

基于 SolidWorks 的熔模铸件切割机的设计

张云谦, 孙维连, 丁晔, 孙铂

(河北农业大学机电工程学院, 河北保定, 071000)

摘要: 针对熔模铸件切割的特殊要求, 分析了熔模铸件的切割过程, 采用机械系统设计思想, 研究了熔模铸件切割机的机械结构, 利用 Solid Works 软件对熔模铸件切割机整体造型、机械结构进行了设计, 并设计了特殊功能部件的机械结构。关键零部件在三维建模的基础上, 利用 Solid Works 有限元分析模块 Simulation 进行了参数化的设计与分析。在机械部件要实现的功能的基础上, 设计了 PLC 控制系统, 解决了熔模铸件切割的安全问题, 提高了熔模铸件切割的效率, 实现了切割的半自动化。

关键词: 熔模铸件切割机; SolidWorks; 设计仿真

中图分类号: TH122 **文献标识码:** A **文章编号:** 2095-5553 (2014) 02-0202-05

张云谦, 孙维连, 丁晔, 孙铂. 基于 SolidWorks 的熔模铸件切割机的设计[J]. 中国农机化学报, 2014, 35(2): 202~206

Zhang Yunqian, Sun Weilian, Ding Ye, Sun Bo. Design of investment castings cutting machine based on SolidWorks [J]. Journal of Chinese Agricultural Mechanization, 2014, 35(2): 202~206

0 引言

熔模精密铸造以其广泛的适应性以及尺寸的高精度, 越来越受到制造行业的青睐, 它不仅可以铸出机加工难以制造的复杂零件, 而且可以保证尺寸的精度, 出模之后几乎不用或很少需要二次加工。由于熔模铸造的零件大部分为异形件, 其浇注使用的模头也形状复杂, 因此在出模后, 将铸件从模头浇口上切下的过程效率低下, 人工操作很不安全。为此, 就需要一种可以代替人力, 进行自动切割的熔模铸件专用切割机, 对于该方面的研究, 国外的研究成果要领先于国内, 如德国 Universal 公司的 ASANT TM800 切割机, 德国莱克曼父子公司的 TS800 全自动浇口切割机^[1,2]等。但国外的铸件切割机器大都适应于大型铸件组的切割^[3], 且造价昂贵, 而国内的熔模铸件厂家大都为小型家族企业, 生产的铸件多为小型件, 目前, 国内各厂家仍采用人工手动切割, 效率低且操作危险。为此, 设计了半自动熔模铸件切割机, 并分析了关键部件的受力情况, 确保了切割机的可靠性, 保证了切割工作的安全性, 提高了熔模铸件切割的效率。

1 切割机总体机构设计

1.1 熔模铸件切割要求

熔模铸件在出模后, 成枝状分布, 铸件三维模型

如图 1 所示, 其浇口宽度只有 10mm 左右, 大大增加了切割的难度。

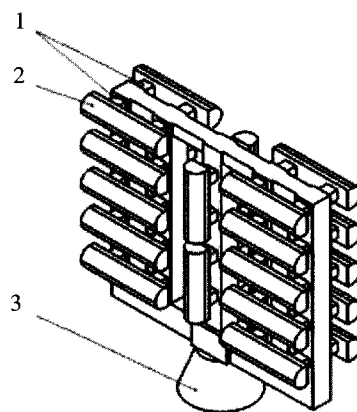


图 1 铸件三维模型

Fig. 1 Three-dimensional model of the casting

1.浇口 2.铸件 3.冒口

特殊的构造形式, 提出了特殊的切割要求。

1) 操作安全。切割过程中, 砂轮以将近 3 000r/min 的转速高速旋转, 在进刀切割时, 机构不稳定, 会造成砂轮片偏摆; 进刀速度太快, 会卡死砂轮片, 极有可能使砂轮片崩碎伤人; 此外, 在进给过程中, 飞溅的火花甚至飞屑都是造成危险的因素。因此, 设计时应首要考虑操作人员的安全问题。

