

摩擦与润滑

## 锻造模具喷雾气液两相特性研究

魏翔<sup>1</sup>, 姚宏亮<sup>1</sup>, 曾琦<sup>1</sup>, 丁宵月<sup>1</sup>, 秦思晓<sup>1</sup>, 陈宪明<sup>1</sup>, 张南<sup>1</sup>,  
陈贺静<sup>1</sup>, 詹雨衡<sup>2</sup>

(1. 中国机械总院集团北京机电研究所有限公司, 北京 100083; 2. 北京理工大学 宇航学院, 北京 100081)

**摘要:** 针对实际生产中锻造自动化生产线上的喷雾参数调试困难等问题, 通过自主研发的喷雾参数数据采集实验平台, 对不同气压和液压条件下的气液流量进行喷雾实验, 深入分析其变化情况。在某自动化生产线的喷雾润滑装置中, 根据经验及现场实验确定传感器安装位置并进行安装调试, 以检测喷雾过程中气液压及流量变化, 并采用 Matlab 数学软件实现数据的可视化和分析。研究结果表明: 随着供水压力的增加, 混合腔内气压更容易建压到达稳态状态, 比液压建压效率高 1 倍; 内混式空气雾化喷嘴的水流量呈现先增加后降低的趋势, 最高可达  $5.59 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ , 而气流量则呈先降低后略微增加的趋势。

**关键词:** 锻造数字化; 喷雾装置; 冷却润滑; 气压; 液压

**DOI:** 10.13330/j.issn.1000-3940.2024.05.027

**中图分类号:** TG316.8

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1000-3940 (2024) 05-0212-07

## Research on gas-liquid two-phase characteristics of forging mold spray

Wei Xiang<sup>1</sup>, Yao Hongliang<sup>1</sup>, Zeng Qi<sup>1</sup>, Ding Xiaoyue<sup>1</sup>, Qin Sixiao<sup>1</sup>, Chen Xianming<sup>1</sup>, Zhang Nan<sup>1</sup>,  
Chen Hejing<sup>1</sup>, Zhan Yuheng<sup>2</sup>

(1. China Academy of Machinery Beijing Research Institute of Mechanical & Electrical Technology Co., Ltd., Beijing 100083, China;  
2. School of Aerospace Engineering, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China)

**Abstract:** For the problem of difficulties in debugging spray parameters on the forging automation production lines in actual production, the gas and liquid flow under different air and liquid pressure conditions was tested in spray by the self-developed spray parameter data acquisition experimental platform, and the change conditions were analyzed deeply. Then, in the spray lubrication device of a certain automation production line, the installation position of sensor was determined based on the experience and on-site experiments, and the installation and adjustment were carried out to monitor the changes in the pressure and flow amount of air and liquid during the spraying process. Furthermore, the collected data was visualized and analyzed by mathematical software Matlab. The research results indicate that with the increasing of water supply pressure, the air pressure in the mixing chamber is easier to build and reaches a steady state, which is twice as efficient as the liquid pressure building. The water flow amount of the internal mixing air atomizer nozzle shows a trend of first increasing and then slightly decreasing, reaching a maximum value of  $5.59 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ , while the air flow amount shows a trend of first decreasing and then slightly increasing.

**Key words:** forging digitization; spray device; cooling and lubrication; air pressure; liquid pressure

随着制造业的高速发展, 对复杂金属锻件的需求不断增加, 对锻件的精度和表面质量要求也日益提升<sup>[1]</sup>。在企业竞争日趋激烈的背景下, 高效率锻造生产和更优的产品质量至关重要。然而, 在自动化锻造过程中, 高速生产易导致模具温度升高, 影响工件质量, 甚至造成模具损伤和停产<sup>[2]</sup>。喷雾润滑能够有效

降低模具温度、提高模具寿命和优化产品质量, 在锻造中起着非常重要的作用, 模具喷雾装置的冷却润滑效果已经成为生产线顺利运行的关键因素之一<sup>[3]</sup>。

锻造模具的喷雾润滑是通过喷雾装置将润滑剂喷洒在锻造模具表面, 以降低摩擦、减少磨损, 并在锻造过程中有效地降低模具温度, 从而改善锻造工艺的稳定性 and 产品质量。该过程可以减少模具的磨损和损坏, 提高模具寿命, 通过选择合适的喷雾润滑剂可以达到更好的金属流动和填充效果, 从而改善锻造产品质量<sup>[4]</sup>。在喷雾润滑系统研究中, 内混式混合腔和空气雾化喷嘴是实现气液喷雾的关键

