

钢坯闪光焊接液压系统研究

卢宁¹, 付永领¹, 孙新学¹, 高绪欣²

Development of Hydraulic System for Steel Billet Flash Butt Welding

LU Ning¹, FU Yong-ling¹, SUN Xin-xue¹, GAO Xu-xin²

(1. 北京航空航天大学自动化学院, 北京 100083; 2. 河北第二建筑工程公司, 河北石家庄 050000)

摘要:根据钢坯闪光焊接大功率, 高速度, 大负载的要求, 设计了一种应用于钢坯闪光焊机的液压系统, 主要作用是在焊接过程中完成工件的夹紧和送进。仿真结果表明: 该系统不但满足钢坯闪光焊接各项参数的要求, 而且效率高, 结构简单。

关键词:闪光焊; 钢坯; 液压系统; 仿真

中图分类号: TC438.2 文献标识码: B 文章编号: 1000-4858(2005)07-0003-05

目前, 闪光焊是应用到大截面钢坯焊接的一种有效手段, 闪光焊机是集电参数、压力、位移、温度、时间等多参数的综合系统, 闪光对焊设备惯量大(夹具就有数吨重), 响应速度要求较高, 因此对焊机执行机构提出了很高的要求。最近几年, 国外在钢材无头轧制生产领域已经开始这方面的实验和应用, 并且取得了显著的成绩。与国外相比, 中国在对大功率闪光焊机的研究和应用中还存在一定的差距, 并且对无头轧制设备有非常迫切的要求。因此, 在国内开发大功率的闪光焊机具有重要意义。

本论文设计了一种大功率闪光焊机的液压系统, 本系统适用的焊接对象是横截面 $100 \times 100 \sim 200 \times 200$ 的钢坯。

1 钢坯闪光焊机的主要组成

钢坯闪光焊机焊接执行装置主要由焊接夹钳、顶锻液压缸和夹持液压缸组成。闪光焊机的组成如图 1。

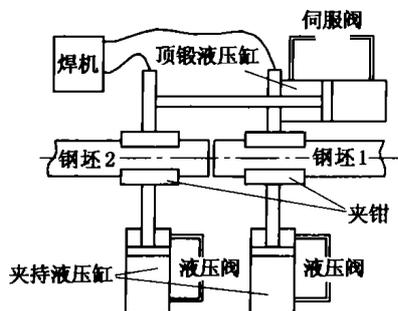


图 1 闪光焊机的组成

对接装置由 2 个顶锻液压缸组成, 分别布置在钢坯轴线的两侧。顶锻液压缸用于控制两钢坯间的闪光间隙, 提供足够的顶锻力使两钢坯在闪光后结合在一

起。

焊接夹钳用来夹持需要焊接的 2 个钢坯的端部, 其夹持动作由 2 个夹持液压缸实现, 夹钳安装在夹持液压缸的活塞杆上, 分别夹持 2 个钢坯的端部, 2 个夹钳用 2 个并行同步工作的液压缸连接起来。夹钳夹持力是保证顶锻正常进行的关键因素, 钢坯夹紧力的大小与其材料的高温性能和顶锻力有关。夹紧力太大, 热钢坯夹持部分容易压坏, 对轧件机械性能产生不利影响; 夹紧力太小, 顶锻时, 钢坯相对夹钳易产生滑移, 降低焊口的顶锻效果, 试验分析夹持力一般为 $F_{夹} = (1.2 \sim 1.3) F_{顶}^{[4]}$ 。对于截面积 40000 mm^2 的方坯, 夹持力应达到 $F = 2038.4 \text{ kN}$ 。

2 工艺过程

图 2 为闪光焊的工艺流程图。

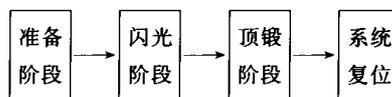


图 2 闪光焊的工艺流程图

2.1 准备阶段

在准备阶段, 保证钢坯夹钳能够充分夹持 2 个需要焊接的钢坯的端部, 并保证足够的夹持力。为了缩短焊接周期, 夹持时间尽量缩短, 钢坯闪光焊接一般少于 $4 \text{ s}^{[6]}$ 。

