

浅探化铣防护层(胶液)固化 温度对铝合金性能的影响

南昌飞机制造公司 杨泰藩

摘要 本试验从常温力学性能、强度损失、腐蚀前后重量变化、金相组织及疲劳性能等对比了铝合金正常热处理与正常热处理后胶液固化加热对性能的影响。研究表明,防护层固化温度过高是不适宜的。

一、前言

化学铣切是近十余年来发展较快的新工艺。它靠化学溶液将金属蚀去,达到零件所需的一般尺寸。可以代替部分机械加工(铣削)。特别是对双曲面、形状复杂的零件的局部化学铣切,更有突出的优点。而零件的局部化学铣切,对不需铣切的地方需加以保护。又因为化学铣切溶液一般是具有较高温度的强碱(或强酸),故要求防护层耐一定的温度、耐酸碱,且加工完后可以剥离。该工艺我公司从60年代开始,在导弹产品上引进,到70年代扩大到飞机上百项零件。因此铝合金上的防护层便成了扩大应用的关键。1972年我公司与化工厂合作研制了一种丁苯可剥漆(橡胶)。固化温度选为180℃,2小时。后来在整质中看到苏联《航空材料手册》中关于硬铝结构材料和《B95铝合金机加工说明书》中关于LC4CS材料的加热温度控制不超过120~150℃,而且总的加热时间不得超过10小时的记载。为了浅探这个问题,针对我公司常用的铝合金结构材料LY12CZ、LC4CS进行了一些试验。

二、试样制备

为了防止由于原材料本身因素干扰试验数据的可比性,选用了同一牌号、炉批号,同一轧制纤维方向,同一表面状态的一块铝合金板材上切取全部试样的方法。根据我公司当前生产的几个机型的用料,选取厚度为5mm的LY12CZ和厚度为4.5mm的LC4CS两种铝合

金板材进行试验。试样的状态选择是:一种是原材料出厂状态经正常热处理的(称为A状态);一种是原材料正常热处理后涂胶液(丁苯可剥漆)再经180℃,2小时加热固化的(称为B状态)。

三、试验结果

为了尽可能使试验数据不因其它因素造成过度分散,对两种牌号、两种状态的板材都使用同一台设备及仪器进行试验。试验前仔细检查试样加工的情况,尽可能防止加工中人为的因素影响试验结果。

1. 室温拉伸试验

室温拉伸试验结果见表1。

表1 室温拉伸试验结果

状态 材料	A状态			B状态		
	σ_b MPa	σ_s MPa	δ_{10} %	σ_b MPa	σ_s MPa	δ_{10} %
LY12CZ	465.1 ~	367.5 ~	12.7 ~	454.7 ~	343.0 ~	16.4 ~
5mm	481.1	392	16.4	470.4	362.2	19.7
LC4CS	558.4 ~	506.7 ~	9.8 ~	540 ~	485.1 ~	8.1 ~
4.5mm	575.2	533.1	10.9	551.7	512.5	10.3

表1中的数据只取试验中的最小值与最大值。从试验数据可以看出,两种合金经180℃2小时加热固化后的基体金属性能,比正常热处理的(未加热)略有下降,但幅度不大,仍然符合冶标的要求。

2. 强度损失试验

将两种材料、两种状态的试样浸入3%的NaCl+0.1% H₂O₂混合介质中, 溶液保持室温 (即15~25℃), 经浸渍7昼夜, 观察其常温机械性能的变化, 试验结果见表2。

表2 强度损失试验结果

材料 \ 状态	A状态			B状态		
	σ_b	σ_s	δ_{10}	σ_b	σ_s	δ_{10}
	MPa	MPa	%	MPa	MPa	%
LY12CZ 5mm	431.2	300.9	9.16	433.1	341.0	13.1
	~	~	~	~	~	~
LC4CS 4.5mm	505.7	478.2	9.1	539.0	493.9	6.2
	~	~	~	~	~	~
	565.5	536.1	10.6	548.8	503.7	7.2

表2中的数据为试验数中的最小值和最大值。从试验数据可知, 在一定的介质中腐蚀的铝合金A状态与B状态相比, 其强度损失没有明显的差异。

3. 腐蚀后的重量变化

将两种材料、两种状态 (A和B) 的试样

均放在3%的NaCl+0.1% H₂O₂混合介质中浸蚀7昼夜, 溶液保持15~25℃, 其重量变化见表3。

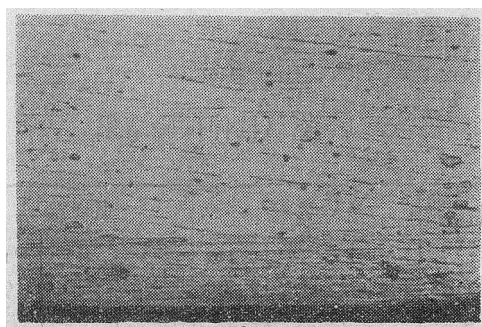
表3 腐蚀后的重量变化 (g/cm²·h)

