DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2019.01.023

振动挤压铸造机压力控制系统优化研究

唐　林[1],苏世卿[2],孔　亮[3]

(1. 四川职业技术学院 电子电气工程系,四川 遂宁 610103;2. 新乡职业技术学院 数控技术系,河南 新乡 453006;3. 成都理工大学 材料与化学化工学院,四川 乐山 614000)

摘　要:铝合金轮毂振动挤压铸造过程中,对振动挤压铸造机振动压力的合理控制是获取优良铸件的前提。为了实现对振动压力进行准确调控,对振动挤压铸造工艺进行分析,提出了铝合金轮毂振动挤压铸造机优化方案,设计了振动挤压铸造机振动压力控制系统,并利用仿真实验对振动压力控制系统进行有效性测试。结果表明,所设计振动压力控制系统能对压力进行准确、快速的调控,实现了对铝合金轮毂振动挤压铸造机进行优化的效果。

关键词:铝合金轮毂;振动挤压铸造;振动压力控制

中图分类号:TG233　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1000-8365(2019)01-0089-04

Study on Optimization of Vibration Squeeze Casting Machine

TANG Lin[1], SU Shiqing[2], KONG Liang[3]

(1. Department of Electrical and Electronic Engineering, Sichuan Vocational and Technical College, Suining 610103, China; 2. Numerical Control Technology System, Xinxiang Vocational and Technical College, Xinxiang 453006, China; 3. School of Materials and Chemical Engineering, Chengdu University of Technology, Leshan 614000, China)

Abstract: The reasonable control of the vibration pressure of the squeeze casting machine is the precondition of obtaining the good casting. In order to realize the accurate and effective control of the vibration pressure, the process of the vibration squeeze casting was analyzed. The study on optimization of vibration squeeze casting machine for automotive aluminum alloy wheel was proposed. According to the working principle of the vibration squeeze casting machine, the vibration pressure control system of the vibration squeeze casting machine was designed. The vibration simulation of the squeeze casting machine vibration pressure control system for effective testing, through the simulation experiments show that the design of the pressure vibration control system can quickly and accurately control the pressure, can be achieved on the vibration of automobile wheel hub Aluminum Alloy squeeze casting machine good optimization effect.

Key words: automotive aluminum alloy wheel; vibration squeeze casting; vibration pressure control

铝合金轮毂铸造的方法多种多样,常用的方法有挤压铸造法、低压铸造法以及振动挤压法等。由于挤压铸造法在对大型复杂件进行铸造成形时,容易产生冷隔。而低压铸造时由于成型压力太小,铸件容易产生缩孔等不足。而振动挤压法能有效克服上述的不足,所以将振动挤压法用于铝合金轮毂的铸造是一种较好的方法。在铝合金轮毂振动挤压铸造的过程中,要求振动挤压铸造机能够准确的按要求对铸件施加振动压力,这样才能保证生产出来的产品有良好的质量[1,2]。近年来为了通过对铸造过程中的压力进行准确的控制,以获取良好质量的铸件,较多专家学者对压力控制的方法进行了深入的研究。例如李文革为了对消失模铸造过程中干砂的填充以及紧实进行优化,提出了双电机消失模铸造振实台控制系统设计,利用对双电机进行控制的方法,对振动台进行调控,从而实现对振动压力进行控制,以达到获取优良铸件的目的。该方法能对振动台进行控制,对获取优良的消失模铸造产品有一定的帮助,但是该方法是利用PLC实现的,而且控制系统中缺乏优良的控制策略,使得控制准确度不高。又如胡世军等人提出了预压力可调式超声振动挤压系统的表面压光试验研究,通过多组实验得到了挤压速度和进给量,预压力和挤压振幅对工件表面粗糙度的影响规律。该研究虽然从工艺参数上得出了改善铸件质量的办法,但是没有良好的压力控制系统支撑,难以实现对铸件质量进行改善。对此,本文提出了铝合金轮毂振动挤压铸造机优化的研究,通过对振动挤压铸造工艺进行分析,明确了振动挤压铸造机振动压力控制的机理,设计了振动压力控制系统。通过仿真实验验证了所设计系统的有效性,说明该振动压力控制系统能对铝合金轮毂振动挤压铸造机