2.2 闪光过程

闪光过程如图 1 所示, 2 对夹钳分别接到焊机的 2 个电极, 接通电源后, 使工件逐渐接近, 端面局部接触,

收稿日期: 2004-12-20

作者简介: 卢宁(1976—), 男, 河北定州人, 博士研究生, 研究方向: 新型液压系统与特种机器人。

工件端面的接触点在高电流密度作用下迅速熔化、蒸发,连续不断爆破。其实质即利用焊机内部电阻和接触电阻后所产生的电阻热对焊件加热来实现焊接的。

闪光阶段主要是加热工件。为了得到高质量的焊接接头、保持闪光过程的稳定,必须保证夹钳的相对移动速度等于闪光烧化速度。在闪光过程中,工件逐渐缩短,端头温度不断升高,工件的烧化速度将加快,因此夹钳的相对移动速度也必须逐渐加快。

2.3 顶锻

闪光过程结束后,应立即进入顶锻。顶锻的主要作用有:

(1) 使工件产生塑性变形,从而实现再结晶,使熔化的金属焊接在一起;

(2) 防止金属氧化和有利于排除液态金属。

顶锻压力是钢坯顶锻过程中焊口断面单位面积内的作用力。顶锻压力的大小应足以保证液体金属的全部挤出,并使焊件焊口产生适当的塑性变形。其数值取决于焊件材料的高温性能、顶锻留量及高温区域的大小。实验表明:在相同轧制条件下,焊缝区金属(轧制前后)的强度和韧性随顶锻压力的增加而提高,但当顶锻压力增加到 30~40 MPa 后,强度趋于平缓^[3]。对于截面积 40000 mm² 的方坯,顶锻力可以达到 $F_{顶} = 1568 \text{ kN}$,因为顶锻力由 2 个平行液压缸完成,所以要求每个液压缸的输出力 $F \geq 784 \text{ kN}$ 。

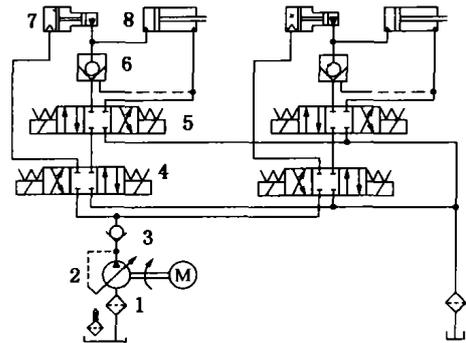
另外,为了能缩短顶锻时间,要求瞬间有一个较高的顶锻速度,顶锻速度一般比闪光速度要高出十几倍。实验分析的理想数据为 $v \geq 40 \text{ mm/s}$ ^[2]。

3 液压系统组成

3.1 夹持液压系统

如图 3 所示夹持液压回路采用阀控制方式,方向控制阀控制执行器的方向。系统的执行元件是液压缸,因为负载较大需要的压力相对较高,为了避免在整个回路中存在高压油,系统采用增压缸 7 和执行缸 8 组成的执行器(如图 3 示)。① 夹持动作时,三位四通阀 4 左路接通,同时三位四通电磁阀 5 左位通电,系统液压油进入增压缸的小腔和液压执行缸的大腔,液压执行缸快速运动,夹持钢坯,液压缸负载为本身内部摩擦力,此时增压缸缩回。② 当液压缸夹持住钢坯后,进入增压缸增压阶段,此时三位四通电磁阀 4 右位通电,同时三位四通阀 5 左位通电,系统液压油进入增压缸的大腔,增压缸输出高压油到执行缸的大腔。③ 增压缸 7 返回时,三位四通阀 4 左位通电,三位四通阀 5

左位接通,系统压力油进入增压缸的小腔,使增压缸返回原位;随后三位四通阀 4 状态保持不变,三位四通阀 5 右位接通,液压油直接进入执行液缸的小腔,并且打开液控单向阀,执行缸的大腔回油通过液控单向阀 6 和三位四通阀 5 返回油箱,整个夹持周期结束。



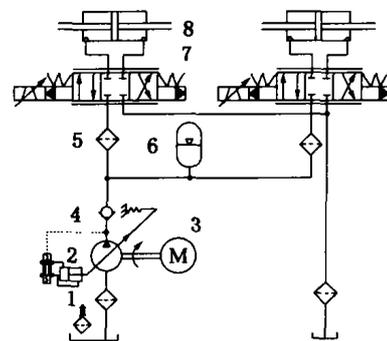
1. 过滤器 2. 变量泵 3. 单向阀
4. 5. 三位四通阀 7. 增压缸 8. 执行缸

