

RPUR 泡沫塑料 / 铝板粘接性能的影响因素探讨

田春蓉 周秋明 刘 静 王建华

(中国工程物理研究院化工材料研究所, 绵阳 621900)

摘要 主要研究了硬质聚氨酯(RPUR) 泡沫塑料的密度、异氰酸酯指数、铝板表面处理方式及铬酸阳极化处理
后存放时间等因素对 RPUR 泡沫塑料/铝板粘接性能的影响。研究结果表明, RPUR 泡沫塑料/铝板的粘接强度随
RPUR 泡沫塑料密度的增加而增大, 在实验范围内随异氰酸酯指数的升高而降低, 当铝板表面采用铬酸阳极化处理
时, 其与 RPUR 泡沫塑料之间的粘接性能最好, 而且经过铬酸阳极化处理的铝板在存放 160 d 后其粘接效果仍然较
好。

关键词 硬质聚氨酯泡沫塑料 铝板 粘接强度 表面处理 影响因素

硬质聚氨酯(RPUR) 泡沫塑料具有质量轻、强度
高、尺寸稳定性好、阻尼减振、保温隔音及配方多
变等众多优异特性而被广泛应用于国民经济的各个
领域。

RPUR 泡沫复合板材又称为夹芯板, 它是指以
RPUR 泡沫塑料为芯材, 以薄的金属板(钢板、铝板
等) 或塑料板为面材的多层板材。由于其具有质量
轻、比强度高、刚度大, 成型简单等特点, 目前已被广
泛应用于建筑保温、汽车及国防军事工业^[1]。在国
防军事工业中, 这种夹芯复合材料主要用于保温、防
震、抗冲击等特殊场合, 如为了确保某些电子仪器装
置在振动和冲击等严酷环境中的正常使用, 采用铝
板/RPUR 泡沫塑料夹芯结构作为电子仪器装置的
安装支承部件, 这种部件必须具备一定的强度及阻
尼减振的功能, 才能对电子仪器装置起到支承减震
的作用。

PUR 泡沫塑料在发泡成型过程中可直接粘接
于板材上, 它与金属板的粘接强度如何将直接影响
复合夹芯结构件功能的正常发挥和使用。根据文献
介绍, 只要将金属板的表面处理好, PUR 泡沫塑料
与金属板的粘接性能是很好的^[2], 但泡沫塑料与金
属板之间的粘接强度还与 RPUR 泡沫塑料的配方、
密度等有很大关系。笔者制备了铝板/RPUR 泡沫
塑料/铝板复合夹芯结构件, 探讨了 RPUR 泡沫塑料
的密度、异氰酸酯指数、铝板表面处理方式及铝板经
铬酸阳极化处理后存放时间等因素对铝板/RPUR
泡沫塑料/铝板粘接性能的影响。

1 实验部分

1.1 主要原材料

硬铝板: LY12, 市售;
PUR: 原料配方及生产厂家见表 1。

表 1 PUR 的原料、配方及生产厂家

原料	生产厂家	质量份
聚醚	南京塑料厂	100
匀泡剂	南京塑料厂	0.1 ~5
催化剂	市售	0.1 ~5
蒸馏水	自制	0.1 ~3
其它助剂	市售	0 ~10
多亚甲基多苯基 多异氰酸酯(PAPI)	烟台万华聚氨酯 股份有限公司	0.8 ~1.2 (异氰酸酯指数)

1.2 实验仪器、设备

电子万能材料试验机: 1196 型, 美国 Instron 公
司。

1.3 铝板/RPUR 泡沫塑料/铝板夹芯结构件的制
备

1.3.1 铝板的表面处理方式

在表面处理前, 所用铝板的表面粗糙度为 3.2
μm。将需与 RPUR 泡沫塑料粘接的表面分别按下
列三种表面处理工艺之一进行表面处理:

