

三活叶技术資料三

总 号: 218

热加工: 048

内部資料 注意保存

AMГ3、AMГ6 鋁鎂合金 氬弧焊工艺

第一机械工业部新技术先进經驗
宣传推广联合办公室

1965.8

AMΓ3、AMΓ6鋁鎂合金氬弧焊工艺

松陵机械厂 徐晓漱

一、前 言

AMΓ3、AMΓ6 鋁鎂合金是属于中等强度热处理不能强化的一种合金，鎂錳等是主要的合金元素。为了細化晶粒和提高强度，在合金中加入少量的鈦或鋇。它的化学成分，机械性能見表 1 和表 2。

表 1 化 学 成 分

合金种类	Mg	Mn	Fe %	Si %	Cu %	Zn %	Ti
AMΓ3	3.2~3.8	0.3~0.6	0.5	0.5~0.8	0.05	0.2	—
AMΓ6	5.8~6.8	0.5~0.6	0.4	0.4	0.1	0.2	0.02~ 0.1

表 2 机 械 性 能

合金种类	半成品状态 (毫米)	材料供应状态	σ_b (公斤/毫米 ²)	$\sigma_{0.2}$ (公斤/毫米 ²)	δ (%)
AMΓ3	板材 $\delta=0.5\sim 4.0$	AMΓ3M	20	10	15
	板材 $\delta=5\sim 10$	AMΓ3II	23.5	20	8
AMΓ6	板材 $\delta=1\sim 4$	AMΓ6M	32	16	15

鋁鎂合金的构件根据不同的要求，可以用各种方法进行焊接，如接触焊、气焊、电弧焊、氬弧焊等。其中，氬弧焊所获得的接头質量最佳，其焊接接头强度等于基本金属强度的90%以上。

采用氬弧焊焊接的鋁鎂合金，其焊接性能較好，鋁鎂合金在高温下极

易氧化,生成一种熔点很高的氧化膜 Al_2O_3 。在焊接过程中必须采取措施,以保证满意的接头质量。用氩气保护进行焊接时,被焊零件和焊丝焊接前又进行了化学处理,因此能保证熔池和空气不接触,其氧化的可能性极小,故而焊接质量较高。但是在焊接生产中,由于一些工艺因素和产品结构特点影响,焊缝中常常产生气孔,夹渣、裂纹等。

电弧在氩气介质中燃烧叫氩弧焊,氩气起保护熔池不受空气侵害和冷却焊缝金属及电极的作用,氩气中电弧燃烧具有两个特点。第一个特点是:因氩气的电离势较高,故使电弧的引燃发生困难,尤其是在交流电焊接时,因电弧燃烧是不连续的,需20倍的电弧电压才能使电弧引燃。为克服上述缺点,在工件和电极之间再联一个高频振荡器。第二个特点是:由于氩气的传热性差,当电弧一经引燃,为了维持电弧连续燃烧,仅需要10~16伏的电弧电压。

钨极氩弧焊(自动和手工)目前应用较广泛,熔化电极氩弧焊(自动和半自动)也逐渐在生产上获得应用。

直流电和交流电都可以作为氩弧焊的电源。

钨极氩弧焊电弧静特性曲线(即电流和电弧电压之间的关系曲线,是水平或下降的,为了保证电弧的燃烧,要求焊接变压器具有陡降的外特性曲线,如图1所示。工业用电弧焊变压器就能满足这一要求。

熔化电极应具有如图2所示的外特性曲线,它能保证氩弧焊时电弧的长度具有自身调节作用。

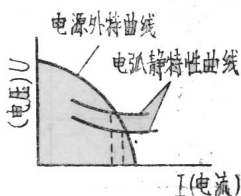


图 1

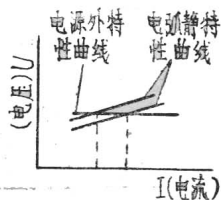


图 2

我们在生产中主要使用钨极手工焊和自动焊来焊接 $AM\Gamma$ 、 $AM\Gamma_2$ 、 $AM\Gamma_3$ 等铝镁合金。焊接生产中遇到很多困难,产生了许多问题,为此我们进行了多次试验。以采取必要的措施。本文就生产中几个主要的关键