2) 适用范围。熔模铸件多种多样, 其浇口宽度从

收稿日期: 2013 年 8 月 23 日 修回日期: 2013 年 9 月 27 日

第一作者: 张云谦, 男, 1987 年生, 河北石家庄人, 硕士研究生; 研究方向为机电一体化。E-mail: zyqq1027@126.com

通讯作者: 孙维连, 男, 1956 年生, 河北保定人, 博士, 教授; 研究方向为机械零件失效分析。E-mail: bd999@eyou.com

几毫米到几十毫米不等, 应使切割机的适用范围尽可能的广, 提高利用率。

3) 实现半自动化, 提高效率。如前所述, 熔模铸件的特殊构造造成了其切割的难度, 人工切割不但存在安全隐患, 而且费时费力。切割机应能够现实切割的半自动化, 操作人员只需要装卸工件, 其它工作由控制系统完成, 把人从劳动中解放出来, 既解决了安全问题, 也可以提高切割效率。

4) 保证铸件的质量。切割过程应保证铸件的完整性, 避免切伤工件。

1.2 熔模铸件切割机整体结构设计

为满足操作安全的要求, 本切割机设计了钣金外壳防护罩^[34], 以及风机除尘装置。其整体外形示意如图 2 所示。

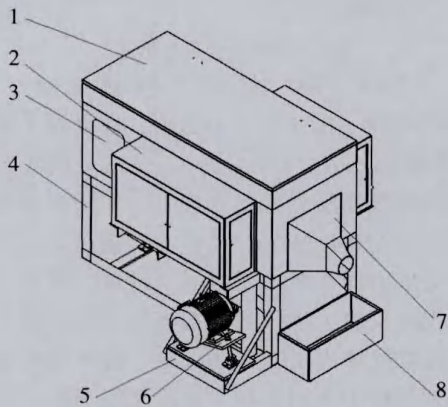


图 2 外形示意图

Fig. 2 Schematic diagram of shape

- 1.工作台防护罩 2.皮带防护罩 3.观察窗 4.机架
5.电机支架 6.电机皮带调整机构 7.风口 8.工件收集箱

机械结构整体示意图如图 3 所示, 主要有 Y 向倒置工作台, 两个切割主轴, 以及工件托架机构组成。为了增大该切割机的适用范围, 设计了砂轮主轴调整机构, 使得砂轮可以前后移动、上下移动, 其中前后调整是为了满足不同的浇口宽度, 上下调整是为了补偿磨损的砂轮片, 使得砂轮片可以充分利用。为实现切割的半自动化, 采用了步进电机工作台, 控制器采用信捷 PLC, 人工上件后, 由按钮启动或暂停进给, 并可调节进给速度。为了避免切伤工件, 设计了倒置工作台, 若采用正置工作台, 即砂轮片在上, 工件在下, 切下的工件就会掉在下面一排的浇口中卡住, 继续进刀, 会切伤卡住的工件。为此采用了倒置工作台, 这样使得切下的工件可以自行掉落。另外由于是人工上件并夹紧, 整个模头很重, 设计了工件托架机构, 机构采用杠杆原理, 脚踏踏板可以托起整个模头, 使得操作人员可以轻松上件。

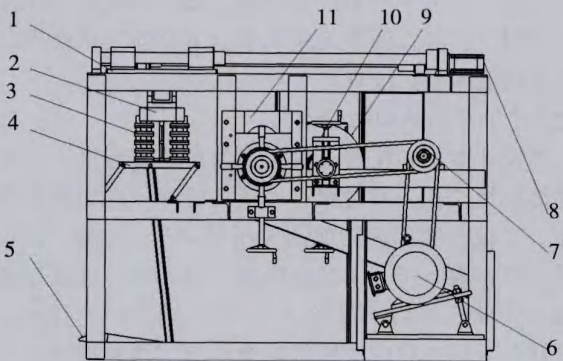


图 3 机械结构整体示意图

Fig. 3 Schematic mechanical structure diagram

- 1.倒置工作台 2.台虎钳 3.铸件模头 4.工件托架 5.踏板
6.主电机 7.天轴 8.步进电机 9.砂轮片
10.压带轮机构 11.切割主轴调整机构

2 熔模铸件切割机关键机构设计

2.1 切割主轴调整机构

2.1.1 切割主轴部装

该机构采用双主轴两侧布置, 可以同时切下模头上的两排铸件。由于需要频繁更换砂轮片, 两个主轴在纵向上需错开一定的距离, 为更换砂轮片留一定的空间。这种双主轴布置需要考虑浇口的宽度, 应使两个砂轮片之间的横向距离与浇口宽度相匹配, 以避免切伤铸件, 为适应不同宽度的浇口, 设计了主轴可前后调整的机构, 如图 4 所示。

