

[新设备·新材料·新方法]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2019.05.013

基于 ANSYS 的抛光工业机器人抛光力研究

叶黎杰, 金晓怡*, 谢腾骁

(上海工程技术大学 机械与汽车工程学院, 上海 201620)

摘要:腕表外表壳抛光系统在实际生产过程中,由于抛光力大小的不合理存在工件抛光精度不足的问题,笔者提出了一种新的抛光力分析方法。这种方法以腕表外表壳为研究对象,应用 ANSYS 软件建立工件的有限元模型,给抛光轮的力矩一个固定值,对工件施加几组不同的抛光力,观察各组的应力变化情况。通过分析得到不同抛光力与工件等效应力、接触压力以及接触位移之间的关系,并作出等效应力与法向接触压力的变化曲线。仿真结果表明:该方法可以为抛光工业机器人规划出较为合理的抛光力。该研究保证了腕表外表壳的抛光质量。

关键词:抛光工业机器人;外表壳抛光系统;抛光力;ANSYS 软件;有限元模型

中图分类号: TG580.692

文献标志码: A

文章编号: 1005-2895(2019)05-0068-05

Research on Polishing Force of Polishing Industrial Robot Based on ANSYS

YE Lijie, JIN Xiaoyi*, XIE Tengxiao

(School of Mechanical and Automotive Engineering, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai 201620, China)

Abstract: Aiming at the problem that the polishing precision of the workpiece is insufficient due to the unreasonable polishing force in the actual production process, a new polishing force analysis method was proposed. The watch case was taken as the research object, the ANSYS software was used to establish the finite element model of the workpiece. A fixed value of the torque of the buffing wheel was set and several sets of different polishing forces were applied to the workpiece to observe the stress changes. In the case, the relationship between the different polishing forces and the equivalent stress, contact pressure and contact displacement of the workpiece were analyzed, and the curve of the equivalent pressure and the normal contact pressure were obtained. The simulation results show that the method can plan a reasonable polishing force for the polishing industrial robot, and further guarantee the polishing quality of the watch case.

Keywords: polished industrial robot; outer case polishing system; polishing force; ANSYS; finite element model

在工业生产中,小型零部件在加工完成后,为了去除工件表面的毛刺,需要施加一定的作用力进行抛光处理^[1]。在以往的手工抛光过程中,不能合理地控制抛光力的大小,造成零件损坏。因此,通过有限元应力分析,合理设计抛光力,可以避免不合理的抛光力对零件造成损坏。手工抛光、振动抛光在抛光效率与社会效益上具有一定的研究价值,振动抛光的系统布局是值得机器人抛光参考的,影响抛光的因素在课题组作

应力分析时也应该考虑进去,但是手工抛光和振动抛光都没有进行合理抛光力的分析设计^[2]。随着人们对工业抛光精度的要求越来越高,设计合理大小的抛光力已经成为未来抛光工业发展的趋势;但是不同材料所需要的抛光力大小要求不同,因此很难设计适用于大部分零件抛光的抛光力^[3]。

课题组基于有限元分析,针对表壳类零件的材料,通过设置不同大小的抛光力,对比不同应力结果,得出

收稿日期:2019-02-26;修回日期:2019-07-29

基金项目:江西省重大科研攻关项目(TGS2018-01-02);2017上海工程技术大学校企合作项目(JX-010)。

第一作者简介:叶黎杰(1991),男,上海人,硕士研究生,主要研究方向为机器人。通信作者:金晓怡(1966),女,江苏常州人,工学博士,教授,硕士生导师,主要研究方向为仿生机器人、机构学和摩擦学。E-mail:teacherjxy@126.com

合理的抛光力。

1 腕表外壳抛光系统设计

抛光机的电机带动两边的抛光轮,分别有粗、精抛光 2 个工位,抛光轮后面装有打蜡机构^[4]。抛光机后放置配备有夹持机构的机械臂,机械臂两侧是 2 个配料装置,抛光系统总体布局如图 1 所示^[5]。抛光机主体使用手动抛光,抛光主轴两侧分别安装 2 个抛光轮,总共有 2 个工位,一个为精抛光工位,一个为粗抛光工位。抛光加工中,影响加工表面质量和加工效率的关键因素是抛光材料去除量比例和抛光路径的选择^[6]。