問題作了敘述，限于水平和客觀条件，本文只能是对实际經驗的結总，請指教。

二、焊接生产中的主要問題及克服的办法

(一) AMΓ 6 合金焊縫塑性問題

产品性能要求焊縫的塑性滿足一定的指标，我們要求焊縫能达到 60° 以上的弯曲角。生产初期我們对 AMΓ₆ 材料的認識尚不足，故在弯曲試驗后角度达不到要求（小于 60° ），焊成的产品在高压試驗时焊縫就裂开了。弯曲試片如图 3 所示。

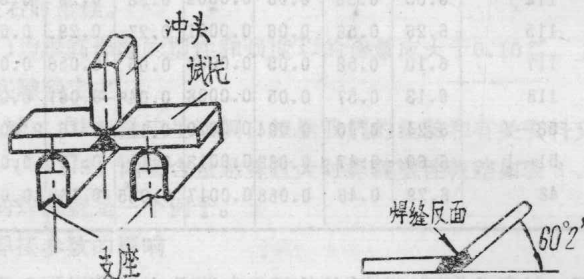


图 3

为解决上述問題，我們进行了大量的試驗工作，找出了解决 AMΓ₆ 合金焊縫塑性不良的措施如下。

1. 弯曲試驗中的二个現象

1) 大量的試驗結果表明，塑性好的裂在焊縫边缘，焊縫表面很細而且很光滑。塑性不好裂在焊縫的中心，焊縫表面起波紋而且很粗糙。

2) 焊縫的結晶情况对焊縫塑性影响較大，金相研究結果表明，第二层焊縫的結晶方向若与焊縫垂线置 45° 交角，且呈縱橫交錯的树枝狀結晶，而且当第一层与第二层的高度相等时焊縫的塑性最好。

2. 焊縫塑性不好的原因

1) 填充焊絲化学成分的影响

大量的試驗和生产实践証明，焊絲中 Fe、Si、Ti 等元素的含量多少直接影响焊縫的塑性好坏。当 Fe、Si 的含量接近或大于 0.3% 时，焊縫

表3 各批焊絲化学成分

序号	焊絲爐号	化学成分							
		Mg	Mn	Ti	Be	Fe	Si	Cu	Zn
1	AD-2	6.57	0.59	0.106	—	0.23	0.23	—	—
2	AD-3	6.67	0.60	0.107	—	0.11	0.20	<0.1	微量
3	AD-4	6.73	0.59	0.11	—	0.23	0.34	—	—
4	AD-24	6.35	0.61	0.05	—	0.27	0.34	<0.1	微量
5	4	6.10	0.61	0.07	0.0007	0.13	0.33	0.01	0.012
6	114	6.05	0.52	0.06	0.0008	0.33	0.29	0.001	0.012
7	115	6.26	0.56	0.06	0.0001	0.27	0.29	0.01	0.005
8	117	6.10	0.52	0.05	0.0008	0.05	0.056	0.001	0.012
9	118	6.13	0.57	0.05	0.0008	0.04	0.061	0.01	0.005
10	53-2	6.24	0.40	0.094	0.0029	0.11	0.16	0.0095	0.034
11	51-1	6.60	0.47	0.082	0.0013	0.11	0.17	0.006	0.044
12	48	6.29	0.46	0.088	0.0017	0.095	0.185	0.003	0.064

表4 各批焊絲弯曲拉力試驗結果

序号	焊絲爐号	焊接方法	試片总数	$\alpha=60^\circ$ 有裂紋	裂紋 百分率	σ_b 公斤/毫米 ²	是否采用
1	AD-2	手工 自动	72	2	2.8%	32.2	用
2	AD-3	手工 自动	8	1	12.5%	32.47	用
3	AD-4	手工 自动	40	12	30%	30.75	不用
4	AD-24	手工 自动	192	87	45.3%	33.0	不用
5	4	手工 自动	16	9	56%	34.93	不用
6	114	自动 手工	16	11	68.7%	32.05	不用
7	115	自动 手工	16	8	50%	33.05	不用
8	117	自动 手工	16	0	0	33.025	用
9	118	自动 手工	16	0	0	34.15	用
10	53-2	手工	8	0	0	31.5	用
11	51-2	手工	8	0	0	32.3	用
12	48	手工	8	5	62%	28.5	不用

的塑性变坏（但此时焊缝抗热裂纹的能力较强）。当Fe、Si的含量接近或小于0.2%以下时，焊缝的塑性较好，弯曲的角度在80°以上，有部分达到180°。Ti的含量在0.12~0.17%之间时对焊缝的强度和塑性起良好的作用。有关研究单位试验表明焊丝中Ti的含量在0.35%时，对焊缝的塑性起十分良好的作用。现将有关试验的结果列于表3、表4。