收稿日期: 2023-10-16; 修订日期: 2024-01-18

作者简介: 魏翔 (1997-), 男, 硕士研究生

E-mail: rick4451@163.com

通信作者: 姚宏亮 (1978-), 男, 硕士, 研究员

E-mail: Yaohongliang2003@163.com

组件，由于这种喷嘴的结构和雾化机制较为复杂，目前关于该类喷嘴的理论研究相对较少<sup>[5]</sup>。

近几年，国内中国机械总院集团北京机电研究所有限公司<sup>[6]</sup>、扬力集团股份有限公司<sup>[7]</sup>、陕西法士特汽车传动集团有限责任公司等锻造企业纷纷开始研发喷雾润滑装置，并取得了较好的喷雾润滑效果，也在国内锻造自动化生产线上取得成功应用。但是，关于内混式混合腔和空气雾化喷嘴在气液双相特性和流量关系方面的研究尚不充分，这导致该技术在现场调试应用时存在困难，甚至给客户的生产带来了直接经济损失。本文借助自行开发的锻造喷雾润滑参数数据采集实验平台，对锻造生产线喷雾常采用的内混式空气雾化喷嘴流量、气液双相特性开展实验研究，从而为喷雾润滑工艺提供参考。

1 实验系统及研究方案

1.1 实验系统

锻造喷雾润滑数据采集系统包括溶液供应中枢、气液控制台、数据采集工控机、内混式混合腔与喷头和相关测量仪器仪表，如图 1 所示。

根据喷雾润滑装置各部分的位置和功能，可以将其分为配比段、整流段、测量段、整流段、混合段和喷雾段等部分，图 2 展示了喷雾系统中各传感器的位置布局<sup>[8]</sup>。针对气压、液压和气液流量的监测需求，配置了易福门 E30055 膜片式压力传感器、SD5500 气体流量计和 SM6100 液体流量计采集数据。

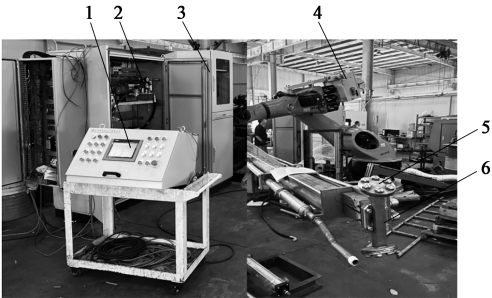


图 1 喷雾润滑装置

1. 气液控制台 2. 溶液供应中枢 3. 数据采集工控机  
4. 测量仪器仪表 5. 喷头 6. 内混式混合腔

Fig. 1 Spray lubrication device

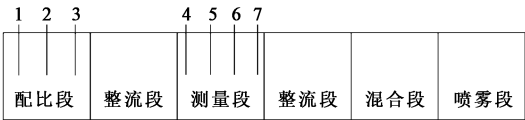


图 2 喷雾实验平台示意图

1. 浓度计 2. 液位计 3. 温度传感器 4. 液体流量传感器  
5. 液体压力传感器 6. 气体流量传感器 7. 气体压力传感器

Fig. 2 Schematic diagram of spray test platform

为了确保喷嘴的喷雾效果与实际情况一致，实验平台直接建立在特定项目的应用现场，以获取最真实的数据，从而为实际操作提供指导<sup>[9]</sup>。本实验所采用的水基石墨润滑剂主要由石墨粉末、润滑剂和稳定剂等组成，具有优异的润滑效果和耐高温性能<sup>[10]</sup>。为确保喷雾润滑过程中关键参数的实时监测，在喷嘴的气体 and 液体通道中分别安装比例阀，以实现精确的流量控制，喷雾原理图如图 3 所示。

