

第六章 铝及铝合金加热处理工艺

第一节 焊前预热

由于铝合金的导热率高，当环境温度较低或材料厚度较大时，为保证焊接质量，一般焊接之前要对焊接区域进行预热，常用的预热方法采用火焰加热。通常预热到90℃即足以保证开始焊接处有足够的熔深，因而不必要在起弧后重新调节电流。一般铝合金预热温度很少超过150℃，因为在较高温度下某些铝合金的性能和热处理状态会受到不利的影响。含4.0%~5.5%镁的铝镁合金（5083、5086和5756）的预热温度一般不应超过90℃，否则会降低其抗应力腐蚀开裂的性能。对于可热处理的合金，预热温度高会扩大软化区范围。

使用AlZnMg合金，预热要尽快横跨200℃ - 300℃的危险温度范围！在此区间预热时间越长，强度损失越大。温度保持时间太长会导致粗晶结构，造成晶间腐蚀抗力下降，因此不要输入太多的热量。晶界对金属晶间滑移起自然阻碍作用，如果金属变的很热，那么结晶粒度就会变大，晶粒间的表面变小，滑面移动障碍物缺乏，金属就会失去它的强度。预热时间和预热温度对强度影响如下：

一、预热时间

预热对不同的铝合金影响有很大的差异，对时效硬化铝合金，预热过大会使强度明显下降，有些铝合金强度下降后，自恢复能力很强，如AlZnMg合金在加热强度损失后，能够在30天左右很快恢复到基体强度，但有些铝合金，强度下降后不可恢复。预热时间对铝合金强度的影响也很大，预热时间越长，越容易造成下降的强度不可恢复，因此，生产中，要严格控制预热时间，一般采用快速加热的热源来避免预热时间过长，在加热温度不变的前提下，预热时间对AlZnMg合金强度影响如下：

预热 2 min，再冷却到室温的强度值为 350 MPa

预热 6 min，再冷却到室温的强度值为 320 MPa

预热 10 min，再冷却到室温的强度值为 280 MPa

二、预热温度

对于AlZnMg合金，当材料加热到150℃时，材料强度变为室温强度的80%，当加热到200℃时，材料强度是室温强度的60%，当加热到400℃时，材料强度只为室温强度的10%。因此，不能过分预热金属。材料加热温度的控制主要采用测温笔和点式温度测量计，测温笔

有各种温度范围，根据加热范围取不同型号，在使用时，当材料加热到合适温度，用笔往工件上画痕迹，如果痕迹迅速融化，表明工件已经达到了预定加热温度，如果温度没到，笔是坚硬的，在工件表面不留任何痕迹，预热温度对材料强度的影响见图 6-1。

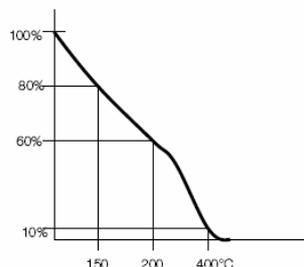


图 6-1 预热温度对材料抗拉强度影响

预热温度要严格控制，一般用点式测温计测量。当用点式测温计时，仪器反应需要一定时间，待温度稳定后再读取数值，用点式温度计时，要注意测量时间和加热撤离时间间隔。预热要确保不会由于预热时间过长或可燃气体中含有过量氧气，而导致焊边上的氧化物层越积越厚，表 6-1 是推荐值。

表6-1 铝合金预热温度和时间指导值

材料	材料厚度范围， 单位 (mm)		最大预热温度 单位° C	最大预热时间 单位sec
	TIG	MIG		
AlMgSi 0.5	5 - 12	8-2 0	180	60
AlMgSi 1	>12	>20	200	30
AlMgSi 0.7	5-12	8-20	220	20
	>12	>20	250	10
AlZn4.5Mg	4 -12	8-16	140	30
	>12	>16	160	20
AlMg 4.5Mn	6 - 12	8-16	200	10
	>12	>16	220	20

将用于钢材预热的焊炬类型用于铝合金材料预热，要使用次一号的焊炬规格,表6-2说明了焊炬和预热厚度的关系。

表6-2 焊炬和预热厚度关系表

预热焊炬的类型	氧气消耗量, 单位L/h	工件厚度, 单位 (mm)
2号	160	<15
4号	500	<15
5号	800	<15
6号	1250	<15
8号	2500	<40
10号	4000	<40

图6-2 示意了加热焊炬和加热的方式。

焊炬加热要采用中性火焰，过多的氧气会使铝合金表面氧化膜变厚，加热火焰要采用集中性火苗，过于分散会使加热时间变长。



图 6-2 焊炬和加热方式

三、预热温度对 6006AT6 铝合金材料强度影响的试验研究

车辆工业所使用的铝合金型材，大部分都是6005AT6铝合金，由于该铝合金是时效硬化型铝合金，热强度损失作用明显。在热作用下，铝合金可能出现强度下降、晶间开裂等等问题，尤其材料在焊接热循环作用下，在热影响区更容易出现该类问题，对此，要求材料在一定温度下，具有保持一定强度和晶间抗裂能力。以下是辽宁总旺铝厂针对车辆型材所进行的试验研究，从试验结果看，过高的预热温度和过长的预热时间，对材料强度均会造成很大影响，以下是一部分试验结果，从试验结果读者应该清晰预热对材料强度的影响：

