

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2021.04.013

# 基于 AMESim 的粉末精整液压机 系统建模与仿真研究\*

曹传剑<sup>1</sup>, 宋 慧<sup>1</sup>, 姜云春<sup>1</sup>, 王培芹<sup>1</sup>, 于 晓<sup>1,3</sup>, 宗成国<sup>2</sup>

(1. 青岛黄海学院 智能制造学院, 山东 青岛 266427; 2. 山东科技大学 机械电子工程学院, 山东 青岛 266427; 3. 青岛理工大学 机械与汽车工程学院, 山东 青岛 266427)

**摘要:** 针对 250T 粉末精整液压机压制频次不能满足设计需求的问题, 对影响压制频次的主要因素(下内模冲油缸速度、泵出口插装阀阻尼和滑块行程)进行了研究。对 250T 粉末精整液压机液压系统的工作原理进行了分析, 利用 AMESim 软件搭建了 DG25 通径方向插装阀仿真模型, 并通过仿真验证了模型的正确性; 搭建了 250T 粉末精整液压机液压系统的仿真模型, 分别研究了下内模冲油缸速度、泵出口插装阀阻尼和滑块行程等主要因素对液压机单次压制周期的影响。研究结果表明: 提高下内模冲油缸速度、增大泵出口插装阀阻尼、缩短滑块行程等方法均可有效地缩短精整液压机的单次压制周期, 提高液压机的压制频次, 单次时间控制在 6.1 s, 满足压机的设计要求。

**关键词:** 液压机系统; 粉末精整; 压制频次; 仿真模型

中图分类号: TH137; TG315.4

文献标识码: A

文章编号: 1001-4551(2021)04-0479-05

## Modeling and simulation of metal powder sizing hydraulic press system based on AMESim

CAO Chuan-jian<sup>1</sup>, SONG Hui<sup>1</sup>, JIANG Yun-chun<sup>1</sup>, WANG Pei-qin<sup>1</sup>, YU Xiao<sup>1,3</sup>, ZONG Cheng-guo<sup>2</sup>  
(1. School of Intelligent Manufacturing, Qingdao Huanghai University, Qingdao 266427, China; 2. College of Mechanical and Electronic Engineering, Shandong University of Science and Technology, Qingdao 266427, China; 3. School of Mechanical and Automotive Engineering, Qingdao University of Technology, Qingdao 266427, China)

**Abstract:** Aiming at the problem that the press frequency of 250T metal powder sizing hydraulic press could not meet the needs of design, the main factors affecting the pressing frequency, such as the cylinder speed of lower inner die, the damping of pump outlet cartridge valve and the stroke of the slide block were studied. The working principle of the hydraulic system of 250T metal powder sizing hydraulic press was analyzed. The model of DG25 directional cartridge valve was built by AMESim, and the correctness of the model was verified through simulation. The simulation model of the hydraulic system of the 250T metal powder sizing hydraulic press was built, and the influences of the cylinder speed of lower inner die, the damping of pump outlet cartridge valve and the stroke of the slide block in the single pressing period were studied respectively. The results indicate that increasing the cylinder speed of lower inner die, increasing the damping size of the pump outlet cartridge valve and shortening the stroke of the slide block can effectively shorten the single pressing cycle of the press, increase the pressing frequency, the single time is controlled at 6.1 s, and meet the requirements of design.

**Key words:** hydraulic press system; metal powder sizing; press frequency; simulation model

## 0 引 言

目前, 粉末冶金结构件在汽车工业领域的应用越来

越广泛, 且应用于发动机、减速箱等汽车重要部件的粉末制品种类已达几十种之多。由于粉末精整工艺是粉末成形工艺中非常重要的一环, 对粉末精整液压机的速

收稿日期: 2020-08-03

基金项目: 山东省自然科学基金培养基金资助项目(ZR2019PEE028); 山东省重点研发计划资助项目(2019GGX105001)

作者简介: 曹传剑(1984-), 男, 山东潍坊人, 硕士, 副教授, 主要从事机械设计及机器人方面的研究。E-mail: caochuanjian2020@163.com



电机转速:0 ~ 800 r/min(10 s 内);

硬管内径: $\varphi 50$  mm(消除管路的影响);

溢流阀设定压力:50 bar;