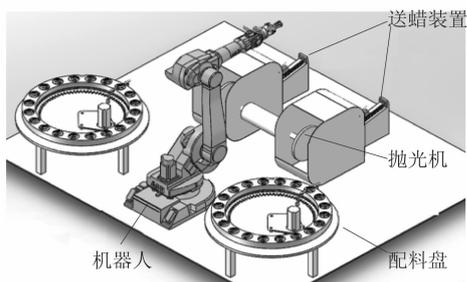


图 1 抛光系统总体布局

Figure 1 Overall layout of polishing system

2 有限元模型的建立

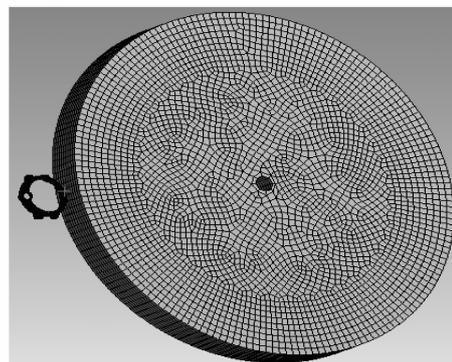
手表的外壳材质一般用精钢、钨钢和陶瓷,其中陶瓷的最贵,钨钢其次。抛光布轮的主要材料是布,它由亚麻、棉、无纺布、绒和牛仔布制成^[7]。

在分析的时候,表壳采用结构钢,弹性模量为 210 GPa;磨轮采用高分子材料,弹性模量为 100 MPa;以聚氨酯和毛毡为原料合成抛光布轮^[8]。该材料具有良好的弹塑性,在抛光过程中无划痕,加工材料与其他聚合物材料组合,对工件材料进行单面抛光^[9]。布轮转动力矩为 100 N·m,抛光力方向为法向,抛光力分别取 30,25,20,15,10 和 5 N,研究抛光力与表壳接触压力的关系。图 2(a)是表壳的网格模型,节点数有 168 236,单元数 47 094;图 2(b)是分析的载荷情况,表壳和布轮分别受到法向抛光力和转矩作用;图 2(c)是表壳与布轮的接触情况。课题组采用有限元分析软件 ANSYS 进行有限元模拟仿真,分析应力与位移的变化情况^[10-11]。

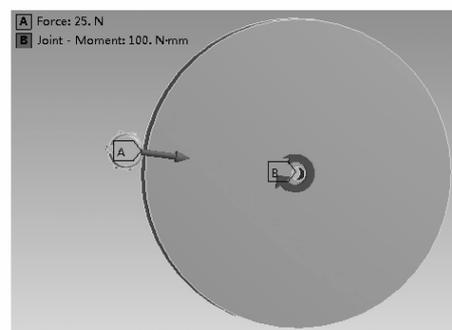
3 不同抛光力下的仿真结果

3.1 抛光力为 30 N

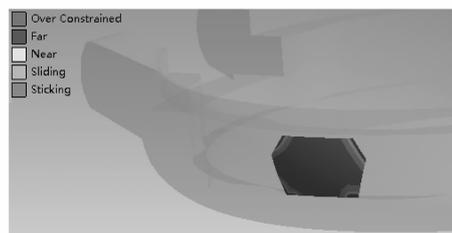
图 3(a)是表壳在抛光力 30 N 作用下,接触位置的等效应力云图,图中显示表壳等效应力最大为 238.89 MPa,位于表壳与布轮接触位置;图 3(b)是表