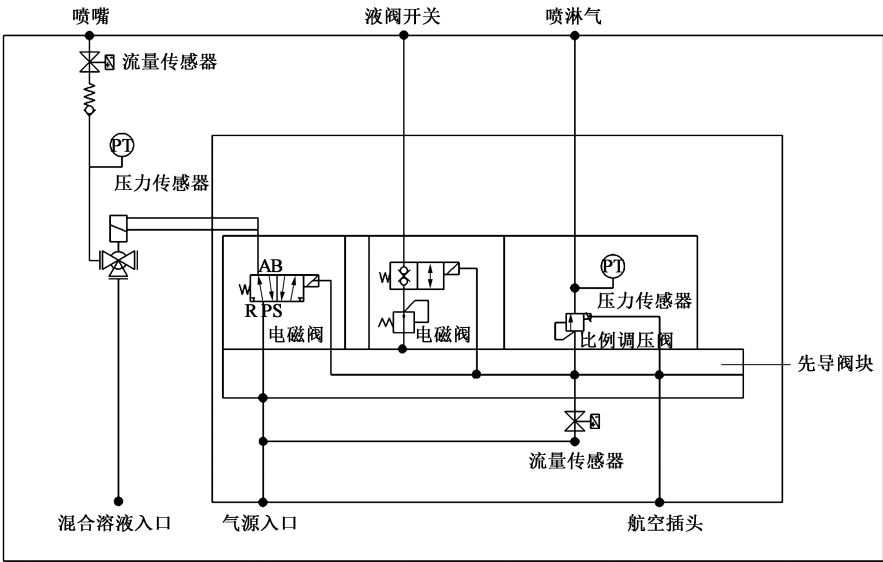


图 3 喷雾原理图

Fig. 3 Principle diagram of spray

由于西门子 PLC 的数据采集具有局限性,为实现高速数据采集和处理,本实验自主研发了 1 套高速数据采集板卡,自主研发的板卡具备更高的数据采集速度和更灵活的配置选项,以满足实验对数据精度和实时性的要求<sup>[11]</sup>,从而准确地获取喷雾润滑过程中液体和气体的关键参数,如图 4 所示。



图 4 数据采集板卡

Fig. 4 Data acquisition board

## 1.2 实验用混合腔与喷嘴

基于液体与气体混合的位置和方式不同,喷雾分为喷嘴雾化和混合腔雾化两种。在混合腔雾化中,液体和气体在一个特殊设计的混合腔内进行混合,然后进入喷嘴。这种方式的特点是气、液在混合腔中相互混合,形成细小的雾滴,通过调节气压与液压的大小,可以改变雾化程度,从而精确控制石墨润滑剂的喷涂效果。

混合腔的内部结构如图 5 所示。气体通过气体入口进入混合腔,介质为压缩空气,气体的压力和流量会影响雾滴的大小和产生速率。液体通过液体入口进入混合腔,介质为水基石墨润滑液,液体的

压力和流量也会影响雾滴的大小和产生速率。在混合腔内,气体和液体开始相互接触和混合,并形成细小的雾滴<sup>[12]</sup>。

除混合腔结构外,喷嘴的设计也会对喷雾雾化效果造成显著影响。本实验选用喷嘴结构如图 6 所示,喷嘴出口直径为  $\Phi 1.5 \text{ mm}$ ,雾滴入口直径为  $\Phi 12 \text{ mm}$ ,喷嘴数量为 6 个。形成的雾滴通过混合腔的喷嘴喷射出来进入目标区域,即锻造模具表面或工件的冷却区域。

## 1.3 实验方案

本实验旨在研究喷嘴流量的特性,重点探究内混式空气雾化喷嘴在不同供水压力和供气压力条件下的喷雾特性。由于电机频率直接关系泵的输出效率,进而影响液体流量,所以在本次实验中,首先采用仅通液体不通气体的方式,探究电机频率与喷雾量中水流量的直接关系。在锻造生产线上,压缩空气的压力通常保持在  $0.25 \sim 0.45 \text{ MPa}$  范围内,选取常用的  $0.25$ 、 $0.30$ 、 $0.35$ 、 $0.40$  和  $0.45 \text{ MPa}$  作为供气压力的固定值。同时,在每组供气压力下,调整液体压力,将电机频率调节在  $70\%$ 、 $75\%$ 、 $80\%$ 、 $85\%$ 、 $90\%$ 、 $95\%$  和  $100\%$ ,进而间接调节液压。实验过程中使用流量计和压力传感器测定在 5 种气压和 7 种供液压力条件下的内混式空气雾化喷嘴的气液流量。通过以上实验来探讨不同参数对喷雾特性的影响,以及如何达到更好的喷雾效果。

