

台式小板件倒角机的研制与试验

王 征¹,宋月鹏^{1*},柳洪洁²,高东升^{3*},樊桂菊¹,陈修德³,徐保岩¹

1. 山东农业大学 机械与电子工程学院, 山东省园艺机械与装备重点实验室, 山东 泰安 271018

2. 山东农业大学 动物科技学院, 山东 泰安 271018

3. 山东农业大学 园艺科学与工程学院, 山东 泰安 271018

摘要: 对于农机产品制造的铆、焊小板件的边棱倒角加工, 传统方式是采用砂轮打磨, 费时、劳动强度大且倒角不规整。为提高铆、焊小板件的倒角加工质量, 设计了一种台式小板件倒角机。采用电机带动主轴, 主轴上安装铣刀, 通过调节靠板、垫板及垫块, 实现对铣削量的调节; 还可以根据用户倒角规格及种类要求更换铣刀。整机结构简单, 操作灵活, 且工作稳定, 满足铆焊小板件倒角加工的需要, 提高了加工效率和质量, 降低了劳动强度。

关键词: 小板件; 台式倒角机; 研制

中图分类号: TG68

文献标识码: A

文章编号: 1000-2324(2016)06-0885-04

Development and Experiment of Desktop Chamfering Machine for Small Pieces

WANG Zheng¹, SONG Yue-peng^{1*}, LIU Hong-jie², GAO Dong-sheng^{3*}, FAN Gui-jü¹, CHEN Xiu-de³, XU Bao-yan¹

1. College of Mechanical and Electronic Engineering; Shandong Key Laboratory of Garden Machinery and Equipment/Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, China

2. College of Animal Science and Technology/Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, China

3. College of Horticulture Science and Engineering/Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, China

Abstract: According to the edge production for rivet or weld plates of agricultural products, the manual grinding has been always used. The traditional way will produce some defects such as time-energy-consuming, labor-intensive and inferior quality. A small piece of desktop chamfering machine was designed and developed to solve the problems. The working characteristics of device was listed as follows: main spindle with milling cutter rotated with electromotor driving; mill amount was adapted by adjusting the position of backup plate, subplate or subblock; specification and types of edge chamfering from user requirements would meet by changing milling cutter. Furthermore, the equipment has other features: simple construction, easy operation, stable working, high quality and efficiency, low labour intensity and so on.

Keywords: Small pieces; desktop chamfering machine; development

钢件腐蚀是一种极为严重和常见的失效形式, 据不完全统计, 全世界每年因腐蚀而损坏的金属制件约占其产量的 10%, 因腐蚀造成的经济损失约为当年 GDP 的 3%~4%。若采用有效的防腐蚀措施, 全国每年至少可以挽回约 4 千亿元的腐蚀损失^[1,2]。农业机械工作条件比较恶劣, 腐蚀失效情况更为严重。据统计, 国内由于锈蚀损坏导致农业机械更新所花费的费用约占更新费用的 40%^[3], 其中板类小件如加强板、连接板及各种支板和方、圆法兰等极易发生腐蚀失效, 成为影响农业机械寿命的主要问题。分析原因主要在于两方面, 一是板件边棱尖角处涂装效果差^[4], 二是板件边棱尖角处易发生应力集中导致板件断裂^[5]。由此可见, 对板类小件进行边棱倒角, 以提高其涂装效果, 进而提高其耐腐蚀性, 显得极为重要。

板类小件倒角的传统工艺, 一般是用手提角向磨光机对边棱打磨, 由于工件小不易固定, 倒角质量差, 且劳动强度大, 操作不安全^[6,7]。除此之外, 如用刨边机、铣边机及智能自动倒角机等进行加工, 成本高, 质量也难以保证^[8,9]。因此, 研发一种简易、专用的台式小板件倒角机, 提高小板件 (<300×300×30 mm) 倒角的加工质量, 对于提升农业装备的制造质量和可靠性具有重要意义。

1 倒角机结构与工作原理

收稿日期: 2016-04-01

修回日期: 2016-05-19

基金项目: 山东省科技发展计划项目(2014GGX102012); 山东省现代农业产业技术体系—果品创新团队专项(SDAIT-06-12); 山东农业大学 2015 年智能化农业装备研发项目