图 3 夹持液压回路图

3.2 对接液压系统

顶锻液压系统为顶锻阶段提供顶锻力和顶锻速度,图 4 为对接液压系统:执行元件 8 为对称液压缸,活塞直径 250 mm,活塞杆直径 80 mm。控制元件 7 为 MOOG D634 伺服阀,工作压力 28 MPa,额定流量 100 L/min,最大空载流量 $Q_{NL} = 180 \text{ L/min}$,频率 35 Hz,阻尼 $\xi_{sv} = 0.8$ 。能源供给装置 2 为恒压式变量泵,额定排量 0.025 L/r 额定转速 1000 r/min。为了保证顶锻时的速度和足够的顶锻压力,本系统采用蓄能器辅助供油,蓄能器充气压力 23 MPa,最高充液压力 28 MPa。在对接过程中,蓄能器提供瞬间高速度所需的油量。蓄能器不仅是能源供给装置也是脉动吸收装置,吸收系统压力的波动。

闪光阶段,闪光速度较低,系统需要的供油量较



1. 5. 过滤器 2. 恒压式变量泵 3. 电机 4. 单向阀
6. 蓄能器 7. 伺服阀 8. 液压缸

图 4 对接液压回路

小,系统压力和流量由变量泵提供。顶锻阶段速度较高,压力较高,顶锻速度一般为闪光速度的几十倍^[1],此时系统供油及压力全部由蓄能器提供。

在对接液压系统的控制过程中,位移控制方式非常重要。闪光阶段和顶锻阶段,都是通过位移量的检测来实现过程的转换。特别是闪光阶段,通过控制位移量来实现闪光速度从闪光初速不断加速至闪光末速。由于系统所要求的位移量较大一般为几十毫米,而且要求较高的精度和线性度,本系统选用了LVDT位移传感器,它具有大位移低精度,小位移高精度的特点,可以满足闪光焊接的要求。

4 仿真分析与优化设计

本论文首先使用仿真软件 Easy5 对液压系统进行仿真建模,然后根据设计的结果设置液压模型的具体参数,最后对液压系统的一些关键变量的仿真结果进行分析。

4.1 夹持液压系统

为了降低系统共有压力,夹持系统使用了增压缸和执行缸,从而在使用低的系统压力时就能达到高的夹持力。夹持液压缸的仿真动作时间见下:

- 1~4 s,夹持缸动作,实现夹持动作;
- 4~7 s,增压缸动作,实现夹持液压缸增压;
- 7~8 s,增压缸动作返回;
- 8~10 s,夹持缸返回。

图 5a 为夹持系统动作仿真曲线。由图可见:① 仿真时间 1 s 夹持动作开始,液压缸开始动作,液压缸的位移逐渐增加,在仿真时间 3.5 s 达到最大位移 9 mm,所以夹持动作耗费时间 2.5 s,满足设计要求。② 仿真时间 4 s 时,进入增压状态,夹持液压缸的输出力增加较快,最终达到 2.2×10^6 N,大大满足设计要求。此时,夹持液压缸有少量位移增加,说明被夹持钢坯有轻微的变形。③ 仿真时间 7 s 时,增压缸返回,钢坯变形消失,夹持液压缸输出力减小到增压前的状态,系统变量泵输出功率相应减小。④ 仿真时间 8 s,夹持缸开始返回原位置。返回耗费时间 1.5 s。由功率曲线可知,整个夹持周期变量泵的平均输出功率 10 kW。

4.2 对接液压系统

对接液压系统顶锻过程的仿真结果如图 5b 所示,由力曲线图可知设计的对接液压系统顶锻输出的最大力达到 900 kN,满足 $F \geq 784$ kN 的设计要求。另外,顶锻时顶锻瞬间速度达到 60 mm/s,满足顶锻速度 $v \geq 40$ mm/s 的设计要求。由功率曲线可知,系统顶锻过程最

