

## 25 t 多功能惯性摩擦焊机

吴玮<sup>1</sup>, 朱凌云<sup>2</sup>, 徐晓菱<sup>1</sup>

(1. 中国兵器工业第五九研究所, 重庆 400039; 2. 重庆理工大学计算机学院, 重庆 400050)

**摘要:** 介绍了自行研制的 25 t 惯性摩擦焊机的组成、功能和主要技术指标, 该焊机具备轴向和径向功能, 焊接线速度可达 20 m/s, 在该焊机上焊接的高温镍基合金 K418 与高强度钢 42CrMo 的惯性摩擦焊接头强度 >756 MPa, 合格率 >95%, 铜与钢径向焊接接头抗剪强度 >200 MPa。

**关键词:** 焊接; 惯性摩擦焊; 异种材料

**中图分类号:** TG439.8      **文献标识码:** A

**文章编号:** 1674-6457(2010)01-0069-04

## 25 t Multifunction Inertia Friction Welding Machine

WU Wei<sup>1</sup>, ZHU Ling-yun<sup>2</sup>, XU Xiao-ling<sup>1</sup>

(1. No. 59 China Institute of China Ordnance Industry, Chongqing 400039, China;

2. College of Computer Science and Engineering, Chongqing University of Technology, Chongqing 400050, China)

**Abstract:** The constitution and characteristics of the self-developed 25 t inertia friction welding machine are introduced in this paper. This machine can implement inertia axis friction welding and inertia radial friction welding with 20 m/s maximal linear velocity. The strength of a welded joint of nickel-alloy K418 and high-strength steel 42CrMo is more than 756 MPa, and the qualified rate is more than 95%. The shear-strength more than 200 MPa of copper-steel can also be gained by this machine.

**Key words:** welding; inertia friction welding; dissimilar materials

惯性摩擦焊是一种典型的摩擦焊工艺, 具有优质、高效、节能、无污染的特点。这种工艺主要是通过飞轮储能, 先将飞轮加速到一定的转速, 以动能形式储存所需的能量, 然后让飞轮与工件自由旋转, 在飞轮释放能量期间完成两工件的摩擦、生热、加压, 达到两工件原子间的结合。该工艺同连续摩擦焊相比, 工艺参数少, 参数稳定性好, 便于实现自动控制; 接头质量稳定; 焊接周期短, 热影响区窄。焊接时转速偏高、压力偏大, 能在短时间那释放较大的能量, 适于焊接大截面, 以及空心结构。在焊接异种材料和高强度材料方面有连续驱动摩擦焊不可替代的优势<sup>[1]</sup>。

由于惯性摩擦焊的这种独特优势, 从 20 世纪 70 年代起, 以美国 GE 公司为代表, 在军用航空发动机转子部件异种材料连接中, 率先成功地采用了惯性摩擦焊技术。美国的 Textron Lycoming 公司、P&W 公司及德国的 MTU 公司和法国的海豚发动机等一些国外先进的航空发动机制造公司先后采用惯性摩擦焊工艺解决发动机制造中的异种材料连接, 并将其作为焊接高推重比航空发动机转子部件的主导、典型和标准的工艺方法<sup>[2]</sup>。

国内的摩擦焊工艺主要是连续摩擦焊, 国内航空航天部门生产用惯性摩擦焊机, 以及国内外商独资的增压器生产公司所用惯性摩擦焊机均从美国

收稿日期: 2009-12-07

作者简介: 吴玮(1970-), 女, 硕士研究生, 研究员级高级工程师, 主要从事摩擦焊接工艺、设备、焊接无损检测研究。

MTI 引进。近几年来,国内开始研制生产惯性摩擦焊机,最大顶锻压力达 200 t。无论是国内还是国外生产的惯性摩擦焊机均为单一轴向焊接功能,文中将介绍兵器工业第五九研究所研制的 25 t 多功能惯性摩擦焊,能实现轴向和径向焊接。

## 1 CT-25 多功能惯性摩擦焊机的组成及功能

多功能惯性摩擦不需制动装置,焊机结构简

单,由 3 大部分组成:主机系统、液压系统、电控系统,如图 1 所示。

### 1.1 主机系统

主机系统如图 2 所示,由主轴系统、移动滑台、后推力系统及机架组成。其中主轴系统是惯性摩擦焊机的关键部件。由于液压马达在低速时仍能输出大扭矩,因此主轴系统采用液压马达驱动,起速快,启动平稳,工作可靠,焊接输入能量损耗小。主轴系统包括传动齿轮、旋转主轴、旋转夹紧油缸、轴承、

