

半调节式斜流泵叶轮制造问题探讨

甄志杰

(中核第四研究设计工程有限公司,河北石家庄 050021)

摘要:半调节式斜流泵在试制阶段做水利性能试验时,发现扬程、流量和效率均低于要求。分析了扬程、流量和效率均低于技术要求的原因,研究并制订了解决方案。结果表明,通过优化叶片的铸造工艺和机加工工艺,解决了叶片加工精度问题;通过工装优化,解决了叶片无工艺卡头状态下再次加工定位销孔的问题。确定的典型工艺,为半调节式斜流泵叶轮加工制造提供了参考。

关键词:叶片;0°基准线;工艺卡头;工艺不合理;工装胎具

中图分类号: TG245

文献标识码: A

文章编号: 1000-8365(2020)08-0733-04

Analysis and Solution of Semi-adjusted Oblique Pump Impeller Processing Manufacturing Problems

ZHEN Zhijie

(The Fourth Research and Design Engineering Corporation of CNNC, Shijiazhuang 050021, China)

Abstract: It was found that the head, flow rate and efficiency were lower than the requirements in the hydraulic performance test of the semi-adjustable inclined flow pump in the trial production stage. The reasons why the head, flow rate and efficiency were lower than the technical requirements were analyzed. The results show that the problem of blade machining precision is solved by optimizing the casting process and machining process. By means of tooling optimization, the problem of reworking locating pin hole in blade without process clamp is solved. The determined typical process provides a reference for the manufacture of semi-regulated inclined flow pump impeller.

Key words: leaf blade; 0° reference line; process clamp head; unreasonable process; pattern

1 半调节式斜流泵结构及叶片角度调节原理

叶片角度半调节式斜流泵主要有吸入喇叭口、叶轮室、叶轮、导叶体、外接管、主轴、主轴支架、电机支架及电机等零部件组成。图1为叶片半调节式叶轮结构示意图。可以看出,叶片半调节式叶轮由叶片、叶轮轮毂、叶轮锁紧环、定位销和内六角螺栓构成。叶片和叶轮轮毂上均有多个定位销孔,通过定位销所在的定位销孔中来确定叶片的角度,通过定位销不同的位置确定不同的角度。可以根据工况需求把叶片调整在需要的角度,从而可以适应多个工况的要求^[1]。图1通过定位销限制叶片的旋转自由度,通过叶片锁紧环和内六角螺栓的共同作用固定在轮毂上,从而达到固定叶片的目的。

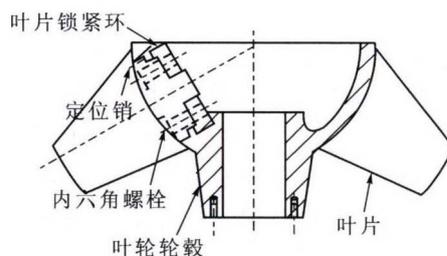


图1 叶片半调节式叶轮

Fig.1 The schematic diagram of the blade semi-adjusted impeller

2 半调节式斜流泵质量事件发生的背景

斜流泵处于新产品试制阶段,在做水利性能试验时,发现其扬程和流量严重低于技术要求。为此进行了相关排查,设计对叶轮水力图进行重新计算,并对叶片的模型曲面部位进行检查,均无问题。该叶片曲面是铸造并留有打磨余量制造而成的。在测量叶轮叶片时发现叶片实测尺寸与设计图存在着差别。为此对叶片整个生产制造过程中进行跟踪排查,通过排查发现是因为叶片工艺卡头铸造精度低、叶片0°基准刻线铸造精度低和机加工工艺不合理的原因,导致叶片在组装后水力图与设计不符,从而出现

收稿日期: 2020-04-07

作者简介: 甄志杰(1983-),河北石家庄人,本科,工程师。主要从事核电设备监造方面的工作。电话: 13831166275, E-mail: 271441021@qq.com

水利性能试验不合格的问题。

3 叶片试制过程中工艺分析及质量问题原因分析

叶轮测绘后发现叶片与理论设计位置存在着很大的差别。进行了尺寸检查、机加工工艺分析、铸造工艺分析和模型检查等工作。通过发现的问题,并对叶片加工影响的分析。

3.1 叶片铸造工艺和叶片铸造出现的质量问题

叶片的铸造工艺是采用木模上下砂型铸造工艺,工艺也是试制工艺。通过检查叶片和模型,发现叶片存在的主要质量问题有:①铸造存在着涨箱、错箱和变形等问题;② 0° 基准线是造型工手工在砂型上刻画,手工刻画存在着 0° 基准线位置精度低和刻线线条粗的因素,发现铸造出来的叶片 0° 基准刻线存在线条不直和太粗的问题;③经检查叶片工艺卡头与叶片轴未在同一基准轴上,发现模型中的工艺卡头位置与要求不符。

