

新型高柔性吊钩冷弯成形机的设计

沈鑫刚¹, 孙千里¹, 彭明华¹, 何黎明²

(1. 宁波职业技术学院, 浙江 宁波 315800; 2. 宁波司艾特机械科技有限公司, 浙江 宁波 315800)

摘要: **目的** 解决现有双J钩成形机存在的钩形质量不稳定, 自动化程度低以及设备结构存在设计缺陷等问题。**方法** 通过对产品生产工艺、设备结构的充分研究, 统筹规划产品生产工艺流程, 应用参数化三维设计软件进行设备结构的优化设计, 并通过设备的试制、调试和试生产, 对新设备的性能进行分析。**结果** 优化了产品生产工艺, 实现了从原材料到吊钩成形的全自动化生产, 生产效率提高 50%以上; 应用了楔块传动机构实现吊具快速折弯成形, 机构运行稳定可靠, 解决了原设备上存在的结构设计缺陷, 新设备具有适应不同规格的双J钩系列化生产的高柔性。**结论** 产品的生产工艺流程与设备结构优化较好地满足了设计要求, 对提高产品的质量和生产效率效果显著。

关键词: 吊具; 双J钩; 冷弯成形; 柔性

DOI: 10.3969/j.issn.1674-6457.2017.03.023

中图分类号: TH122 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-6457(2017)03-0115-05

Design of New High-flexible Hook Cold-bending Forming Machine

SHEN Xin-gang¹, SUN Qian-li¹, PENG Ming-hua¹, HE Li-ming²

(1. Ningbo Ploytechnic Institute, Ningbo 315800, China;

2. SWRRT Mechanical Science and Technology Co., Ltd., Ningbo 315800, China)

ABSTRACT: The work aims to resolve problems present in double-J hook forming machine, such as quality instability of hook shape, low level of automation and design defects of equipment structure. Production technical process was planned in overall based on thorough research on production technology and equipment structure. Optimal design of the equipment structure was carried out using parametric 3D design software, and performance of the new equipment was analyzed by means of trial-manufacture, debugging and trial-production. The production technology was optimized to achieve full automatic production from raw materials to the hook, and production efficiency was increased by 50% or more. Wedge drive mechanism was applied to realize fast bending and forming and it could work stably and reliably. Structural design defects of the original equipment were solved. The new equipment could adapt to serial production of different double-J hooks by taking advantage of its high flexibility. The optimization of production process flow and equipment structure meets design requirements in a favorable manner, and can improve product quality and production efficiency significantly.

KEY WORDS: lifting appliance; double-J hook; cold-bending forming; flexibility

双J钩是一种常用的吊具, 在货物运输、产品吊装、物品捆绑等方面得到了广泛的应用, 实物见图1。

收稿日期: 2017-03-20

基金项目: 浙江省教育厅 2016 年度高校国内访问工程师校企合作项目 (FG2016043); 宁波职业技术学院 2016 年科研课题 (NZ16011)

作者简介: 沈鑫刚 (1978—), 男, 硕士, 副教授/工程师, 主要研究方向为先进机械设计与制造技术、工业机器人技术、CAD/CAM 技术。

生产双 J 钩的原材料通常为 Q235 盘条, 直径为 $\Phi 6 \sim \Phi 12$ mm。通过将盘条展开、校直, 冲裁成一定的长度, 应用冷弯成形工艺折弯成形, 形成各种钩形的吊具, 双 J 钩是其中一种常用的吊钩。现有双 J 钩生产设备 (见图 2) 在产品成形原理及机械结构上存在一定的缺陷, 导致设备在生产过程中产生带缺陷产品的情况比较严重, 且设备生产效率较低、故障率高, 因此改进产品的生产工艺, 提高产品质量, 降低次品率, 提高设备自动化水平, 成为企业急需解决的问题。