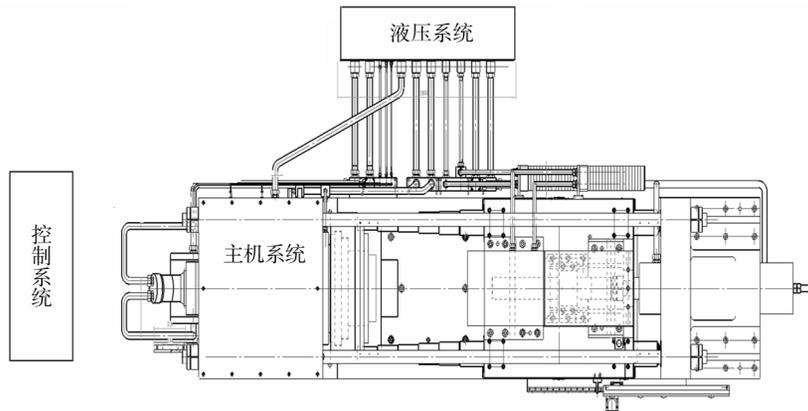


图 1 惯性摩擦焊机的组成

Fig. 1 The constitution of inertia friction welding machine

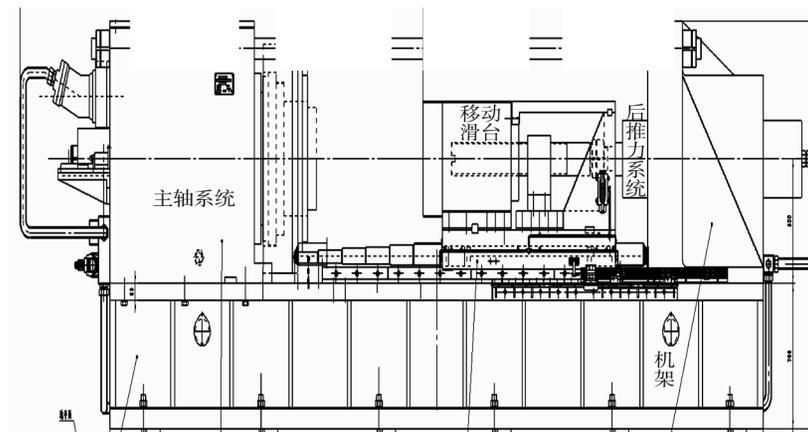


图 2 惯性摩擦焊机主机系统组成

Fig. 2 The constitution of main frame

飞轮、推力套和夹持工装等组件。旋转夹紧油缸随主轴一同旋转,推力套与主轴螺纹连接,飞轮固定在推力套上,夹持工装与推力套配合。工作时,旋转夹紧油缸回抽将工件夹紧,液压马达经齿轮减速后带动主轴旋转,旋转夹具油缸以及推力套、飞轮、工件

同时旋转。

移动滑台移动精度要求高,采用了滚珠导轨连接移动滑台和机架床身。移动滑台内有移动夹具油缸,前端装移动夹具。移动夹具油缸轴向焊时施加工件夹紧力,在径向焊时移动夹具油缸通过专用工

装改变力的施力方向,将油缸的轴向压力变为径向压力,施加夹紧和摩擦顶锻力。

后推力系统为装在移动滑台尾部的推力油缸,轴向焊时施加顶锻力,在径向焊时施加辅助稳定推力。后推力系统油路最大推力焊接的最大顶锻力。

## 1.2 液压系统

惯性摩擦焊摩擦和焊接时间短,顶锻力和顶锻速度以液压油缸的输出力和运动速度形式施加于焊接夹具上,它们取决于液压系统输出的压力和流量,因此,要求液压系统具有快速响应的能力,同时具备良好的重现性,以实现焊接工艺过程和焊接参数进行有效控制和调整。

液压系统包括主轴旋转液压马达、旋转夹紧油缸、移动夹具油缸和移动滑台推力油缸、液压控制阀。惯性摩擦焊接液压控制系统包括压力控制和动作顺序控制系统。压力控制主要由比例溢流阀和减压阀来实现。动作控制由方向控制阀控制。系统流量由液压泵提供通过调速阀进行控制。

25 t 多功能惯性摩擦焊机的轴向、径向焊接为一套液压系统,轴向焊和径向焊分别采用 2 条独立的油路供油,并用比例溢流阀控制液压马达压力、系统压力、摩擦和顶锻压力。比例溢流阀是采用德国力士乐公司生产的 DBEM 系列带位置调节型的比例电磁铁控制的,该阀的阶跃响应时间约 0.15 s。方向控制阀采用大通径电液换向阀或插装阀,提高系统的快速响应和减少能量损失。所有液压控制阀均采用集成式安装,以减少管路连接,避免泄漏,方便使用和维护。

## 1.3 电控系统

电控系统由强电柜、弱电柜和操作台组成。25 t 多功能惯性摩擦焊机的控制采用工控机、PLC 双级控制。用 PLC 作系统的下位机控制焊接过程,起执行、检测的功能,实现组合逻辑的输入和输出控制,完成夹紧、旋转、滑台移动、摩擦加压、顶锻、保压等动作。工控机为上位机,对 PLC 进行控制、指挥和管理,完成焊接参数的设置和监控,以及进行数据分析、图像处理等。2 个光栅位移传感器分别检测、控制焊机的轴向位移和径向位移。3 路高精度压力传感器对 3 个油缸压力变化进行检测和控制。1 路光

