056	( <sup>2</sup> ) A5356	—	( <sup>2</sup> ) ( <sup>4</sup> ) ( <sup>5</sup> ) A5356	( <sup>2</sup> ) A5356	( <sup>2</sup> ) A5356	( <sup>2</sup> ) A5183		
A6061 A6N01 A6063 A6101	( <sup>2</sup> ) ( <sup>3</sup> ) ( <sup>4</sup> ) ( <sup>5</sup> ) A5356	( <sup>5</sup> ) ( <sup>6</sup> ) A4043	( <sup>2</sup> ) ( <sup>3</sup> ) ( <sup>5</sup> ) A4043	( <sup>2</sup> ) ( <sup>3</sup> ) ( <sup>4</sup> ) ( <sup>5</sup> ) A5356	( <sup>2</sup> ) ( <sup>3</sup> ) ( <sup>5</sup> ) A4043			
A7003 A7N01	( <sup>2</sup> ) ( <sup>3</sup> ) A5356	( <sup>5</sup> ) A4043	( <sup>2</sup> ) ( <sup>3</sup> ) ( <sup>5</sup> ) A4043	( <sup>2</sup> ) A5356				
AC4C ADC12	( <sup>2</sup> ) ( <sup>3</sup> ) ( <sup>5</sup> ) A4043	( <sup>5</sup> ) ( <sup>6</sup> ) A4043	( <sup>5</sup> ) ( <sup>6</sup> ) A4043					
AC4D	—	( <sup>5</sup> ) ( <sup>6</sup> ) ( <sup>6</sup> ) A4043						
AC7A	( <sup>2</sup> ) ( <sup>3</sup> ) ( <sup>6</sup> ) A5356							

	A5052 A5652	A5005 A5N01	A2219	A2014 A2017	A3004	A1200	A1100 A3003 A3203	A1070 A1050
	<sup>(2)</sup> <sup>(5)</sup> A4043	<sup>(1)</sup> <sup>(4)</sup> <sup>(5)</sup> A1100	<sup>(4)</sup> <sup>(5)</sup> BA4145	BA4145	<sup>(2)</sup> <sup>(5)</sup> A4043	<sup>(1)</sup> <sup>(4)</sup> <sup>(5)</sup> A1200	<sup>(1)</sup> <sup>(4)</sup> <sup>(5)</sup> A1100	<sup>(1)</sup> <sup>(4)</sup> <sup>(5)</sup> A1070
	<sup>(2)</sup> <sup>(5)</sup> A4043	<sup>(1)</sup> <sup>(4)</sup> <sup>(5)</sup> A1100	<sup>(4)</sup> <sup>(5)</sup> BA4145	BA4145	<sup>(2)</sup> <sup>(5)</sup> A4043	<sup>(1)</sup> <sup>(4)</sup> <sup>(5)</sup> A1200	<sup>(1)</sup> <sup>(4)</sup> <sup>(5)</sup> A1100	
	<sup>(2)</sup> <sup>(5)</sup> A4043	<sup>(1)</sup> <sup>(4)</sup> <sup>(5)</sup> A1200	<sup>(4)</sup> <sup>(5)</sup> BA4145	BA4145	<sup>(1)</sup> <sup>(4)</sup> A1200	<sup>(1)</sup> <sup>(4)</sup> <sup>(5)</sup> A1200		
	<sup>(2)</sup> <sup>(3)</sup> <sup>(4)</sup> <sup>(5)</sup> A5356	<sup>(2)</sup> <sup>(3)</sup> <sup>(4)</sup> A5356	<sup>(4)</sup> <sup>(5)</sup> BA4145	BA4145	<sup>(2)</sup> <sup>(3)</sup> <sup>(4)</sup> A5356			
	—	BA4145	<sup>(9)</sup> BA4145	<sup>(9)</sup> BA4145				
	<sup>(5)</sup> A4043	<sup>(5)</sup> <sup>(6)</sup> A4043	<sup>(4)</sup> <sup>(5)</sup> <sup>(6)</sup> A2319					
	<sup>(2)</sup> <sup>(3)</sup> <sup>(4)</sup> <sup>(5)</sup> A5356	<sup>(2)</sup> <sup>(3)</sup> <sup>(4)</sup> <sup>(8)</sup> A5356						
	<sup>(2)</sup> <sup>(3)</sup> <sup>(4)</sup> A5356							

注 <sup>(1)</sup> A1100和A1200均可使用。

<sup>(2)</sup> A5356, A5556, A5183均可使用。

<sup>(3)</sup> A5654, A5554均可使用。

<sup>(4)</sup> 根据用途可以使用A4043。

<sup>(5)</sup> A4047可以使用。

<sup>(6)</sup> BA4145可以使用。

<sup>(7)</sup> 阳极氧化处理后, 产生色差不可避免的情况下使用A5356比较合适。

<sup>(8)</sup> 使用和母材相同成分的填充材料。

<sup>(9)</sup> A2319可以使用。

备注1. 上面的组合在常温及低温使用情况下, 适用于一般焊接结构件, 对于使用温度超过65°C 的场合, 避免使用A5356, A5183, A5556以及A5654。

2. 表示焊条及焊丝的BY及WY省略。

3. 省略了母材内部延展性的形状的记号, 无论哪种形状都适用。

4. BA4145虽然在JIS Z 3263标准中已有规定, 但可能作为2000系合金的填充材料才有效。