

激光清洗技术在涂装车间的应用研究

赵永富, 祁文昌, 曹家鑫, 冯 萌
(中国汽车工业工程有限公司, 天津 300113)

摘要: 以激光清洗涂装车间撬体的技术方案及效果为例, 介绍了激光清洗技术在汽车涂装车间的应用, 并从激光清洗技术、职业健康、环境保护、防爆安全等方面进行了阐述、测试, 论证了激光清洗技术在涂装车间内使用的可行性, 并展示了其使用效果。

关键词: 激光清洗; 涂装; 撬体

中图分类号: TQ639 文献标志码: B 文章编号: 1007-9548(2024)10-0043-03

Application and Study on Laser Cleaning Technology in Painting Workshop

ZHAO Yong-fu, QI Wen-chang, CAO Jia-xin, FENG Meng
(China Automotive Industry Engineering Corporation, Tianjin 300113, China)

Abstract: This paper introduces the application of laser cleaning technology in automobile painting workshop, taking the technical scheme and effect of laser cleaning skid in painting workshop as an example, and expounds and tests the laser cleaning technology, occupational health, environmental protection and explosion-proof safety, etc., the feasibility of using laser cleaning technology in painting workshop was demonstrated, and the application effect was shown.

Key words: laser cleaning; painting; skid

0 引言

在汽车涂装车间的喷漆工艺流程中, 会有相当数量的油漆附着在负责车身转运的撬体上, 并和车身漆膜一起被烘干、固化, 但如果负责导电位置的油漆不能及时被清除, 将会影响车身整体的电泳效果, 所以在前处理电泳工序前, 为了撬体的导电功能能够稳定高效运行, 需要定期对撬体上的导电点进行清洗^[1]。涂装车间通常采用的是机械打磨的方式进行清洗。但是该类方案具有刷头容易损坏, 维护成本高, 噪音大, 效率低, 清洗效果不理想、打磨过程损伤基材等缺点。激光清洗技术有效地解决了这些难题, 并且清洗效率更高, 节能降噪, 对基材没有损伤。本文将从激光清洗技术、激光清洗撬体的方案、激光清洗的现场应用及第三方检测

等方面进行阐述。

1 激光清洗技术

相较于传统表面处理技术, 激光清洗是相对较新的技术。简单来说, 激光清洗是将聚焦的激光照射于待清洗表面, 通过快速蒸发等形式将附着于基材表面的污染物剥离, 从而达到基材表面清洗的技术。

激光清洗的原理: 基材表面附着的主要是锈、油漆和灰尘等, 激光清洗的过程主要是激光聚焦照射待清洗层, 产生巨大的膨胀力, 冲击力和振荡力等, 当这些力的合力(清洗力)大于基材表面对污染物的附着力时, 污染物就会被剥离, 达到清洗的效果^[2]。

一旦激光的功率密度大于某一特定阈值的情况发生时, 清洗效果虽然存在但物体表面也已经损伤, 这个特定的阈值被称为损伤阈值。一旦激光的功率密度小于某一特定的阈值时, 无论怎样延长激光清洗的时间, 也不会有任何清洗效果, 这个特定的阈值被称为清洗阈值^[3]。这说明激光清洗存在一定的能量密度范围, 即存在清洗阈值与损伤阈值, 只有清洗阈值<激光能量

收稿日期: 2023-12-26

作者简介: 赵永富(1978—), 男, 硕士, 高级工程师, 主要从事汽车结构分析及新技术应用研究工作。E-mail: zhaoyongfu@chinaaie.com.cn。

密度 $<$ 损伤阈值时,才能将漆层清洗干净且不损伤基材。单个激光脉冲能够清除的漆层厚度是有限的,当需要清洗的漆层厚度较大时,可以累积若干个脉冲进行作业,所需的脉冲数量将视实际漆层厚度而定。由于清洗阈值和损伤阈值的存在,可以实现激光清洗的自动控制。当激光功率密度大于清洗阈值时,激光将持续清除漆层,终止于基材位置。但是,由于激光的功率密度小于基材的损伤阈值,所以基材得到保护。通过试验和计算可以得出髌体及漆膜的清洗阈值和损伤阈值,将激光功率密度调整到上述范围内,就可以做到既有效去除漆膜又不会损伤基材。