图 1 双 J 钩及其应用

Fig.1 Double-J hook and its application

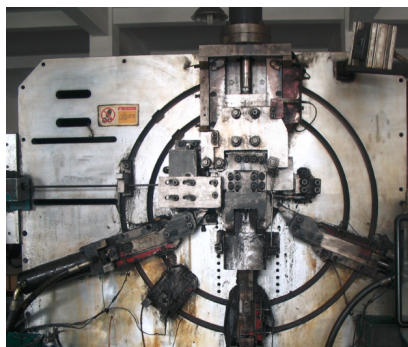


图 2 双 J 钩成形机

Fig.2 Double-J hook forming machine

双 J 钩的折弯成形属于金属弯曲成形工艺, 目前大部分文献仅对板料及管材的折弯或弯曲工艺及设备进行了研究及应用^[1-6], 而对棒料的折弯工艺及设备的研究较少。文中就双 J 钩成形机存在的问题及工艺、设备结构设计展开讨论。

2 原设备的工作原理及存在的问题

2.1 工作原理

双 J 钩成形机工作原理见图 3, 在驱动轮 4 的驱动下, 盘条 1 被展开, 通过纵向校直轮 2、横向校直

轮 3, 盘条被校直。通过伺服驱动轮 4 的定长驱动, 盘条被切刀 12 冲裁成定长段, 然后通过油缸 9, 5, 7, 8, 6 依次动作将棒料折弯成钩形。

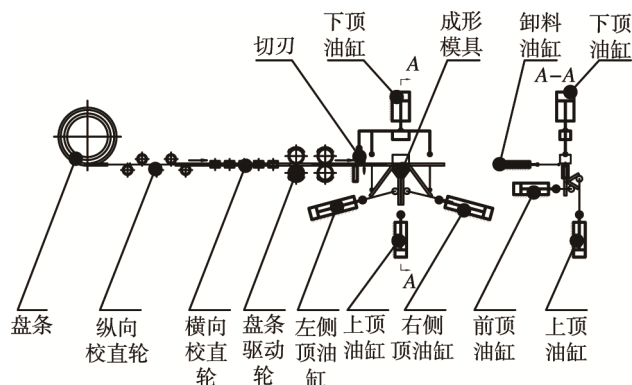


图 3 双 J 钩成形机工作原理

Fig.3 Working principle of double-J hook forming machine

2.2 双 J 钩生产工艺流程及节拍

工序 1: 盘条展开→校直→切断→压紧盘条→折弯 1→顶弯 1→顶弯 2→折弯 3→折弯 4→产品顶出。由于经过折弯的盘条存在一定的回弹, 需要对双 J 钩钩头点焊整形, 消除回弹量, 因此, 需要第 2 道工序。工序 2: 消除钩头回弹 (压紧)→点焊→标识→成品。通过以上的生产工艺流程, 双 J 钩的实际生产节拍工序 1 为 6 s/个, 工序 2 为 4 s/个。

2.3 存在的问题

1) 设备生产效率低。从前述设备工作原理和生产工艺流程及动作节拍分析可知, 双 J 钩在成形过程中通过多个油缸分别依次动作来完成双 J 钩的折弯成形, 节拍较慢, 生产效率较低。

2) 主体设备存在翻转力矩。振动大, 盘条切断机构与盘条折弯成形机构使用同一油缸驱动, 油缸中心与切刀中心偏离, 在盘条切断时产生很大的翻转力矩, 造成导轨磨损不对称, 对设备产生很大的外力, 振动及噪音较大, 影响设备的工作寿命。盘条冲裁及折弯 1 机构的力学模型见图 4。

盘条的冲裁力可根据式(1)^[7]进行计算。

$$F = k\tau A = F' \quad (1)$$

式中: F 为冲裁力; F' 为冲裁反力; k 为冲裁系数, 取 1.3; τ 为材料抗剪强度, Q235 的抗剪强度约为 165 MPa; A 为冲裁面积。

按冲裁最大规格的双 J 钩的盘条 $\Phi 12$ mm 计算可得, 冲裁力 F 约为 24 247 N。再根据式(2)计算在冲裁盘条的过程中作用于设备的翻转力矩 T 。

$$T = F' \cdot \frac{l}{2} \quad (2)$$

式中: l 为双 J 钩展开长度。

按最大规格双 J 钩展开长度 200 mm 计算, 可得作用于设备的最大翻转力矩 T 约为 2425 N·M。

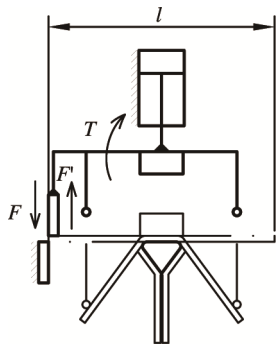


图 4 盘条冲裁力学模型
Fig.4 Mechanical model of wire rod blanking

3) 钩形质量不稳定。设备采用接近开关检测盘条折弯油缸活塞杆的运动位置,由此确定油缸活塞的运动距离。由于连续工作液压油温升高,引起液压油运动特性的改变,导致油缸活塞运动精度改变,进而影响钩形质量。