通流能力:500 L/min。

仿真模型的最大流量系数在 0.1 ~ 1 之间取值,笔者通过批运算处理,并与样本曲线进行比较,最终得到当最大流量系数为 0.66 时,仿真模型的特性曲线与样本曲线基本吻合。

DG25 二通插装阀仿真曲线如图 3 所示。

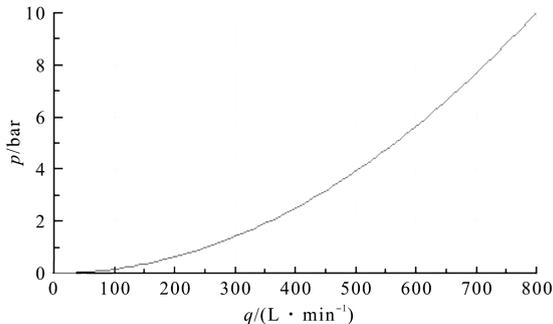


图3 DG25 二通插装阀仿真曲线

从图 3 可知:此处建立的仿真模型能够基本反应出选用的二通插装阀压力流量特性;即该模型可以作为二通插装阀,用于液压机系统的建模。

## 2.2 液压系统模型搭建

根据 250T 粉末精整液压机原理图,笔者搭建液压系统仿真模型<sup>[11-13]</sup>。其中,此处对仿真模型做以下几点简化:

(1)模型中的泵实际为 A7VO160 恒功率变量泵,但是压机在快下和慢下过程中,系统压力不高,未达到变量泵的变量点,因此,在研究压机快下和慢下时,可以采用定量泵代替;

(2)快速缸为 2 个柱塞缸,主缸为活塞缸,在模型中,2 个柱塞缸通过面积转化,可以用 1 个柱塞缸来代替;

(3)对压机快下及慢下过程没有影响的元件,没有在模型中搭建。

建立的液压系统仿真模型如图 4 所示。

## 3 压机压制频次影响因素分析

250T 粉末精整液压机虽然能够满足用户生产的功能需求,但不足之处是压制频次差,用户要求压机在压制某类粉末零件时,将单次压制周期控制在 6.3 s 以内。目前,压机单次压制周期为 7.1 s。

通过分析发现,影响压机压制频次的原因主要有:

(1)下内模冲油缸速度太慢;(2)滑块在快下瞬间等待

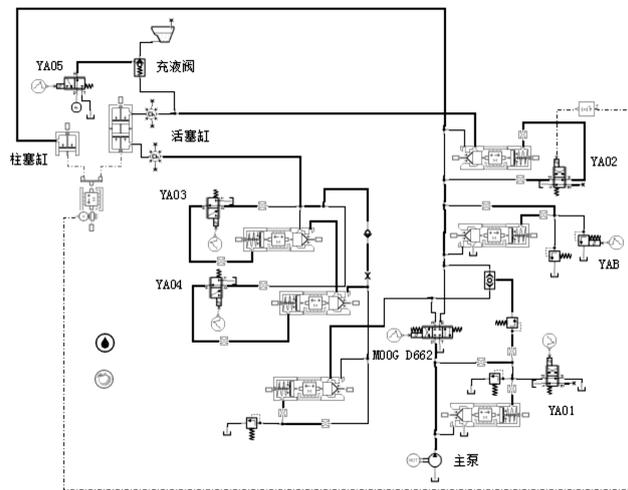


图4 液压系统仿真模型

时间较长;(3)滑块空行程距离较大,所需快下和快回时间较长。

笔者将针对以上 3 点原因做仿真分析,通过液压系统优化及工艺参数优化,以满足用户对压机的频次要求。

### 3.1 下内模冲油缸速度对压制频次影响

通过对单件产品压制周期观察分析发现,下内模冲油缸速度太慢。经位移尺监测得知,其速度为 32 mm/s ~ 34 mm/s;其中,下内模冲油缸全行程为 30 mm,打料过程需要 0.9 s,严重影响了产品的压制节拍。