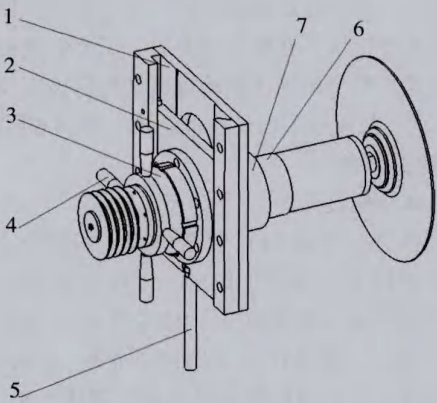


图 4 切割主轴调整机构

Fig. 4 Spindle adjustment mechanism

- 1.调整底座 2.滑板 3.锁紧螺母 4.套筒手柄
5.顶杆 6.套筒 7.导套

在套筒外圆面锥外螺纹, 导套内孔锥内螺纹, 套筒法兰安装手柄, 转动手柄可以使主轴随套筒前后移动, 并加设锁紧螺母, 避免在砂轮高速旋转时前后晃动, 提高切割时的主轴稳定性。同时, 为了补偿砂轮

损耗,设计了上下滑动调整机构,如图中滑板 2 在顶杆 5 作用下,可在调整底座 1 中上下移动,从而带动主轴套筒整体上下移动。

2.1.2 主轴止动结构的设计

本设计中,砂轮片夹紧采用的是螺钉连接,在主轴端部打螺纹孔,通过螺钉锁紧夹持片,进而压紧砂轮片,主轴部装剖面图如图 5 所示^[1,8]。这样,在装拆时拧螺钉的同时,主轴会跟着一起转动,难以拧紧螺钉,为此,采用了顶丝^[8,9],在主轴套筒上打螺纹孔,并在主轴上相应位置铣两个平面,当装拆砂轮片时,用顶丝将主轴顶住,达到止动的目的。

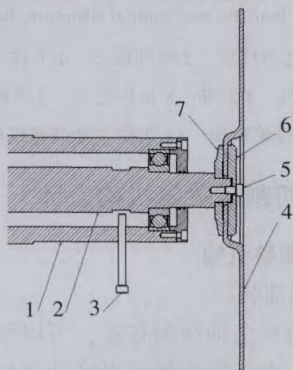


图 5 主轴部装剖面图

Fig. 5 Sectional view of the spindle

1. 套筒 2. 主轴 3. M8 螺钉 4. 凹心砂轮片
5. M8 螺钉 6. 前夹持片 7. 后加持片

由于切割功能的要求,该切割机结构十分紧凑,砂轮片的装拆只能穿过观察窗进行,很不方便,而且砂轮片的损耗速度很快,在大量作业时,需要频繁更换砂轮片。这就要求整个切割主轴的机械结构应该方便砂轮片的装拆^[1,6,8]。故设计了顶丝止动结构,如图 5 所示。

2.2 倒置工作台

2.2.1 总体结构设计

如前所述,工作台正置会出现卡件伤件的现象,因此本切割机采用倒置工作台,工作台倒挂在机架顶部,如图 3 所示,铸件在上,砂轮片在下切割。所用夹具为台虎钳,并设计了专用钳口 4 块,用螺栓固定在原有钳口上,从而把模头冒口的空间让出来。

2.2.2 薄弱环节受力分析

由于将工作台倒置,许多在正置时不承受力或承受的力很小的零件将会承受很大的力,需要提前校核该工作台的可靠性。本设计利用 SolidWorks 自带的有限元分析模块对其进行受力分析,同时对工作台的变形进行了分析。基本流程是:建立模型、添加约束载荷、划分网格、求解、结果分析、洞察分析、参数化设计和结果分析^[2]。