4) 设备自动化程度不高。在完成吊钩的冷弯成形后由于存在一定的回弹(见图 5a),所以必须增加一道工序,人工进行吊钩端部点焊,消除回弹(见图 5b),另外产品标识也需人工操作完成,因此产品不能实现全自动化生产。

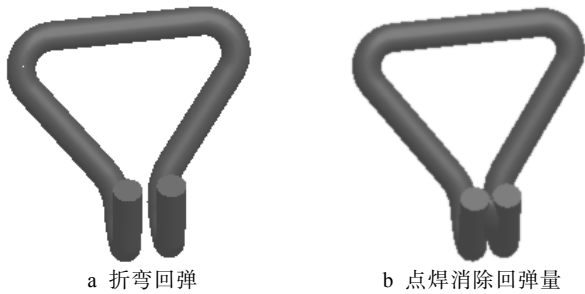


图 5 折弯回弹及消除
Fig.5 Bending springback and elimination

3 新成形工艺及设备工作原理

3.1 工作原理

为了解决原设备存在的问题,对双 J 钩的生产工艺进行重新的设计规划,形成了双 J 钩冷弯成形原理(见图 6)。将盘条切断功能与双 J 钩成形功能分离,形成独立的盘条切断功能和冷弯成形功能,吊钩的折弯成形应用机械式的楔块驱动折弯成形机构,保证钩形质量稳定可靠,后续的钩头回弹整形与钩头成形功能与前道楔块折弯成形机构并行工作,不会形成生产阻塞,提高了生产效率和自动化程度。

3.2 新双 J 钩生产工艺及节拍

新设备的具体工作流程图见图 6,在驱动轮 4 的驱动下,盘条 1 被展开,通过纵向校直轮 2、横向校直轮 3 校直盘条。校直后增加“标识”工位 5(即在盘

条上打上产品规格及产品 LOGO 等)。将盘条切断功能单独设置,使盘条切断与双 J 钩的成形功能互不影响。通过伺服驱动轮 4 的定长驱动,盘条被切刃 6 冲裁成定长段。在吊钩的冷弯成形中采用楔块机构先进行第 1 次的冷弯成形,让后过渡到后面进行钩头焊接并进行再次折弯成形,前后可并行工作,互不影响。

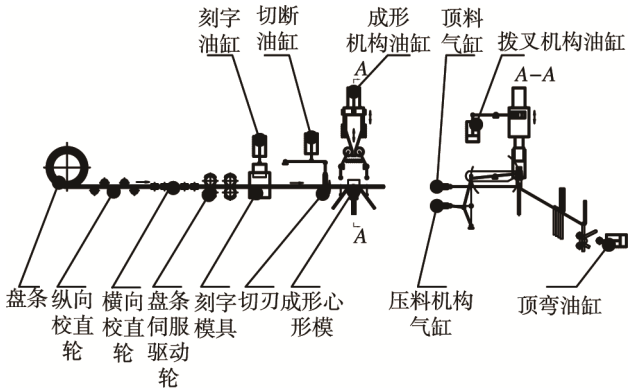


图 6 新双 J 钩成形机工作原理
Fig.6 Working principle of the new double-J hook forming machine

工艺流程:盘条展开→校直→标识→切断→压紧盘条→预折弯→再折弯→顶出→消除钩头回弹(夹紧)→点焊→顶弯成形。通过以上的生产工艺流程,在新形设备上双 J 钩的实际生产节拍大约为 6 s/个。

