

某产品组合壳体机加工工艺改进

赵广军, 赵国伟, 姜春茂, 王连义, 李方军, 张立岩, 孙丽华, 柳燕, 张雷
(北方华安工业集团有限公司, 黑龙江 齐齐哈尔 161046)

摘要: 某产品为分体组合结构,由上壳体和下壳体组成,采用螺纹连接,其中下壳体为装配焊接件,结构较为复杂,且组合壳体又有较高同轴度精度要求,在加工时易出现同轴度超差,加工废品率较高。通过优化调整加工工艺,减少装夹次数,消除了累积装夹误差;通过调整装夹定位基准,改进夹具结构,提高了装夹精度;通过延长下壳体套筒焊接后自然时效时间,消除焊接残余应力,避免了因焊接应力引起的壳体加工变形;通过优化切削参数,降低切削力,防止了下壳体装配件薄壁套筒的加工变形。通过以上工艺改进,提高了壳体加工精度,使组合壳体同轴度加工精度满足了产品设计要求。

关键词: 组合壳体; 同轴度; 夹具; 装夹误差; 焊接残余应力; 变形

DOI: 10.3969/j.issn.1674-6457.2013.06.006

中图分类号: TG706

文献标识码: A

文章编号: 1674-6457(2013)06-0023-04

Improvement on Processing Technology of a Product Combination Casing

ZHAO Guang-jun, ZHAO Guo-wei, JIANG Chun-mao, WANG Lian-yi,
LI Fang-jun, ZHANG Li-yan, SUN Li-hua, LIU Yan, ZHANG Lei
(North Hua'an Industry Group Corporation Ltd., Qiqihar 161046, China)

Abstract: In the case that a product has a fission combination structure, composed of upper shell and lower shell with threaded connection, of which the lower shell is an assembly welding part with relatively complex structure and the shell combination composite requires high alignment accuracy, coaxial degree error is easy to occur during processing and machining scrap rate could be higher. In this research, accumulated clamping error was eliminated by optimizing and adjustment of the process and decreasing the times of clamping and thus eliminating accumulative errors; the clamping accuracy was increased by adjusting the clamping positioning base and improving the structure of fixture; shell distortion caused by welding stress was avoided by extending the natural aging time after shell sleeve welding and eliminating the welding residual stress; deformation of the thin-walled sleeve, i. e., the lower shell assembly part, was prevented by optimizing cutting parameters and decreasing cutting force. Through the above improvement of processing technology, the machining accuracy of the shell was improved, and the composite shell alignment precision satisfied the requirement of product design.

Key words: composite shell; alignment; fixture; clamping error; welding residual stress; deformation

常规杀伤爆破弹主要用于杀伤和爆破纵深目标的有生力量、野战工事、炮阵地等目标。随着科学技术的进步,未来战争战场上暴露的有生力量极为有限,随之而来的是各种轻型装甲车辆及其他技术兵

器的大量出现,使常规弹药的作战效能大为降低。为使常规弹药能适应未来战争的需要,确保其具备毁伤各种装甲硬目标,研制具有杀伤、破甲、随进杀伤纵火等多功能用途的新型弹药非常必要。某产品

由上壳体、下壳体组合而成,采用螺纹连接,下壳体由本体、钨环、套筒压装焊接而成,产品结构较为复杂,且组合壳体同轴度精度要求较高,给加工制造带来了一定的困难。

1 现状描述

该产品上壳体、下壳体、套筒零件材料均为50SiMnVB,属于中碳低合金钢,热处理后力学性能 $R_{el} \geq 1200$ MPa,硬度较高,机械加工性能较差。上壳体长440 mm,下壳体长335 mm,组合壳体总长735 mm,组合后上壳体外弧形及口部螺纹相对下壳体两定心部轴线有同轴度要求,上壳体距口部30 mm处外弧形表面相对两定心部轴线同轴度 $\leq \phi 0.1$ mm,上壳体口部螺纹轴线相对两定心部轴线同轴度 $\leq \phi 0.15$ mm,组合壳体简图见图1。

