

doi: 10.7690/bgzdh.2018.05.023

金属零件环氧胶粘剂粘接强度工艺研究

杨青山¹, 胡艳华², 高美清², 程春梅², 赵志江¹, 王庆华¹

(1. 驻 763 厂军事代表室, 太原 030008; 2. 晋西集团江阳公司技术质量部, 太原 030041)

摘要: 针对某产品金属零部件粘接后出现分离或错位的问题, 对所用环氧胶粘剂粘接强度进行研究。采用与产品材料相同的“金属块-金属块”样件, 进行了胶粘剂不同配比、固化温度、表面质量等试验, 确认粘接质量的影响因素包括组份配比、固化时间、粘接面表面质量等。采用精确称量胶液组份、严格控制粘接面质量、确定最短固化时间、改进余胶的清擦方式等改进措施, 改善产品粘接强度。实际应用结果证明: 改进措施能提高装配工序的生产效率, 降低废品损失。该工艺可在同类产品质量问题处理、教学研究、科研试制等领域内推广使用。

关键词: 环氧胶粘剂; 粘接强度; 工艺研究

中图分类号: TJ450.6 **文献标志码:** A

Technique Study to Bonding Strength of Metal Parts Epoxy Glue

Yang Qingshan¹, Hu Yanhua², Gao Meiqing², Cheng Chunmei², Zhao Zhijiang¹, Wang Qinghua¹

(1. Military Representative Office in No. 763 Factory, Taiyuan 030008, China;

2. Technical Quality Department, JinXi Group Jiayang Company, Taiyuan 030041, China)

Abstract: The metal parts of some product became separated or displaced after being adhered. For these problems, we have done some experiments on different component proportion, curing temperature, surface quality by using “metal-metal” samples, which were the same as product material, and found correlations between bonding quality and component proportion, curing time, adhered surface quality and so on. Improve bonding strength by ascertaining glue weight, strictly controlling surface quality, determining the minimum curing time and improving the cleaning method. Application shows that the measures can improve the working efficiency of assembling, and reduce the waste products. This technology can be widely used for dealing with quality problems, teaching research, and scientific research test of the same product field.

Keywords: epoxy glue; bonding strength; technique study

0 引言

粘接是借助胶粘剂在固体表面上所产生的粘合力, 将同种或不同种材料的 2 个零件连接在一起的方法^[1]。相比焊接、铆接、螺栓连接, 粘接具有质量轻、应力分布均匀、操作简便、节约能源等优点, 并起到密封、防腐、绝缘、缓冲等作用, 被广泛应用在航天、弹药及各种机械行业的装配工序。

某产品金属零部件之间采用环氧胶粘剂粘接, 在加工过程中发现粘接后容易分离或错位, 造成后续其他零件装配中同轴度调试困难、废品较多。为了提高其粘接强度, 保证产品质量稳定, 笔者开展了粘接强度工艺研究。

1 粘接机理分析

粘接质量是靠粘接剂在 2 个零件的接触表面上所产生的粘合力保证的。粘合力由胶与被粘接物之间的粘附力和胶层的内聚力形成, 其中任何一种力的下降, 都将导致粘接强度降低。粘附力是胶粘剂

与被粘接物体之间的相互作用力, 与被粘接的 2 个零件表面质量、固化时间有关^[2]。胶层的内聚力指胶粘剂本身分子间的作用力, 与胶液各组分的配比有关。要想提高粘接强度, 需充分考虑粘接前处理、工艺参数、后处理等过程^[3], 确定最佳胶液组分配比、固化时间等参数^[4], 以及粘接前对 2 个零件粘接面的表面处理, 粘接后对余胶的处理方式。

2 试验

试验选取粘接面尺寸为 3 cm×3 cm 金属块作为粘接样件, 采用与产品材料相同的“金属块-金属块”样件, 进行了胶粘剂不同配比、固化温度、表面质量等试验, 经数据对比分析, 获得最佳粘接强度工艺方法。

试验设备为万能拉伸试验机。

2.1 胶粘剂不同比对粘接强度的影响

室温条件下, 不同固化配比的胶粘剂粘接“金属-金属”试样, 拉伸强度随胶粘剂 A 组份含量变

收稿日期: 2018-02-01; 修回日期: 2018-02-23

作者简介: 杨青山(1973—), 男, 山西人, 学士, 工程师, 从事未来武器与装备发展, 破甲弹、末制导炮弹、火箭弹等整机和零部件、装药制造技术, 质量控制方法、成本管理等研究。

