

文章编号: 0258-7025(2007)Supplement-0160-03

激光清洗技术应用初探

刘建华, 柳 权

(中航第一集团公司北京航空精密机械研究所, 北京 100076)

摘要 在制造业,特别是在航空制造业中,各种产品零件在装配前需要进行认真仔细的去脂除污处理,传统的清洗方法有很多种。随着环境保护、高精度以及高效率的矛盾日显突出,各种有利于环境保护、适合于超精加工领域零件的清洗技术应运而生,激光清洗技术就是其中之一。介绍了激光清洗技术的原理和方法,研究了利用脉冲 Nd:YAG 激光清洗被污零件的情况,对研究结果进行了讨论。并对激光清洗技术的应用前景进行了展望。

关键词 激光技术; 制造业; 精密加工; 激光清洗技术

中图分类号 TN24 文献标识码 A

Preliminary Research of the Laser Cleaning Technology Application

LIU Jian-hua, LIU Quan

(Beijing Precision Engineering Institute for Aircraft Industry, Beijing 100076, China)

Abstract In manufacturing industry, especially in aviation manufacturing industry, there are many traditional cleaning methods for decontaminating all kinds of product components before assembling. But along with the restricted requirement of environmental protection, as well as the high accuracy and high efficiency, many existing cleaning technology are not suitable for it. Some new kinds of cleaning technology with environment friendly become available nowadays in ultraprecision machining domain. The laser cleaning technology is one of them. The principle and the method of the laser cleaning technology are introduced, and the application of pulse Nd:YAG laser to clean the contaminated parts is researched. The results of the experiment are discussed. Furthermore, the future of cleaning technology is predicted.

Key words laser technique; the manufacturing industry; precision processing; laser cleaning technology

1 引 言

在航空制造业中,加工、检验合格后的产品零件在进入装配前需要进行认真仔细的清洗;在飞机、发动机等的维修过程中,需要对维修部位进行除锈、除漆、除污等处理。传统的处理方法有:机械清除、化学清洗、超声波清洗、或用各种刀具由人工刮除。虽然这些方法在实际生产中被广泛采用,但是,在既要求环境保护、又要求高效率和高精度的今天,其应用受到很大的挑战。机械清除法即采用刮、擦、刷、喷砂等机械手段来去除表面污物,该方法无法满足高清洁度的要求,且容易损伤被清洗工件的表面。化学清洗是利用有机清洗剂通过喷、淋、浸泡等手段来去除表面污物,此方法能够获得的清洁度也很有限,

特别是当污垢成分复杂时,必须选用多种清洗剂反复清洗才可能满足表面清洁度的要求,而且由于使用了有机清洁剂,容易导致环境污染。超声波清洗法是将被处理零件放入清洗剂中,利用超声波产生的振动效应除去表面附着物,超声波清洗尽管清洗效果不错,但对亚微米级污粒的清洗无能为力,清洗槽的尺寸也限制了加工零件的范围和复杂程度,而且清洗后零件的干燥也是一大难题。而刀具清除法处理过程费时,工人劳动强度大,对健康有害,且微小污物无法清除^[1],等等。

在最近几年发展起来的超精密加工领域,加工好的零件本身非常娇气,一旦受污,由于不能用任何传统的清洗方法进行清洗,只能降低精度使用或报

基金项目: 航空科学基金(03H43004)资助课题。

作者简介: 刘建华(1957—),女,贵州毕节人,高级工程师,主要研究方向为激光精密焊接技术、红外光电产品开发。

E-mail: liujh_570410@yahoo.com.cn

废,造成极大的浪费。因此,各种有利于环境保护、适合于超精加工领域零件的清洗技术应运而生,激光清洗技术就是其中之一。

2 激光清洗的原理和方法

激光清洗的原理就是利用高能激光束照射工件表面需要清洗的部位,使表面的污物、锈斑或涂层发生振动、熔化、蒸发、燃烧等一系列复杂的物理化学过程,最终脱离工件表面,从而达到洁净的工艺过程。它是基于激光与物质相互作用效应的一项新技术,与传统的清洗法不同,它不需要任何破坏臭氧层的二氯三氟乙烷(CFC)类有机溶剂,无污染、无噪声,对人体和环境无害,是一种“绿色”清洗技术^[2,3]。