3.2 机加工工艺流程和机加工工艺

半调式叶轮加工工艺流程是:加工叶片与轮毂配合部位→叶片和叶轮轮毂组装→加工叶轮外径→静平衡→动平衡。叶片曲面是铸造并留有余量,通过打磨制作而成。叶片在铸造时增加了工艺卡头,并要求叶片轴轮毂部位铸造出 0° 基准线。叶片机加工工艺如下:①圆车工艺内容如下:三爪卡工艺卡头,钻中心孔,顶中心孔按图加工各部位,测量基准为叶片轮毂部位,保轮毂尺寸厚,加工完本端,然后再装卡,用三爪卡另一端,钻中心孔,顶中心孔,车工艺卡头外圆和叶片轴尺寸相同;②钳工工艺内容如下:在叶片轴和工艺卡头架V型铁,以 0° 基准线为基准划出定位销孔加工用线和水平线;③镗床工艺内容如下:在叶片轴和工艺卡头处架V型铁,按水平线找平,垫实压紧,按线钻定位销孔;④去掉工艺卡头;⑤叶片与叶轮轮毂组装后加工外径;⑥按图要求打磨叶片。

3.3 根据叶片铸造的质量问题结合加工工艺展开对加工影响的分析

叶片某一位置的三维空间尺寸由叶片轴的中心线、定位销位置和叶片径向定位尺寸来确定。根据叶片铸造质量问题结合加工工艺对叶片加工影响进行分析。

3.3.1 工艺卡头不正确对叶片影响的分析

叶片的加工基准应该是叶片轴的轴线为加工基准。因模型中工艺卡头和叶片轴未在一个基准轴上。在叶片加工第一工步时用三爪卡工艺卡头,因

三爪自定心的原因,导致叶片轴在加工过程中与工艺卡头成为同一个基准轴。这样就出现了叶片轴的中心线与理论中心线不在同一条线上,这样加工出来的叶片某一位置的相对坐标与理论坐标也有差异。

3.3.2 铸造 0° 基准刻线对叶片加工影响的分析

叶片的 0° 基准刻线是铸造出来的,刻线存在着线条不直且太粗的现象。机加定位销孔是以 0° 基准铸造刻线为基准划线加工而成的。刻线不直且太粗对划线基准影响也很大,在这样的基础下加工出来的 0° 基准线的角度于理论的 0° 基准的角度有影响。从而导致加工出来的叶片定位销孔与理论位置不同。不同叶片之间的铸造基准刻线也存在着的差异,这样也会对叶轮的水利性能试验有影响。

3.3.3 机加工工艺对叶片加工影响的分析

机加工工艺应考虑铸造质量对加工的影响,应通过工艺来保证零件的质量。根据叶片铸造质量问题结合机加工工艺,对加工工艺进行了分析,发现有以下不足:①叶片轴和工艺卡头存在着涨箱错箱的现象,如果以毛坯外圆为基准,加工出来的中心线与理论中心线有差别;②叶片轴在加工时轴向测量基准是叶片的铸造毛坯面,保轮毂厚度尺寸。如果以此为测量基准,加工出的叶片在径向位置存在着向里或向外的现象,这样加工出来的叶片径向尺寸定位尺寸与理论定位尺寸有差别;③定位销孔通过划线加工,划线精度受钳工经验及 0° 铸造刻线等因素影响。这样加工出定位销位置与理论位置也有差别。

4 修改铸造和机加工工艺,并与原工艺对比分析

对叶片试制过程中铸造、机加工和叶片质量等问题进行分析,找出影响叶片质量的因素,对铸造工艺和机加工工艺进行修改,并与原工艺进行对比分析。

4.1 铸造工艺修改及分析

因模型中工艺卡头部位与叶片轴没有在一个基准轴上,为此修该模型。铸造工艺由木模上下砂型铸造工艺改变为木模上下砂型+活块。模型修改后有如下变化:①模型外形尺寸变大,工艺卡头和叶片轴部位分别增加了活块;②在模型增加了与叶片轴的垂直刻线。

修改后的模型与原模型对比有以下作用:①模型外形尺寸加大,一是为了修复工艺卡头和叶片轴不同心,二是为了在叶片轴和工艺卡头增加活块定位,定位活块长度增加保证活块的定位精度。因叶片轴和工艺卡头存在错箱涨箱现象,如果以铸件毛坯