1) 分析预处理。为使分析中剔除其它因素的干扰,简化了三维模型,只需留下 4 个滑块与工作台。其它的预处理都是参数设置。首先,将材料设置为 45 号钢,滑块视为刚体,将 4 个滑块固定,设定连接方式为螺栓连接。施加的外部载荷主要有三部分,各部分的重力,包括滑块以及工作台;另外把台钳以及铸件的重力当做拉力计算,数值设定为 300N;第三部分是切割过程中的横向剪切力,将该力移动至滑块上,并增加了一个适当的扭矩,数值分别为 20N, 0.5Nm。工作台受力分析如下图 9 所示。

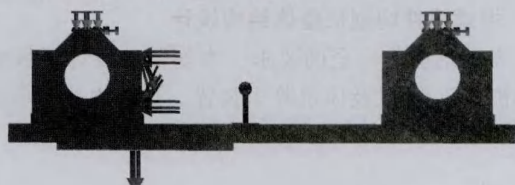


图 6 工作台受力分析

Fig. 6 Force analysis of the saddle

2) 分析结果。图 7 为应力云图,在设置了实体材料为 45 号钢后, SolidWorks 的 Simulation 模块会自动将该材料的屈服强度集成到分析中,如图 7 显示,最大屈服强度为 620.422MPa,由应力云图可知,工作台的各个部分应力均在最大屈服强度以下。图 8 为应变云图,直观的反映了工作台各部分的实际位移。由图 8 可见,最大位移为 7.003×10^{-4} mm。图 9 为安全系数云图,在预处理中我们选择了屈服强度为第一安全因素,位移为第二安全因素,因此,安全系数根据材料屈服强度得到, $n \geq 1$ 时,为安全范围。

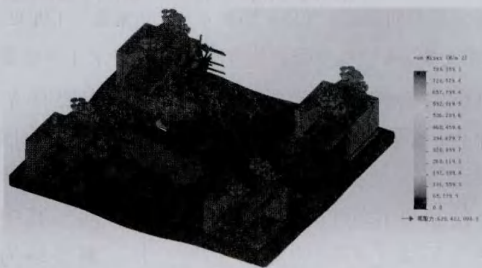


图 7 应力云图

Fig. 7 Stress nephogram

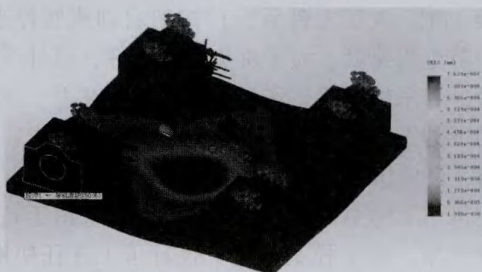


图 8 应变云图

Fig. 8 Strain nephogram

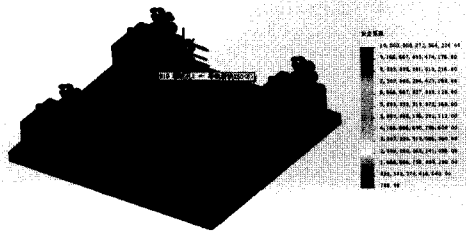


图 9 安全系数云图
Fig. 9 Safety coefficient nephogram

通过 SolidWorks 软件的 simulation 模块分析, 可以直观形象地看出工作台在正常工作时应力、应变的变化情况, 为设计提供了一定的理论分析依据。由分析仿真结果可得出安全系数达到预期设计要求 [6 7]。

2.3 控制系统设计

1) 控制器选择。由于只需要实现工作台的前进后退, 且可以调速, 并设置有限位开关。初步选择控制器为信捷公司的 XC2-16R/T-E/C 标准型 PLC, 8 点输入, 8 点输出, 并且具有高速脉冲功能。PLC 输入输出地址分配见表 1。