对于不同尺寸的颗粒,可以通过控制不同直径的激光束聚焦光斑,调整激光的能量密度,最终达到去除颗粒的目的。用激光束沿着一定的轨迹扫描,就可以实现大面积清洗。从而实现对表面污染物高速有效的清除目的。

一般物体表面附着的微细颗粒主要有氧化物和灰尘。激光清洗微粒的机制主要有三种类型:微粒在激光辐照下产生热膨胀,基体表面热膨胀以及施于微粒的光压。当激光辐照零件表面微粒时,微粒各部位会急剧不均匀温度升高,导致在微粒中产生热应力而克服表面对粒子的吸附力,使其脱离表面,达到清洗的目的。

利用激光所具有的独特性质,根据被清洗基体物质与被清除污垢的光学特性,可以将激光清洗机制分为两大类:一类是利用被清洗基体与表面附着物(污物)对某一波长激光能量的吸收系数具有很大的差别。辐射到表面的激光能量大部分被表面附着物所吸收,从而受热或气化蒸发,或瞬间膨胀,并被形成的气流带动,脱离物体表面,达到清洗目的。而基体由于对该波长的激光吸收能量极小,不会受到损伤。对此类激光清洗,选择合适的波长和控制好激光能量大小,是实现安全高效清洗的关键。另一类适用于清洁基体与表面附着物的激光能量吸收系数差别不大,或基体对涂层受热形成的酸性蒸气较为敏感,或涂层受热后会产生有毒物质等情况的清洗方法。该类方法通常是利用高功率高重复率的脉冲激光冲击被清洗的表面,使部分光束转换成声波。声波击中下层硬表面后,返回的部分与激光产生的入射声波发生干涉,产生高能波,使涂层发生小范围的爆炸,涂层被压成粉末,再被真空泵清除,而底下

的基片却不会损伤。

从方法上分析,激光清洗方法有4种:1)激光干洗法,即采用脉冲激光直接辐射去污;2)激光+液膜方法,即首先沉积一层液膜于基体表面,然后用激光辐射去污。当激光照射于液膜上时,液膜急剧受热,产生爆炸性气化,爆炸性冲击波使基体表面的污物松散,并随冲击波飞离物体表面,达到去污的目的;3)激光+辅助气体的方法,即在激光辐射的同时,用辅助气体吹向基体表面,当污物从表面剥离后会立即被气体吹离表面,以避免表面被再次污染;4)运用激光使污垢松散后,再用非腐蚀性化学方法清洗。目前,常用的是前3种方法。第4种方法仅应用于石质文物的清洗中。

3 激光清洗的特点

激光清洗技术是近十年飞速发展起来的新型清洗技术,和传统清洗方法相比,激光清洗技术由于具有不用清洗液、能清除的污物范围和适用的基材范围广,不损伤基材表面等优点,在许多领域中正逐步取代传统清洗工艺。激光清洗具有以下优点:

- 1) 它能适应于各种材料表面污物的清洗。
- 2) 通过调控激光工艺参数,可以在不损伤基材表面的情况下,有效去除污染物,使表面复旧如新。
- 3) 激光清洗是一种“干式”清洗,不需要清洁液或其他化学溶液,且清洁度远远高于化学清洗工艺。
- 4) 激光清洗可以方便地实现自动化操作。
- 5) 激光去污设备可以长期使用,运行成本低。
- 6) 清洗过程中产生的废物可收集、易处理,是一种“绿色”清洗工艺,不会对环境造成污染。

4 实验条件及结果分析

激光清洗原理如图1所示。

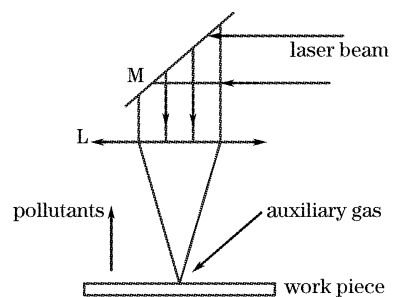


图1 激光清洗原理图

Fig. 1 Principle picture of laser cleaning

实验条件:中等输出功率脉冲Nd:YAG激光加工机一台,激光功率计一台,工业用氧气。

实验对象:舵机壳体,壳体表面附着较厚油污,油污为黑色。

实验参数:脉冲宽度 2 ms,氧气压强 10 MPa,氧气流量 0.16 m³/h,气体方向为旁轴,喷嘴与激光入射方向成约 45°方向吹入,排污通道为悬挂式管道,悬挂在激光加工头的上方。被清洗表面为平直表面,约有 0.2 mm 左右厚油污,连续往返式扫描,扫描速度为 1.5 mm/s,激光脉冲频率为 10 Hz,试件在被清洗前的情况如图 2 所示。当激光功率较高时(11 W),离焦距离 -0.5 mm,激光清洗结果如图 3 所示,污物基本被去除,肉眼可见较明显的烧痕。当激光功率为