4 主要部件结构设计

新设备的结构应用了 CREO 软件进行了参数化三维设计,对所有运动机构进行运动仿真,对关键零件的结构进行了强度分析,确保设备机构正确,结构优化。

4.1 盘条切断部件

切断部件结构见图 7,采用独立的油缸作为冲裁动力,通过连杆传递冲裁力,受力处采用关节推力轴承连接,双 J 钩规格改变时可以通过滑台移动来调节冲裁位置,从而改变盘条冲裁长度。

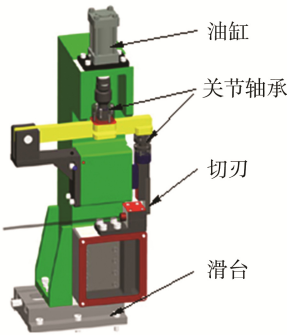
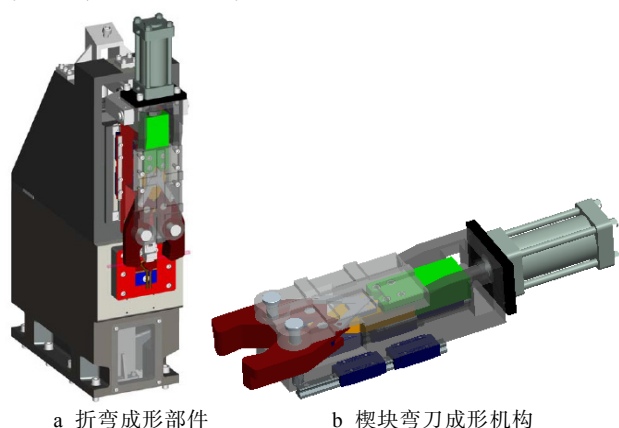


图 7 盘条切断部件
Fig.7 Wire cutting part

4.2 折弯成形部件

折弯成形部件（见图 8a）是设备的核心部件，机构动作原理见图 6。盘条被切断后，拨叉机构油缸 10 拨动成形机构沿直线导轨移动，动作过程中压紧盘条，并预折弯盘条。接着楔块弯刀成形机构（见图 8b）油缸动作，推动楔块，从而驱动左右弯刀同时折弯盘条，将盘条折弯成形。



a 折弯成形部件

b 楔块弯刀成形机构

图 8 楔块折弯成形部件
Fig.8 Wedge bending forming part

4.3 设备整机

新型双 J 钩成形机整体见图 9，由盘条校直部件、盘条驱动部件、盘条标识部件、盘条冲裁部件、盘条折弯成形部件、钩头整形焊接部件以及钩头顶弯部件等组成。

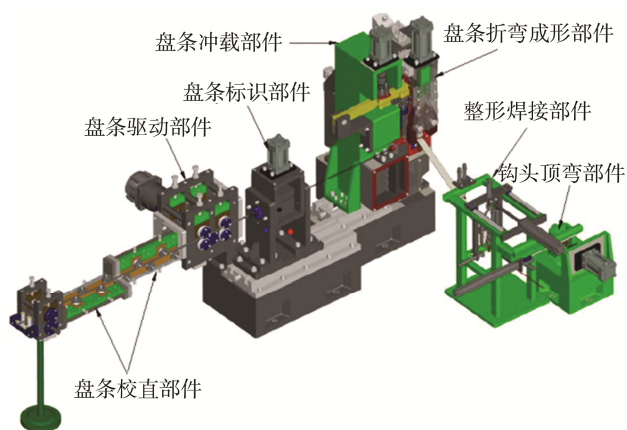


图 9 新设备整机
Fig.9 New equipment

5 新型双 J 钩成形机特点

新型双 J 钩成形机完成了设备的试制和调试（见图 10），并经过试生产，设备运行稳定可靠，很好满足了设计要求，具有以下显著特点。

1) 双 J 钩成形工艺的革新。创新设计吊钩成形机构，即楔块弯刀成形机构，使盘条在成形过程中的

夹弯工步保证对称与同步，避免了原设备中分别用左右 2 个油缸顶推式的折弯导致的不能对称与同步现象，钩形质量稳定可靠。

2) 设备结构的优化设计。盘条切断功能跟盘条成形功能分离，分属 2 个设备完成，采用不同的油缸作为动力，解决了原设备中盘条切断和折弯成形共用一个油缸作为动力，导致设备存在翻转力矩的问题，设备稳定性好。