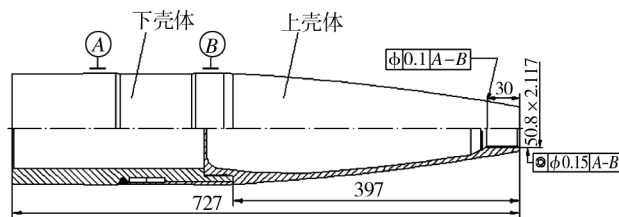


图1 组合壳体简图

Fig. 1 Composite shell diagram

试制加工壳体100发,经检测组合壳体同轴度超差10发,加工良品率为90%,良品率较低,同轴度检测数据见表1。

表1 组合壳体同轴度检测数据

Table 1 Composite shell alignment testing data

编号	上壳体外弧形同轴度	上壳体口部螺纹同轴度
1	0.15	0.26
2	0.20	0.28
3	0.18	0.26
4	0.16	0.25
5	0.25	0.30
6	0.26	0.30
7	0.22	0.28
8	0.20	0.25
9	0.24	0.28
10	0.19	0.24

2 问题及难点分析

组合壳体上、下定心部两组合基准,相对壳体有同轴度要求的外弧形及口部螺纹位置尺寸大于360 mm,两基准相对测量部位距离较长,产品又为分体螺纹连接结构,存在一定的配合误差。要保证产品较高同轴度精度,对下壳体上下定心部、配合螺纹及端面、上壳体外形及口部螺纹之间相互形位加工精度都有要求较高,加工精度稍低,就会导致组合壳体同轴度超差;另一方面下壳体为装配焊接组合件,装配件套筒壁厚较薄,单边最小壁厚为4 mm,加工时易产生变形,给加工带来一定难度。

通过技术攻关及分析讨论,确定了组合壳体同轴度超差原因:上壳体、下壳体加工时,配合螺纹与外形为两次装夹加工而成,存在累积装夹误差;上壳体车口部螺纹夹具设计不合理,夹具装夹精度低;下壳体为焊接组合件,焊后存在剩余焊接残余应力,引起加工变形;下壳体装配件套筒壁厚较薄,机加时切削力又较大,易产生变形。

3 机加工工艺改进

优化调整机加工工艺,减少装夹次数,使有相对形位精度要求的尺寸,尽可能在一次装夹中加工而成,消除多次装夹累积误差^[1-4];改进壳体加工夹具结构及装夹定位基准,提高夹具装夹精度;延长壳体焊接后自然时效时间,消除剩余焊接残余应力;优化切削参数,减少切削深度,降低切削力,防止壳体变形,加工工艺改进如下。

3.1 改进壳体加工工艺,减少装夹数次,消除累积装夹误差

上壳体车外形和车尾部外螺纹分两次装夹加工而成,通过改进机加工工艺,使其一次装夹完成加工,提高加工精度,工艺改进如下。

改进上壳体冲拔毛坯结构,在上壳体尾部新设计一个装夹中心桩,粗车中心桩外圆,精车加工时,改变装夹定位方式,采用三爪夹爪夹紧中心桩,顶尖顶紧口部倒角,一夹一定装夹方式,将改进前车外形和车尾部外螺纹两道工序合并为一道工序,使外形及尾部外螺纹在一次装夹加工而成,消除一次装夹

误差^[1-4],提高了壳体外形与尾部外螺纹同轴度、尾部外螺纹与其端面垂直度加工精度,车外形及尾部外螺纹工序加工简图见图2,加工现场照片见图3。

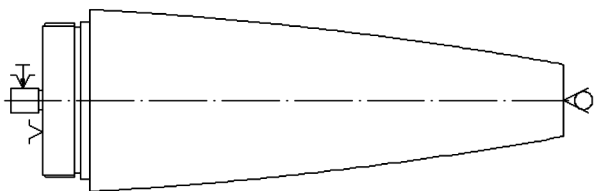


图2 车外形及尾部外螺纹加工简图

Fig. 2 Appearance and tail external thread machining diagram

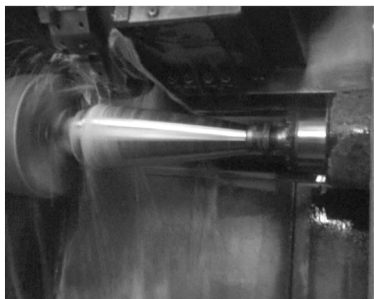


图3 车外形及尾部外螺纹加工现场

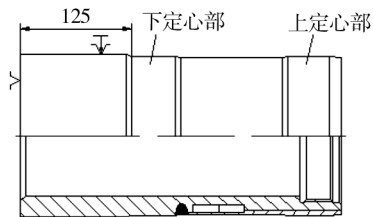
Fig. 3 Appearance and tail external thread machining scene