LC4CS		LY12CZ	
A状态	B状态	A状态	B状态
0.0000034	0.0000035	0.0000019	0.0000021

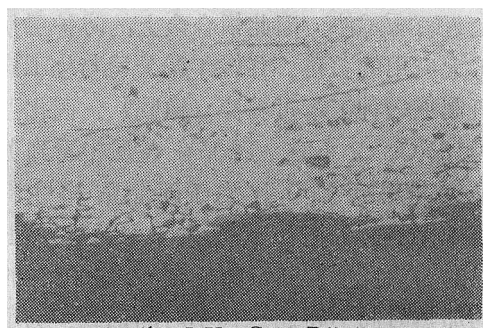
由表3试验数据可以看出, 一定介质中加速腐蚀后的重量变化是很小的。LY12CZ比LC4CS的涂胶加热固化后的失重稍大一些。

4. 金相观察及其抗蚀性能

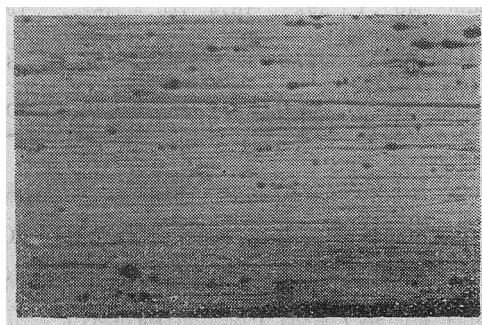
将两种材料 (LC4CS、LY12CZ)、两种状态 (A和B状态) 的试样按HCS203-60铝合金晶间腐蚀及晶间腐蚀倾向的测定方法进行试验。将制备好的磨片, 不经任何浸蚀, 在显微镜下放大200倍观察, 未发现金相组织有变化, 见图1a和c。



(a) LY12CZA, 状态



(b) LY12CZ, B状态



(c) LC4CS, A状态



(d) LC4CS, B状态

图1 不同状态下的金相照片 200×

图1中的b和d是切取两种材料、B状态的试样,在3%NaCl+1%HCl(比重为1.19)+1L蒸馏水溶液中,温度保持35±2℃,浸蚀24小时后,经200倍放大的金相观察,可以见到清晰的晶间有腐蚀倾向(按航空部六二一所颁发的HCS203~60铝合金晶间腐蚀及晶间腐蚀倾向测定方法)。

5. 周期疲劳试验

采用国产30吨材料试验机改装的低频疲劳机进行周期疲劳试验,试验结果见表4。频率为10±2次/分, $P_{min}/P_{max}=0.1$, K值取0.6、0.7两种,用5个拉力破坏的平均数计算疲劳试验时的最大应力值。试样尺寸见图2。

两种材料、两种状态都是5个试样,按对比试验数据处理方法进行全部数据计算(由于篇幅关系计算从略)。发现两种材料A状态的疲劳寿命为B状态的1 049~1 379倍,说明B状态的疲劳寿命降低了。当然LC4CS的B状态的疲劳寿命影响要小一些。

6. 固化温度的选择

除进行了前述的一些试验外,我们又参考了有关资料及报导,对LY12CZ合金的晶间腐蚀进行了研究,见表5。

表 4 低频疲劳试验结果

材 料	A状态				B状态			
	K 值	P_{max} N	P_{min} N	N 次	K 值	P_{max} N	P_{min} N	N 次
LC4CS	0.6	17052	1666	1336~ 2999	0.6	17052	1666	2504~ 3061
LC4CS	0.67	19061	1906.1	1369~ 2084	0.67	19061	1906.1	1602~ 1910
LY12CZ	0.6	14357	1430.8	9061~ 12319	0.6	14357	1430.8	8322~ 9621
LY12CZ	0.67	15974	1568	5896~ 6575	0.67	15974	1568	3972~ 6985

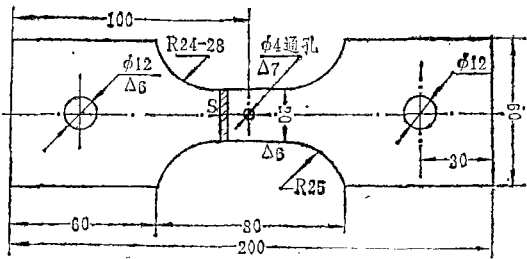


图 2 疲劳试样尺寸

表 5 EXCO法和HCS203~60晶间腐蚀倾向性结果

状 态	EXCO法 (溶液稀释一倍)	HCS203—60
材料原始状态 (淬火后)	无	无
120℃, 2小时	无	无
130℃, 2小时	无	无
140℃, 2小时	无	无
150℃, 2小时	无	无
160℃, 2小时	晶间腐蚀, 深 约0.0198mm	晶间腐蚀, 深约 0.0395mm
170℃, 2小时	晶间腐蚀, 深 约0.0988mm	晶间腐蚀, 深约 0.1264mm
180℃, 2小时	晶间腐蚀, 深 约0.1975mm	晶间腐蚀, 深约 0.2054mm