## 2 实验结果与分析

### 2.1 电机频率与液压和喷雾量关系

通过提高电机频率增大泵的输出功率,可以

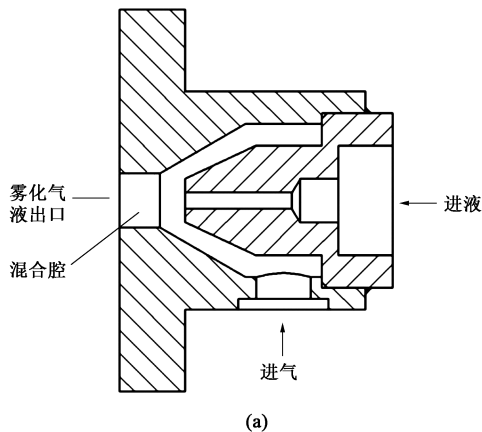


图 5 气液混合腔示意图 (a) 和实物图 (b)

Fig. 5 Schematic diagram (a) and physical diagram (b) of gas-liquid mixing chamber

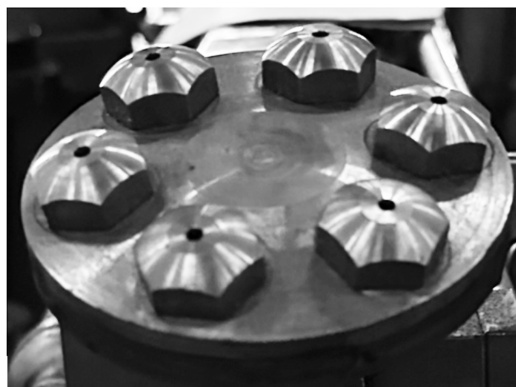
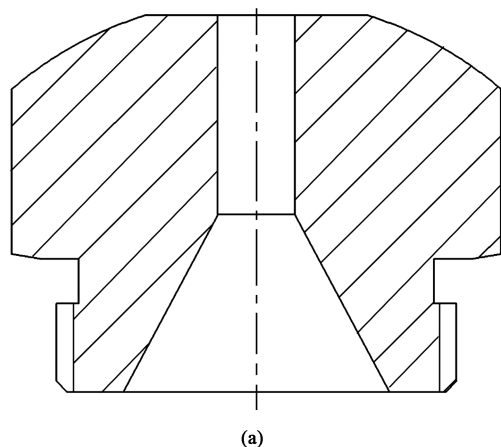


图6 实验选用的喷嘴示意图 (a) 和实物图 (b)

Fig. 6 Schematic diagram (a) and physical diagram (b) of nozzle selected by experiment

使喷雾系统的液压与液体流量得到提升。当电机频率升至 90% 时, 喷雾系统的液压和液体流量将逐渐趋于稳定。本套喷雾系统选用的叶片泵常用设置频率范围为 70%~100%, 以此为依据测试出的液压和液体流量随电机频率变化的关系曲线如图 7 所示。

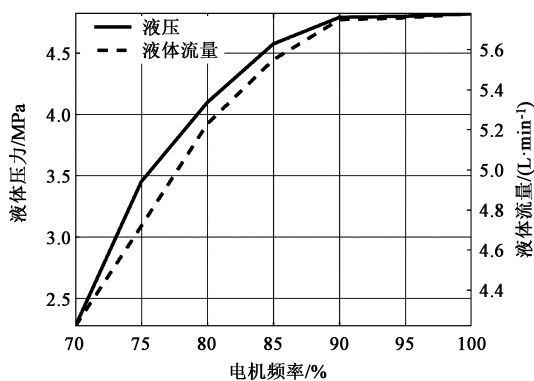


图7 液压和液体流量随电机频率变化的关系曲线

Fig. 7 Relationship curves between liquid pressure and liquid flow amount with motor frequency variation

图 7 充分说明了调整电机频率会对液压与液体流量造成影响, 当电机频率在 70%~100% 范围内调整时, 相对应的液压变化范围在 0.22~0.52 MPa 之间, 液体流量范围在 4.2~6.2 L·min<sup>-1</sup> 之间。整体变化规律为随着电机频率的增大, 液压与液体流量变化率均减小, 且在频率达到 90% 时趋于平稳, 液压约为 0.5 MPa, 液体流量约为 6 L·min<sup>-1</sup>[13]。

## 2.2 喷雾工作过程曲线

喷雾的工作过程曲线展示了喷雾装置在不同条件下的关键参数随时间变化的趋势。这些曲线用于

研究和分析喷雾装置的性能和效果。喷雾工作曲线涵盖以下关键参数: 气压、液压、气体流量和液体流量。曲线的起点是启动喷雾装置时的初始状态, 随着时间的推移, 气压和液压会呈现上升或下降的趋势。这些趋势的变化速率以及达到稳定状态的时间可以提供关于喷雾装置响应性能的信息。为了探究本套系统在实际应用中常用参数设置下的工作状态, 重点分析了电机频率为 90%、气压为 0.4 MPa 时的喷雾工作曲线, 如图 8 所示。