- (1) 用分析纯丙酮脱脂, 去除铝板表面的油污;
- (2) 先用分析纯丙酮脱脂, 再用 150 ~180 μm
的金刚砂纸去除铝板表面的氧化膜, 最后用丙酮擦
洗干净, 打磨时应尽量做到均匀一致, 打磨处理的铝
板需即时使用, 打磨后的铝板表面在空气中的暴露
时间不得超过 0.5 h。
- (3) 先采用铬酸阳极化处理, 使用之前再用丙
酮脱脂。

1.3.2 铝板/RPUR 泡沫塑料/铝板夹芯结构件的
成型

采用垂直浇注发泡法制作, 按设计把经表面处
理的两块铝板分别固定在凹模和凸模上, 垂直夹于

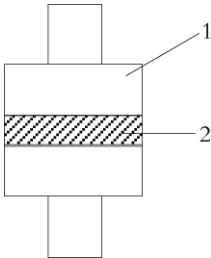
模具内,然后将模具加热至一定温度,手工配料并调节好原料温度,将 RPUR 泡沫塑料的液体原料快速混合均匀,注入模具中发泡成型,在一定温度下熟化一段时间,自然冷却后脱模,即制得夹芯结构件。表 2 列出铝板/RPUR 泡沫塑料/铝板夹芯结构件的浇铸成型工艺参数。

表 2 铝板/RPUR 泡沫塑料/铝板夹芯结构件的浇铸成型工艺参数

项 目	浇铸成型工艺参数
原料温度/℃	20 ~30
模具温度/℃	38 ~46
原料搅拌速度/ $r \cdot \min^{-1}$	1 000 ~2 000
原料搅拌时间/s	30 ~60
熟化温度/℃	80 ~100
熟化时间/h	2 ~6

1.4 铝柱/RPUR 泡沫塑料/铝柱夹芯结构试样的制作

采用专用的模具,将制作夹层结构试样用的铝柱分别按上述的表面处理工艺之一进行表面处理,然后将其装配在模具中,按上述的浇铸成型工艺浇注 RPUR 液体原料,并进行熟化处理,自然冷却后,将带有铝柱的 RPUR 泡沫塑料从模具中脱出,沿着铝柱的边缘将多余的泡沫塑料切掉,即制得铝柱/RPUR 泡沫塑料/铝柱夹芯结构试样,见图 1。试样发泡粘接面尺寸为 25 mm,两个铝柱之间的 RPUR 泡沫塑料厚度为 6 mm。



1— 25 mm 的铝柱; 2—厚度 6 mm 的 RPUR 泡沫塑料
图 1 铝柱/RPUR/铝柱夹芯结构试样

1.5 性能测试

铝柱/RPUR 泡沫塑料/铝柱夹芯结构试样的测试方法为拉伸法,按 GB9641-1988 测试,拉伸速率为 5 mm/min。

2 结果与讨论

2.1 RPUR 泡沫塑料密度对 RPUR 泡沫塑料/铝板粘接性能的影响

分别制备了 0.15、0.21、0.31、0.40 g/cm³ 共 4 种密度的 RPUR 泡沫塑料,考核了该 4 种密度的泡沫塑料芯层与铝板的粘接强度,其结果见图 2。所

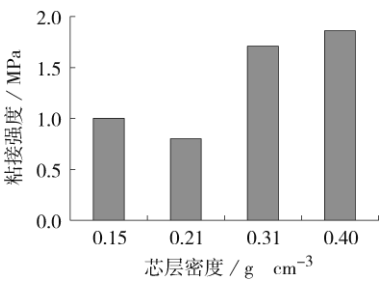


图 2 芯层密度与 RPUR 泡沫塑料/铝板粘接性能的关系

用铝板的表面处理均采用粗砂纸打磨的方式。

从图 2 可看出,铝板与 PUR 泡沫塑料芯层之间的粘接强度基本上是随着 RPUR 泡沫塑料密度的增加而增大,但 RPUR 泡沫塑料芯层密度为 0.21 g/cm³ 时铝板与 RPUR 泡沫塑料的粘接强度略有降低,其原因主要是由于脱模时铝板与模具之间存在干涉作用,导致铝板与 RPUR 泡沫塑料芯层之间的粘接界面受到损伤,从而降低了二者之间的粘接强度。