下壳体车口部内螺纹和车外形分两次装夹加工而成,通过改进机加工工艺,使其一次装夹加工而成,提高加工精度,工艺改进如下。

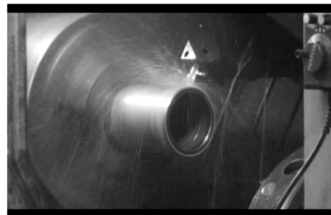
改进下壳体装夹方式,采用三爪夹爪夹外圆,定位盘顶尾部端面轴向定位的装夹方式进行加工,使车口部内螺纹和车外形两道工序合为一道工序,一次装夹加工完成。下壳体尾部最大装夹长度为125 mm,壳体悬臂长度大于210 mm,装夹后悬臂相对较长,切削时易产生振动,使加工表面粗糙度及加工精度降低,通过改进三爪夹爪结构,增加夹爪长度和宽度,使夹爪夹紧面积增大,提高了工件夹紧牢固性,避免工件产生振动。通过上述改进,将车口部内螺纹和车外形(含上下定心部尺寸)两道工序合并为一道工序,减少一次装夹误差^[1-4],提高了上下定心部与口部内螺纹同轴度、口部内螺纹与其端面垂直度加工精度,实物照片见图4。

3.2 改进夹具结构,提高装夹精度

上壳体车口部螺纹工序原采用三爪夹爪夹工件



a 加工简图



b 实物照片

图4 车口部内螺纹及外形加工简图和实物照片

Fig. 4 Diagram of internal thread on entrance and appearance machining and pictures

外弧形表面,定位盘顶尾部端面轴向定位的装夹方式,改进前加工简图见图5,夹爪工作面为弧形面,与壳体外形合形后夹紧,由于夹爪和壳体合形工作面为弧形面,存在加工误差,另一方面壳体外弧形的起止位置尺寸公差较大,使夹爪与壳体装夹面为局部接触,夹紧后工件径向跳动为0.02~0.18 mm,波动范围较大,装夹精度较低,壳体口部螺纹加工精度一致性较低,使上壳体口部内螺纹及外形存在较大同轴度误差。