大输出功率为 11 kW。

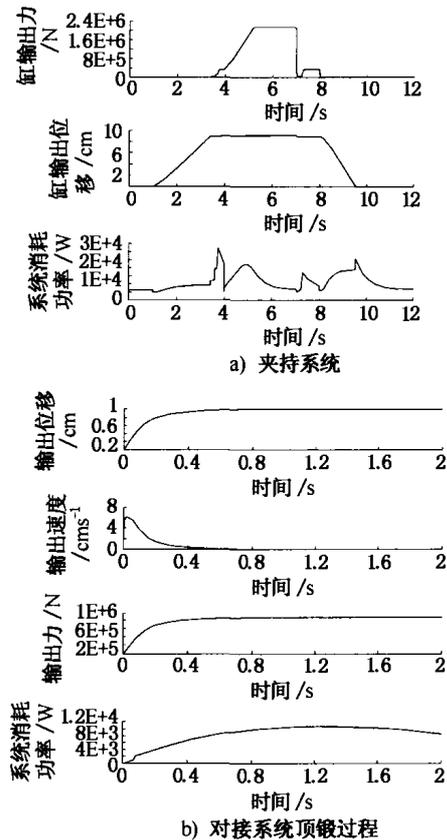


图 5 仿真曲线

4.3 对接液压系统的优化设计

1) 蓄能器安装位置对系统性能的影响

因为钢坯闪光焊机的液压执行元件与液压站的距离较远(20 m 左右),所以蓄能器的安装位置将直接影响到系统压力的稳定性。

图 6 为蓄能器在不同安装位置时的仿真曲线,store-fore 为蓄能器靠近伺服阀的曲线,store_back 为蓄能器靠近液压泵站的曲线,蓄能器充气压力 23 MPa,最高充液压力 28 MPa。

由仿真的结果可知,两种情况下液压缸的输出位移曲线(AC-Position_AC2)、执行速度曲线(AV_Position_AC2)和出力曲线(FC_Force_SF)基本一致;由功率曲线(PWR-PU)可知,采用 store_back 方案时系统的液压泵的输出功率较大,但是比较平滑,输出功率稳定;由蓄能器输出压力曲线(PQ_AB)可知,蓄能器靠近液压泵站的情况下输出压力变化幅度较小,压力回升较快,稳定性较强。依据液压伺服系统对系统压力平稳性的要求,选择 store_back 的蓄能器靠近液压泵站的设计方案。

