

提高胶粘剂质量一致性检验准确率的相关研究

Research on Improvement of Accuracy Rate of Adhesives Inspection

中航复合材料有限责任公司 台元月 邱启艳 陈 静
中航工业沈阳飞机工业集团有限公司 倪晓辉

[摘要] 为降低表面质量对粘接副力学性能的影响,提高胶粘剂质量一致性检验的准确率,对胶接试片的表面处理进行了相关研究。针对 LY12-CZ 铝合金不同的表面处理状态和不同的胶粘剂体系开展了研究,结果表明,磷酸阳极化铝合金粘接副的拉剪强度比未阳极化铝合金粘接副拉剪强度提高了 50%,剥离强度提高了 162%。磷酸阳极化铝合金剪切试件和剥离试件的破坏模式均为内聚破坏,而未阳极化处理的铝合金剪切试件的破坏模式为混合破坏。

关键词: 阳极化 胶接 铝合金

[ABSTRACT] In order to reduce the influence of the lap surface to strength, improve the accuracy rate of adhesives inspection, some research is studied on the lap surface. The aluminum alloy is anodized in phosphoric acid solutions, and the lap shear strength and peeling strength of different adhesives in the adherents is analyzed. It is found that the lap shear strength of the bond, in which the adherends are anodized, is 50% larger than that of the non-anodized. The lap peeling strength of the bond, in which the adherends are anodized, is 162% larger than that of the non-anodized. The cohesion failure mode has been found in the adherends which is anodized. The mixed failure mode has been found in the lap shear strength of the bond which is non-anodized.

Keywords: Anodizing Adhesion Aluminum alloy

与各向同性的金属材料相比,各向异性的复合材料经过切割或机械加工时会受到严重损伤和弱化,其层间剪切变得更敏感。因此,胶接比机械连接更广泛地应用于先进复合材料的连接设计中,特别对于单向的复合材料,不允许出现应力集中,胶接为高载荷提供了有效方法^[1]。在高性能的航空复合材料制件的制造过程中,通常采用热固性胶膜对预固化后的基材进行二次胶接^[2]。对于涉及到胶接的飞机结构,结构胶粘剂的质量和产品质量息息相关,一旦不合格的结构胶粘剂进入到制造环节中,便会造成不同程度的影响。因此,结构胶粘剂的

质量一致性检验便成为产品质量控制过程中的一个重要环节,其中,质量一致性检验的准确率密切影响着产品制造效率和成本。提高质量一致性检验的准确率就是通过研究排除检验过程中的干扰因素,减少合格胶粘剂被拒收的概率。

胶粘剂质量一致性检验中,力学性能测试试样制备是较为关键的一步,通常选用铝合金试片制备粘接副。由于铝与氧的亲合力较强,即使在干燥空气中也会很快在洁净的铝表面形成 2~3nm 厚的无孔非晶态 Al_2O_3 ,胶接时应对其表面进行必要的处理。铝合金构件的表面处理是一个转化过程,其主要作用是去掉其表面层物质,避免在其弱氧化层上粘接,改变表面形貌,增加表面积和提高表面能,增强粘接界面上的机械啮合作用^[3-5]。从而使得表面处理成为影响胶接质量的重要因素。

1 试验部分

本试验所用的铝合金为 LY12-CZ 合金,厚度分别为 2mm 和 0.3mm;胶粘剂为黑龙江石油化学研究院提供的某双马膜状胶粘剂和美国 3M 公司提供的某糊状胶粘剂,所用的化学原料主要有氢氧化钠、碳酸钠、磷酸等。为了研究不同表面处理工艺及不同胶接剂对粘接件承载能力的影响,将 40 组试样分为 A、B、C、D 组:方案 A 为未经过表面处理(80# 砂纸打磨),用某双马膜状胶粘接;方案 B 为阳极化处理后,用某双马膜状胶粘接;方案 C 为未经过表面处理(80# 砂纸打磨),用某糊状胶粘剂粘接;方案 D 为阳极化处理后,用某糊状胶粘接。

铝合金试片的磷酸阳极化过程分为两部分,即前处理和阳极化。前处理包括试片的除油、碱洗和酸洗等。将加工好的铝合金试片在 50~60℃ 的氢氧化钠与碳酸钠混合液中浸泡 1min,取出后用自来水冲洗 2~5min,然后在稀硝酸溶液中浸泡 2~5min,取出后用自来水冲洗 5~10min,得到表面清洁的铝合金试片。阳极化是指在磷酸电解质中,利用电解原理在阳极铝合金表面产生多孔膜的过程。阳极化时槽液中磷酸浓度为 120~140g/L,槽液温度为 $25 \pm 5^\circ C$,阳极电压为 $10 \pm 1V$,并保持

20min, 试片阳极化后立即用自来水冲洗 5~10min, 再用去离子水充分淋洗, 然后在不高于 60℃ 的干燥箱中烘干, 得到阳极化的铝合金试片。

粘接: 选用某糊状胶粘剂时, 将糊状胶均匀涂于试片表面, 选用某双马膜状胶粘剂时, 将胶片剪成粘接面形状和尺寸, 平铺于粘接表面, 室温条件下, 两种胶体在涂胶后应在 10min 内粘接完毕。某双马膜状胶粘剂的固化温度为 180℃, 某糊状胶粘剂的固化温度为 120℃。