为此,基于 AMESim 软件,笔者搭建了整改前下内模冲油缸液压系统仿真模型,如图 5 所示。

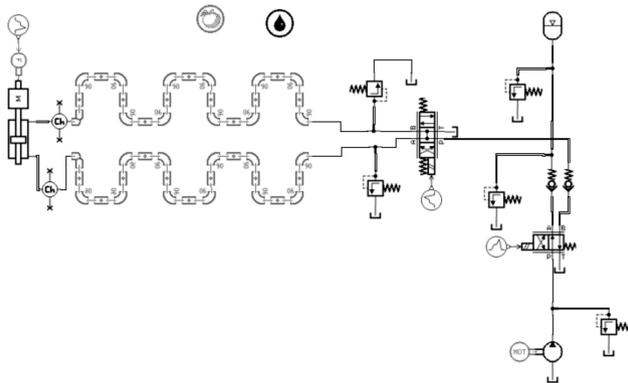


图5 整改前下内模冲油缸液压系统仿真模型

按照下内模冲油缸液压系统实际参数,笔者对仿真模型参数化设置,并通过仿真,得到下内模冲油缸速度曲线,如图 6 所示。

从图 6 可知:下内模冲油缸速度在顶出和退回时均为 34 mm/s,与实际监测所得数据一致。

通过仿真,得到整改前下内模冲油缸液压系统压力曲线,如图 7 所示。

从图 7 可知:高频响阀前后压降达到 80 bar,高频

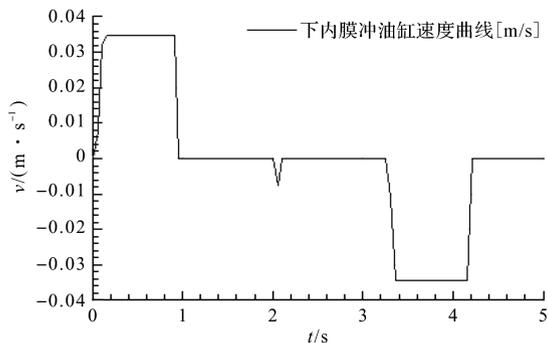


图 6 整改前下内模冲油缸速度曲线

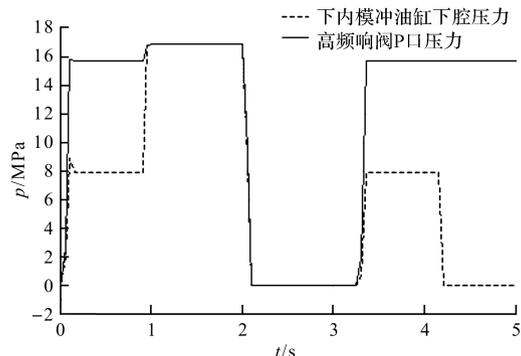


图 7 整改前下内模冲油缸液压系统压力曲线

响阀 P 口压力为 170 bar, 已达到系统压力设定值, 造成泵输出的 1/3 流量从泵出口溢流阀流回油箱。

根据对以上情况的分析可知, 在液压系统硬件条件不改变的情况下, 已无法通过调试进一步提高下内模冲油缸速度。

为满足客户需求, 笔者提出下内模冲油缸液压系统整改方案。整改方案主要有: (1) 将下内模冲油缸的动力源由辅助泵 1 (33 L/min) 改为辅助泵 2 (61.5 L/min)。经计算, 在没有流量损失的情况下, 油缸速度最高可达到 90 mm/s; (2) 选用 10 通径高频响阀。该阀在 70 bar 阀压差下公称流量为 100 L/min, 可有效降低泵出口压力, 避免泵输出流量通过安全阀返回油箱。

经整改后, 下内模冲油缸速度在高频响阀开口度 100% 时, 速度能够快速达到 90 mm/s。考虑到下内模冲油缸行程太短, 最终笔者将高频响阀开口度设定为 60%, 这样油缸速度就可达到 64 mm/s, 整个打料过程缩短至 0.47 s, 单次压制时间可有效缩短 0.43 s。

### 3.2 泵出口插装阀阻尼大小对压制频次影响

通过对现场压机下行阶段观察发现, 在控制系统下行指令下达后, 压机有明显等待现象, 该现象对压机压制频次影响较大。笔者根据实际参数, 对图 4 的液压系统仿真模型进行参数化设置:

将快下速度设定在 350 mm/s, 通过速度标定, 设置

伺服阀开口度为 55% 时, 快下速度满足要求; 滑块支撑阀设定为 110 bar; 设定总的仿真时间为 2.5 s, 其中前 0.3 s 液压系统主泵处于空循环阶段, 0.3 s 后控制系统给压机快速下行指令, 滑块全行程为 0.55 m, 在滑块下行至 0.5 m 后, 压机由快下阶段转入慢下阶段。

为研究插装阀盖板阻尼对快下响应的影响, 笔者分别设置仿真模型。

不同泵出口插装阀的来油阻尼、压中阻尼参数如表 1 所示。

表 1 不同来油阻尼、压中阻尼参数

项目	第一组	第二组	第三组	第四组
来油阻尼/mm	1.8	1.2	1.0	0.8
压中阻尼/mm	1.5	1	0.8	0.6

笔者对仿真模型做批运算处理, 得到不同阻尼压机滑块速度曲线, 如图 8 所示。

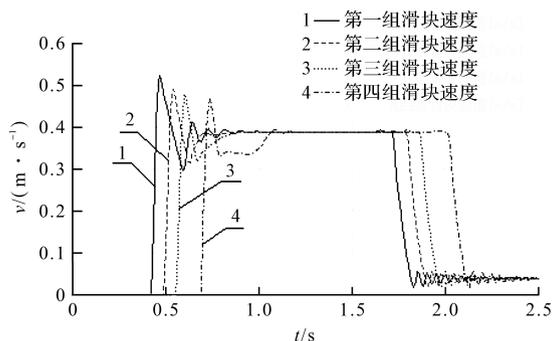


图 8 不同阻尼压机滑块速度曲线

通过图 8 仿真曲线可知: 在压机快下指令下达 0.3 s 后, 在不同阻尼条件下, 压机滑块下行启动时间有所不同, 随着泵出口插装阀阻尼的增大, 压机滑块的快下响应速度也越来越快。其中, 泵出口插装阀阻尼为第一组时的快下启动时间, 比阻尼为第四组时提前了接近 0.3 s。

笔者通过仿真, 得到不同阻尼泵出口压力曲线如图 9 所示。

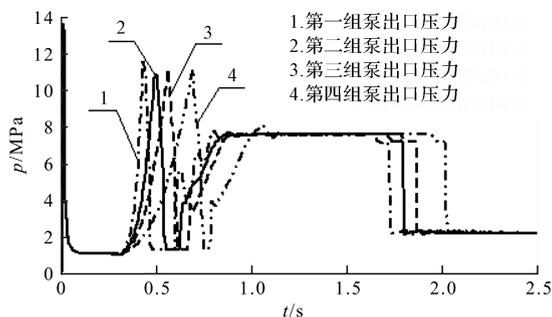


图 9 不同阻尼泵出口压力曲线

通过图 9 泵出口压力曲线可知: 随着插装阀阻尼的增大, 泵出口升压越来越快; 在插装阀阀芯关闭期间, 泵出口压力存在较大波动, 但不同阻尼条件下, 泵

出口压力超调量基本一致,即液压系统受到的压力冲击不会随着插装阀阻尼的增大而增大。

由此可见,通过增大泵出口插装阀阻尼方式,缩短压机滑块快下等待时间,可以提高压机的压制频次。

### 3.3 压机滑块空行程对压机频次影响

减少压机的空行程距离,不仅可以缩短滑块快下所需时间,而且可以缩短滑块快回所需时间。为研究空行程对单件产品压制时间的影响,笔者将压机滑块全行程距离分别设置为 0.55 m、0.5 m、0.45 m;其中,压机滑块慢下行程为 0.05 m 保存一致,然后对液压系统仿真模型做批运算仿真分析。

此处得到不同全行程参数滑块的位移曲线如图 10 所示。

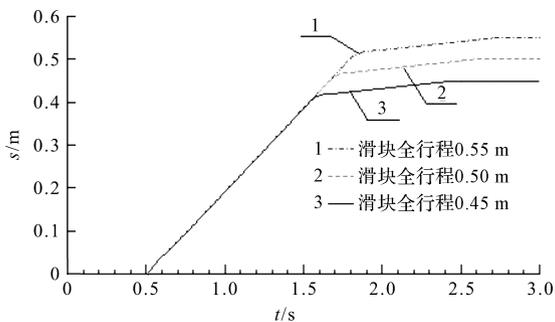


图 10 不同全行程参数滑块位移曲线

通过图 10 仿真曲线可以看出:随着压机滑块全行程参数的增大,下行完成所需时间越来越长;压机在滑块全行程为 0.55 m 时,下行所需总时间为 2.72 s,压机在滑块全行程为 0.45 m 时,下行所需总时间为 2.46 s;同样的,滑块全行程较短的回程所需时间也短。