表 1 PLC 输入输出地址分配

Tab. 1 Allocation of input and output port address on the PLC

输入口		输出口	
X0	主电机启动	Y0	脉冲输出 (驱动器 PLS-)
X1	主电机停止	Y4	驱动器 DIR-
X2	风机启动	Y5	主电机
X3	风机停止	Y6	风机
X4	门限开关		
X5	起点限位		
X6	终点限位		
X7	Y 轴近点信号		

2) 软件设计。该控制系统的 PLC 程序使用信捷 XCPPro-E 3.3 编写, 实现对整个切割过程的控制和数据的初始化以及处理。在 XCPPro-E 3.3 环境下, 首先建立新项目, 设置 PLC 型号并对所使用的 COM 口参数进行设置, 然后开始编制 PLC 程序, 编写的程序分为手动程序和自动程序 [10, 11, 14]。编写完成后, 进行样机调试, 进一步完善所编程序。

3 结论

本文所设计的熔模铸件切割机系统设计新颖, 主轴调整机构可以适应不同宽度浇口的铸件的切割, 并且可以补偿砂轮片的损耗, 最大限度的利用了砂轮片; 主轴止动结构的设计方便了砂轮片的装拆; 倒置工作台的设计避免了卡件伤件的现象, 保证了切割的质量。采用 PLC 控制工作台的前进后退, 实现了切割的半自动化。通过 Solidworks 的三维建模以及有限元分析, 在理论上达到了设计要求。

参 考 文 献

[1] 李建功. 机械设计[M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.

[2] 陈超祥, 胡其登. SolidWorks Simulation 基础教程 (2012 版)[M]. 北京: 机械工业出版社, 2012.

[3] 孙维连, 王成彪, 等. 金相切割机的国内外研究概况[J]. 理化检验(物理分册), 2003, (7): 357~360.

Sun Weilian, Wang Chengbiao, et al. The metallographic sample cutting machine is the domestic and foreign research [J]. Situation of Physical Testing and Chemical Analysis Section, 2003, (7): 357~360.

[4] 李杰, 阎楚良, 等. 基于 PLC 控制的大型金相试样切割机的研制[J]. 吉林大学学报(工学版), 2005, (1): 56~60.

Li Ji, Yan Chuliang, et al. Development of PLC control of metallographic sample cutting machine based on Journal [J]. Journal of Jilin University of Technology (Natural Science Edition), 2005, (1): 56~60.

[5] SAITO F, et al. An improved method for the measurement of adhesion energy by using a nano-cutting machine [J]. Surface and Coatings Technology, 2002, (10): 419~422.

[6] 机械设计手册编委会. 机械设计手册第 4 卷(3 版)[M]. 北京: 机械工业出版社, 2004.

[7] 罗迎社, 李桌球. 材料力学[M]. 武汉: 武汉理工大学出版社, 2001.

[8] (日)小栗富士雄, 小栗达男. 机械设计禁忌手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 2002.

[9] 高玉芬, 朱凤艳. 机械制图[M]. 大连: 大连理工大学出版社, 2008.

[10] 彭鸿启. 小型精密切割机的研究[D]. 保定: 河北农业大学, 2008.

Peng Hongqi. Research on small precision cutting machine [D]. Baoding: Agricultural University of Hebei, 2008.

[11] 刘凡. 基于 PLC 的连铸切割机控制系统 [D]. 上海: 上海交通大学, 2011.

Liu Fan. Control system of continuous casting cutting machine based on PLC [D]. Shanghai: Shanghai Jiao Tong University, 2011.

[12] 李宁, 孙维连, 等. 基于 PID 的砂轮切割机进给自动控制系统[J]. 河北农业大学学报, 2012, (6): 121~124.

Li Ning, Sun Weilian, et al. Automatic control system of grinding wheel cutting machine based on PID feed [J]. Journal of Agricultural University of Hebei, 2012, (6): 121~124.

[13] 崔铁庆. 节能环保型切割机的研究与设计[D]. 保定: 河北农业大学, 2011.

Cui Tieqing. Research and design of energy saving and environmental protection type cutting machine [D]. Baoding: Agricultural University of Hebei, 2011.

[14] 龚志广. 基于 PLC 控制的大型金相试样切割机控制系统的研

究[D]. 保定: 河北农业大学, 2006.