轴外圆为基准划线,这样加工起来,对叶片的空间尺寸也会影响。这样修改最终目的是为了在叶片划线过程中以模型中放活块部位做为基准比以毛坯轴外圆为基准精度要高;②在模型增加了与叶片轴的垂直刻线,该刻线经过设计计算并转换在模型上,通过该刻线在叶片划线工序转化到叶片上,该刻线目的是在加工叶片轮毂轴向尺寸做为测量基准,这样做不在以测量轮毂轴厚度为基准,这样做也提高了加工精度。

4.2 新机加工工艺与原工艺对比分析

分析原工艺不合理的地方,并结合叶片铸造出现的问题,编制了叶片新的加工工艺如下:①钳工工序内容如下:叶片放在木模上,以木模工艺卡头(安放活块处)圆心为基准划出工艺卡头圆心,以木模叶片轴(安放活块处)为基准划出叶片轴的圆心,以二者圆心为基准划出叶片的中心线;按模型的刻线为基准划出叶片轴的垂直线;以模型的分型面为基准划出叶片轴和工艺卡头的水平用线;②镗床工序内容如下:按水平线找平,按中心线拉直;垫实压紧,以中心线位置和水平中心线位置确定主轴中心,车外圆车圆即可,车平端面即可,在叶片轴端钻中心孔,掉头车工艺卡头端车圆即可;③圆车工艺内容如下:三爪卡工艺卡头,顶中心孔,以叶片上的垂直刻线为测量基准,按图加工各部位并量各尺寸,加工完本端,然后再装卡,用三爪卡另一端,钻中心孔,顶中心孔,车工艺卡头外圆和叶片轴尺寸相同;④钳工工序内容如下:叶片放在木模上,以两端加工圆中心为基准划出中心线,工艺卡头和叶片轴两端划出水平中心线;⑤镗床工序内容如下:在叶片轴和工艺卡头架V型铁,按中心线拉直,水平中心线找平,垫实压紧。以加工圆为中心,走坐标钻定位销孔(定位销孔坐标由技术提供);⑥去掉工艺卡头;⑦叶片与叶轮轮毂组装后加工外径;⑧按图要求打磨叶片。

新工艺与原试制工艺进行对比分析:①在圆车加工前增加了划线工序,这样做的目的:一是为镗床加工做准备工作,二是为圆车加工叶片轴做轴向尺寸测量基准;②在圆车加工前增加镗床工序,因叶片轴和工艺卡头存在错箱和涨箱的现象,这样做目的:一是镗床加工工艺卡头和叶片轴外圆这样加工比直接在圆车加工精度要高,二是在叶片轴增加了钻中心孔,避免了叶片在圆车加工时因重心不在基准轴上产生不同心的现象,在镗床钻中心孔提高了叶片中心孔的精度;③叶片定位销孔有技术人员提供其坐标,这样加工定位销孔精度要比以前划线

精度高很多。

5 通过工装胎具解决叶片定位销孔角度再加工的问题

叶片按新工艺重新加工后,再次进行了水利性能试验,又发现水利性能试验不合格。设计人员对图纸重新进行校对,发现叶片定位销孔设计错误,所以叶片组装后存在着实物与理论设计尺寸错误的问题。为此设计重新修改图纸。叶片在加工定位销孔时,用V型铁架工艺卡头和叶片轴,叶片目前的状态是工艺卡头已经去掉了,仅用叶片轴架在V型铁上,存在着装卡不稳定的现象,面临着装卡困难的问题。为降低生产成本,通过设计工装胎具,解决了叶片装卡的问题。图2为设计的工装胎具示意图。在镗床上利用工装胎具、定位销和内六角螺栓共同作用下,由技术人员提供新的定位销孔的坐标,这样就解决了叶片再加工定位销孔的问题了。图2设计上有定位止口和螺纹孔。首先将叶片轴装在胎具定位止口上,在将叶片轴装上定位销,定位销与胎具侧面贴实(侧面按图2设计图加工,目的是用定位销定位精度高),最后通过螺栓将叶片固定在胎具上。然后走坐标加工新的定位销孔。