1、 预热温度对6005A铝合金性能的影响

(1) 6005AT6铝合金母材室温条件下的强度分析

在型材材料上，分别在其纵向、熔合口横向截取试验试样，取样满足标准，在标准设备上做拉深、弯曲等试验，表6-3是母材正常条件下的强度试验数值，该试验值要满足标准。

表6-3 母材正常条件下的强度试验数值表

实测值 试样号		屈服强度 (Mpa)		抗拉强度 (Mpa)		延伸率	
		单件	平均值	单件	平均值	单件	平均值
母材 纵向	01251-1	280	280	315	315	16	16.5
	01251-2	280		315		17	
挤压 焊缝 横 向	01252-1	290	287	320	317	10.5	10.75
	01252-2	285		315		11	

(2) 母材经过200度、1min预热后，再冷至室温，材料强度的变化。

材料200度预热，基本在调质处理的范围内，对材料的各项指标均影响均不大，因此，在此温度范围内，预热的时间同样也影响不大，表6-4是200度预热、再冷却到室温的强度值。

表6-4 母材经过200度、1min预热、冷却到室温后进行强度试验的结果

实测值 试样号		屈服强度 (Mpa)		抗拉强度 (Mpa)		延伸率	
		单件	平均值	单件	平均值	单件	平均值
母材 纵向	01212-1	265	270	295	300	15.5	14.75
	01212-2	275		305		14	
挤压焊 缝横向	01211-1	275	272.5	300	300	9	9
	01211-2	270		300		9	

(3) 母材经过300度、1min预热后，再冷至室温材料强度的变化。

材料经过300度预热后，会发生组织变化和晶粒大小变化，材料强度虽然在正常室温下进行检测，强度的损失仍然不可避免，表6-5是经过300度预热后，再冷却到室温后的强度试验值。

表6-5 母材经过300度、1min预热、冷却到室温后进行强度试验的结果

实测值 试样号		屈服强度 (Mpa)		抗拉强度 (Mpa)		延伸率	
		单件	平均值	单件	平均值	单件	平均值
母材 纵向	01312-1	124	137.5	184	194.5	17.5	17
	01312-2	151		205		16.5	
挤压焊 缝横向	01311-1	160	160	171	190.5	24	20.5
	01311-2	160		210		17	

(4) 材料经过400度、预热1min，再冷却室温的强度变化

材料预热400度以上，晶间和晶粒均会发生变化，进而影响材料强度，表6-6是材料400度、预热1min再冷却到室温下的工况强度试验值。

表6-6 母材经过400度、1min预热、冷却到室温后进行强度试验的结果

实测值 试样号		屈服强度 (Mpa)		抗拉强度 (Mpa)		延伸率	
		单件	平均值	单件	平均值	单件	平均值
母材 纵向	01412-1	59	58.5	143	142	28.5	27.5
	01412-2	58		141		26.5	
挤压焊 缝横向	01411-1	54	55	143	144	28.5	28.25
	01411-2	56		145		28	

第二节 焊后火焰调修

一、火焰加热的位置

粗略估计铝合金是否加热是否到位的一个简单方法就是观察材料的白热颜色的变化,如果材料不显示白颜色,或者显现的不够清楚,那么在实践中可以使用各种范围的测温笔来估计火焰的温度。焊接变形调修需要火焰加热,加热位置原则上只能在焊缝位置,由于焊缝位置的填充金属没有经过时效强化,因此二次在焊缝位置加热对接头强度影响不大。图 6-3 示意了焊后加热的操作模式。



图 6-3 焊后调修操作模式

二、火焰加热的温度

焊后在焊缝位置加热应该采用集中性火焰,快速加热焊缝,焊缝加热越快、温度越高,焊接变形调修量越明显,加热温度的控制以不损伤母材为止,加热温度没有必要象母材预热那样有严格限制,但不能将热量大范围扩散,也就是严格控制加热时间。

第三节 焊后热处理

焊后热处理的目的是为了改善焊接接头的组织和性能或消除残余应力,可热处理强化铝合金在焊接以后,可以重新进行热处理,使基体金属热影响区的强度恢复到接近原来的强度。一般情况下,接头破坏处通常都是在焊缝的熔化区内。在重新进行焊后热处理后,焊缝金属所获得的强度,主要取决于使用的填充金属。填充金属与基体金属的成分不同时,强度取决于填充金属对基体金属的稀释度。最好的强度与焊接金属所使用的热处理相适应。虽然焊后

热处理增加了强度，但对焊缝的韧性可能会出现某些损失。

由于焊缝附近熔化区的沉淀和晶界的熔化，使可热处理强化铝合金的某些焊件的韧性很差。假使情况不是太严重，焊后热处理可以使可溶的成分重新溶解，得到更均匀的结构，对韧性稍微有点改善，并会较大地增加强度。

焊件进行完全的重新热处理是不实际的，焊件可以在固溶热处理状态下焊接，焊后进行人工时效处理。在这种焊接方法中，当使用高焊接速率时，有时性能能够获得显著的提高，超过了正常焊接状态的强度。例如，对于 6061 合金在 T4（固溶处理加自然时效）热处理状态焊接，焊后用 T6（固溶处理加人工时效）处理，焊缝的强度可以达到 280Mpa，强度提高显著，超过了 190Mpa 的焊接状态强度。然而，焊件很少达到完全重新热处理的性能（固溶热处理加时效）。