2.2 异氰酸酯指数对 RPUR 泡沫塑料/铝板粘接性能的影响

通常异氰酸酯指数不仅会影响 RPUR 泡沫塑料本身的力学性能,而且还对该泡沫塑料与其它材料的粘接性能也有较大的影响。笔者将 RPUR 泡沫塑料的密度设定为 0.32 g/cm³,铝板的表面处理采用粗砂纸打磨的方式,考核了异氰酸酯指数为 0.80 ~ 1.20 时异氰酸酯指数对 RPUR 泡沫塑料/铝板粘接强度的影响趋势,结果见图 3。

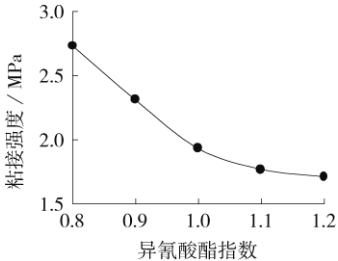


图 3 异氰酸酯指数与 RPUR 泡沫塑料/铝板粘接强度的关系

从图 3 可看出,当增加异氰酸酯指数时,RPUR 泡沫塑料与铝板之间的粘接强度呈降低的趋势,这主要是由于异氰酸酯指数增加时原料中 PAPI 的用量增加,使得 RPUR 泡沫塑料的脆性增加,因而与金属板的粘接力下降。但当异氰酸酯指数从 1.1 继续增加到 1.2 时,RPUR 泡沫塑料与铝板之间的粘接强度变化已非常小,这与 RPUR 泡沫塑料本身的强度变化趋势是一致的。

2.3 不同表面处理方式对 RPUR 泡沫塑料/铝板粘接性能的影响

表面处理的作用是除去妨碍粘接的自然氧化膜

及其表面污染物, 并形成新的适用于粘接的氧化膜^[3]。对金属铝而言, 如果能使其表面生成最稳定的铝氧化物 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 或 $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$, 则易获得优异的粘接性能, 但是, 金属铝的表面在潮湿的环境或腐蚀介质环境中自然生成的氧化膜为 $\beta\text{-Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, 它较厚且疏松脆弱, 故其粘接性能相当差, 因此, 为获得良好的粘接性能, 在使用前需对铝板表面进行适当的表面处理。

通常, 金属的表面处理方式有物理法和化学法两大类。笔者对比了溶剂脱脂、机械打磨及铬酸阳极化等三种不同表面处理方式对 RPUR 泡沫塑料与铝板粘接性能的影响。表 3 列出所用配方的异氰酸酯指数为 1.1 时三种表面处理方式对 RPUR 泡沫塑料/铝板粘接强度的影响。

表 3 不同表面处理方式对 RPUR 泡沫塑料/铝板粘接强度的影响		
铝板表面处理方式	粘接强度 /MPa	试件破坏现象
只用丙酮脱脂	0.38 ±0.10	铝板上无泡沫塑料层
丙酮脱脂, 砂纸打磨, 再脱脂	1.71 ±0.11	铝板上无泡沫塑料层
铬酸阳极化处理, 脱脂	3.49 ±0.33	铝板上粘有一层泡沫塑料

从表 3 可看出, 铝板经铬酸阳极化处理后, 它与泡沫塑料的粘接强度明显高于采用砂纸打磨或只用丙酮脱脂处理时的强度, 而且泡沫塑料从铝板上拉脱时, 铝板表面留下一层泡沫塑料, 这表明铝板表面采用铬酸阳极化处理可以使 RPUR 泡沫塑料/铝板复合夹芯板材获得优异的粘接性能, 即 RPUR 泡沫塑料与铝板之间的粘接强度大于 RPUR 泡沫塑料本身的拉伸强度, 这是由于铝板采用铬酸阳极化处理时, 其表面形成了含有一个结晶水的 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, 这种形态的铝氧化物极易与胶粘剂形成牢固的化学键。

而铝板表面仅采用丙酮脱脂处理所制得的 RPUR 泡沫塑料/铝板复合夹芯板材的粘接性能最差, 这是由于铝板表面在自然环境下生成的 $\beta\text{-Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 疏松质脆, 与 RPUR 泡沫塑料之间的结合力很低的缘故。