化而变化，如图 1。

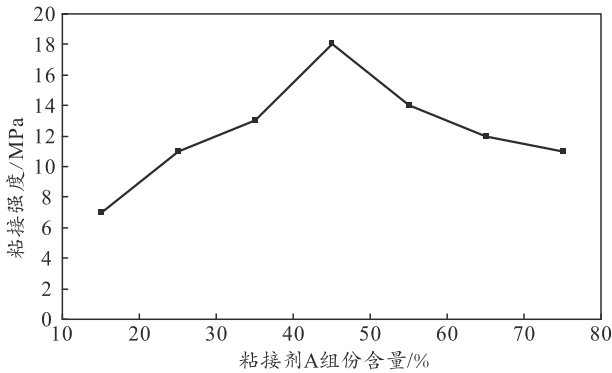


图 1 不同配比试验结果

从图中可见：随着胶粘剂 A 组份含量增加，粘接强度先增加后减小，出现 1 个峰值，即当胶粘剂 A 组份含量为 50% 时粘接强度达到最大，为 18 MPa。

2.2 不同固化时间对粘接强度的影响

通过 2.1 的试验确定胶粘剂最佳配比后，固定胶粘剂配比(胶粘剂 A 组份含量 50%)，选取不同的固化时间^[5]，通过拉伸试验比较不同固化时间下的粘接强度，如图 2。

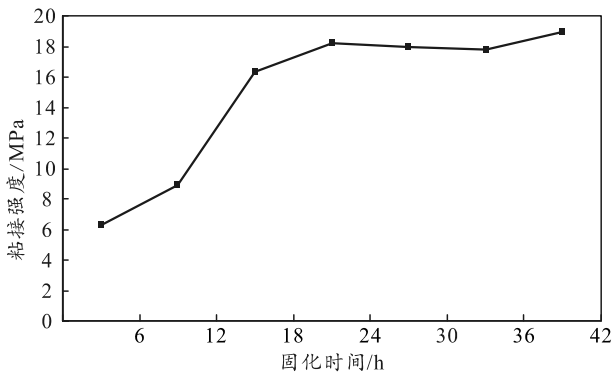


图 2 不同固化时间试验结果

由图可知：当固化时间达到 24 h，粘接强度达到 18 MPa 以上，此后继续增加固化时间，粘接强度基本保持不变。

2.3 不同粘接面表面质量对粘接强度的影响

粘接是发生在表面的现象，因此被粘表面的状态和性质对粘接的效果具有重要的影响^[6]。机械加工零件作为被粘接物，表面往往吸附有各种杂物，如油污、氧化层等，因此表面处理对粘接物来说必不可少。在本试验中，分别选取粘接面有油污(自然状态)、粘接面清擦干净(用专用清洗剂清擦后晾干)、粘接面轻度打磨(用 120#砂纸)、粘接面中度打磨(用锉刀打磨)的 4 组样件，每组 3 件，在最佳胶粘剂配比，固化时间大于 24 h 的情况下，做拉伸

试验，得到结果见表 1。

样件	有油污	清擦干净	轻度打磨	中度打磨
1	7.4	11.3	17.9	19.6
2	6.6	10.5	18.1	19.3
3	7.3	12.6	18.4	18.9
平均值	7.1	11.47	18.13	19.27

根据粘接强度试验结果平均值数据如图 3。

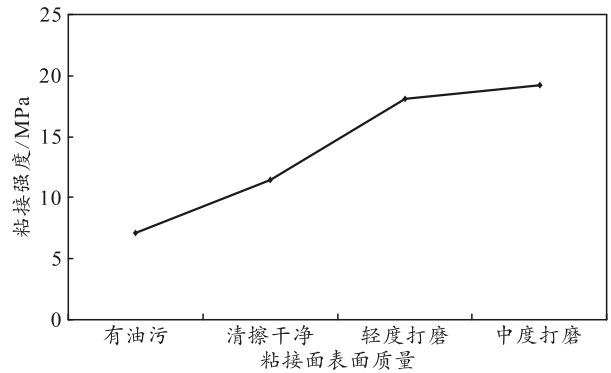


图 3 不同表面质量试验结果

由图可知：经过表面处理后粘接强度更高，中度打磨后粘接面的表面粗糙程度加大，金属与胶粘剂之间的接触面积增大，更有利于提高粘接强度。

3 解决某产品粘接强度不足问题应用实例

某产品战斗部组件结构见图 4，探杆风帽装配在前置战斗部与主战斗部壳体组件之间，2 个连接部位均采用粘接方式。生产初期，出现主战斗部与探杆风帽粘接后容易分离或错位的问题，造成后续零件装配过程中同轴度调试困难、废品较多现象，对产品性能试验造成不利影响。为了提高其粘接强度，结合粘接机理分析和试验结果，通过采取精确称量胶液组分、严格控制粘接面表面质量、确定最短固化时间、改善余胶清擦方式等措施进行工艺改进，改善了粘接强度，提高了后续装配工序的生产效率，降低了废品损失。

