

DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2021.01.012

螺杆压缩机铸件应力对加工尺寸影响研究

李日华,张天翼

(珠海格力智能装备有限公司,广东珠海519000)

摘要:螺杆压缩机对铸件尺寸加工精度要求非常高,属于精密加工件。通过对铸件人工时效退火处理和铸件砂型内冷却后的机体加工后尺寸进行了对比检测。结果表明,铸件在砂腔内冷却和人工时效退火处理对加工尺寸影响并不明显。铸件砂型内冷却温度300℃以下满足加工尺寸要求。

关键词:螺杆压缩机;铸件应力;加工尺寸

中图分类号: TG156

文献标识码: A

文章编号: 1000-8365(2021)01-0041-03

Research on the Influence of Casting Stress on Processing Dimensions in Screw Compressor

LI Rihua, ZHANG Tianyi

(Gree Intelligent Equipment Co., Ltd., Zhuhai 519000, China)

Abstract: The screw compressor had a very high requirement on the dimensional machining precision of casting, and it was belong to the precision machining workpiece. The dimensions of castings processed after artificial aging annealing and cooling in sand mould were compared and measured. The results show that cooling and aging annealing treatment in sand chamber have no obvious effect on machining dimension. Casting sand mold cooling temperature below 300℃ to meet the processing size requirements.

Key words: screw compressors; casting stress; processing dimensions

螺杆压缩机利用一对相互啮合的阴、阳转子在机体腔内作回转运动,啮合间隙只有0.03~0.05 mm。机体是螺杆压缩机最重要的铸件,为了保证转子平稳啮合,对机体铸件加工精度要求非常高。机体在设计过程中壁厚只有15~20 mm,但是为了满足转子受力要求,机体轴承腔的支撑筋达到50~60 mm。由于设计的铸件壁厚不均匀,冷却速度不一致,使铸件在厚薄处收缩受到相互牵制,与此同时,在冷却过程中发生石墨化和相变($\gamma\text{-Fe}\rightarrow\alpha\text{-Fe}$),从而引起体积膨胀,铸件内产生残余应力^[1]。因此,必需通过热处理消除铸件的残余应力。

消除铸件残余应力通常采用人工时效退火处理,将铸件加热到500~600℃,保温2~3 h,随炉冷却到200℃出炉空冷,整个过程持续10~20 h,对能源的消耗非常大。有些工厂利用铸件余热回收退火,在铸件高温的时候开箱入炉退火,炉温只需要小幅升温到500~600℃,可节省升温3~4 h能耗。

铸件人工时效退火处理无论从时间上还是成

本上都不具有优势。因此,提出了铸件砂腔内冷却消除应力方法,即铸件铸造完成后,铸件随着型砂一起降温到300℃后再开箱,避免铸件由于冷却时内外温度不均匀,冷却速度过大而产生应力。而型砂温度降低是很缓慢的,根据铸件体积大小,这个过程会持续8~24 h。

本文作者通过研究铸件人工时效退火和砂腔内冷却,消除应力对加工尺寸的影响,对螺杆压缩机生产效率提升有重大意义,对保证铸件的品质也是非常重要。

1 试验方法

机体铸件结构如图1所示,铸件加工后的变形对螺杆压缩机质量影响很大,铸件产生变形的因素主要两方面,一是铸件加工时装夹方式不当或由于切削力的作用都会使铸件产生变形^[2];二是铸件的残余应力。为便于排除加工因素对铸件尺寸影响,为对比铸件应力对加工尺寸影响,采用的对比方式:①同一编码的机体铸件分别采用人工时效退火和砂腔内冷却工艺,铸造完成后立即进行加工;②两个不同热处理零件在同一机床,用同样装夹方式和同样程序进行加工。