由此可见,通过缩短压机滑块空行程,可以将单次压制时间缩短 0.26 s 以上。

## 4 结束语

本文介绍了 250T 粉末精整液压机液压系统的工作原理及其建模过程,并提出了影响压机压制频次的主要因素,通过仿真分析,研究了各主要因素对液压机压制频次的影响,得到如下结论:

(1) 整改后的下内模冲油缸液压系统,在高频响阀开口度设定为 60% 时,油缸速度可提升至 64 mm/s,单次压制时间可有效缩短 0.43 s;

(2) 增大泵出口插装阀阻尼,可有效降低液压机滑块快下等待时间,当泵出口插装阀来油阻尼为 0.8 mm,压中阻尼为 0.6 mm 时,滑块快下等待时间可有效缩短 0.3 s;

(3) 缩短液压机全行程可有效减少单次压制所需时间,当滑块全行程距离由 0.55 m 降低至 0.45 m,单次压制时间可缩短 0.26 s 以上。

该研究通过提高下内模冲油缸速度、增大泵出口插装阀阻尼和缩短压机滑块全行程距离的方法,可将液压机的单次压制时间缩短 1 s,即压机单次压制时间可控制在 6.1 s。该结果可满足用户对压机的频次需求。

### 参考文献 (References):

- [1] 谢铁汉,顾吉国,冯迪昕. 30T 全自动粉末冶金制品液压机部件的改进[J]. 粉末冶金工业,2000,10(6):27-29.
- [2] 刘盼中,梁伟立,郎宇航,等. 高端数控粉末制品液压机及成套设备[J]. 机械设计,2018,35(1):326-329.
- [3] 沈福保,许云灿. 国内机械式粉末成形压机发展历程及展望[J]. 机械制造与自动化,2014(6):86-91.
- [4] 陈虎,黄丽燕. 粉末冶金压机技术现状及发展趋势[J]. 粉末冶金工业. 2018,28(5):71-74.
- [5] 冯瑞琳. 粉末成形液压机电液控制系统研究[D]. 杭州:浙江大学机械工程学院,2016.
- [6] 邱诚,夏伟. 基于粉末本构模型和多体力学仿真的模架集成式粉末成形设备的设计[J]. 机械工程学报,2013,49(20):176-183.
- [7] 范林静,沈维佳,许世昌. 基于有限元法的新型粉末成形模架动态特性分析[J]. 机械制造与自动化,2015(4):142-144.
- [8] 戴本尧. 基于模糊 DE 算法的粉末液机电液伺服系统 PID 参数优化研究[J]. 机电工程. 2019,36(4):391-396.
- [9] 刘福娥. 200T 全自动粉末冶金压机的研制——机电液比例控制系统的研究仿真[D]. 重庆:重庆大学机械工程学院,2011.
- [10] 安建军,张晓丽,薛飞,等. 快锻压机液压系统参数化设计[J]. 锻压技术,2018,43(11):105-109.
- [11] 张嘉鹭,赵继云,徐昊. 基于 AMESim 的中心回转式清仓机液压系统动态特性研究[J]. 液压与气动,2019(4):48-53.
- [12] 蔡文龙,周艳,贾首星. 基于 AMESim 的减压阀建模与仿真分析[J]. 液压气动与密封,2020(2):23-26.
- [13] 范沿沿,李建华,张传斌. 烟草小苗井窖式移栽机设计及液压系统仿真分析[J]. 液压与气动,2020(2):146-150.

[编辑:杨骏泽]

#### 本文引用格式:

曹传剑,宋慧,姜云春,等. 基于 AMESim 的粉末精整液压机系统建模与仿真研究[J]. 机电工程,2021,38(4):479-483.

CAO Chuan-jian, SONG Hui, JIANG Yun-chun, et al. Modeling and simulation of metal powder sizing hydraulic press system based on AMESim[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2021,38(4):479-483.

《机电工程》杂志: <http://www.meem.com.cn>