(a) 表壳网格模型



(b) 载荷情况



(c) 接触状态

图 2 分析模型

Figure 2 Analysis model

壳在抛光力 30 N 作用下,接触位置的接触压力云图,图中显示表壳接触压力最大为 63.664 0 MPa,位于表壳与布轮接触位置;图 3(c)是表壳在抛光力 30 N 作用下,接触位置的法向接触位移(本例为 x 轴向)云图,图中显示表壳接触位移最大为 1.543 4 mm。

3.2 抛光力为 25 N

图 4(a)是表壳在抛光力 25 N 作用下,接触位置的等效应力云图,图中显示表壳等效应力最大 238.940 MPa,位于表壳与布轮接触位置;图 4(b)是表壳在抛光力 25 N 作用下,接触位置的接触压力云图,图中显示表壳接触压力最大为 63.162 0 MPa,位于表壳与布轮接触位置;图 4(c)是表壳在抛光力 25 N 作用下,接触位置的法向接触位移(本例为 x 轴向)云图,图中显示表壳接触位移最大为 1.543 4 mm。

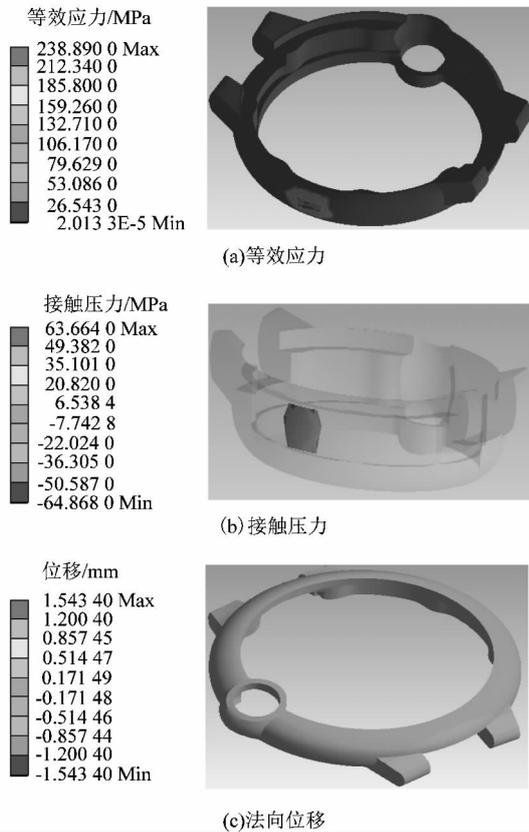


图 3 抛光力为 30 N 时的仿真结果

Figure 3 Simulation results of polishing force of 30 N

3.3 抛光力为 15 N

图 5(a) 是表壳在抛光力 15 N 作用下, 接触位置的等效应力云图, 图中显示表壳等效应力最大为 239.060 0 MPa, 位于表壳与布轮接触位置; 图 5(b) 是表壳在抛光力 15 N 作用下, 接触位置的接触压力云图, 图中显示表壳接触压力最大为 62.160 0 MPa, 位于表壳与布轮接触的位置; 图 5(c) 是表壳在抛光力 15 N 作用下, 接触位置的法向接触位移(本例为 x 轴向)云图, 图中显示表壳接触位移最大为 1.543 4 mm。

3.4 抛光力为 5 N

图 6(a) 是表壳在抛光力 5 N 作用下, 接触位置的等效应力云图, 图中显示表壳等效应力最大为 239.170 0 MPa, 位于表壳与布轮接触位置; 图 6(b) 是表壳在抛光力 5 N 作用下, 接触位置的接触压力云图, 图中显示表壳接触压力最大为 61.157 0 MPa, 位于表壳与布轮接触位置; 图 6(c) 是表壳在抛光力 5 N 作用下, 接触位置的法向接触位移(本例为 x 轴向)云图, 图中显示表壳接触位移最大为 1.543 4 mm。