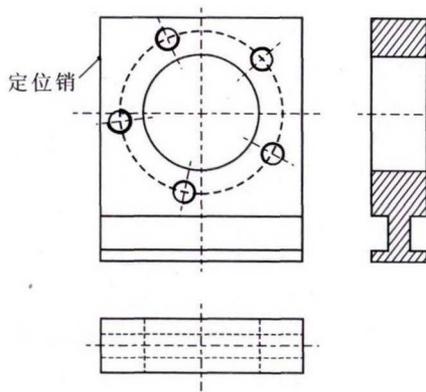


图2 设计的工装胎具示意图

Fig.2 Schematic of specially designed tooling for machining the impeller

6 解决了半调式斜流泵水利性能试验不合格的问题

叶片定位销孔重新加工后,与叶轮轮毂装配后,再次进行水利性能试验,试验过程中测试其扬程、流量、振动、噪声和效率均符合设计要求。用原试制工艺加工后的叶片对定位销孔进行重新加工后,也进行了水利性能试验,结果水利性能试验还是不合格。通过新旧工艺加工出来的叶片的水利性能试验对

(下转第741页)

[6] 虞大联,邓小军,刘韶庆,等. 复合材料技术在转向架中的应用[J]. 电力机车与城规车辆,2015(38): 17-22.

[7] 李辰,许淑萍,张伟龙,等. 复合材料在轨道交通转向架中的应用[J]. 纤维复合材料,2019(3): 6-11.

[8] 门永林,楚永萍,冯遵委. 纤维增强复合材料在转向架上的应用研究[J]. 铁道机车车辆,2019(39): 92-95.

[9] 李梁京,王继荣,李军. 新型轻材料在转向架部件中的应用[J]. 青岛大学学报(自然科学版),2017(30): 42-46.

(上接第 732 页)

[17] Hunt J D. Steady state columnar and equiaxed growth of dendrites and eutectic [J]. Materials Science and Engineering, 1984, 65(1): 75-83

[18] Zhu M F, Hong C P. A modified cellular automaton model for the simulation of dendritic growth in solidification of alloys [J]. ISIJ International, 2001, 41(5):436-445.

[19] Flood S C, Hunt J D. Columnar and equiaxed growth:I-A model of a columnar front with a temperature dependent velocity [J]. J Cryst Growth,1987,82(3): 543-551.

[20] Flood S C, Hunt J D. Columnar and equiaxed growth: I-I-E-quiaxed growth ahead of a Columnar front[J]. J Cryst Growth, 1987, 82(3):552-560.

[21] Hunt J D. Steady state columnar and equiaxed growth of dendrites and eutectic [J]. Materials Science and Engineering,1984,65(1): 75-83.

[22] 张博,朱花,赵晓东,等. 空心钢锭凝固过程缺陷的模拟研究[J]. 太原科技大学, 2018,39(1):35-41.

[23] 松野淳一. 锻造用大型中空钢锭的凝固与偏析 [J]. 英在田摘译. 大型铸锻件, 1983(4):66-71.

[24] 许天华. 空心钢锭的制造技术[J]. 一重技术,2004(2): 28-31.

[25] 宋迎德,郝海,谷松伟,等. 枝晶尖端生长速度对凝固组织数值模拟的影响研究 -Ivantsov 函数近似方式的确定 [J]. 铸造技术, 2011,32(1):34-38.

(上接第 735 页)

比,可以看出半调式斜流泵叶轮叶片加工制造的问题得到了有效的解决,保证了设计要求。

7 结论

通过完善铸造工艺和机加工工艺,保证了叶片加工精度的问题;叶片定位销孔设计错误时,面临着无工艺卡头并且要解决加工定位销孔的问题,通过工装胎具的设计,解决了装卡的问题。通过解决

半调式斜流泵在试制过程中的各种问题,编制半调式斜流泵叶轮典型制造工艺,为其加工制造提供了宝贵经验。

参考文献:

[1] 成大先,王德夫,刘世参,等. 机械设计手册(第五版)[M]. 北京: 化学工业出版社,2011.



福建省榕霞石英砂有限责任公司 漳浦县榕霞矿业开发有限公司

公司简介 Company

我们公司创办于1976年,是国内较早从事石英砂系列产品生产、销售一体化经营的综合性企业。公司拥有丰富的优质石英砂矿产资源,矿区面积1000多亩,年开采量可达40万吨。公司生产的石英砂产品具有SiO₂含量高,含泥量低、角形系数小等特点,是高品质天然石英砂。

“榕霞”天然石英砂系列产品现广泛应用于国内铸造行业、机械制造业、全国各水处理行业及玻璃制造、钢铁冶金行业等,质量达到国际先进水平。公司已通过ISO9001、ISO14001管理体系认证,先进的生产工艺及完善的品质保障体系确保了产品质量的长期稳定,专业的销售团队为客户提供优质完善的售后服务。



产品主要理化性能

SiO ₂ > 98%	角形系数 < 1.3
灼烧减量 < 0.5%	含泥量 < 0.3%
含水量(干砂) < 0.2%	耐温 > 1700℃