收稿日期:2017-03-30

作者简介:唐　林(1966-),四川遂宁人,硕士,副教授.研究方向:机械设备控制技术、机械加工.
电话:18796000110,E-mail:lltt786112@163.com

进行优化，以获取良好的铸件。

1 振动挤压铸造工艺分析

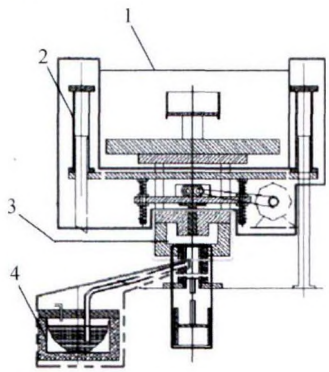
图1为振动挤压铸造机的结构示意图，其主要组成部分有振动挤压杆、液压机、输液设备、成型模具等。振动挤压铸造的主要工艺流程为[5-7]：

(1)将振动挤压杆放入成型模具内部。启动铸造后，成型模具的上模和下模进行合模动作构成模具型腔。

(2)将铝合金溶液注入到模具型腔内部。接着通过振动挤压杆产生的振动挤压力，对模具型腔内的铝合金溶液进行振动挤压。

(3)振动挤压结束后，通过推动装置取出铸件。

在振动挤压铸造的过程中，振动压力的大小对铸件的影响较大。振动压力的控制是通过液压机的动作进行调控的，而液压机的动作可通过调节伺服阀而进行控制。



1- 液压机；2- 振动挤压装置；3- 成型模具；4- 输液设备

图 1 振动挤压铸造机示意图

Fig.1 Schematic diagram of vibration squeeze casting machine

2 系统总体设计

从振动挤压铸造的工艺分析可知，在振动挤压铸造过程中，对振动压力的合理控制关乎生产产品的质量优良性能。而振动压力的控制依赖于液压机的控制，液压机的控制核心为伺服阀的控制。明确了控制对象之后，利用C8051F120单片机作为控制器，并结合神经网络联合PID算法作为控制策略，设计了振动压力控制系统，该系统的总体设计框图如图2所示。该系统以现场振动压力的采集值与设定振动压力的参数作为控制依据，利用控制策略计算出控制量，然后对执行单元发出控制信号，从而达到对伺服阀进行调控的目的，进而实现对振动压力进行调控的效果。

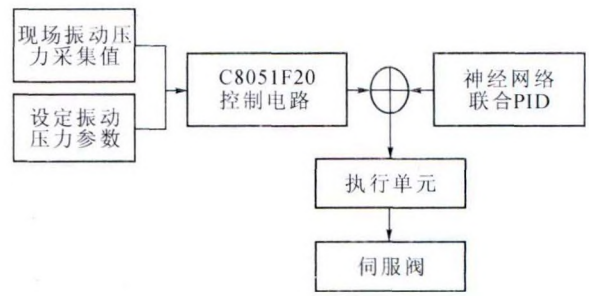


图 2 振动压力控制系统总体设计示意图

Fig.2 Schematic Design of vibration pressure control system

3 硬件系统的设计与实现

图3为所设计的硬件系统示意图。可以看出，该控制器首先接收到通过人机交互平台设定的振动压力参数，然后启动压力传感器不断对工业现场的振动压力值进行采集，对采集的信号进行调理后得到压力值对应的电信号，控制器得到振动压力相关的电信号后就启动控制策略，控制策略将通过设定的振动压力参数以及采集的实时振动压力信号进行计算，输出控制量给控制器。最后控制器依据控制量对执行单元的可控硅进行开度调控，从而实现对伺服阀的控制。