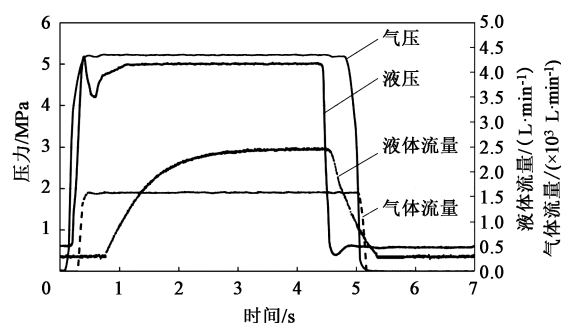


图8 在 90% 电机频率和 0.4 MPa 气压下的喷雾工作曲线

Fig. 8 Spray working curves under motor frequency of 90% and air pressure of 0.4 MPa

通过实际测量得到的喷雾工作过程曲线图 (图 8), 可以观察到以下变化趋势。

(1) 气压: 在气阀打开 0.5 s 内, 气压快速建立, 并达到稳定值 0.52 MPa。

(2) 液压: 在 0.4 s 内, 喷雾系统的液压快速提升, 在液压达到最高点时存在明显的震荡现象, 持续时间约有 0.3 s, 然后稳定在 0.5 MPa, 液压的建立总时长为 0.7 s, 说明气压比液压建压速度快, 且在混合腔内液压建压过程波动明显。



(3) 喷雾气体流量: 在气压的建压过程中, 气体流量即开始逐步增大, 当气压建压完成后气体流量随之稳定, 达到  $1600 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ 。

(4) 喷雾液体流量: 液体流量并非在气压和液压达到最大值时立即稳定, 而是在两者平稳后, 并伴随着液压波动, 液体流量才开始缓慢上升, 直到

3 s 后喷雾量才稳定在  $2.45 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$  [14]。

### 2.3 喷嘴流量特性

实验气压为  $0.25 \sim 0.45 \text{ MPa}$ , 以  $0.05 \text{ MPa}$  的步长进行固定。通过调整供水压力, 研究液压对内混式空气雾化喷嘴流量的影响, 研究结果如图 9 所示。