当采用砂纸打磨方式处理铝板表面时, 其表面疏松的 $\beta\text{-Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 氧化膜被除去, 加之又采用 150 ~180 μm 的砂纸打磨, 因而提高了铝板的表面粗糙度, 使其表面呈现出凹凸不平的浅沟槽结构。当 RPUR 反应物料与之接触时, 料液较易渗透到这些凹凸不平的浅沟槽中去, 这在一定程度上增大了 RPUR 泡沫塑料与铝板之间的结合面, 故二者之间

的粘接强度有所提高。但是, 打磨后新的铝板表面由于没有形成 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 氧化膜, 同时, 由于 RPUR 反应物料发泡时粘度增大, 可能导致铝板表面没有充分浸润, 因此, RPUR 泡沫塑料与铝板之间应属机械结合, 即没有形成牢固的化学键, 从试件的破坏形式也可看出, 二者之间没有达到最佳的粘接效果。因此, 采用砂纸打磨方式处理铝板表面, 虽可提高其与 RPUR 泡沫塑料的粘接强度, 但仍达不到令人满意的粘结强度。

2.4 铝板表面阳极化处理后存放时间对 RPUR 泡沫塑料/铝板粘接性能的影响

据文献[4]介绍, 铝板表面采用铬酸阳极化处理后, 其有效期约为一个月。为了探索铝板表面经铬酸阳极化处理后存放时间对其与 RPUR 泡沫塑料之间粘接强度的影响, 笔者考核了经铬酸阳极化处理的铝板在自然条件下存放不同时间后其与 RPUR 泡沫塑料之间的粘接强度, 结果见表 4。

表 4 存放时间对 RPUR 泡沫塑料/铝板粘接强度的影响		
处理存放时间/d	粘接强度 /MPa	试样破坏形式
5	3.49	泡沫塑料破坏
30	2.98	泡沫塑料破坏
120	2.48	泡沫塑料破坏
160	2.98	泡沫塑料破坏

表 4 表明, 铝板经铬酸阳极化后存放时间对 RPUR 泡沫塑料与铝板的粘接性能略有影响, 但由于试样的破坏形式均表现为泡沫塑料破坏, 因此这种变化应归因于 RPUR 泡沫塑料本身的强度波动, 故可以得出经铬酸阳极化处理的铝板在自然状态存放 160 d 后与 RPUR 泡沫塑料的粘接效果仍然较好。

3 结论

(1) 当异氰酸酯指数低于 1.1 时, 硬质聚氨酯泡沫塑料与铝板之间的粘接强度随异氰酸酯指数的升高而降低, 随硬质聚氨酯泡沫塑料密度的增加而增大。

(2) 采用 150 ~180 μm 的砂纸打磨铝板表面, 由于去除了铝板表面疏松的 $\beta\text{-Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 氧化膜, 并增大了其表面粗糙度, 因此, 可一定程度地提高铝板与硬质聚氨酯泡沫塑料之间的粘接强度。

(3) 铝板表面经铬酸阳极化处理可以很好地改善其与硬质聚氨酯泡沫塑料的粘接强度, 而且在存放了 160 d 后, 与硬质聚氨酯泡沫塑料的粘接效果仍然较好。

参考文献

1 方禹声, 朱吕民. 聚氨酯泡沫塑料. 北京: 化学工业出版社, 1994.