2 激光清洗方案

如图1所示,激光清洗站配置两套激光清洗工作站,分别对髌体的前后两个导电点进行清洗,当髌体到达指定位置后,测距传感器测量清洗表面与激光清洗头的距离,反馈给系统,清洗模组移动至指定位置,清洗系统开始工作,清洗完成后清洗模组回到初始位置,检测单元到位,图2所示电阻检测探头与清洗表面接触检测,并将数据反馈系统,若电阻数值合格,检测单元回到初始位置,髌体驶离,清洗完成;若不合格,则使用备用工艺参数进行二次清洗,完成清洗后髌体驶离,清洗完成。系统主要包括脉冲光纤激光器、清洗头及其控制器、烟雾净化装置、操作台、电控柜等。

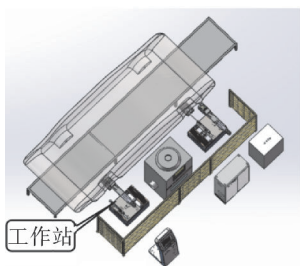


图1 激光清洗站布局示意

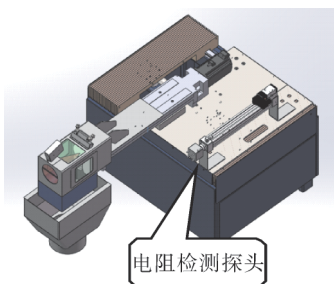


图2 激光清洗工作站示意

激光暴露到人的身体上是有一定危害的,主要危及眼睛和皮肤,危害的主要形式是激光照射引起的灼

烧。为保护相关人员的安全,调试过程采用辅助红光模拟激光进行调试,所有操作人员必须严格佩戴专业激光防护眼镜,对漫反射光源进行防护。激光清洗站外部设置有不透光防护板,激光清洗站内部配备不透光防护罩,防止激光外泄,形成双重防护。激光加工时,关闭所有防护门,并集成连锁信号保证人员安全。

3 激光清洗的应用研究及第三方检测

3.1 激光清洗的应用效果比较

为定性比较激光清洗技术应用在髌体上的效果,对激光清洗前后的效果进行比较,如图3~4所示,直观来看激光能够将附着在髌体导电点表面的漆膜清洗干净。



图3 激光清洗前



图4 激光清洗后

为定量比较机械打磨和激光清洗在清洗效果上的差别,针对两种清洗方法,随机各选取90个髌体的待清洗面,用漆膜仪测量待清洗位置的膜厚。这些膜厚分别是经过机械打磨或激光清洗,经历电泳和面漆线后循环回到打磨位置的厚度,能够一定程度上判断两种清洗方式的效果和稳定性。图5和图6分别是机械打磨和激光清洗状态下测得的漆膜厚度散点图,从中可以直观看出,机械打磨相较于激光清洗的膜厚更分散,最大值更大。表1汇总了两种清洗方式下膜厚数据的统计值,从中可以看出,在各随机抽取90个待清洗面上漆膜厚度情况下:激光清洗相较于机械打磨,能够清洗得更干净(均值和中位数更小),清洗效果更稳定(标准差更小)。这说明,相较于机械打磨,激光清洗技术的

清洗效果和稳定性都是更具有比较优势的。

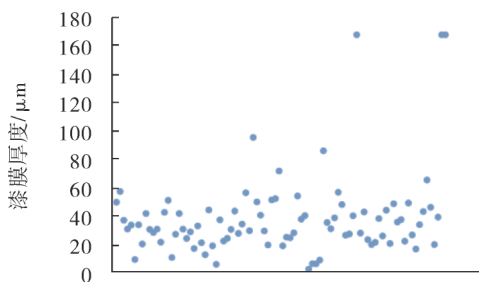


图5 机械打磨漆膜厚度散点图

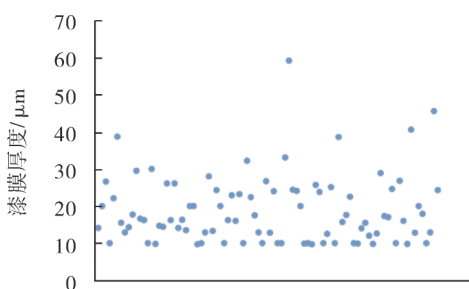


图6 激光清洗漆膜厚度散点图

表1 设备待清洗面漆膜厚度统计

数据来源	总数/个	膜厚均值/ μm	标准差/ μm	中位数/ μm
机械打磨	90	36.98	29.14	30.60
激光清洗	90	18.78	9.09	16.20