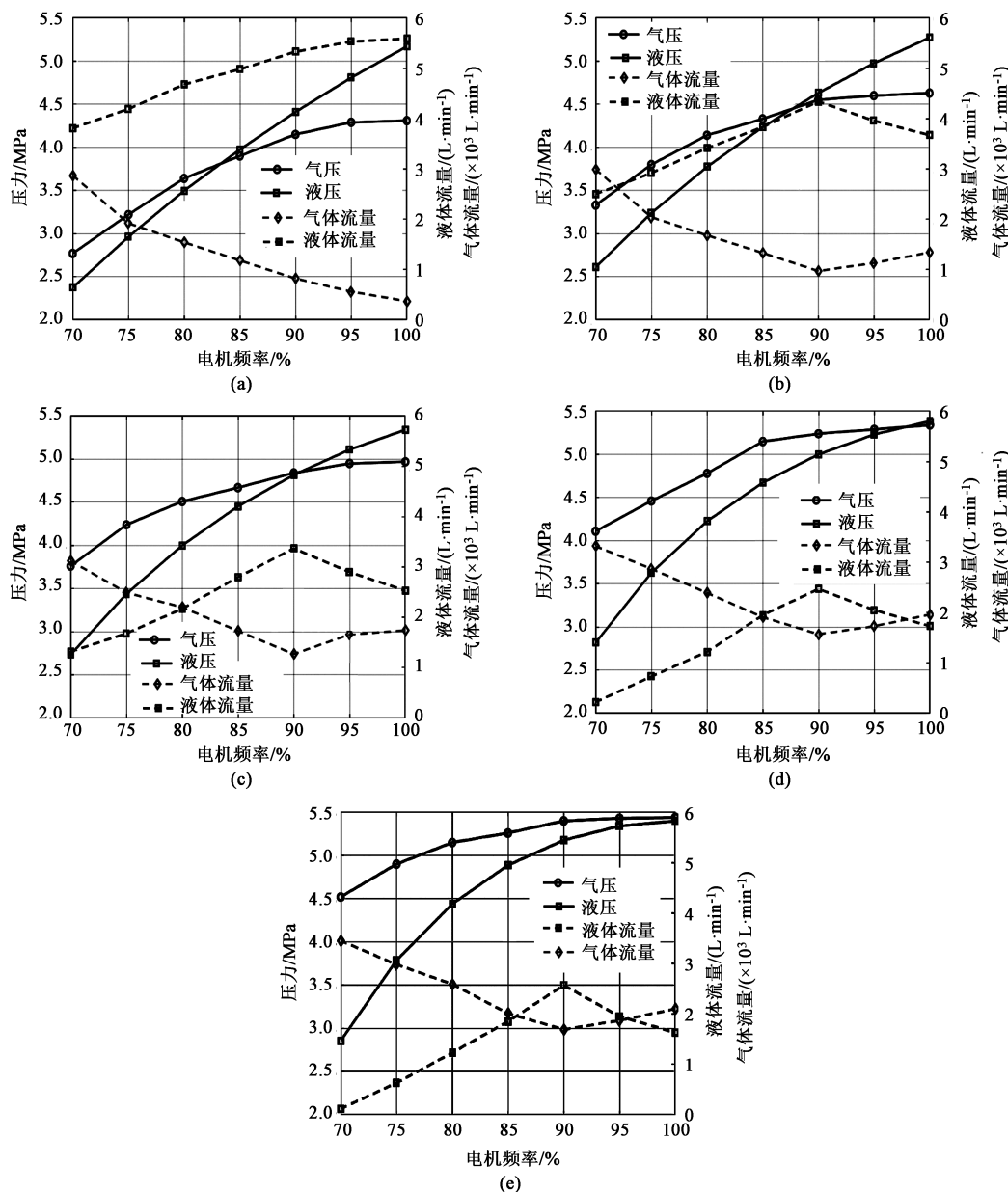


图 9 不同气压下的气液流量曲线

(a)  $0.25 \text{ MPa}$  (b)  $0.30 \text{ MPa}$  (c)  $0.35 \text{ MPa}$  (d)  $0.40 \text{ MPa}$  (e)  $0.45 \text{ MPa}$

Fig. 9 Gas-liquid flow curves under different air pressures

从图 9 中实际测量的喷嘴流量数据可以明显看出, 保持喷嘴供气压力不变的情况下, 随着供水压力的增加, 空气雾化喷嘴的液体流量上升而气体流量下降。在内混式空气雾化喷嘴中, 空气和水分别

通过注气孔和注水孔进入混合腔, 在腔内碰撞和混合后产生雾化效果最后从喷头喷出。当固定气源气压时, 随着供水压力的增加, 喷嘴的水流量会逐渐增加。然而, 由于喷嘴出口的排放能力有限, 增加

液体流量会导致混合腔内气液两相的压力升高,进而影响了喷嘴的气液流量和雾化效果。具体分析如下。

(1) 液压:随着电机频率的增加,液压逐渐增大,且液压变化的斜率减小。气压对液压也会造成影响,即在相同的电机频率下,较高的气压导致液压更大,相对于调整频率对液压的影响,气压对液压造成的影响不显著。

(2) 气压:气体压力的变化规律类似于液体压力。电机频率的增加导致液压增加,同时增加了气体的喷射阻力,从而使气压增大。这一趋势也随着气压的升高而呈现斜率减小的特点。相对而言,电机频率对气压的影响相对较小,不如气压设定值对气压的影响显著。

(3) 液体流量:随着电机频率的增加,喷雾量逐渐增加。可以观察到,当电机频率约为90%时,液体流量达到最大值。然后,流量会略微下降,但雾化效果增强。因此,针对这套喷雾系统,可以认为,电机频率在90%左右时达到最大喷雾量。

(4) 气体流量:随着电机频率的增加,气体流量逐渐减小。这意味着更多的流量被分配给液体以进行流通。然而,当电机频率达到90%时,雾化效果开始优化,气体流量略有增加,这表明增加气体流量对雾化程度具有正向影响<sup>[15]</sup>。

### 3 结语

本次实验验证了实验装置在锻造模具润滑喷雾数据收集方面的可靠性和有效性。通过合理的数据采集方法,成功捕获了喷雾工作过程中的关键参数变化情况。实验结果显示,实验平台能够稳定地模拟不同频率下的喷雾流量和液压变化趋势,确认其应用效果正常。基于观察到的流量和液压特性,可以明确实验平台搭建成功,为锻造模具润滑喷雾数据的收集提供了可行的方法。这套实验装置不仅为相关研究提供了有价值的数据支持,还为进一步的工艺优化和技术改进奠定了坚实的基础。