按照国家标准 GB/T7124-1986 制备拉伸剪切试样, 厚度为 2mm, 测试段宽度为 12.5mm; 按照国家标准 GJB446-1988 制备 90° 剥离强度试样, 厚度为 2mm 和 0.3mm; 按照国家标准 GB/T7122-86 制备剥离强度试样, 厚度为 2mm 和 0.5mm, 在 Z100 电子万能材料试验机上测试其性能。

2 结果与分析

2.1 力学性能分析

采用 Z100 电子万能材料试验机对 4 种方案中的 40 组粘接试样测试其拉剪强度和剥离, 并对测试结果求平均值, 见表 1。

从以上测试结果可以看出, 对 LY12-CZ 铝合金板表面采用磷酸阳极化处理工艺对其粘接性能影响较大, 试片经阳极化处理后的粘接性能大幅度提高。当采用某双马膜状胶粘剂粘接时, 阳极化处理后的铝合金粘接副的拉剪强度比未处理时提高了 54%, 90° 剥离强度提高了 134%; 当采用某糊状胶粘剂粘接时, 阳极化处理后的铝合金粘接副的拉剪强度比未处理时提高了 47%, 剥离强度提高了 189%。

粘接性能的提高与铝板的表面形态有很大关系。从理论上讲, 板材表面经磷酸阳极化处理, 会生成极性的多孔蜂窝状的 Al_2O_3 等氧化物薄膜, 提高了胶接剂和界面间的色散力和范德华力, 并可能与胶接剂中的极性基团形成共价键, 大幅提高化学键合力, 且膜层内聚力比较强, 本身不易破坏, 同时有较高的表面吸附能力,

对胶接剂的润湿性好, 在粘接时胶液能够渗入膜层孔洞中, 在界面上形成增加结合强度的过渡层, 因此, 能有效提高胶接副的拉剪强度^[6]。

2.2 胶接面破坏模式分析

胶接结构中胶层一般承受拉伸、剪切、剥离和劈裂 4 种基本形式的载荷; 其中, 对单搭接的胶接连接形式来说, 破坏模式有内聚破坏、粘附破坏和混合破坏 3 种, 如图 1 所示。

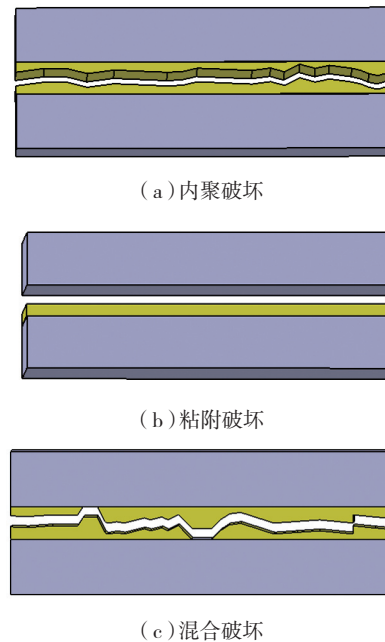


图1 单搭接破坏形式

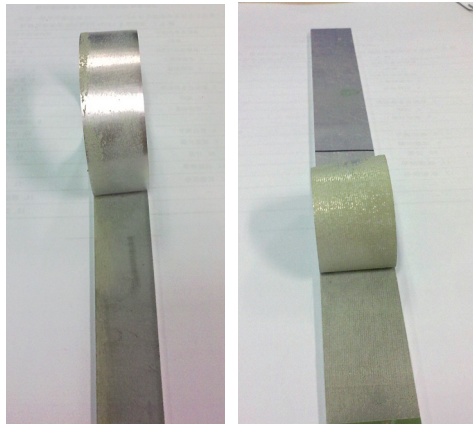
Fig.1 Failure mode of single lap joint

图 2 为 A、B、C、D 组剥离试样破坏形式, 其中 A 组为未经表面处理 (80# 砂纸打磨), 用某双马膜状胶粘剂; B 组为阳极化处理后, 用某双马膜状胶粘剂; C 组为未经表面处理 (80# 砂纸打磨), 用某糊状胶粘剂; D 组为阳极化处理后, 用某糊状胶粘剂粘接。