3) 吊钩成形步骤优化，设备自动化程度大大提高。吊钩的成形工艺和生产节拍重新调整，将“盘条>校直>刻字>压紧>切断>折弯 1>夹弯>顶出 1”作为第 1 道工序，在核心设备上完成，将“夹紧>焊接>折弯”作为第 2 道工序，2 道工序前后衔接，互不影响，形成合理的生产节拍，提高生产效率。

4) 设备具有较高的柔性，根据生产的双 J 钩的尺寸规格不同，通过调节冲裁部件的位置、更换双 J 钩心形模以及调节压料块的动作幅度，能方便快速的调整好设备，因此新设备适合多种不同规格的双 J 钩的生产，且生产不同规格吊钩时设备调试时间短。



a 盘条切断与折弯成形部件



b 双 J 钩

图 10 盘条切断与折弯成形部件
Fig.10 Wire cutting part and bending forming part

6 结论

通过革新双 J 钩的折弯成形工艺，创新设计吊钩折弯成形机构，大大提高了产品质量稳定性，降低产品次品率达 30% 以上，大幅度提高了产品的生产效率，生产效率由原先的 400 个/h 提升至 600 个/h，产

品改型后的设备调整时间大大缩短, 新设备具有很高的柔性, 适应生产多种不同规格的双J钩的系列化的产品。

参考文献:

- [1] 王琬璐, 王磊, 李亨, 等. 基于正交试验的S形板料折弯工艺研究[J]. 精密成形工程, 2011, 2(4): 30—33.
WANG Wan-lu, WANG Lei, LI Heng, et al. Discussion on the S-shaped Sheet Bending Process Based on Orthogonal Experiment[J]. Journal of Netshape Forming Engineering, 2011, 2(4): 30—33.
- [2] 周欢. 数控折弯机结构优化及压力补偿技术研究[D]. 江苏: 扬州大学, 2015.
ZHOU Huan. Study on Structure Optimization and Pressure Compensation Technology of CNC Bending Machine[D]. Jiangsu: Yangzhou University, 2015.
- [3] 鄂大辛, 周大军. 金属管材弯曲理论及成形缺陷分析[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2016.
E Da-xin, ZHOU Da-jun. Metal Tube Bending Theory and Forming Defects Analysis[M]. Beijing: Beijing Institute of Technology Press, 2016.
- [4] 夏东强. 管材弯曲成形技术研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2008.
XIA Dong-qiang. Study on Tube Bending Forming Technology[D]. Chongqing: Chongqing University, 2008.
- [5] 余同希, 章亮炽. 塑性弯曲理论及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 1992.
YU Tong-xi, ZHANG Liang-chi. Plastic Bending Theory and its Application[M]. Beijing: Science Press, 1992.
- [6] 蔡成, 马术文, 庞敏, 等. 一种折弯机快速换模系统设计[J]. 组合机床与自动化加工技术, 2016(9): 17—19.
CAI Cheng, MA Shu-wen, PANG Min, et al. Design of the Rapid Press Brake Tool Change System for Bending Machine[J]. Modular machine Tool & Automatic Manufacturing Technique, 2016(9): 17—19.
- [7] 刘鸿文. 材料力学(第5版)[M]. 北京: 高等教学出版社, 2014.
- LIU Hong-wen. Mechanics of Materials (Fifth Edition)[M]. Beijing: Higher Education Press, 2014.
- [8] 郭训忠, 马燕楠, 徐勇, 等. 三维自由弯曲成形技术及在航空制造业中的潜在应用[J]. 航空制造技术, 2016, 518(23): 16—24.
GUO Xun-zhong, MA Yan-nan, XU Yong, et al. State-of-the-Arts in 3D Free Bending Technology and the Future Application in Aviation Manufacture[J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2016, 518(23): 16—24.
- [9] 刘启骞. 型材多点弯曲中的成形缺陷及其抑制方法的数值模拟研究[D]. 长春: 吉林大学, 2011.
LIU Qi-qian. Numerical Simulation Research on Forming Defects and Their Suppression Methods in Profile Multi-point Bending[D]. Changchun: Jilin University, 2011.
- [10] 汤月宝. 管材弯曲成形数值模拟技术的研究与开发[D]. 南京: 南京航空航天大学, 2007.
TANG Yue-bao. Research and Development of Numerical Simulation Technology of Tube Bending[D]. Nanjing: Nanjing University of Aeronautics & Astronautics, 2007.
- [11] YA Lun-hu, ZHENG Li, ZHONG Xu. Mechanical Property Parameters Prediction of Tube Based on RBF Neural Network[J]. Applied Mechanics and Materials, 2013, 300/301: 882—888.
- [12] LUCIAN Lazarescu. Effect of Internal Fluid Pressure on Quality of Aluminum Alloy Tube in Rotary Draw Bending[J]. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2013, 64(1): 85—91.
- [13] YANG He, LI Heng, ZHANG Zhi-yong, et al. Advances and Trends on Tube Bending Forming Technologies[J]. Chinese Journal of Aeronautics, 2012, 25(1): 1—12.
- [14] LIMAM A, LEE L H, CORONA E, et al. Inelastic Wrinkling and Collapse of Tubes Under Combined Bending and Internal Pressure[J]. International Journal of Mechanical Sciences, 2010, 52(5): 637—647.
- [15] E Da-xin, LIU Ya-fei. Springback and Time-dependent Springback of 1Cr18Ni9Ti Stainless Steel Tubes Under Bending[J]. Materials and Design, 2010, 31(3): 1256—1261.