2) 结论

(1) Fe、Si含量较高时，生成低熔点共晶体的量较多，且分布在晶界上，焊缝在结晶过程中，有部分的共晶体夹杂物被推向焊缝中心，使焊缝塑性大大降低，弯曲时皆裂在焊缝的中心。我们认为Fe、Si含量为0.2%左右时最佳。

(2) 为提高焊缝的塑性和强度Ti的含量应大于0.10%，上限值有待进一步实验确定之。

(3) Fe、Si含量应呈比例，根据我们的经验和有关资料文献的报导Fe/Si=1~1.5。两者含量悬殊过大时焊缝塑性较差如表3、表4所列48炉号的焊丝就是一个例子。

3) 焊接参数的影响

从表5可以看出，化学成分较差的AD-24炉号的焊丝，随着焊接速度的增加焊缝的塑性有所改善。但对原来化学成分较好的焊丝例如AD-4焊接速度的增大，对焊缝的塑性尚没有明显的变化。

表5 焊接速度对弯曲角的影响

焊丝炉号	焊接速度 (米/小时)	板材厚度 (毫米)	试片数量	$\alpha=60^\circ$ 有裂纹	裂纹的百分数
AD-24	8	6+6	89	53	65.2%
	10	6+6	8	3	37.5%
	14	6+6	8	0	0%
AD-4	10	6+6	16	4	25%
	12	6+6	8	4	50%
	15	6+6	16	4	25%

从表 6 可以看出，自动焊焊成的焊缝比手工焊焊成的焊缝塑性高，因前者焊接过程和参数都比较稳定，焊缝质量较高。在手工焊的情况下，焊接电流在一定的范围内变化时，对焊缝的塑性影响不大。

表 6 焊接电流对弯曲角的影响

焊丝牌号	板材厚度 (毫米)	焊接方法	焊接电流 (安培)	试片数量	断裂角度 (度)	拉伸强度 (公斤/毫米 ²)
53	6+6	自动焊	$I_1=270\sim 290$	8	2片 100°	31.5
			$I_2=240\sim 260$		2片 90°	
			2片 80°			
			2片 70°			
53	6+6	手工焊	$I_1=260$	8	2片 80°	31.65
			$I_2=200\sim 210$		2片 70°	
			1片 65°			
			2片 60°			
				1片 55°		
53	6+6	手工焊	$I_1=210\sim 240$	6	2片 70°	31.8
			$I_2=180$		2片 65°	
			2片 60°			

生产中偶然遇到一个事故，在使用和往常一般大小的规范焊接的试片，弯曲的 4 片试样中有二片在 30° 就裂开了，事后又在同样的试片重取 8 块试片，弯曲结果仍有一半达不到 60° 的要求。对生产过程进行分析后得知，原来是因为钨丝伸出于喷嘴的长度太大之故。当时用出口直径为 9 毫米的喷嘴，直径为 5 毫米的钨丝，伸出长度达 8.5 毫米。为证明钨丝伸出量对焊缝塑性的影响，又补充进行了试验，其结果如表 7 所示。

钨丝伸出长度过大时，使氩气保护性降低，冷却金属的效果也降低了，致使焊缝的塑性大大降低。对喷嘴出口直径为 9~12 毫米者，钨丝的伸出长度应为 4~5 毫米，以保证良好的保护为准。

4) 焊缝宽度对弯曲角数值的影响

在同样的试验条件下（如试验用冲头直径，加载速度……）焊缝宽

表 7 錫絲伸出長度对塑性的影响

編 号	試 片 数 量	断 裂 角 度	
91-1	6	1片	120°
		3片	100°
		1片	90°
		1片	80°
91-2	6	1片	90°
		2片	80°
		3片	70°