电编码器对转速进行检测。旋转工件预夹紧和滑台移动位置采用光栅尺进行位置控制。

整个控制系统基于 Windows 系统平台设计,有友好的人机界面和焊接参数的智能化控制功能,可自动进行焊接参数的闭环控制,在线监测和焊接工艺参数超差报警。软件控制系统的功能如图 3 所示。

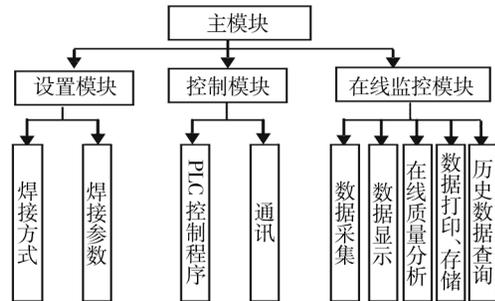


图3 控制系统功能

Fig. 3 The function diagram of control system

## 2 多功能惯性摩擦焊机的主要技术指标和功能

### 2.1 主要技术指标

主电机功率/kW	30
转速/(r · min <sup>-1</sup> )	5000
轴向顶锻力/kN	250
焊接工件直径/mm	16 ~ 60
转动惯量/(kg · m <sup>2</sup> )	主轴 <0.325 飞轮 <2.0
移动夹具油缸最大推力/kN	200
旋转夹具油缸最大推力/kN	150
焊接工件的最大长度/mm	1500

### 2.2 功能

1) 系统能进行手动调节、功能模拟、开机自检、液压站油温超温报警和自动控制,能按设定工艺流程完成焊接过程。

2) 具有参数设置、参数控制、显示、记录以及打印等功能。

3) 能显示焊接过程参数曲线,并有曲线局部放大功能。

4) 焊接压力小闭环控制,即当焊接过程中被检

测的压力与设定值之差的绝对值小于设定值的20%时,进行闭环控制;大于20%为开环控制。

5) 当被检测值超过设定值的上、下限时,系统能给出报警提示。

6) 具备出错的程序提示和设备故障功能提示。

### 3 应用

研制的25 t多功能惯性摩擦焊机如图4所示,焊接线速度可达20 m/s,摩擦焊时间 $t < 1$  s。在该焊

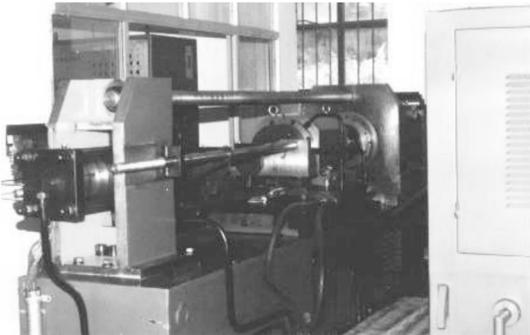


图4 25 t多功能摩擦焊机

Fig. 4 The photo of 25 t Multifunction Inertia Friction Welding Machine

机上已进行了30CrMnS、35CrMnSiA、15CrNiMoV、45、D50、D60、42CrMo、40CrNiMo、K418、K18、镁合金、钛合金、铝、铜等有色金属材料的焊接。焊接产品包括双金属排气阀、大功率发动机增压器涡轮、减震器筒、石油管道、机油泵等。

焊接的部分样品如图5所示。惯性摩擦焊接头强度接近母材,其中,镍基合金与高强钢的惯性摩擦



a 涡轮增压器



b 镁合金



c 钛合金



d 发动机排气阀



e 管道



f 铜与薄壁钢管

图5 焊接的部分样品

Fig. 5 Welded samples

焊接头强度 $>756$  MPa,合格率 $>95\%$ ,铜与钢径向焊接接头抗剪强度 $>200$  MPa,合格率 $>98\%$ 。

#### 参考文献:

- [1] 徐晓菱. 特种摩擦焊机[C]. 第十届全国焊接会议论文集(第一册). 哈尔滨:黑龙江人民出版社,2001:454-456.
- [2] 李志远,钱乙余,张九海. 先进连接方法(第一版)[M]. 北京:机械工业出版社,2000:197-198.

## 合肥锻压产大型液压机打入欧洲市场

2009年12月28日消息,合肥锻压集团分别和世界知名的航空锻件制造商意大利福吉泰公司、全球最大的汽车内饰供应商法国立达公司签订数控精密压力机供货合同,合锻大型液压机首次打入欧洲市场。

近年来,作为国内最大的液压机研发制造企业,合肥锻压集团加大自主创新的力度,在重大装备研制和关键技术开发方面取得了一系列重大成果:具有自主知识产权和国际先进水平的基于总线控制的2000 t节能锻造液压机投入运行;4000 t汽车纵梁液压机控制精度达到国际领先水平;研发出我国首台套用于航天设备中大型整流罩精密拉伸成形液压机,整体技术达到国际先进水平。此外,公司研制的首台具有自主知识产权的高温堆核燃料元件生产用液压机,打破了国外的技术垄断,填补了我国先进核燃料元件生产技术的空白。最近,公司又开发出高精度动车驱动电机压装专用液压机,标志着我国开始具有制造高精度动车驱动电机压装专用液压机的能力。

(摘自中塑在线)