Gong Zhiguang. Study on the machine control system of the

metallographic sample cutting machine based on PLC [D].

Baoding: Agricultural University of Hebei, 2006.

Design of investment castings cutting machine based on SolidWorks

Zhang Yunqian, Sun Weilian, Ding Ye, Sun Bo

(Agricultural University of Hebei, Baoding, 071000, China)

Abstract: According to the special requirements for investment castings, we have researched the mechanical mechanism of the cutting machine, and also we've analysed the cutting process of the investment castings. By using the SolidWorks software, we adopted the design idea of mechanical system, and designed the overall shape of the machine and the mechanical structure. At the same time, this castings cutting machine should have the special functions, so we designed the special mechanical structure to adapt to the special requirements for investment castings. Through the finite element analysis module of SolidWorks, we analysed the stress and strain of the Key components of the machine. We designed the PLC control system on the basis of the mechanical parts' function. Our works have solved the security issues, and what's more, we have improved the efficiency of the castings cutting, and half automation is realized.

Keywords: the investment castings cutting machine; SolidWorks; design of simulation

(上接第 192 页)

发动机油底壳进行了降低表面辐射噪声的结构改进。本设计通过对改进前后的发动机油底壳相关参数进行比较分析, 改进后的油底壳刚度明显增强、固有频率显著提高, 振动速度大幅度降低等方面均有明显改善, 因此改进后的油底壳结构有效降低了其表面辐射噪声, 提出的控制方法经济可行。

参 考 文 献

- [1] 向阳. 壳体零件振动噪声的分析和控制[D]. 重庆: 重庆大学, 2005.
Xiang Yang. Analysis and control of noise and vibration of shell parts [D]. Chongqing: Chongqing University, 2005.
- [2] 张光荣. 发动机激励引起的车内结构噪声控制研究[D]. 长沙: 湖南大学, 2009.
Zhang Guangrong. Study on structural noise control caused by car engine excitation [D]. Changsha: Hunan University, 2009.
- [3] 许响林, 李景渊. 发动机油底壳辐射噪声控制研究[J]. 客车技

术与研究, 2007, (5): 4~6.

Xu Xianglin, Li Jingyuan. Engine noise radiation of the oil pan control research [J]. Bus Technology and Research, 2007, (5): 4~6.

[4] 何渝生, 等. 汽车振动学[M]. 北京: 人民交通出版社, 1990.

[5] Zhang Junhong, Han Jun. CAE process to simulate and optimise engine noise and vibration [J]. Mechanical Systems and Signal Processing, 2006, 20(6): 1400~1409.

[6] 王奇文, 郝志勇. 发动机油底壳的低噪声结构设计[J]. 噪声与振动控制, 2012, 6(3): 90~93.

Wang Qiwen, Hao Zhiyong. The structure design of low noise engine oil bottom shell [J]. Noise and Vibration Control, 2012, 6(3): 90~93.

[7] 刘海, 张俊红, 等. 柴油机辐射噪声预测与低噪声改进设计[J]. 内燃机学报, 2011, 29(3): 265~269.

Liu Hai, Zhang Junhong, et al. Radiation noise prediction and low noise modification of diesel engine [J]. Journal of Combustion Engine, 2011, 29(3): 265~269.

Design on low noise structure of engine oil pan surface

Duan Cuifang, Li Wei, Zhang Jiliang

(Henan Mechanical and Electrical Engineering College, Xinxiang, 453003, China)

Abstract: At present, the study on the control of radiated noise from engine surface has been paid more and more attention. In this paper, taking SQR477F engine as an example, conducts the deep research on the oil pan surface radiation noise, found oil bottom shell in the middle of four free oil baffle plate angle edge is often produced parts of oil pan local modes, and puts forward effective measures to control the surface radiation noise, by improving the oil bottom shell stiffness obviously, the natural frequency of vibration velocity increased, decreased, improved oil pan structure to reduce the oil bottom shell surface radiation noise has a certain role. Control measures are proposed in this paper has some effect to reduce the radiated noise from engine surface, method is economical and feasible.

Keywords: engine; noise control; oil pan; radiation