#### 参考文献:

- [1] 吴顺达. 我国锻造行业模具与润滑现状及其发展方向 [J]. 模具工业, 2011, 37 (5): 5-11.  
Wu S D. Status of die and lubrication of forging industry in China and its development trend [J]. Die and Mould Industry, 2011, 37 (5): 5-11.
- [2] 杨晓凯. 气液两相射流雾化特性试验研究 [D]. 太原: 中北大学, 2023.  
Yang X K. Experimental Study on Atomization and Impact Characteristics of Gas-liquid Two-phase Jets [D]. Taiyuan: North University of China, 2023.
- [3] 王鹏飞, 李永俊, 刘荣华, 等. 内混式空气雾化喷嘴雾化特性及降尘效率研究 [J]. 煤炭学报, 2019, 44 (5): 1570-1579.  
Wang P F, Li Y J, Liu R H, et al. Spray characteristics and dust removal efficiency of internal mixing air atomizing nozzle [J]. Journal of China Coal Society, 2019, 44 (5): 1570-1579.
- [4] 田亚丁, 朱绘丽. 基于有限元分析的汽车法兰盘连接件精密锻造工艺 [J]. 锻压技术, 2023, 48 (12): 9-17.  
Tian Y D, Zhu H L. Precision forging process on automotive flange connection part based on finite element analysis [J]. Forging & Stamping Technology, 2023, 48 (12): 9-17.
- [5] 周耀青, 贺小毛, 周乐育. 真空等温锻造润滑技术 [J]. 锻压技术, 2023, 48 (12): 217-223.  
Zhou Y Q, He X M, Zhou L Y. Lubrication technology on vacuum isothermal forging [J]. Forging & Stamping Technology, 2023, 48 (12): 217-223.
- [6] 张元东, 张安, 车安达, 等. 锻造温度对 TC32 合金组织和性能的影响 [J]. 锻造与冲压, 2023, (13): 75-78.  
Zhang Y D, Zhang A, Che A D, et al. Effect of forging temperature on microstructure and properties of TC32 alloy [J]. Forging & Stamping, 2023, (13): 75-78.
- [7] 张军. 热模锻生产线自动润滑冷却装置研发 [J]. 锻压装备与制造技术, 2020, 55 (4): 34-37.  
Zhang J. Research and development of the automatic lubricating and cooling device for a hot die forging production line [J]. Forging Equipment and Manufacturing Technology, 2020, 55 (4): 34-37.
- [8] 代秋芳, 洪添胜, 宋淑然, 等. 压力及孔径对管道喷雾空心圆锥喷嘴头雾滴参数的影响 [J]. 农业工程学报, 2016, 32 (15): 97-103.  
Dai Q F, Hong T S, Song S R, et al. Influence of pressure and pore diameter on droplet parameters of hollow cone nozzle in pipeline spray [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2016, 32 (15): 97-103.
- [9] 张淑荣. 气流式雾化喷嘴的特性研究 [D]. 大连: 大连理工大学, 2006.  
Zhang S R. Character Study on Air-blast Atomizer [D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2006.
- [10] 杨刚, 唐亚鸣, 赵磊. 干雾抑尘喷嘴雾化粒径与气压关系实验 [J]. 液压与气动, 2012, 58 (9): 126-128.  
Yang G, Tang Y M, Zhao L. Relationship between droplet size and spray pressure of dry fog nozzle for dust suppression [J]. Chinese Hydraulics & Pneumatics, 2012, 58 (9): 126-128.
- [11] 李思奇, 袁红霞, 白鹭, 等. 铝合金自动锻造生产线低温环境下脱模剂喷涂失效原因分析及改进措施 [J]. 锻压技术, 2023, 48 (11): 29-34.  
Li S Q, Yuan H X, Bai L, et al. Analysis on failure causes and