2 金绪刚, 龚克诚, 薛启寿. 硬质聚氨酯泡沫塑料夹层结构的研制. 材料开发与应用, 1995, 10(3): 39

3 郑瑞琪, 余去照. 结构胶粘剂及胶接技术. 北京: 科学出版社, 1993. 238

4 李盛彪, 黄世强, 王石泉. 胶粘剂选用与粘接技术. 北京: 化学工业出版社, 2002. 36

STUDY ON THE INFLUENCING FACTORS OF ADHESIVE PROPERTY OF RIGID POLYURETHANE FOAM PLASTIC/DURALUMIN

Tian Chunrong, Zhou Qiuming, Liu Jing, Wang Jianhua

(Institute of Chemical Materials, China Academy of Engineering Physics, Mianyang 621900, China)

ABSTRACT Effect of the factors such as density of rigid polyurethane (RPUR) foam plastic, isocyanate index, surface treatment of duralumin and resting period of duralumin treated by chromate anodization on the adhesive property of RPUR foam plastic/duralumin was studied. The results showed that the adhesive strength of RPUR foam plastic/duralumin increased with the increase of density of RPUR foam plastic and decreased with the increase of isocyanate index. The RPUR foam plastic/duralumin showed the best adhesive property after the surface of duralumin was treated by chromate anodization. Furthermore, after 160 days of resting period, anodized duralumin still held good adhesive ability.

KEYWORDS rigid polyurethane foam plastic, duralumin, adhesive strength, surface treatment, influencing factor

“白色垃圾”可制保温建筑材料

山西原平市通达屋顶胶经销处近日用废弃的塑料袋、盒等“白色垃圾”研制轻型保温建筑材料获得成功。据检测, 其密度、压缩强度和导热系数都达到了同类产品的国家标准。

准。该材料对治理“白色垃圾”已显示出特殊的环保意义和实用价值。这种被命名为“KGT 轻型多功能保温建材”的材料对屋顶、墙体、阳台、管道等有保温、隔热作用, 质量轻, 保温性能好, 比同类建材产品可降低成本 30% 左右。(雄伟)

欢迎订阅《工程塑料应用》和《化学分析计量》
邮发代号 24-42, 24-138 全国各地邮局均可订阅

欢迎读者直接通过邮局或银行汇款向《工程塑料应用》杂志社办理《工程塑料应用》和《化学分析计量》的订阅手续, 请注明订阅期刊名称、收件人、邮编及地址。

《工程塑料应用》, 国内外公开发行的全国性塑料专业技术类刊物, 月刊, 大 16 开本, 每月 10 日出版。本刊为中文核心期刊, 是中国工程塑料工业协会会刊, 荣获首届、第二届国家期刊奖等 19 项国家、省部委级优秀期刊奖, 入选美国化学文摘(CA)千种表。2004 年定价 7 元/期, 全年 84 元。1986 年以来的期刊价目见表 1。欢迎读者来函(附名片)免费索取样刊。

表 1 《工程塑料应用》单册期刊、合订本价格表

年份	期数	每册单价/元	全年定价/元	合订本/元
1986 ~1989	16	0.825	13.2	23
1990 ~1992	12	1.4	16.8	27
1993、1994	10	2.4	24	34
1995	6	2.8	16.8	27
1996	6	4	24	34
1997	6	5	30	40
1998	12	3.5	42	52
1999	12	4	48	58
2000	12	5	60	70
2001	12	5.5	66	82
2002	12	6	72	88
2003	12	6.5	78	94
2004	12	7	84	100
合计	140		574.8	600(优惠)

邮局汇款:

收款单位: 山东省济南市 108 信箱杂志社
邮编: 250031 传真: (0531) 5816706-808 5947355
电话: (0531) 5816706-805, 802, 801 5947355

银行汇款:

户名: 中国兵器工业第五三研究所
开户银行: 济南市工商银行八一分理处
帐号: 1602001209014424079

《化学分析计量》, 国内外公开发行的全国性分析、计量专业技术类刊物, 双月刊, 大 16 开本, 单月 20 日出版。本刊荣获多项部委级优秀期刊奖, 被美国化学文摘(CA)收录。2004 年定价 7 元/期, 全年 42 元。创刊号以来的期刊价目见表 2。欢迎读者来函(附名片)免费索取样刊。

表 2 《化学分析计量》单册期刊、合订本价格表

年份	期数	每册单价/元	全年定价/元	合订本/元
创刊号 ~1998	9	4	36	46
1999	4	3.5	14	68
2000	4	5	20	
2001	6	4	24	
2002	6	5	30	76
2003	6	6	36	
2004	6	7	42	
合计	41		202	190