注：1. 噴咀出口直徑为 9 毫米，錫絲直徑为 5 毫米；

2. 91-1 錫絲伸出量为 5.5~5.0 毫米；

91-2 錫絲伸出量为 8.4 毫米。

度适当增加，使弯曲角有增大的趋势。因为在弯曲試驗过程中随着焊縫寬大的增加，最大变形部位有所迁移，避免了提前裂开的可能性，其情况如图 4 所示。

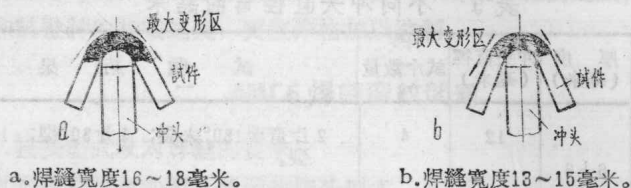


图 4

为进一步証明焊縫寬度对弯曲角值的影响，現將有关的数值列于表 8。从表 8 可以看出來焊縫寬度在 13~15 毫米对弯曲角产生有利的影响（板材厚度为 6 毫米）而且也不会影响拉断强度。

5) 試驗方法对試驗結果正确性的影响

(1) 当板材的厚度一定时，为了考查焊縫的塑性，应选一定直徑的冲头，冲头直徑的大小直接影响到試驗結果的正确性，按ГОСТ 6996—54 文件規定，冲头直徑 $D=2S$ (S 为板材的厚度)。冲头直徑的减小，弯曲角的数值有所降低，試驗結果列于表 9。

表8 不同的焊縫寬度具有的彎曲角

編 号	焊 縫 寬 度 (毫米)	斷 裂 角	拉 斷 強 度 (公斤/毫米 ²)
2-1	10~12	1片 90° 4片 80° 1片 70°	33.7
2-2	13~14	2片 100° 2片 90° 1片 80°	33.3
2-3	15-16	2片 90° 2片 80° 1片 70°	32.6
2-4	17~18	1片 100° 3片 90° 1片 80°	33.1

表9 不同冲头直徑彎曲結果

材料牌号	厚 度 (毫米)	冲头直徑 (毫米)	試片数量	試 驗 結 果
AMГ6	6+6	12	4	2片弯至180°未裂; 1片80°裂; 1片70°裂。
		6	8	1片110°裂; 2片90°裂; 4片70°裂; 1片60°裂。

(2) 試驗时加载速度快慢对試驗結果产生較大的影响, 以較快的速度加载 (整个弯曲試驗过程在10秒鐘的时间內結束) 和以正常速度加载 (試驗过程在1'30"~2'时间內結束) 相比較, 前者比后者提前30°~40°左右就有裂紋了。这仍是因为快速加载时金属沒有充分时间进行变形, 金属沒有适应的过程, 故被拉裂了。正規試驗时加载速度应尽可能的均匀, 加载速度不能大于15毫米/分。

3. 几个初步的結論

1) 焊絲主要元素的化学成分应符合下列范围： $Mg=5.8\sim6.8\%$ ； $Fe\leq 0.2\%$ ； $Si\leq 0.2\%$ ； $Ti\approx 0.10\sim 0.17\%$ ； $Fe/Si=1\sim 1.5$ 。

2) 焊接规范如表10所示

表10焊接规范（自动焊）

合金 牌号	厚度 (毫米)	接头型式	焊接电流 (安培)	焊接速度 (米/时)	焊絲 直徑 (毫米)	噴咀 直徑 (毫米)	氬气流量 (升/分)	鎢絲 直徑 (毫米)	备注
AMΓ6	6+6	对接 不开坡口	240~270 200~250	12~17	3	9~12	7~9	4~5	采用两 層焊

选择焊接规范时一定不要使金属过热，若焊接后焊缝呈微黄色，则表明金属受了較高的温度。氬气流量以保証良好的保护熔池为准，可以由工人的经验确定，若焊接过程中熔池里有黑色的小颗粒，则表明保护不良，或焊件和填充料表面較脏。

3) 試片的制作和試驗方法应严格的按文件規定，特别是試件的表面光度和試驗时的加载速度，更应严格加以控制。

二、AMΓ6 焊縫裂紋問題

1. 接头型式及对焊缝的要求

其焊接结构有如图5所示的接头型式。1——接管用 AMΓ₆ 棒料車加工而成；2——用 AMΓ₆ 板料（厚度为6毫米）冲压而成。要求焊缝能承受很高气压不破坏，焊缝中的气孔夹渣的直径不能大于1毫米，不允许有任何形式的裂紋和未焊透。