加工机床: HU80A 三井精机(重复定位精度

收稿日期: 2020-11-11

作者简介: 李日华(1987-),广东珠海人,工程师,主要从事螺杆压缩机和智能装备研发方面的工作。

电话: 18023037219, E-mail: lrhual6@163.com

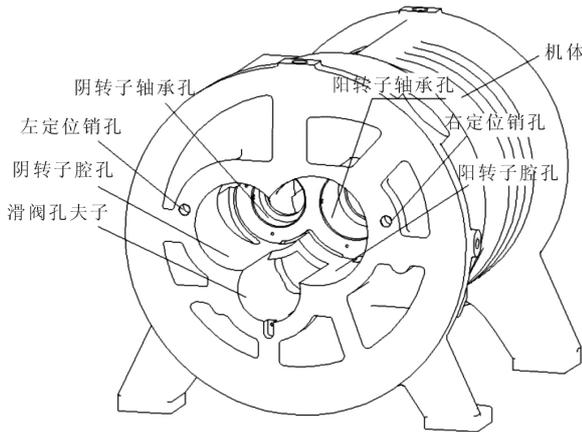


图1 机体铸件结构图

Fig.1 Schematic diagram of frame casting structure

±1 μm); 夹紧方式: 铸件水平放置, 4 个机脚固定, 用 4×M20 mm 螺钉锁紧和 2×φ16 mm 定位销定位; 检测设备: 莱兹三坐标 PMM-C1000 (测量精度 1.3+ L/400 μm)。

考虑到机体铸件检测尺寸类型较多, 对机体铸件尺寸进行分类: ① $d \leq 20$ mm 孔: 左右销钉孔直径和位置尺寸; ② $20 \text{ mm} < d \leq 100$ mm 孔: 阴阳转子轴承孔直径, 滑阀孔直径和位置尺寸; ③ $d > 100$ mm 孔: 阴阳转子腔孔直径和同轴度。

最终对机体三坐标测试尺寸按顺序进行标号结果(以阳转子轴承孔中心建立 XY 坐标):

- (1)左定位销直径;
- (2)右定位销直径;
- (3)左定位销 X 轴;
- (4)左定位销 Y 轴;
- (5)右定位销 X 轴;
- (6)右定位销 Y 轴;
- (7)滑阀孔直径;
- (8)滑阀孔 X 轴;
- (9)滑阀孔 Y 轴;
- (10)阳转子轴承孔直径;
- (11)阴转子轴承孔直径;
- (12)阳转子腔孔直径;
- (13)阴转子腔孔直径;
- (14)阳转子腔孔同轴度;
- (15)阴转子腔孔同轴度;
- (16)轴承孔中心距。

为了便于对于机体铸件应力对加工尺寸的影响, 机体铸件采用 3 种热处理方式: ①机体铸造完后开箱进行人工时效退火; ②机体铸造完后砂腔内冷却到 300 °C 开箱; ③机体铸造完后砂腔内冷却到 100 °C 开箱。

2 结果与讨论

机体铸件加工完后放置三坐标室 2 h 后, 保证机体铸件温度和三坐标温度接近后进行尺寸检测, 结果如图 2。对比机体 3 种不同的冷却方式, 人工时效退火铸件偏差量最小, 300 °C 开箱偏差最大, 但是总体的差异不明显。

为了便于对比砂腔内冷却 300 °C 开箱和 100 °C 开箱后铸件加工尺寸差异, 以人工时效退火为基

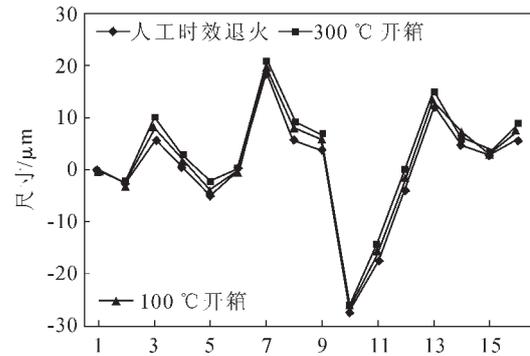


图2 Three kinds of cooling methods dimension detection

准, 分别对比他们和人工时效退火尺寸的差值, 结果如图 3 所示。最大的偏差为阳转子腔孔和阴转子腔孔直径, 偏差分别 1.8 μm 和 2.1 μm, 原因是由于阴阳转子腔孔均为缺圆, 在切削加工过程中两缺圆交线区域强度最弱, 受铸件应力的影响较大, 因此加工尺寸的变形量也最大; 销钉孔直径的偏差较小, 由于销钉直径 20 mm, 尺寸较小, 并且销钉孔在法兰端面上, 销钉周围的铸件强度较大, 受铸件应力的影响较小。总体尺寸的偏差 -0.8~2.1 μm, 总体的差异不明显。