硬件的合理选型是实现硬件系统不和或缺的关键部分，在此将对硬件系统的各个主要部分硬件进行分析选型。

人机交互界面是操作员与系统通信的主要途径，人机交互平台要能够准确及时的响应操作员的操作，对此，采用液晶屏作为人机交互平台，具有分辨率高、响应速度快、可视角度宽等特点。同时还配备了LED指示灯以及喇叭作为异常情况下的声光报

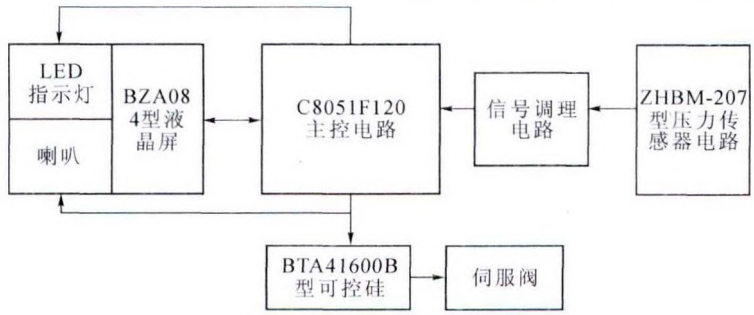


图 3 硬件系统设计示意图

Fig.3 Schematic diagram of hardware system design

警装置。振动压力的快速准确采集是实现系统高精度以及快响应度的一个重要条件，对此本文采用了ZHBM-207型压力传感器用于对现场振动压力的动态采集，该压力传感器具有较好的稳定性能、较高的灵敏度，能够对现场振动压力进行实时准确的采集。在整个硬件系统中，控制器的性能是影响整个系统的核心，对于振动压力控制系统需要对压力进行快速准确的控制，就必须要求控制器具有计算速度快、计算精度高等特点，对此，选取了具有稳定性能好、计算速度快等特点的C8051F120单片机作为控制器，以满足系统对数据以及控制信号进行快速准确处理的要求。在本文硬件系统中采用BTA41600B型大功率可控硅作为执行单元的核心，该可控硅具有耐大电流、高电压的特点，能够满足对伺服阀调控的要求。

4　控制策略设计

振动压力控制系统的性能不仅和硬件系统有关，同时和控制策略也息息相关，一个好的控制策略需要具有较强的鲁棒性以及计算快速准确性。在此，本文将采用神经网络联合PID算法作为控制策略。

PID算法实质为一种线性控制算法，由于其简单易实现的特点，被广泛用于多种工业控制中。常见的PID算法表述如下：

$$R(t)=K_P[h(t)-h(t-1)]+K_I h(t)+K_D[h(t)-2h(t-1)+h(t-2)] \quad (1)$$

式中，K_P、K_I及K_D分别表示比例、积分、微分系数；$h(t)$表示标定值$b(t)$与监测值$j(t)$之差。

$$h(t)=j(t)-b(t) \quad (2)$$

虽然PID算法简单易实现，但是其对应的K_P、K_I及K_D的合理设定对PID算法的影响极大，而要将这3个系数设置为合理范围需要大量的试验或者很强的经验要求，故而算法难以满足鲁棒性能好、计算速度快的要求[8]。

神经网络算法具有良好的学习性能，能很好的抵抗外界干扰，对此将采用神经网络算法对PID算法的K_P、K_I及K_D进行修订，以使得修订后的算法具有更好地鲁棒性以及控制实时性。神经网络算法对K_P、K_I及K_D修订过程为：

$$K_P=\mu_P h(i)\frac{\partial N(i)}{\partial x_1}h(i)-h(i-1) \quad (3)$$

$$K_I=\mu_I h(i)\frac{\partial N(i)}{\partial x_1}h(i) \quad (4)$$

$$K_D=\mu_D h(i)\frac{\partial N(i)}{\partial x_1}(h(i)-2h(i-1)+h(i-2) \quad (5)$$