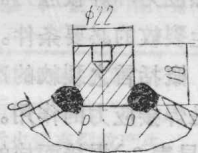


图 5

2. 焊缝中常产生的缺陷

几年的生产实践证明，这种接头型式是相当难焊的，返修率（指补焊的零件与焊接的零件总数的比值）达70%以上，经常因为补焊超过2次而使零件报废。焊缝中主要缺陷如下：

1) 未焊透、气孔、夹渣

经X光透视，此种接头型式产生的气孔大都在接管咀上，难以排除和补焊。

2) 基本金属和焊缝上的裂纹

如图6所示焊接后，X光透视结果查明，在基本金属上产生了裂纹，它沿棒料纤维方向分布。热影响区和焊缝上也有这种裂纹。使容器不气密，高压气密性试验时出现渗漏现象。

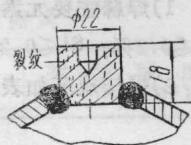


图 6

裂纹在下列情况下容易产生(1)焊接时间较长(一般焊接这种接头得3~5分钟)；(2)零件在高温下(450~520°C)停留的时间较长。

3. 裂纹产生的原因

据分析此种裂纹属于热裂纹的范畴，即结晶裂纹。它指的是焊缝或接近熔合线的近缝区在结晶过程中所产生的微观和宏观裂纹。

多数研究者证明，裂纹的产生与所谓的有效结晶区大小(即脆性温度区大小)有关，有效结晶区愈大，裂纹的倾向性愈大。在这个区内金属的性能变得很脆，受塑性变形的能力很差，在此区内同时存在固相和液相，已凝结的晶块之间已生成所谓的金属“桥”，将两个邻近发展起来的晶块连起来了。使树枝结晶形成一个比较坚固的网状晶块，这样使金属性能突然变坏，这是裂纹产生的基本条件。

焊接时由于加热和冷却过程的不均匀性，必然在被焊金属接头中产生热应力和焊接应力。使处于脆性温度区的金属受到拉应力，这就是产生裂纹的必要条件。

概括言之裂纹的产生取决于两个因素：一是金属在高温下的性能；二是焊接应力的作用。实际生产中曾有这样的实例，用117、118炉号焊丝(见表3)焊接而成的焊缝热裂纹的倾向比用AD-2，AD-24(见表3)焊丝焊接成的焊缝热裂纹的倾向性大。因为117、118炉号的焊丝中Fe、Si的含量较少(0.05~0.08)，而AD-2，AD-24焊丝中Fe、Si含量较多(0.24~0.34%)，在有效结晶区内，AD-2，AD-24的“自愈”作用较强，因为它有较多量的共晶体能流进裂纹产生的地方，使裂纹闭合，避免了裂纹的产生，称这种现象为共晶体的“自愈”作用。

基本金属上产生裂纹的原因，据初步分析是因为Al-Mg合金中存在有 β -相，在焊接热的作用下（ T 温度 $>450^{\circ}\text{C}$ ）要熔化，积聚，使金属塑性变坏，在焊接应力的作用下，使裂纹产生并扩展。

4. 为减少裂纹而采取的措施

1) 改变棒料的化学成分

生产中曾经使用过二种炉号的棒料加工而成的零件，这两种棒料的化学成分有差异，因此在同样的焊接条件下，裂纹的倾向性有差异，特别是在用小电流慢速度进行焊接时这种倾向性差别显得特别明显。它们的化学成分示于表11。

表11 棒料的化学成分

棒料爐号	Mg	Mn	Fe	Si	Ti
10	6.00	0.66	0.22	0.06	0.22
316	6.90	0.54	0.24	0.19	0.022

为进一步证实棒料化学成分的不同对裂纹倾向性的影响，特做了一些比较试验，其结果示于表12。从表10可以看出，

表12 裂纹倾向性试验

棒料爐号	焊接规范		试片数量	焊缝的基本金属情况
	I(安培)	t(秒)		
316	250~260	56~60	4	接管咀被加热到 $480\sim 520^{\circ}\text{C}$ 。 经一次焊接后没有裂纹产生。 经一次补焊后也没有裂纹产生。 经二次补焊后都产生裂纹。
10	250~260	42~55	3	接管咀被加热至 450°C 经三次补焊后 都没有裂纹产生。

在同样的焊接规范下 316 炉号棒料制零件的裂纹倾向性较大。为满足生产要求，决定采用10炉号的棒料。

2) 选择最佳的焊接规范，究竟是用小电流慢速度（即 $I=150\sim 180$ 安培焊接速度 $V_{焊}=6\sim 10$ 米/小时）。还是用大电流快速度（即 $I=240\sim 280$ 安培，焊接速度 $V_{焊}=11\sim 17$ 米/小时）。曾有过不少争论。有时由于 X 光检验灵敏度的关系，往往看不出彼此间的差别来。但通过低倍磨片和高倍磨片的观察，就可发现二者在微观缺陷（微裂纹等）和晶粒大小方面有区别，对减少焊缝的宏观缺陷（气孔夹渣等）也有一定差别，生产实践初步证明，采用强规范来焊接能更好的满足焊缝质量的要求。