作者简介: 王 征(1975-),男,在读硕士,从事机械制造及其自动化研究。E-mail:intswangzheng@163.com

***通讯作者:** Author for correspondence. Email:uptonsong@163.com; dsgao@sdau.edu.cn

倒角机结构如图 1 所示, 主要包括机架、电动机、铣刀、刀罩、可换垫块、调整垫板、托板和靠板等。电动机安装在机架下方, 其输出轴通过套筒和键与铣刀 7、10 连接。托板 2 和靠板 3 分别通过沉头螺栓和调整螺栓固定于机架台面上, 靠板位于托板内侧、主轴的前面。靠板前后可调, 以控制铣刀的一次铣削量。靠板和托板表面设有沟槽, 以提高其刚度^[10]。

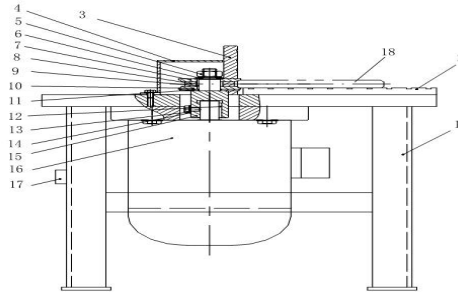


图 1 台式小板件倒角机结构

Fig.1 Structure of small desktop chamfering machine for small pieces

1.机架; 2.托板; 3.靠板; 4.刀罩; 5.刀具紧固螺母; 6.弹簧垫圈; 7.上片铣刀; 8.可换垫块; 9.主轴键; 10.下片铣刀; 11.调整垫板; 12.电机轴键; 13.主轴紧固螺栓; 14.垫圈; 15.主轴; 16.电动机; 17.电路开关; 18.工件
1.Rack; 2.Plate; 3.Board; 4.Knife cover; 5.Tool fastening nut; 6.Spring washer; 7.Upper plate milling cutter; 8. Substitutable cushion block; 9. Spindle key; 10.Down milling cutter; 11.Adjustable plate; 12.Motor shaft key; 13.Main shaft fastening bolt; 14.Washer; 15.Spindle; 16.Motor; 17.Circuit switch; 18.Work piece

工作时, 被加工的小板件 18 置于托板之上, 沿着靠板与托板横向滑移, 经铣刀铣削, 板件边棱即形成规则的倒角。通过更换垫块 8 或垫板 11, 可实现对不同厚度板件和不同角度倒角的加工。

2 关键部件的设计与选型

2.1 电机选型

按板件上、下棱同时铣削成 $4 \times 4 \text{ mm}$ 倒角时计算所消耗的功率, 设工件进给速度 $V_f=600 \text{ mm/min}$, 刀具直径 $D_c=\phi 63 \text{ mm}$, 切深 $a_p=2.828 \text{ mm}$, 切宽 $a_c=5.656 \text{ mm}$, 每刃进给 $f_z=0.05 \text{ mm}$ 。铣削材质为非淬火的低合金钢, 铣刀厚度 6 mm , 工作过程中参与切削的刀刃约占 67% (倒角的切口长/刀具每刃的长度)^[11]。经过计算, 台式小板件倒角机铣削过程中消耗的功率约为 1.25 kW , 圆周切削力为 125 N , 逆铣走刀抗力 150 N , 总切削力为 275 N , 负载转矩为 $8.66 \text{ N}\cdot\text{m}$, 所需功率最低为 1.27 kW 。

由此, 查阅相关设计手册, 拟匹配 YLJ112-10-4 型电动机, 其输出扭矩为 $10 \text{ N}\cdot\text{m}$, 转速为 1400 r/min , 功率 1.5 kW 。

2.2 主轴设计

为使整机结构紧凑, 电动机输出轴与主轴采用键连接, 即主轴一端车螺纹, 用以紧固铣刀; 另一端为轴套 (开键槽) 和键与电动机输出轴连接, 并用螺栓将轴套与电动机输出轴紧固, 为避免输出轴从轴套中滑脱。

铣削过程中, 主轴上产生扭矩载荷 (图 2), 经估算, 主轴的额定扭矩 T_1 为 $10.23 \text{ N}\cdot\text{m}$, 工作扭矩 T_2 为 $8.66 \text{ N}\cdot\text{m}$, 主轴材质选择 45 钢调质, 材料的剪切许用应力 $[\tau]=60 \text{ MPa}$, $G=80 \text{ GPa}$, 许用扭转角 $[\varphi]=1^\circ/\text{m}$ 。利用机械设计基本原理, 对主轴 AB 段进行设计, 其直径 ϕ 为 10.25 mm 。主轴 AB 段与铣刀内孔通过键连接配合, 选用的标准铣刀内径 ϕ 为 21.5 mm , 大于主轴 AB 段的设计直径 $\phi 10.25 \text{ mm}$, 因此主轴尺寸结构完全满足使用要求。