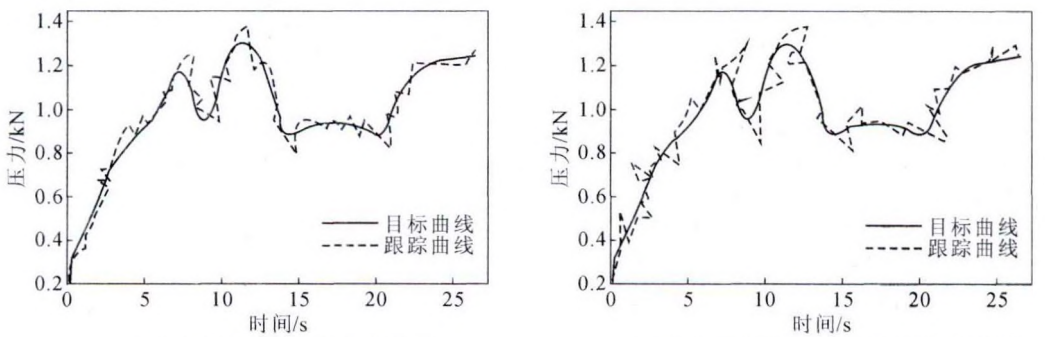
式中，μ_P、μ_I和μ_D表示K_P、K_I及K_D对应的学习因子，$\frac{\partial N(i)}{\partial x_1}$表示输入量$x_1$对应的雅克比矩阵。

将神经网络修订好的K_P、K_I及K_D融入到PID算法中就形成了神经网络联合PID算法的控制策略，该策略具有自适应性能，具有良好的鲁棒性以及较高的控制精度。

5　实验结果与分析

实验采用对比实验的方法进行，将文献[10]中的方法作为对照组，以对所设计振动压力控制系统的优越性进行验证。实验中采用目标跟踪的方法进行，即设定好一个目标振动压力控制曲线，然后用本文方法以及对照组方法对该目标曲线进行跟踪，通过跟踪效果来对所设计的振动压力控制系统的优劣性进行评判。

图4为本文方法与文献[9]中方法的实验结果。可以看出，跟踪曲线比文献[9]中方法的跟踪曲线超调量更小，而且调节时间更短，更贴近于目标曲线。说明所设计的振动压力控制系统能对振动压力进行快速准确的控制，该振动压力控制系统能对铝合金轮毂振动挤压铸造机进行优化，使得铝合金轮毂振动挤压过程中的振动压力得到更实时准确的控制，从而提高铸件的质量。



(a)本方法的仿真实验曲线图　　(b)文献[9]中方法的压力控制曲线图

图 4　不同方法的压力控制曲线图

Fig.4　Pressure control curves of different methods

6 总结

为了对铝合金轮毂振动挤压铸造过程中的振动压力进行准确控制，以对振动挤压铸造机进行优化，提出铝合金轮毂振动挤压铸造机优化的研究。实验结果表明，所设计的振动压力控制系统能对压力进行准确实时的控制，对铝合金轮毂振动挤压铸造机具有良好的优化作用，为获取良好的振动挤压铸造产品提供了良好的保障。

参考文献：

[1] 吴明清，鲍梅连. 基于DEFORM的汽车铝合金轮毂锻造过程数值模拟[J]. 铸造技术，2016，37(6): 1239-1241，1257.

[2] 徐宁. 汽车铝合金轮毂铸造工艺研究 [J]. 长春大学学报，2015，25(2): 13-16.

[3] 胡世军，陈玉荣. 预压力可调式超声振动挤压系统的表面压光试验研究[J]. 机械设计与制造，2014(2): 250-252.

[4] 张琦，贲宁宇，王聚存，等. 花键轴振动挤压成形试验研究[J]. 西安交通大学学报，2015，49(11): 110-115.