为了选择最佳的焊接规范，进行了大量的试验工作，现将试验结果示于表13

表13 焊接规范对裂纹倾向性的影响

爐 号	試件数量	焊 接 規 范		焊 縫 和 基 本 金 屬 情 况
		I_a (安培)	t (秒)	
10	25	240~260	40~60	經一次焊接后都沒有裂紋产生。其中3片經一次补焊；4片經二次补焊；2片經三次补焊都沒有产生裂紋。
10	3	180~190	200~140	經一次焊接后沒有裂紋；2片經一次补焊沒有裂紋；1片經二次补焊产生裂紋。
316	4	250	40~60	經一次焊接后沒有裂紋；經一次补焊后沒有裂紋；經二次补焊后4片中有2片产生裂紋了。
316	3	180	134~180	經一次焊接后皆有裂紋产生。

从试验结果可以得出以下结论：

- (1) 虽然不同成分的材料抗裂纹倾向性有所差异，但若焊接时采用较强的规范，可以提高材料抗裂纹的能力；
- (2) 材料相同时，采用强规范焊接在增加补焊次数时还能避免裂纹

的产生；

(3) 根据試驗情况和工人技术水平及生产条件，焊接这种接头型式应采用如表14所示的焊接规范。

表14 焊接规范

材料牌号	焊接规范					
	I (安培)	Φ 焊絲 (毫米)	Φ 鎢絲 (毫米)	Φ 噴咀 (毫米)	氬气 (升/分)	鎢絲伸出噴咀的長度 (毫米)
AMT6	240~260	4	4~3	12	7~9	7~7.5

3) 改进操作方法和夹具如图 7

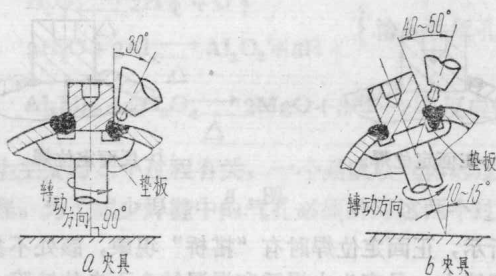


图 7

实践经验告訴我們要提高焊接質量，特别是手工氬弧焊質量，光有好的材料和好的焊接规范还不行，工人的操作技术和夹具起相当大的作用，有时甚至起决定性的作用。

改进前用图7a所示的情况焊接，工件繞接管咀中心线轉动，接头呈丁字型，用这种方法焊接时，由于液态鋁向旁边流散，带走一部分热量，为焊透要延长焊接時間，这就造成基本金属和焊缝金属过热，导致了裂紋的产生。这样的方式焊接不利于气体排出，故常常在接管咀上产生单个和密集气孔。

改进后如图7b所示情况，呈船型焊缝液态鋁向底部渗透，容易焊透，亦便于采用大电流快速度进行焊接，有利于气体排出，特别重要的

是由于焊接时间短，金属在高温下停留的时间短，避免了裂纹的产生。

4) 加强散热条件

为了进一步降低接管咀焊接的温度，曾采用铜制带数片叶片的散热器如图8，用表面温度计测量结果，接管咀上的温度由原来的 $450\sim 520^{\circ}\text{C}$ 降低为 $250\sim 300^{\circ}\text{C}$ ，焊后接管咀仍然保持焊前的颜色，没有像未加散热器时基本金属被烤成微黄色（严重者呈黑色）的现象。