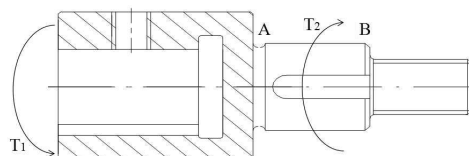


图 2 主轴结构及其扭转受力分析

Fig.2 Structure and torsional stress analysis for spindle

采用 ANSYS 软件对主轴工作过程进行应力场有限元模拟仿真, 边界条件为: 主轴工作扭矩为 $8.66 \text{ N}\cdot\text{m}$, 材质为 45 钢调质, 剪切许用应力 $[\tau]=60 \text{ MPa}$, $G=80 \text{ GPa}$, 结果如图 3 所示。

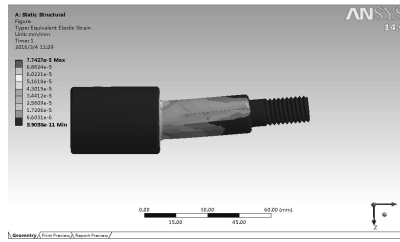


图 3 主轴工作过程中扭转应力应变分布模拟

Fig.3 Simulation of torsional stress and strain distribution for main shaft in working

模拟结果, 主轴上 A 部位肩根部所受扭矩最大, 为 7.7427 N.m, 此处的剪切应力为 2.47 MPa, 远远小于材料的许用剪切应力 $[\tau]=60$ MPa, 由此可以认为, 主轴结构尺寸设计及材料选择是合理的。

3 调试与试验

3.1 铣刀安装与调整

主轴上安装有两片铣刀, 通过紧固螺母和弹簧垫圈紧固连接, 可对板件的上、下两个边棱同时进行铣削; 在上、下两片铣刀之间更换不同厚度的垫块, 即改变两片铣刀间的距离, 以满足工件厚度或铣削深度变化的需要。主轴上也可以只安装一片铣刀, 只对板件的一个边棱做倒角处理。

铣刀可选用直角铣刀也可选用圆角铣刀^[13], 在下铣刀的下面装有垫片, 更换不同厚度的垫板, 可改变铣刀与工作台面的相对高度。因此, 通过更换铣刀的种类、规格, 以及不同厚度的垫片, 即可改变板件边棱的加工类型(直角或圆角)或加工参数, 如图 4 所示。

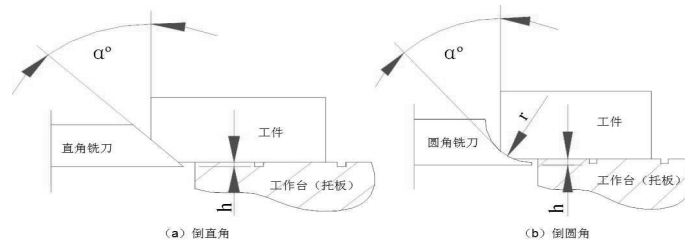


图 4 铣刀倒角原理图

Fig.4 Schematic principle of milling cutter chamfering

3.2 铣削量调整

一次铣削量的大小, 可通过调整靠板的位置来确定。靠板立板位于主轴的前方, 靠近托板的内边沿, 并与托板垂直。通过调整靠板的前后位置, 可以改变铣刀外露尺寸, 从而实现对铣刀一次铣削量大小的调节, 如图 5 所示。

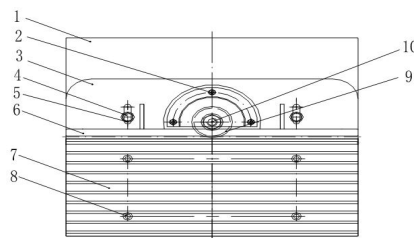


图 5 靠板位置调整

Fig.5 Position adjustment for backup board

1.工作台面(托板); 2.刀罩紧固螺栓; 3.靠板脚板; 4.靠板调整螺栓; 5.垫圈; 6.靠板立板; 7.托板; 8.托板紧固沉头螺栓; 9.铣刀; 10.主轴
1.Rack table-board(Supper pallet); 2.Fastening bolt for knife cover; 3.Feet plate of backup board; 4.Adjustable bolt of backup board; 5.Washer; 6.Vertical plate of backup board; 7. Support pallet; 8.Fastening countersunk bolts for support pallet; 9.Milling cutter; 10. Main spindle