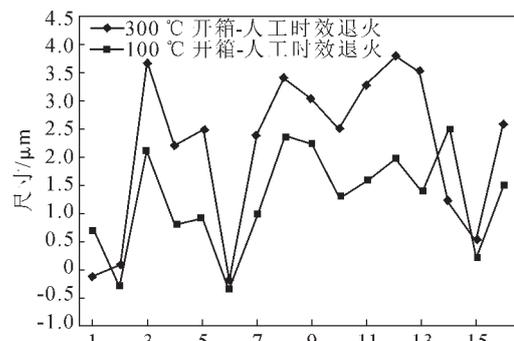


图3 300 °C 和 100 °C 开箱和人工时效退火尺寸差值
Fig.3 Difference of size between 300 °C and 100 °C open box and artificial aging annealing

3 结论

(1)铸件不同的冷却方式对加工精度还是有影响的, 人工时效退火对加工精度影响最小, 其次是砂腔内冷却到 100 °C 开箱, 最后是腔内冷却到 300 °C 开箱, 但是总体的差异不明显。

(2)铸件腔内冷却到 300 °C 和 100 °C 开箱对加工精度影响最大 2.1 μm, 影响很小, 铸件只需要满足砂腔内冷却温度 300 °C 以下开箱可满足加工尺寸精度要求。

(3)对于铸件腔内冷却到 300 °C 开箱工艺, 铸件设计时应尽量避免缺圆结构, 减少铸件残余应力对

(下转第 60 页)