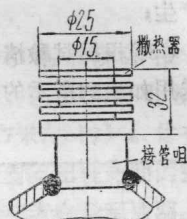


图 8

5) 提高定位焊点质量



a-正面定位焊。

b-反面定位焊。

图 9

如图9a所示，正面定位焊时有“搭桥”现象，该处不易焊透，而且焊漏不能很好熔合，易产生未焊透和焊漏结合不良的缺陷，夹渣，气孔亦常在定位焊点处产生。

为克服上述缺点，改用如图9b所示反面定位焊方法，完全克服了上述现象，有力的提高了焊接质量。

5. 几个结论

1) 为避免金属过热及缩短高温下停留时间，应采用强规范进行焊接。

2) 焊接过程中应采取措施降低接管咀的温度，最好不要超过 400°C 。

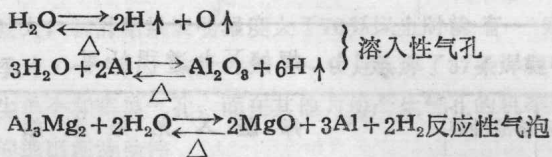
3) 零件可以先进行淬火处理（ 410°C 保温1小时，水淬），使低熔点相溶入固溶体，避免焊接时共晶体熔化和积聚，提高高温下金属的塑性。

三、AMΓ3、AMΓ6 焊接时的气孔

此种金属在焊接过程中都会在焊缝或熔合线附近产生单个圆形或椭圆形的气泡和密集气泡。为了避免气泡的产生曾采取过一系列措施，从目前情况来看基本上能克服气泡的产生，是根据下述理论采取措施的。

1. 气孔产生的原理

固相和液相的金属在高温时与气相之间互相发生的物理化学过程，吸收或产生了过多的气体，金属在结晶冷却过程中溶解度很快的下降，部分气体被排出，也有部分气体未能析出，留在金属内部就产生了气孔。根据目前部分学者的看法，铝镁合金焊接时气孔产生的根源是氢气，氢气是由于水分在焊接热作用下分解而成的，反应式如下：



气孔产生主要与二个过程有关，一个是吸收气体的过程，一个是逸出气体的过程。为了减少焊缝中的气孔必须针对这两个过程采取有效的措施。

2. 气孔产生的部位

AMΓ3、AMΓ6 模锻件与板材对接焊时，最易在靠模锻件一边熔线附近产生沿熔合线分布的密集气孔，这种部位产生的气孔往往难以进行补焊，有时甚至愈补愈多。AMΓ3+AMΓ3，AMΓ6+AMΓ6 板材对接焊在焊缝中心部位产生单个和密集的气孔，手工焊单个气孔呈球形，自动焊单个气孔呈椭圆形，这种气孔容易进行排除。

3. 减少气孔的措施

1) 减少气体和液态金属作用的可能性及溶入量。

(1) 采用纯度不小于99.97~99.98% Ar 的一级纯氩、根据经验当氩气中的 H_2 和 H_2O 较多时，在工艺试片焊接时，焊缝上产生气孔。几年来特别是近二年的使用经验表明，国产氩气（抚顺氧气厂出品）十分良好，和进口氩气相比较质量上是有过之而无不及。

(2) 吸附在氧化膜小孔内的水分，以及天然氧化膜中带的几个结晶水，是氢气的主要来源。焊接前应进行表面清理，生产中使用NaOH溶液或H₃PO₄溶液进行处理，根据我们进行的试验和有关的资料刊载表明，用NaOH溶液来处理能得到良好的效果，现将有关的试验数据列于表15、16。

表15 焊缝机械性能试验

溶液种类	焊缝中气体含量 (厘米 ³ /100克)	σ_b (公斤/毫米 ²)	$\delta\%$
NaOH	0.223	27.0~28.5	16.4~19.2
H ₃ PO ₄	0.756	23.3~25.1	8.4~12.0

表16 焊缝X光透视结果

试件编号	溶液种类	焊缝X光透视结果
0-0	H ₃ PO ₄	焊接过程中熔池内很多小黑点，焊缝中有9个 $\phi 0.6$ 毫米的小气孔，及长达30毫米线条状的微气孔。
10-13	NaOH	焊接过程中熔池内有小黑点，焊缝中没有气孔。

注 用AMF6厚度为6毫米板材(尺寸为300×100×6)做试验。

根据我们的经验生产中减少气孔行之有效的方法是：焊件和焊条进行化学处理(在NaOH或H₃PO₄溶液中)，焊接前用钢丝刷子和刮刀将表面的氧化膜人工刮掉，然后进行焊接。

据资料刊登焊丝最好的处理方法是在AMF6焊丝外面包纯铝，或进行电解抛光。

(3) 模压件和板材焊接时，若操作和焊接规范参数选择不当，板易在靠近模压件一边熔合线和热影响区上产生单个和密集的气孔，这种缺陷很难进行补焊。

模压件是用棒材模压而成，棒材中的 β -相分布较集中，和板材相比