3.2 激光清洗产生的粉尘爆炸测试

激光清洗橇体导电点表面,会产生粉尘,基于安全考虑,对于激光清洗产生的粉尘,由具有国家资质的第三方按照以下测试步骤进行粉尘爆炸测试。

第一步:爆炸筛分测试,该测试属于定性测试,以确定粉尘是否属于可燃爆粉尘;如果是,进行第二步。

第二步:进行详细的爆炸性参数测试,分以下两类。

1) 第一类敏感性参数(反应着火爆炸的敏感性),包括:粉尘云爆炸下限,表示粉尘云可能发生爆炸的最小浓度值,越低越容易发生爆炸,是划分粉尘爆炸危险区域的依据;粉尘云最低着火温度,反映粉尘呈云状时的点燃危险性,越低越易点燃。

2) 第二类烈度参数(反应爆炸的危害程度),是防爆设计,比如抗爆强度、泄爆面积设计的依据。包括:粉尘云的最大爆炸压力,这是体现粉尘云爆炸后可以产生的最大压力值。

粉尘云爆炸指数 K_{st} : 折算到标态下的爆炸严重程度级别,根据 K_{st} 大小分为三级,最严重的为 St3 级。St1 级: $K_{st} \leq 20 \text{ MPa} \cdot \text{m/s}$; St2 级: $20 \text{ MPa} \cdot \text{m/s} < K_{st} \leq 30$

$\text{MPa} \cdot \text{m/s}$; St3 级: $K_{st} > 30 \text{ MPa} \cdot \text{m/s}$ 。

具有国家资质的第三方按照上述步骤测试,结论为:激光清洗产生的粉尘属于可燃爆粉尘,属于 St1 级粉尘,爆炸严重程度一般。粉尘云的最低着火温度较高,对高温表面的引燃危险性较低。

经测算和实际测量,激光清洗时产生粉尘的最大浓度及激光清洗时端面的最高温度均远小于第三方测得的爆炸限值,激光清洗站在粉尘爆炸方面是安全的。

3.3 激光清洗站职业病危害因素检测

为检测激光清洗站及附近是否存在可能导致职业病危害的因素,具有国家资质的第三方检测了现场的噪声、其他粉尘、苯、乙酸丁酯、丁醇等化学有害因素,检测结果为:操作员接触噪声的 8 h 等效声级(66.2 dB(A))小于国家相关规范规定的职业接触限值(80 dB(A));操作员接触其他粉尘的时间加权平均浓度($0.01 \text{ mg}/\text{m}^3$)和峰值浓度($0.33 \text{ mg}/\text{m}^3$)符合 GBZ 2.1—2019《工作场所有害因素职业接触限值 第1部分:化学有害因素》中规定的职业接触限值($8 \text{ mg}/\text{m}^3$);操作员接触苯、乙酸丁酯、丁醇等化学有害因素的时间加权平均浓度、短时间接触浓度及峰值浓度符合国家相关规范规定的职业接触限值。

从以上检测结果可以看出,激光清洗站在职业病危害因素方面是满足规范要求的。

3.4 激光清洗站挥发性有机物检测

为检测激光清洗站及附近在生产过程中产生的废气情况,具有国家资质的第三方检测了现场的非甲烷总烃、苯、苯系物等挥发性有机物的情况。检测结果:激光清洗站及其附近的废气中苯、苯系物、非甲烷总烃等挥发性有机物的检测浓度均未超出 DB 21/3160—2019《工业涂装工序挥发性有机物排放标准》中相关标准限值。

5 结语

综合来看,激光清洗技术可以较好地利用在涂装车间橇体上,相较于机械打磨等传统清洗方式,具有许多明显的优势,同时在安全、职业健康、环境保护方面都能满足要求。鉴于激光清洗技术已经稳定应用在涂装车间的橇体上,后续该技术推广应用于涂装车间其他场景中的潜力巨大。

参考文献:

- [1] 王胜强,马荆亮.涂装车间滑橇自动清洗方案[J].汽车工艺与材料,2022(11):69-72.
- [2] 张魁武.激光清洗技术评述[J].应用激光,2002(2):264-268.
- [3] 陈国星,魏少勋,陆海峰,等.激光清洗对不同基体材料损伤行为研究[J].南京理工大学学报,2023(4):523-532.