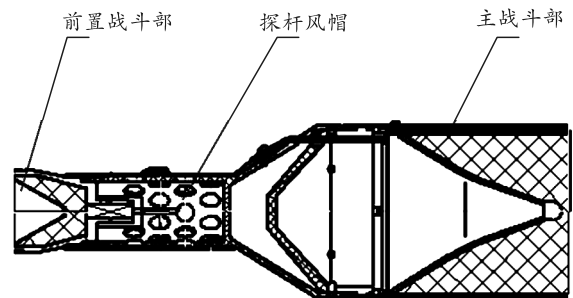


图 4 某产品结构

3.1 试验样件及检测方法的确定

考虑到产品装药后，拉伸试验不安全，决定应用

模拟战斗部结构的拉伸试验样件，探杆风帽和主战斗部粘接对接部位为探杆风帽上内风帽组件的钢衬外径与战斗部零件弹体的内径，用内风帽组件与弹体组合件做为试验样件(前置战斗部与探杆风帽连接处与之粘接方式相同，可以采用同样的工艺)。为了装卡方便，在内风帽组件上制造工艺孔。制作样件后，采用万能拉伸试验机进行拉伸抽脱力检验，见图 5。



图 5 粘接强度试验

3.2 工艺改进措施

3.2.1 精确称量胶液组分

探杆风帽与主战斗部连接部分靠涂环氧树脂胶粘剂连接。根据前期试验结果，低分子量聚酰胺树脂含量为 50% 配比时，粘接强度最高。原先工艺未要求精确称量，靠目测进行组分配比，实际配比大约在(45~55)%范围内。为了进一步确定小范围偏差对粘接质量是否有影响，使用电子称精确称量各组分质量，分别采用低分子量聚酰胺树脂：双酚 A 型环氧树脂按不同的配比制作了 3 个弹体与探杆风帽的组合件，进行拉伸抽脱力工艺试验，结果见表 2，可见配比为 50% 的粘接强度最高。为了保证胶液最佳配比，采用电子秤称量各组分含量，优化了配比。

表 2 粘接样件不同配比的拉伸抽脱力 kN

样件	低分子量聚酰胺树脂含量/%		
	45	50	55
1	6.64	7.45	6.68
2	6.45	7.56	6.35
3	6.58	7.82	6.45
平均	6.56	7.61	6.49

3.2.2 严格控制粘接面质量

粘接是发生在表面的现象，因此被粘接面的状态 and 性质对粘接的效果具有重要的影响。通常，我们希望胶粘剂能够不受阻拦地与被粘接面接触，获得满意

的粘接效果。而实际情况是：在被粘接物的表面往往吸附有各种化学污染物，如尘埃、油垢、脱模剂、氧化层等，从而形成弱边界层，阻碍了胶粘剂直接作用于被粘接表面，使得粘接效果大打折扣。为此，在粘接前对表面预先处理就显得非常重要。

考虑到实际生产中，打磨程度过高在现场施工难以实现，会降低零件的物理机械性能，不易采用。经试验验证，表面清洁即可保证粘接强度，对于局部有难清除的污物时，允许轻微打磨。细化了工艺，规定零部件准备工序中对装配所用的各个零部件逐个清擦内外表面，确保零件表面干净、无污物。在粘接前对粘接面再次进行仔细检查，严格控制粘接面的质量。

3.2.3 确定最短固化时间

为了验证固化时间与温度关系，制作了 6 个壳体与风帽的组合件，在温度(20~24) °C 下固化 12、24 h 后，进行拉伸工艺试验，结果常温固化经 24 h 可达到最佳性能，固化 24 h 粘接强度比固化 12 h 提高了 2.67 kN，与前期结果一致，见表 3。为保证粘接强度，工艺规定明确固化时间不得小于 24 h。

表 3 粘接样件不同固化时间的的拉伸抽脱力 kN

样件	固化时间/h	
	12	24
1	6.32	8.56
2	5.41	8.72
3	6.45	8.91
平均	6.06	8.73

3.2.4 改进余胶清擦方式

实际生产中，2 个零件对接后，外表面会有多余的胶被挤出。为保证表面干净，原先用亚麻布蘸酒精清擦。清擦过程中酒精会渗入粘接缝隙处，不仅延长了固化时间，而且降低粘接强度。因此选用与胶液不相容的专业清洗剂，先用刀片刮削余胶，再用专用清洗剂清擦，消除酒精清擦对粘接固化时间和强度的影响^[7]。