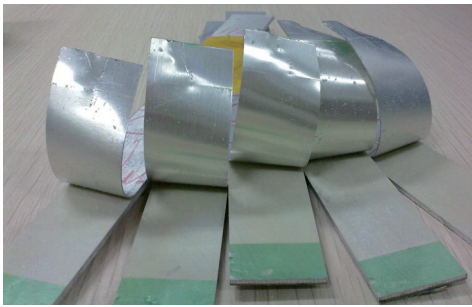
图 3 为 A 组和 B 组剪切试样破坏形式。从图 3 可

表1 胶接件的拉剪强度和剥离强度

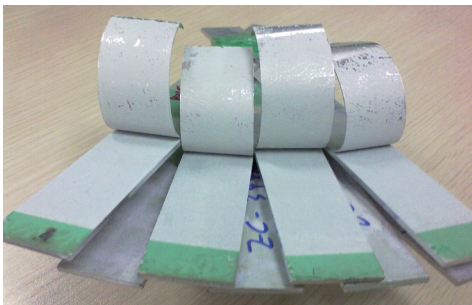
方案	胶粘剂	测试项目	测试值					平均值	测试方法
A	某双马膜状 胶粘剂	剪切强度 /MPa	27.49	21.96	24.77	20.23	22.02	23.30	GB/T7124
A		90° 剥离强度 / (N·mm ⁻¹)	2.98	3.31	2.58	4.21	3.90	3.40	GJB446
B		剪切强度 /MPa	36.48	35.38	36.30	39.58	32.15	35.98	GB/T7124
B		90° 剥离强度 / (N·mm ⁻¹)	7.61	7.85	8.07	8.18	8.14	7.97	GJB446
C	某糊状 胶粘剂	剪切强度 /MPa	29.41	27.63	28.36	27.64	28.73	28.35	GB/T7124
C		剥离强度(浮滚法) / (N·mm ⁻¹)	2.21	2.57	1.93	3.78	2.61	2.62	GB/T 7122
D		剪切强度 /MPa	40.05	42.61	41.68	41.12	42.59	41.61	GB/T7124
D		剥离强度(浮滚法) / (N·mm ⁻¹)	8.11	7.56	7.25	7.36	7.63	7.58	GB/T7122



(a) A 组剥离试样破坏形式 (b) B 组剥离试样破坏形式



(c) C 组剥离试样破坏形式



(d) D 组剥离试样破坏形式

图2 剥离试样破坏模式

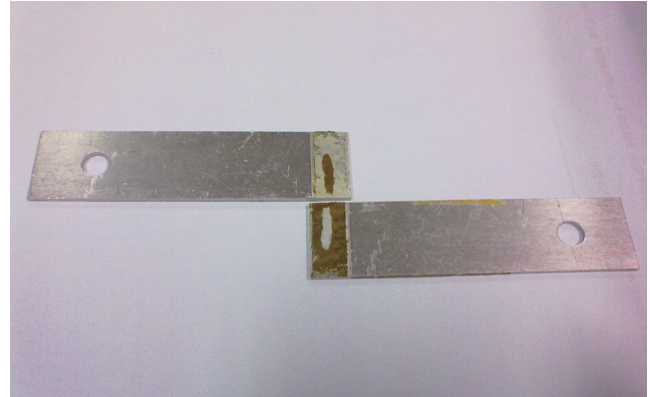
Fig.2 Failure mode of the lap peeling strength

可以看出,未阳极化处理的剪切试件破坏模式为混合破坏,拉剪强度较低;而经阳极化处理后用双马胶膜胶接的剪切试件破坏模式为胶的内聚破坏,这说明双马胶膜与铝合金结合性能比较好。

3 结论

(1) 磷酸阳极化铝合金粘接副的拉剪强度比未阳极化铝合金粘接副拉剪强度提高了 50%,剥离强度提高了 162%;制样时对试片进行磷酸阳极化处理,能够有效地提高胶粘剂质量一致性检验的准确率。

(2) 磷酸阳极化铝合金剪切试件的破坏模式为内聚破坏,未经过阳极化处理的铝合金剪切试件的破坏模式为混合破坏,即存在胶粘剂层的剪切破坏和粘接界



(a) A 组剪切试样破坏形式



(b) B 组剪切试样破坏形式

图3 剪切试样破坏模式

Fig.3 Failure mode of the lap shear strength

面的剥离破坏;阳极化铝合金剥离试件的破坏模式为内聚破坏,未经过阳极化处理的铝合金剥离试件的破坏模式为粘附破坏。制样时对试片进行磷酸阳极化处理,能够排除表面状态对粘接副力学性能的影响,从而提高了胶粘剂质量一致性检验的准确率。

参考文献

- [1] Chabot K A, Bonk R B. Evaluation of adhesives and primers systems for adhering carbon /epoxy composites and metals. In: 25th international SAMPE technical conference, 1993.
- [2] Tillman M S, Hayes B S, Seferis J C. Influence of Substrate adhesives in Compatibility on the fracture of composite bonds. In: 46th international SAMPE symposium, 2001.
- [3] 中国航空研究院. 复合材料连接手册. 北京: 航空工业出版社, 1994.
- [4] 赵云峰. 表面处理对硅橡胶胶粘剂胶接性能的影响. 化学与粘合, 2001 (2):49-51.
- [5] 陈明安, 张新明, 蒋志军, 等. 铝及铝合金表面处理后的表面特征和粘接特性. 化学与粘合, 2001 (6):262-267.
- [6] 刘昌发, 黄明辉, 孙振起. 航空用 Al-Li 合金阳极氧化对粘接性能的影响. 材料导报 B: 研究篇, 2012(12):9-12. (责编 小城)