3.5 不同抛光力作用下的仿真结果分析

当布轮力矩为 $100 \text{ N} \cdot \text{m}$ 时, 法向抛光力分别取

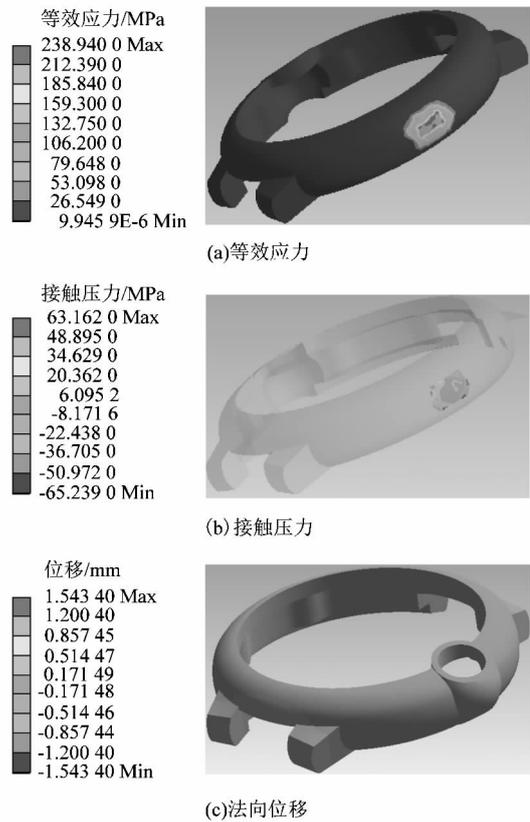


图 4 抛光力为 25 N 时的仿真结果

Figure 4 Simulation results of polishing force of 25 N

30, 25, 20, 15, 10 和 5 N 下的等效应力、接触压力和接触位移如表 1 所示。对比情况分析如图 7 所示, 从图 7(a) 中可以发现, 等效应力大小随法向抛光力的增大而慢慢降低; 从图 7(b) 中可以发现, 法向接触压力随法向抛光力的增大而慢慢升高, 当抛光力到 25 N 时, 其升幅开始增大, 30 N 时达到 66.664 MPa。由于抛光轮与表壳工件的接触方式定义为摩擦接触, 摩擦因数为 0.18, 抛光过程中抛光力不会很大, 参考工厂手工与振动抛光的情形, 法向抛光力定为 20 N, 可以满足机械臂负载能力与抛光加工要求^[12]。

表 1 各工况下仿真结果

Table 1 Simulation results under different working conditions

法向抛光力/N	等效应力/MPa	接触压力/MPa	接触位移/mm
30	238.89	66.664	1.543 4
25	238.94	63.162	1.543 4
20	239.00	62.661	1.543 4
15	239.06	62.160	1.543 4
10	239.11	61.659	1.543 4
5	239.17	61.157	1.543 4