2) 蓄能器容量的优化选择

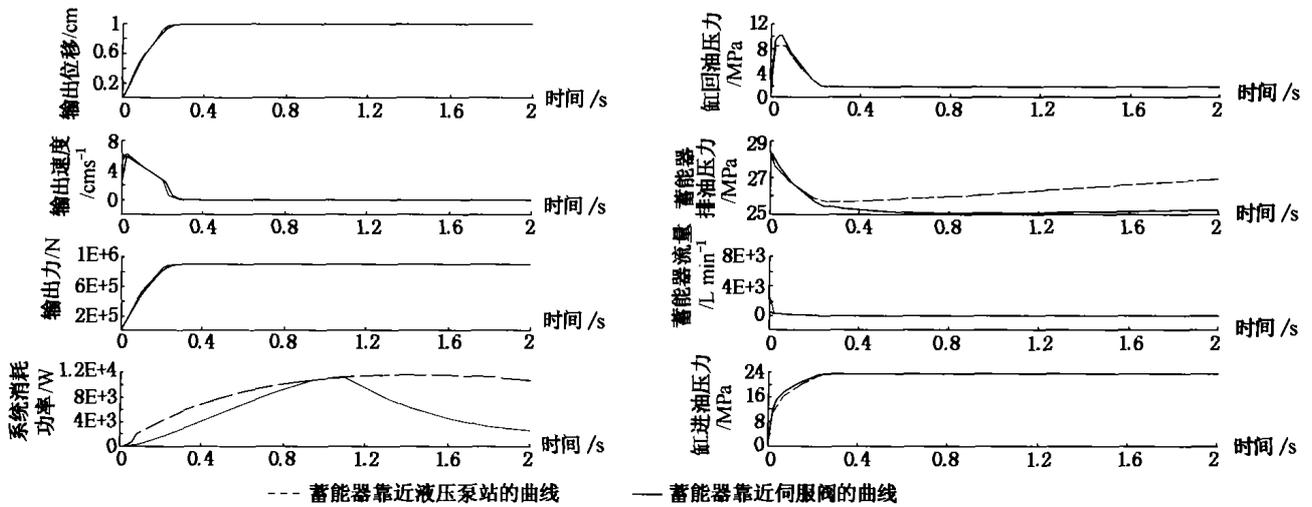


图6 蓄能器安装位置对系统的影响

本文对设计的蓄能器有效体积大小进行了仿真分析,图7为3种情况的仿真曲线,P₁₆为蓄能器体积16 L的曲线,P₂₁为蓄能器体积21 L的曲线,P₂₅为蓄能器体积25 L的曲线。蓄能器充气压力23 MPa。

由图7可知:充气压力23 MPa的情况下,蓄能器的体积大小只对蓄能器的排油压力(PQ_{AB})和系统功率(PWR_{PU})有影响。比较3种情况,蓄能器体积选择21 L时,蓄能器压力最稳定,系统功率消耗最小,所以,最终选择体积为21 L的蓄能器。

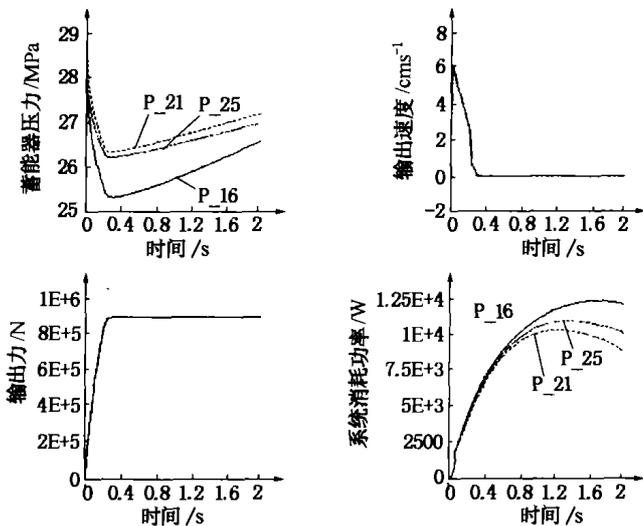


图7 蓄能器容量对系统性能的影响

3) 长距离软管管路的直径优化选择

因为钢坯闪光焊机的液压执行元件与液压站的距离较远(20 m左右),因此管路直径的大小对系统的影响不容忽视;如果选择大直径的管路虽然可以减小管路上的压力损失,但是随着直径增加,管路中的液压油

体积相应增大,高压系统中液压油的压缩性对系统的影响相应增大,因此长管路的直径大小在一定程度上影响着系统性能。图8为管路直径为15 mm,22 mm,25 mm这3种情况时的仿真曲线,D=22为管路直径22 mm的曲线,D=25为管路直径25 mm的曲线,D=15为管路直径15 mm的曲线。

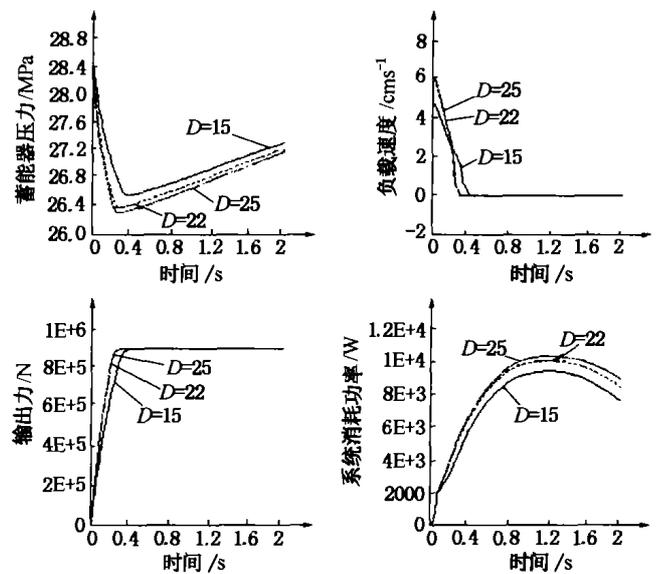


图8 管路直径大小对系统性能的影响

比较管路直径为22 mm和25 mm两种情况,由图8可知:①2种情况的速度曲线基本一致,即反应速度基本一致;②D=22 mm时蓄能器出口压力(见图P_{storage})变化较小,即系统压力稳定性较好;由Pump-Power图可知D=22 mm的系统功率要求比D=25 mm的系统小。