同时,从图1可以看出,不论是LY12CZ,还是LC4CS,B状态的都发生晶间腐蚀倾向。这说明化铣保护层固化温度过高是不恰当的。所以我们公司有关部门共同研究,认为化铣防护层的固化温度以不超过150℃为宜。自1974年起和江西前卫化工厂一起合作,将丁苯可剥漆的固化温度降低到120±10℃,2小时。经过十余年在飞机、导弹产品上使用,证明效果良好。飞行500小时返厂大修的飞机,机尾下壁板(受力最复杂的)仍然良好,导弹舵面蒙皮也依然良好(因大修时不换此蒙皮直至飞机终寿为止)。

(下转第9页)

金的电阻率显著增加⁷；且随内氧化温度的升高，由于MgO粒子长大、粗化，甚至破坏相干性，使合金的电阻率降低，如表2和图3所示。由图可见，在730~790℃范围内，合金电阻率较稳定。

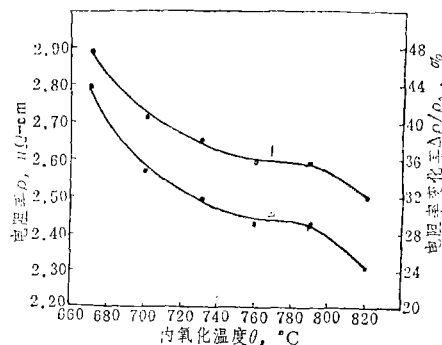


图3 内氧化温度对合金电阻率的影响

1—合金电阻率 ρ ；2—电阻率变化率 $\Delta\rho/\rho_0$ ；

合金成分：0.17%Mg, 0.24%Ni

综上所述，为了获得良好的综合性能，应根据合金含镁量合理选择内氧化温度。一般镁含量低于0.20%的合金可在700~750℃内氧化，镁含量高于0.20%的合金可在750~800℃内氧化。

四、结 论

1. 在Ag-Mg-Ni合金中，镁是强化合金的主要因素，镍有改善合金塑性的作用。在实际应用中，应根据使用的性能要求，合理选择不同含镁量的合金。对于电接触弹性材料，较适宜的合金成分为：镁含量在0.20%左右，镍含量相当或稍低于镁含量。此时，合金具有良好的综合性能，该合金牌号可写成AgMgNi20-19。

2. 合金带材弯曲次数随厚度的增加显著减少，厚度越薄，弯曲次数对厚度的变化越敏感，波动范围越大。弯曲次数与厚度的关系基本符合双曲线型方程。

3. 合金内氧化温度应根据含镁量高低合理选取。较低含镁量的合金，内氧化温度偏低；较高含镁量的合金，内氧化温度偏高。对

于电接触弹性材料，一般含镁量低于0.20%的合金可在700~750℃内氧化；高于0.20%镁的合金可在750~800℃内氧化。AgMgNi20-19合金较合理的内氧化温度应为730~770℃。

参考文献

- [1] 宝鸡有色金属研究所，银-镁内氧化合金中氧化产物的形态和结构研究，1980年。
- [2] AD614080。
- [3] Hansen, M., Anderko, K. Constitution of Binary Alloys, McGRAW-HILL BOOK COMPANY, INC., 1957, P.36.
- [4] 航空部六二一研究所，Ag-Mg-Ni合金带研制，1984.1。
- [5] 林永新，微量Ni在Ag-Mg内氧化合金中的行为，稀有金属合金加工，1975.4。
- [6] American Society for Metals, Metals Handbook, 8th Edition, Vol.1, 1961.
- [7] AD28134。

(上接第33页)

四、结束语

1. 对LY12CZ、LC4CS铝合金A、B状态的研究证明，B状态常温力学性能变化不大，虽稍有降低，仍能满足冶标的技术要求。

2. LY12CZ、LC4CS A、B状态试验表明，B状态室温拉伸、强度损失、腐蚀失重影响较小。但金相、抗蚀性、疲劳极限影响较明显。尤其是LY12CZ材料。经初步分析认为涂层加热固化温度过高对基体材料性能带来不利，特别是淬火状态的材料。因为它超过或接近铝合金时效温度的再加热，会引起铝合金基体材料性质发生变化，主要是铝合金基体中的 θ 相聚集（本来应是弥散状的），导致性能变差。加热温度愈高，时间愈长，愈加明显。而LC4CS铝合金B状态则影响小些，这可能与它的时效温度及时效方法有关。我厂机型上选用的化铣零件，都是结构承力件，对疲劳性能要求很高，特别是飞机延寿后，要求更严。

对帮助本试验的理化室的同志表示感谢。