- Bimetal Composite Pipes [J]. Journal of Failure Analysis & Prevention, 2015, 15(4):563-570.
- [48] Lu S L, Xiao F R, Zhang S J, et al. Simulation study on the centrifugal casting wet-type cylinder liner based on ProCAST[J]. Applied Thermal Engineering, 2014, 73(1):512-521.
- [49] 刘国平, 王渠东, 蒋海燕. 铜/铝双金属复合材料研究新进展[J]. 材料导报, 2020, 34(4):7115-7122.
- [50] 杨学民, 孙月海, 于宪薄, 等. 双金属耐磨套筒的离心铸造研究[J]. 铸造技术, 1993(6):9-11.
- [51] 符寒光, 肖强. 离心铸造复合冶金轧辊金属的发展[J]. 特种铸造及有色合金, 1997(3):51-54.
- [52] 鲍嘉宏. 离心复合铸造厚壁辊筒的裂纹缺陷 [J]. 铸造, 2001(8):502-503.
- [53] 吕学财, 王英. 离心铸造双金属复合辊筒技术 [J]. 铸造技术, 2005(9):795-797.
- [54] 何奖爱, 王玉玮, 佟铭铎, 等. 碳钢—含硼高铬铸铁双金属离心复合铸造[J]. 铸造, 1999(4):34-35
- [55] 郭明海, 蔡玉丽, 孙红波, 等. 离心铸造碳钢-高铬铸铁双金属复合管工艺初探[J]. 钢管, 2008(1):38-41.
- [56] 张国赏, 高义民, 邢建东, 等. 钢/铁双金属复合材料的离心铸造工艺及界面控制[J]. 西安交通大学学报, 2006(7):815-818.
- [57] 姚三九. 双金属滚筒离心铸造 [J]. 特种铸造及有色合金, 2002(2):44-45.
- [58] 徐畅. 工艺参数对双金属离心管铸造过程影响规律研究 [D]. 武汉: 武汉理工大学, 2016.
- [59] 张勃. 离心铸造双金属复合管数值模拟与工艺优化[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2018.
- [60] 张伟, 许云华, 刘伟涛. 双头离心浇铸双金属复合管工艺研究[J]. 热加工工艺, 2007, 36(21):41-45.
- [61] 张伟. 离心铸造双金属复合管凝固模拟前后处理研究[D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2007.
- [62] 李岗. 双金属复合管离心铸造凝固过程温度场数值模拟[D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2007.
- [63] 武宏. 双金属管离心复合设备及其自动化[D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2008.
- [64] 隋贤栋, 陈生隘, 杜隆有. 双管式离心铸管工艺与技术研究[J]. 华南理工大学(自然科学版), 1995(23):19-25.
- [65] 武宏, 原思聪, 许云华. 双金属复合管离心机的改进设计[J]. 热加工工艺, 2008(13):26-27.
- [66] Jianzhong Xu, Xingjian Gao, Zhengyi Jiang, et al. Microstructure and hot deformation behaviour of high-carbon steel/low-carbon steel bimetal prepared by centrifugal composite casting[J]. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology 2016, 86:817-827.
- [67] 萧骅昭, 付玉珍. 双金属离心铸造耐磨套筒的金属学和物理特性研究[J]. 铸造技术, 1994(1):39-43.
- [68] 杨学民, 萧骅昭, 孙月海, 等. 双金属离心铸造碾辊的复合机理研究[J]. 特种铸造及有色合金, 1994(3):13-15.
- [69] 何奖爱, 王玉伟, 刘云秋. 65Mn/Q235离心铸造复合钢板力学性能及微观组织的研究[J]. 材料科学与工艺, 2000(4):51-53.
- [70] 周利, 何奖爱, 辛启斌, 等. 高碳高铬钢/含铬灰铸铁离心复合界面的研究[J]. 东北大学学报, 2004(5):424-426.
- [71] 胡冰, 那顺桑, 陶进长, 等. 离心铸造双金属结合层的研究[J]. 热处理, 2008, 23(6):51-54.
- [72] 刘建彬, 韩静涛, 解国良, 等. 离心浇铸挤压复合钢管界面组织与性能[J]. 北京科技大学学报, 2008(11):1255-1259.
- [73] 吴轩, 胡建华, 高歌. 离心铸造双金属管复合界面的研究[J]. 热加工工艺, 2015, 44(23):95-97, 100.
- [74] 顾剑峰, 杜学铭, 张勃, 等. 离心铸造双金属复合管内层组织及力学性能[J]. 特种铸造及有色合金, 2018, 38(3):291-294.
- [75] 陈聪, 汪选国. 热处理对离心铸造高铬铸铁-不锈钢双金属管界面组织及性能的影响[J]. 热加工工艺, 2019, 48(4):222-224, 229.
- [76] 秦芳诚, 齐会萍, 李永堂, 等. 一种离心铸造双金属管件热辗扩毛坯尺寸的确定方法: CN109332561A[P]. 2019-02-15.

(上接第 42 页)

加工尺寸精度影响。

参考文献:

- [1] 黄汉云, 宋万军, 袁志祁, 等. 消除铸件内应力应注意的几个问题[J]. 热处理工艺, 2006, 35(9):99-100.

题[J]. 热处理工艺, 2006, 35(9):99-100.

- [2] 黄微, 陈艳丽, 张丽娟. 机加工后铸件应力与变形的试验研究. 铸造技术, 2002, 23(2):89-91.

(上接第 47 页)

印过程中保证了负压的稳定。从而使打印机生产的砂型质量更好, 砂芯废品率更低, 回收打磨砂芯成本更低, 更加符合高端制造特点。

参考文献:

- [1] 孙灿飞, 蔡元友, 龙海军, 等. 电子式氧气调节器中步进电机模糊控制技术[J]. 测控技术, 2013(4):78-81.

- [2] 丁凡, 姚健娣, 笪靖, 等. 高速开关阀的研究现状[J]. 中国工程机械学报, 2011(3): 351-358.

- [3] 穆世民, 杜志军, 苏攀, 等. Redon 高负压引流系统在跟骨骨折术后的应用[J]. 中外健康文摘, 2013(6):90-91.

- [4] 李锦云, 杜经民, 李宝仁. 基于模糊控制的正负压连续控制系统研究 [C]// 第四届全国流体传动与控制学术会议论文集. 2006: 72-74.