[5] 王宏睿，张杰. 扭转振动挤压攻丝的扭矩实验研究[J]. 现代制造工程，2011，11(9): 93-97.

[6] 杨庆华，陈鑫，孟彬，等. 汽车活塞销振动挤压数值模拟分析[J]. 浙江工业大学学报，2013，41(3): 317-320.

[7] 董梦龙. 铝合金振动挤压铸造的机理研究及其装置设计 [D]. 华南理工大学，2015.

[8] 贾诚安，叶林，葛俊锋，等. 一种基于STM32和ADS1248的数字PID温度控制系统[J]. 传感器与微系统，2015，34(11): 103-105.

[9] 聂蒙，李建勇，沈海阔. 基于容腔调节的钢轨打磨压力控制系统[J]. 西南交通大学学报，2015，50(5): 796-802.

《熔模铸造缺陷图册》简介

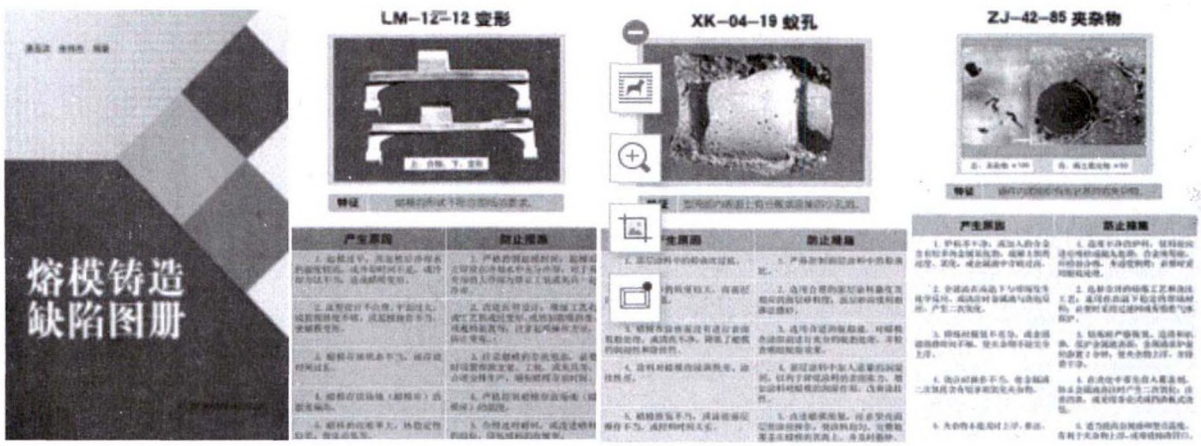
《熔模铸造缺陷图册》(简称《图册》)是作者根据自己数十年在生产现场积累的实际经验和知识，参阅了国内外大量资料后精心编著而成的。

《图册》收录了典型的蜡模(也称“熔模”)缺陷 15 例、型壳缺陷 28 例、铸件缺陷 42 例共 105 幅图片，直观呈现了缺陷，描述了缺陷特征，具体分析了缺陷产生的原因，同时还给出了防止缺陷的有效措施，使读者能从中得到宝贵的资料和启迪，提高解决生产实际问题的能力。

《图册》覆盖面广，适用于中低温蜡料(也称“模料”)，水玻璃型壳与硅溶胶型壳，以及碳钢、低合金钢、不锈钢以及高合金钢等铸件。

《图册》参考价值大，附录收集了适用于低温蜡料与水玻璃型壳、低温蜡料与硅溶胶型壳、低温蜡料与复合型壳以及中温蜡料与硅溶胶型壳等四种方案的压制蜡模工艺参数、型壳制造工艺参数。

总之，《图册》图文并茂、通俗易懂，是熔模铸造缺陷分析方面的资料库；可供熔模铸造生产现场、工艺设计、技术服务与研究等方面的人员使用。



联系人：潘玉洪 13509655192 pyhsz@163.com