- improvement measures for release agent spraying in aluminum alloy automatic forging production line under low temperature environment [J]. Forging & Stamping Technology, 2023, 48 (11): 29-34.
- [12] 王保刚, 李程前, 张建峰, 等. 基于 Fluent 外混式气动雾化喷嘴改进与仿真研究 [J]. 机电工程, 2023, 40 (2): 159-168.
- Wang B G, Li C Q, Zhang J F, et al. Improvement and simulation of external mixing pneumatic atomizing nozzle based on Fluent [J]. Mechanical and Electrical Engineering, 2023, 40 (2): 159-168.
- [13] 王峻宁. 预膜式喷嘴雾化特性数值模拟与试验研究 [D]. 沈阳: 沈阳航空航天大学, 2022.
- Wang J N. Numerical Simulation and Experimental Study on Atomization Characteristics of Pre-film Nozzle [D]. Shenyang: Shenyang University of Aeronautics and Astronautics, 2022.
- [14] 路翔飞, 焦永刚, 李晓敏, 等. 基于曲线拟合和统计算法的发动机压装工艺监控限的计算与应用 [J]. 上海汽车, 2022, 37 (7): 52-55.
- Lu X F, Jiao Y G, Li X M, et al. Calculation and application of monitoring limit for engine press process based on curve fitting and statistical algorithms [J]. Automotive Shanghai, 2022, 37 (7): 52-55.
- [15] 丁宵月, 张南. 锻造石墨喷雾自动配比系统设计 [J]. 锻压技术, 2023, 48 (3): 193-200.
- Ding X Y, Zhang N. Design on automatic proportioning system for graphite spray in forging [J]. Forging & Stamping Technology, 2023, 48 (3): 193-200.

## “2024 中国锻压活动周” 征文通知 (第一轮)

为促进锻压行业的学术与技术交流, 加速原创性成果产出, 加强产学研用结合, 加快产业的改造提升, 由中国机械工程学会塑性工程分会主办, 中国机械总院集团北京机电研究所有限公司、北京科技大学、武汉理工大学、精密成形国家工程研究中心等单位联合承办的“2024 中国锻压活动周”(以下简称“活动周”) 拟于 2024 年 10 月 31 日-11 月 3 日在江苏省扬州市召开, 主题为“协同融合, 向‘新’而行”。

此次活动周拟设置学术交流、技术/装备/成果展示、产学研用对接活动等多个环节, 同期召开塑性工程分会第十三届二次理事(扩大)会议。

### 一、组织单位

主办单位: 中国机械工程学会塑性工程分会

承办单位(排名不分先后): 中国机械总院集团北京机电研究所有限公司、北京科技大学、武汉理工大学、精密成形国家工程研究中心

协办单位(更多协办单位征集中): 扬州市邗江区人民政府

支持媒体: 《塑性工程学报》、《锻压技术》杂志

### 二、征文范围

包括但不限于各主题学术交流议题(柔性/特种成形工艺、锻造成形工艺及工装、复杂薄壁构件成形工艺、塑性成形理论、高性能材料设计、制备、表征与应用、高端成形装备及其智能化、青年沙龙)。

### 三、论文提交时间及方式

网上投稿截止时间: 2024 年 7 月 1 日

投稿网址: <https://conference.cstp-cmes.org.cn/site/index.html?siteid=10243>

新用户需注册, 注册成功后, 请点击左侧“参会投稿”, 进行后续操作; 曾在该会议系统中注册过的代表可直接登录。

### 四、展览展示

活动周期间, 将设立展览展示区, 为有意向的企业/机构进行单位形象、新技术、新装备、人才招聘等宣传, 诚邀广大企业/机构积极参加展览。参展单位也可在会议资料袋、程序册、《2024 中国锻压活动周摘要集》(纸质版) 等进行企业宣传和产品推介。

### 五、成果转化和技术需求对接

为推动我国锻压领域产学研用协同融合, 加强高校、科研院所与企业需求对接, 促进先进科技成果转化, 为企业解决实际需求, 活动周面向全国塑性工程领域的高校、科研院所及相关企业征集科技创新成果和技术需求, 征集的成果将在本次活动设置的“科创中国”高端装备制造领域科技成果展上进行展示, 优秀成果有机会被推荐参加“中国科协‘科创中国’系列榜单”评选; 技术需求可在现场进行展示, 并与参会专家学者进行交流。

有意向者请按照要求撰写文件, 并在 7 月 30 前发送至 [duanya@cmes.org](mailto:duanya@cmes.org)。

### 六、联系方式

联系人: 李世龙(注册、投稿, 15210857179)、秦思晓(成果、需求, 15201461873)、

刘修苹(展览、展示, 13126752672)、周 林(13811919643)

电话: 010-62920654, 82415084 E-mail: [duanya@cmes.org](mailto:duanya@cmes.org)

中国机械工程学会塑性工程分会