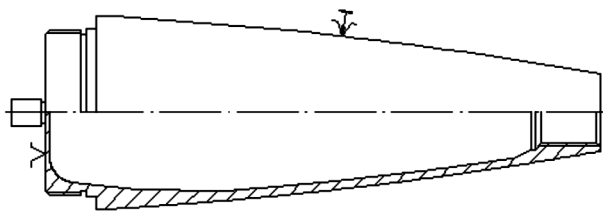


图5 改进前车口部螺纹加工简图

Fig. 5 Diagram of entrance thread machining before improvement

改进装夹定位基准及夹具结构,采用杯状顶碗及杯状支架组合夹具代替夹爪及定位盘,由夹顶装夹方式改为两顶装夹方式^[8],改进后夹具结构图见图6。

上壳体加工前在尾部装配螺纹胎具,采用标准样柱对夹具精度进行校对,保证夹具径向跳动小于0.03 mm,装夹时杯状顶碗中拉杆带动顶碗在本体

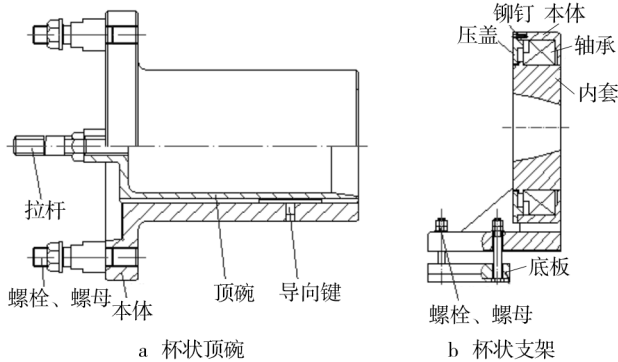


图6 改进后的夹具结构

Fig. 6 Fixture structure after improvement

中滑动顶紧工件,杯状支架固定在机床导轨上,支架内套与壳体外形配合,支撑工件,内套在滚动轴承作用下随壳体同步旋转^[5-6],改进后加工简图见图7。

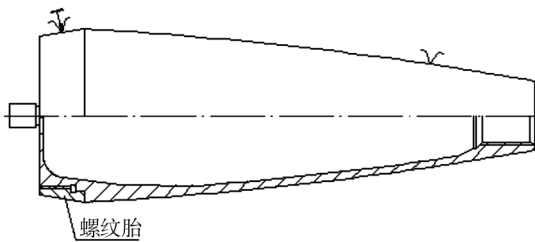


图7 改进后车口部螺纹加工简图

Fig. 7 The improved entrance thread machining diagram

3.3 延长套筒焊接回火后自然时效时间,消除剩余焊接残余应力

在下壳体套筒压装后,进行套筒焊接,焊接后进行壳体回火工序,在回火工序后延长自然时效时间,明确规定下壳体回火出炉后必须放置在干燥地面空冷至室温,进行充分自然时效,去除剩余焊接残余应力后^[9-10],再转入后续加工,避免加工切削时因焊接残余应力引起壳体外形变形,使壳体测量基准上下定心部圆度形状精度降低,影响组合壳体同轴度精度。

3.4 优化下壳体加工切削参数,降低切削力

在下壳体车口部内螺纹及外形工序(含定心部尺寸)中,通过优化车外形切削参数,调整数控加工NC程序^[7],减小切削深度,将切削深度由0.8 mm改为0.4 mm,增加走刀次数,将2次走刀改为3次

走刀,减小进给量,进给量由0.3 mm/r改为0.15 mm/r,降低加工切削力^[1-4],消除由于切削力大引起的下壳体装配件薄壁套筒变形超差问题;另一方面,在加工工艺规程中,将该工序列为关键工序,将上、下定心部尺寸 $\phi 130_{-0.1}^{0.22}$ 列为关键控制点尺寸,使用万能量具外径千分尺及专用量具单面卡规、光面环规进行检测,对定心部尺寸加工精度及圆度形状加工精度进行严格控制。

4 效果

通过优化调整上壳体、下壳体机加工工艺,减少装夹次数,消除多次装夹累积误差,改变装夹定位基准,改进夹具结构,提高装夹精度,延长套筒焊后自然时效时间,降低切削力,避免壳体产生变形问题,提高了壳体加工精度,提高了组合壳体同轴度加工精度,提高了加工良品率,降低了生产成本。

参考文献:

- [1] 范崇洛. 机械加工工艺学[M]. 南京:东南大学出版社,2000.
FAN Chong-luo. Mechanical Processing Technology[M]. Nanjing:Southeast University Press, 2000.
- [2] 陈家芳. 典型零件机械加工工艺与实例[M]. 上海:上海科学技术出版社,2010.
CHEN Jia-fang. Typical Parts Machining Process with Examples[M]. Shanghai:Shanghai Science and Technology Press,2010.
- [3] 邢鸿雁. 机械制造难加工技术[M]. 北京:机械工业出版社,2009.
XING Hong-yan. Machinery Manufacturing Processing Technology[M]. Beijing:Mechanical Industry Press,2009.
- [4] 吴桓文. 工程材料及机械制造基础[M]. 北京:高等教育出版社,2002.
WU Huan-wen. Basic of Engineering Materials and Machinery Manufacture [M]. Beijing: Higher Education Press,2002.
- [5] 张秀珍. 机械加工质量控制与检测[M]. 北京:北京大学出版社,2008.
ZHANG Xiu-zhen. Mechanical Processing Quality Control and Testing[M]. Beijing:Beijing University Press,2008.
- [6] 王先逵. 机械装配工艺[M]. 北京:机械工业出版社,2007.