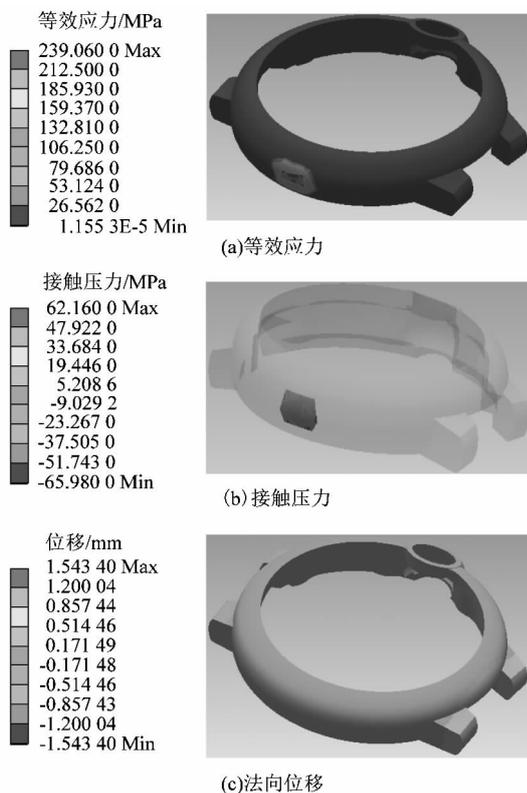


图5 抛光力为 15 N 时的仿真结果
Figure 5 Simulation results of polishing force of 15 N

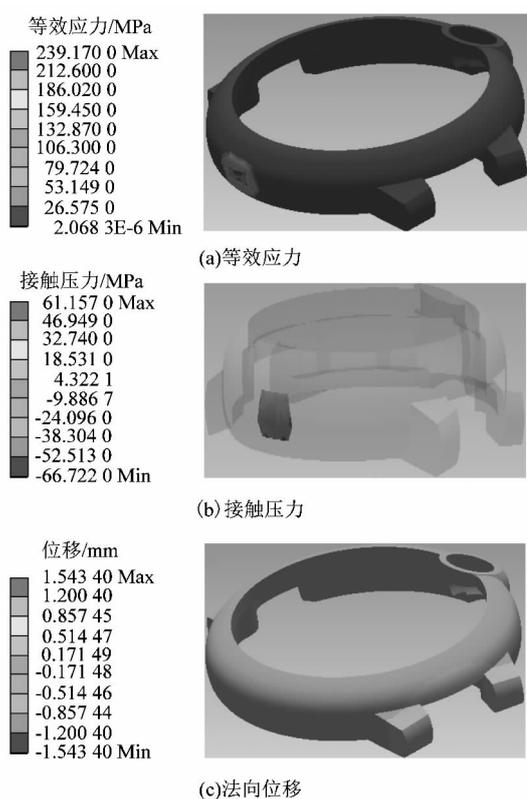


图6 抛光力为 5 N 时的仿真结果
Figure 6 Simulation results of polishing force of 5 N

4 结论

1) 针对抛光工业机器人对腕表壳进行去除毛刺的过程中抛光力过大损坏零件或抛光力过小无法达到理想抛光状态等问题,课题组根据表壳与抛光材料,对抛光力大小的不同情况进行了分析。由仿真结果得到了等效应力大小随法向抛光力的增大而慢慢降低,法向接触压力随法向抛光力的增大而慢慢升高,法向抛光力定为 20 N,可以满足机械臂负载能力与抛光要求。

2) 相对于手工抛光与振动抛光而言,机器人抛光的目标同样是降低表面粗糙度。课题组参考了振动抛光系统的布局结构,发现对抛光质量的影响因素而言,振动抛光与机器人抛光是相同的。但是手工抛光与振动抛光未能研究抛光力大小的不同情况所产生的位移形变,因此课题组的分析克服了传统手工抛光与振动抛光由于抛光力大小不当而导致零件损坏的后果。

3) 虽然课题组针对表壳类零件抛光力大小的不同情况进行了分析,但是在加工的过程中,抛光的时间需要控制,即使应用适度的抛光力,但超过合理时间的抛光也会对零件造成损坏,所以还需要进一步的分析和研究。

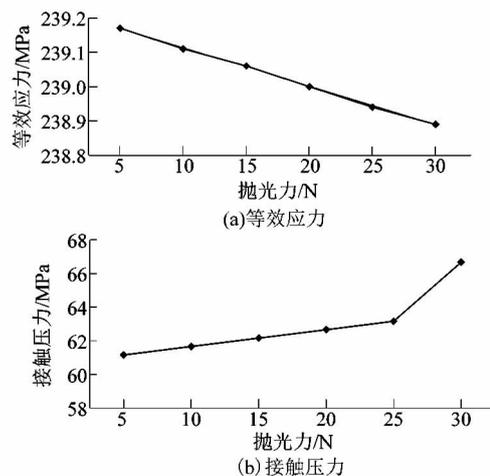


图7 各工况下等效应力和接触压力的变化情况
Figure 7 Variation of equivalent stress and contact pressure under different working conditions

参考文献:

- [1] 任敬心,滕霖,史兴宽,等. 抛光力对光学玻璃表面抛光质量的影响[J]. 航空精密制造技术,1997,33(2):1-4.
- [2] 宋红文,夏季,刘继光. 模具型腔表面振动抛光新技术的研究[J]. 轻工机械,2005,23(3):86.