3.3 试验及验证

在倒角加工过程中不需要夹具, 工件只需用手在适当位置按住并沿靠板立板向前推移即可。但用力的方向对倒角加工的质量会产生一定影响, 譬如力用矢量 F 表示、分别向托板和垂直于托板与靠板立板的平面投影, 得到 F 在水平面内与靠板立板的夹角为 θ 、在垂直平面内与托板的夹角为 β ,

如图 6 所示。

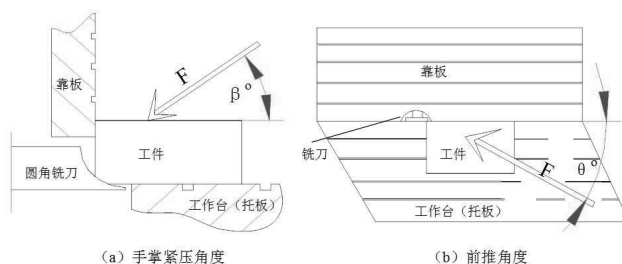


图 6 板件受力方向

Fig.6 The force direction of the plate

用规格为 150×150×20 mm 的 Q235 板件做实验，在施加的外力 F 不变的情况下，改变 β 与 θ (图 6)，倒角质量如表 1 所示。

表 1 β 、 θ 对倒角质量的影响

Table 1 The effect of β and θ on the chamfering quality

$\beta(^{\circ})$	0~30°			30°~60°			60°~90°		
$\theta(^{\circ})$	0~30°	30°~60°	60°~90°	0~30°	30°~60°	60°~90°	0~30°	30°~60°	60°~90°
表面粗糙度 Ra (μm)	25	12.5	12.5	12.5	6.3	6.3	12.5	6.3	6.3
倒角效率	高	中	低	高	中	低	中	低	低

分析试验结果可以看出，当 $\beta \approx 30^{\circ}$ 、 $\theta \approx 45^{\circ}$ 时，可以获得较高的倒角质量与倒角效率，倒角表面粗糙度度可达 Ra6.3。

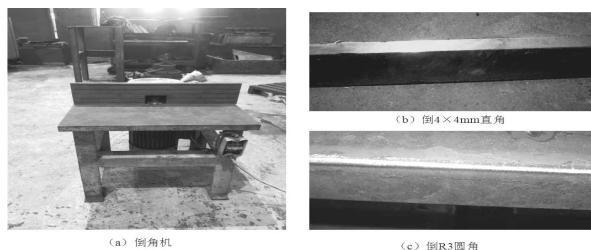


图 7 倒角机及倒角实样

Fig.7 Chamfering machine and chamfering samples

4 结论

(1) 该机设计结构简单、功率小、易操作且制作成本低廉。

(2) 通过倒角限位板的简单调整，实现对小板件边棱不同尺寸、不同角度的圆角、直角的倒角。经试验验证，倒角质量能够满足一般铆焊板件的倒角要求。

参考文献

[1] 中国工业防腐蚀技术协会.第六次全国会员代表大会暨六界一次理事扩大会议[EB/OL].[2010-05-30]. <http://www.ciata.org.cn/hzxx/hydh/6th/dhiy.html>

[2] 杜元龙.金属的腐蚀与防护技术[J].吉林工学院学报:自然科学版,1997,18(2):1-2

[3] 王广扬.农业机械的腐蚀与防护[J].粮油加工与食品机械,1979,10(8):56-57

[4] 张磊.金属冲裁毛刺的形成机理及控制工艺研究[D].上海:上海交通大学,2011

[5] 姜光伟,李燕强.焊接应力的形成与消除[J].中国科技信息,2005(16):162-163

[6] 姜长君.角向磨光机齿轮噪声原因分析与解决方法[J].电动工具,2012(6):13-15

[7] 张晓斌,王盛武.角向磨光机的防护罩强度考核及安全操作建议[J].电动工具,2014(1):19-22

[8] 王宏勇.铣边机铣削效率的研究[J].江汉石油科技,2012,22(2):58-59

[9] 王磊.智能倒角机控制系统的研究与开发[D].合肥:合肥工业大学,2012

[10] 赵伟.钢板剪力墙加劲肋刚度及弹性临界应力研究[J].工程力学,2010,27(6):15-22

[11] 唐银春,李志勇.金属切削功率研究[J].制造技术与机床,2014(10):111-114

[12] 于兴芝,尚长沛.联轴器的安装工艺与调试方法[J].装备制造技术,2007(6):103-104

[13] 林朝平.用圆角立铣刀代替圆角车刀[J].工具技术,1985(3):31

[14] 邓丽.基于人体姿势驱动的工作空间设计研究与应用[D].成都:西南石油大学,2011