【书讯】

特种旋压成形技术

针对目前国内旋压专业书籍种类少,对旋压技术的介绍仍仅停留在薄壁空心回转体、等壁厚及渐变壁厚产品层面的现状,华南理工大学著名旋压成形技术专家夏琴香教授撰写了《特种旋压成形技术》一书,以对近年来新出现的特种旋压工艺进行分类并对其技术原理进行全面剖析,力求为从事旋压成形技术研究和生产的科技人员提供有力帮助,进而推动我国旋压制造水平的进一步提升。本书近日已由科学出版社出版。

本书首先简要介绍了旋压技术的发展、旋压技术的应用及金属旋压成形中的创新与创造,并对传统旋压技术及特种旋压技术进行了分类。其次对传统旋压成形技术中的拉深旋压、剪切旋压及流动旋压工艺过程及工艺参数进行了阐述及分析。在此基础上,重点对无模缩径旋压成形技术、三维非轴对称零件旋压成形技术、非圆横截面零件旋压成形技术、多楔带轮旋压成形技术及杯形薄壁内齿轮旋压成形技术,分别从成形方法、成形工艺、成形机理、成形质量控制、旋压力的求解及测试、工艺试验及优化等进行了全方位的介绍。金属旋压成形过程是一个非常复杂的弹塑性大变形过程,既存在材料非线性、几何非线性,并存在复杂的边界接触条件的非线性,这些因素使其变形机理非常复杂,难以用准确的数学关系式来进行描述,往往需要借助于有限元数值模拟手段来进行分析。本书对上述旋压过程中的有限元数值模拟关键技术进行了详细的介绍,包括计算模型的建立、材料性能的描述及边界条件的设立等。

本书是著者在总结多年科学研究、技术开发、教学和生产实践经验的基础上撰写而成的,包括著者本人及研究团队近30年的研究成果及专利技术,并参考了国内外出版的相关专著和科技论文,全书注重理论与实践并重。相关工作获得多项国家自然科学基金、广东省自然科学基金、广东省省部产学研合作项目、广东省工业科技计划项目等的资助。相关研究成果已在上海宝山钢铁股份有限公司、陕西晟泰机械制造有限公司、宁波创科旋压机械科技有限公司、中山中炬精工机械有限公司、揭阳市兴财金属制品有限公司、广东康宝电器有限公司、江门市浩盈不锈钢制品有限公司等多家企业获得推广应用。本书内容力图在对所述旋压技术进行机理分析的基础上,对其成形方法、成形理论、成形工艺及工装设备进行全面的剖析,对推动上述特种旋压技术的实际生产应用及丰富旋压技术理论,均具有重要的实践意义和学术价值。



夏琴香(1964—),女,博士,华南理工大学教授、博导。

联系电话:13902233118,邮箱:meqxxia@scut.edu.cn。