比较管路直径为22 mm和15 mm两种情况,由图

商用车空气悬架的结构及其关键技术

何 锋¹, 杨洪江², 徐 军¹

Structure of Air Suspension for Commercial Vehicles and its Key Technologies

HE Feng¹, YANG Hong-jiang², XU Jun¹

(1. 贵州大学 机械工程学院, 贵州 贵阳 550003; 2. 贵州前进橡胶有限公司, 贵州 贵阳 550003)

摘 要:空气悬架以其优良的非线性特性对提高商用车的平顺性和减小道路破坏具有重要作用。该文介绍了商用车空气悬架的结构、特点和应用状况, 分析了商用车空气悬架开发的关键技术, 为商用车空气悬架的研发提供了一定的理论基础。

关键词:空气悬架; 空气弹簧; 导向机构; 高度控制机构; 道路友好性

中图分类号: U463.33 文献标识码: B 文章编号: 1000-4858(2005)07-0007-04

1 前言

空气悬架是以空气弹簧为弹性元件的悬架系统, 具有优良的弹性特性, 在发达国家的客车和重型货车上得到广泛的应用。近年来, 随着我国高速公路的迅猛发展, 汽车客货运输量日益增加, 对高性能商用车的要求也随之提高。我国汽车行业“十五规划”要求重点发展适应高速公路需要的大中型客车, 载货汽车重点发展重型载货汽车。为适应我国客货运输的发展, 在

商用车上推广使用空气悬架, 提高车辆的平顺性, 减小道路的破坏, 是我国商用车悬架系统发展的方向。

目前通过对国外客车技术的引进, 空气悬架已应

收稿日期: 2004-12-20

基金项目: 贵州省科学技术基金资助项目(黔科基金 2003-3062号)

作者简介: 何锋(1963—), 男, 贵州贵阳人, 副教授, 学士, 研究方向: 汽车系统动力学及控制。

可知: 2种情况的速度曲线区别较大, 即 $D = 22 \text{ mm}$ 的系统的初始速度高出 $D = 15 \text{ mm}$ 系统的 17 mm/s , 因此, 前者焊接时的顶锻效果更好。比较 3 种情况, 并且考虑焊接质量的要求, 最终确定液压站与焊机的连接管路直径为 22 mm 。

论文通过以上的优化设计, 最终得到以下的优化结果:

- ① 蓄能器位置: 蓄能器安装在靠近液压站的位置;
- ② 蓄能器参数: 充气压力 23 MPa , 有效体积 21 L ;
- ③ 液压站与焊机连接的长管路直径为 22 mm 。

5 结论

(1) 根据要求设计的夹持液压系统充分满足要求, 实现了快速夹持, 高压保持和快速返回。该系统设计简单, 性能优越。

(2) 对接液压系统设计方案既满足系统负载的参数要求, 又符合大功率液压系统对能源高效率的要求。

(3) 论文通过优化设计, 不但确定了蓄能器最佳安装位置, 而且分析了系统性能有较大影响的元件的

参数。

(4) 该系统设计思想具有较广的应用范围, 不仅适用于钢坯闪光焊接, 还可以应用到其他大截面闪光焊机上, 通用性较强。

参考文献:

- [1] 龚勤, 等. 无头轧制焊机介绍与调试[J]. 新疆钢铁, 2003(1).
- [2] 王克争. 大型闪光焊机的微机控制系统[J]. 新技术新工艺, 2002(10).
- [3] 王克争. 大功率闪光焊机液压系统研究[J]. 焊接设备与材料, 2001(4).
- [4] 吴迪. 20MnSi 钢闪光对焊无头轧制焊缝的变形及金相组织[J]. 钢铁, 2002(2).
- [5] Massimo Lestani, Giovanni Savador. Technology and benefits of the endless welding[J]. Stahl And Eisen, 2002(3).
- [6] Terry Austen. EBROS-endless bar rolling system[J]. Steel Technology, 2003(2).
- [7] Terry Austen. Rolling process for the production of hot-rolled long products[J]. Stahl And Eisen, 2002(3).