参考文献:

- [1] 阙文军,柳玉起,杜亭. 基于CATIA的修边线展开与翻边成形性模拟系统[J]. 塑性工程学报,2012,19(1):50-54.
KAN Wen-jun, LIU Yu-qi, DU Ting. Developing System of Trimming Line Unfolding and Simulation Based on CatiA [J]. Journal of Plasticity Engineering,2012,19(1):50-54.
- [2] 王艳波,柳玉起,杜亭,等. 汽车覆盖件修边线展开及优化[J]. 精密成形工程,2011,3(6):42-46.
WANG Yan-bo, LIU Yu-qi, DU Ting, et al. Trimming Line Unfolding and Optimization of Auto Body[J]. Journal of Netshape Forming Engineering,2011,3(6):42-46.
- [3] 王伟,柳玉起,钟文,等. 基于Pro/E平台的修边线展开与翻边成形模拟系[J]. 锻压技术,2010,35(6):45-48.
WANG Wei, LIU Yu-qi, ZHONG Wen, et al. Developing of Trimming Line Unfolding and Flanging Forming Simulation System Based on Pro/E Platform [J]. Forging & Stamping Technology,2010,35(6):45-48.
- [4] 黄飞. 网络环境下桥式起重机参数化CAE技术研究[D]. 太原:中北大学,2012.
- [5] HUANG Fei. Research on Overhead Crane Parameter CAE Analysis Method in Network Environment [D]. Taiyuan:North University of China,2012.
- [5] 孙伟,李朝峰,刘杰,等. 面向复杂机构设计的参数化仿真技术研究[J]. 东北大学学报(自然科学版),2008,29(9):1319-1321.
SUN Wei, LI Chao-feng, LIU Jie, et al. Study on Parameterized Simulation Process for Complicated Mechanism Design [J]. Journal of Northeastern University (Natural Science),2008,29(9):1319-1321.
- [6] 周盛. 关联设计技术及其在三维模具设计中的应用[D]. 武汉:华中科技大学,2005.
ZHOU Sheng. Association Design Methods and Their Applications in 3D Mould Design [D]. Wuhan:Huazhong University of Science and Technology,2005.
- [7] 章志兵. 面向冲压产品设计的快速仿真与优化技术的研究[D]. 武汉:华中科技大学,2008.
ZHANG Zhi-bing. Research on Fast Simulation and Optimization Technology for the Stamping Product Design [D]. Wuhan:Huazhong University of Science and Technology,2008.
- (上接第22页)
- [4] 刘润农,李玉花,白富真. 3Cr3Mo3VNb钢的性能及热作模具钢的性能与模具寿命的关系[J]. 模具技术,1985(5):60-66.
LIU Run-nong, LI Yu-hua, BAI Fu-zhen. Property of 3Cr3Mo3VNb and Relation between Property of Hot Die Steel and Die Life [J]. Die and Mould Technology,1985(5):60-66.
- [5] 何文超. 3Cr3Mo3VNb钢热锻模失效的特征分析及提高模具使用寿命的措施[J]. 工具技术,2004(2):30-32.
HE Wen-chao. Efficacy Lose Analysis of 3Cr3Mo3VNb Steel Mold and Measure of Increasing Molding Service Life [J]. Tool Engineering,2004(2):30-32.
- [6] 杨哲晨. 3Cr3Mo3VNb钢应用于AT轨模具的工艺试验[J]. 热加工工艺,2001(3):70-71.
YANG Zhe-chen. Technological Test of 3Cr3Mo3VNb Applied to the Die for AT Rail [J]. Hot Working Technology,2004(2):30-32.
- [7] 张志明,黄少东,王长朋. 高强度钢热挤压模的失效分析[J]. 精密成形工程,2013,5(1):12-15.
ZHANG Zhi-ming, HUANG Shao-dong, WANG Chang-peng. Failure Analysis of Hot Extrusion Die for High-strength Steel [J]. Journal of Netshape Forming Engineering,2013,5(1):12-15.
- (上接第26页)
- [7] 刘立. 数控编程[M]. 北京:北京理工大学出版社,2008.
LIU Li. CNC Programming [M]. Beijing:Beijing University of Science and Technology Press,2008.
- [8] 陈旭东. 机床夹具设计[M]. 北京:清华大学出版社,2007.
CHEN Xu-dong. Machine Tool Fixture Design [M]. Beijing:Tsinghua University Press,2007.
- [9] 张平. 焊接应力、变形的控制工艺[M]. 北京:高等教育出版社,1999.
ZHANG Ping. The Control Technology of the Welding Stress and Deformation [M]. Beijing: Higher Education Press,1999.
- [10] 易丹青. 金属材料及热处理[M]. 长沙:中南大学出版社,2010.
YI Dan-qing. Metal Materials and Heat Treatment [M]. Changsha:Central South University Press,2010.