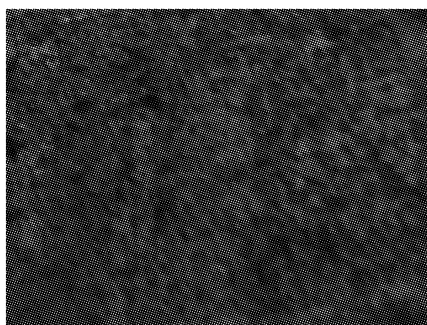


图 2 激光清洗前试件表面

Fig. 2 Try a surface before laser cleaning

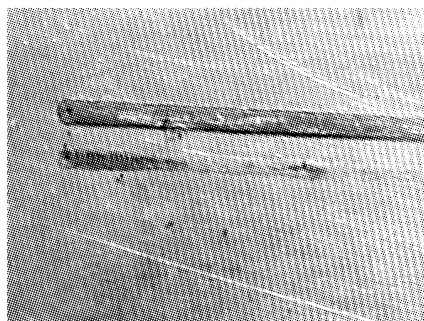


图 3 激光清洗后(功率较大时)

Fig. 3 After laser cleaning (with higher laser power)

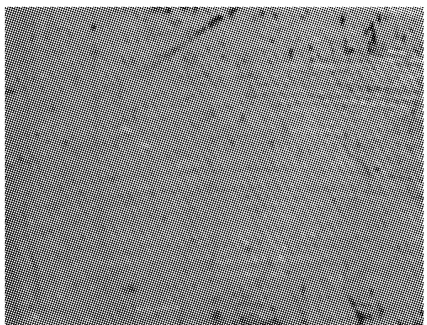


图 4 激光清洗后

Fig. 4 After laser cleaning



图 5 激光清洗且经擦拭后

Fig. 5 After laser cleaning and polished by the cleaning clothe

6 W,离焦距离为 -0.5 mm 时,激光清洗结果如图 4 所示,污物大部分被去除(表面呈褐色);经擦拭后表面为本色,看不到烧痕,如图 5 所示。

通过分别选用不同的工艺参数对比实验表明,任一参数的变化对激光清洗都是至关重要的,在做激光清洗时需要小心匹配。尤其是激光功率稍大(激光能量密度较强时),会在工件表面留下激光扫描烧蚀的痕迹,对基材本身造成损伤。当降低功率并使其合适时,工件表面呈现浅褐色,说明原有油污基本被去除。之所以呈现浅褐色,分析认为极有可能是由于二次污染造成,考虑将辅助气体经过滤后,表面清洗状况应该会得到改善。从图 5 可见,经激光清洗后呈现浅褐色的表面在经擦拭后为其本色,说明激光基本上没有对工件基材造成影响。

5 结 论

从实验结果可以看出,激光清洗技术有望解决航空零件精加工制造过程中的清洗难题。

参 考 文 献

- 1 Liu Jianhua, Liu Quan. Study on the laser cleaning technology application [J]. *OME Information*, 2006, **1**: 40~43
刘建华,柳 权. 激光清洗技术的应用 [J]. *光机电信息*, 2006, **1**: 40~43
- 2 Wang Zemin, Zeng Xiaoyan. The current situation and development trend of laser cleaning technology [J]. *OME Information*, 2001, **8**: 20~23
王泽敏,曾晓雁. 激光清洗技术的现状和发展趋势 [J]. *光机电信息*, 2001, **8**: 20~23
- 3 Zhang Kuiwu. Laser cleaning technology review [J]. *Applied Laser*, 2002, **22**(2): 264~268
张魁武. 激光清洗技术评述 [J]. *应用激光*, 2002, **22**(2): 264~268