3.3 实施效果

3.3.1 粘接强度定性检测

采取工艺改进措施后共粘接试验样品 3 件，与前期未采取措施的 3 件样品进行对比敲击试验。同一成年男操作者使用皮锤进行敲击，结果未采取措施的样品只敲击 1~2 次，弹体与探杆就发生分离，而采取措施的 3 件，用同样的力道敲击 6 次均未分离。之后，对该 3 发样品进行温度冲击试验，+50 °C 环境保温 3 h 转 -40 °C 环境保温 3 h，再敲击 6 次仍未分离，结果见表 4。

表 4 壳体风帽组合件粘接强度敲击试验

样品状态	胶液配比	固化时间/h	粘接面检查	皮锤敲击, 分离结果
原 1-1	未使用电子秤	12	未检查	敲击 2 次分离
原 1-2	未使用电子秤	12	未检查	敲击 1 次分离
原 1-3	未使用电子秤	12	未检查	敲击 2 次分离
改 1-1	使用电子秤	24	检查	敲击 6 次未分离
改 1-2	使用电子秤	24	检查	敲击 6 次未分离
改 1-3	使用电子秤	24	检查	敲击 6 次未分离
结论	采取措施后粘接强度明显提高, 不容易出现零件之间相互错位、分离。			
备注	采取措施敲击未分离后, 经温度冲击试验, 再进行敲击, 6 次均未分离。			

3.3.2 粘接强度定量检测

采取精确称量胶液组分、严格控制粘接面表面质量、确定最短固化时间、改善余胶清擦方式等措施, 共粘接壳体与风帽粘接组件试验样品 3 件, 与

前期未采取措施的试验样品 3 件进行对比拉伸试验, 结果见表 5, 采取措施后的平均拉伸抽脱力提高了 49.85%(3.45 kN)。改进前后的实物对比见图 6、图 7。

表 5 壳体风帽粘接强度拉伸试验

样品状态	胶液配比称量	固化时间/h	粘接面检查	拉伸抽脱力/kN	平均拉伸抽脱力/kN
原 1-1	未使用电子秤	12	未检查	6.64	6.92
原 1-2	未使用电子秤	12	未检查	6.68	6.92
原 1-3	未使用电子秤	12	未检查	7.45	6.92
改 1-1	使用电子秤	24	检查	8.91	10.37
改 1-2	使用电子秤	24	检查	11.80	10.37
改 1-3	使用电子秤	24	检查	10.40	10.37
结论	采取措施后的平均拉伸抽脱力提高 49.85%(3.45 kN)				



图 6 改进前粘接有缝隙, 易产生分离、歪斜现象



图 7 改进后粘接无缝隙, 解决了易分离、歪斜现象

3.3.3 产品生产情况

某产品批量生产中采取上述改进后的工艺, 并对粘接工序按照特殊过程进行控制, 已经连续试验 500 余发, 战斗部壳体与风帽粘接后均未出现分离、错位现象。零件粘接强度提高后, 保证了产品装配质量的一致性, 节约了后续同轴度调试时间, 降低了废品损失。据统计, 平均每发产品调试时间由原先的 25 min 降低为 20 min, 生产效率提高了 20%, 产品合格率由 97% 提高到 99%。

4 结束语

在分析粘接质量影响因素的前提下, 笔者采取试验验证确定最佳工艺参数和粘接前、后处理方式等措施, 改进工艺方法, 可在同类产品质量问题处理、教学研究、科研试制等领域内推广使用。

参考文献:

- [1] 尹仪成. 橡胶与金属粘合概述[J]. 中国胶粘剂, 1999, 8(1): 38-41.
- [2] 陈根座. 胶粘应用手册[M]. 北京: 电子工业出版社, 1994: 3.
- [3] 侯水利. 胶粘剂的粘合强度与金属表面形态的关系[J]. 纺织器材, 2001, 28(2): 109-110.
- [4] 刘一波, 刘伟, 孙越邈, 等. 超硬磨具用环氧树脂胶粘剂粘接强度影响因素的研究[J]. 超硬材料工程, 2009, 21(4): 6-9.
- [5] 李瑶瑶, 崔庆忠. 不同粘结体系对 PBX 炸药能量输出特性的影响[J]. 兵工自动化, 2017, 36(7): 1-4.
- [6] 黄良平, 唐先贺, 谭亮红. 金属表面处理工艺对橡胶与金属粘合性的影响[J]. 特种橡胶制品, 2003, 24(1): 34-37.
- [7] 王体泮, 张健. 针孔点胶的轨迹指令解析[J]. 兵工自动化, 2016, 35(10): 23-25.