

输送机链轮轴关键工序制造工艺应用研究

张艺^{1, 2}, 米佩^{1, 2}, 李清^{1, 2}, 朱海鹏^{1, 2}

1. 宁夏天地奔牛实业集团有限公司 宁夏石嘴山 753001
2. 宁夏天地奔牛传动科技有限公司 宁夏银川 750021

摘要: 某型输送机链轮轴, 其制造难点在于气割外形、感应淬火、矩形内花键加工等方面, 根据制造工艺流程分析, 对上述难点进行工艺试验研究, 完成链轮轴制造加工, 产品检测结果符合技术要求, 为同类型结构产品的加工制造提供应用参考。

关键词: 链轮轴; 气割; 感应淬火

Research on the application of manufacturing technology for key processes of conveyor chain wheel shaft

ZHANG Yi^{1,2}, MI Pei^{1,2}, LI Qing^{1,2}, ZHU Haipeng^{1,2}

1. CCTEG Ningxia Tiandi Benniu Industrial Group Co., Ltd., Shizuishan, 753001, Ningxia, China
2. Ningxia Tiandi Benniu Transmission Technology Co., Ltd., Yinchuan 750021, Ningxia, China

Abstract: A conveyor chain wheel shaft is difficult to manufacture in terms of gas cutting shape, induction quenching, rectangular inner spline processing, etc. Based on the analysis of the manufacturing process flow, process experiments are conducted to study the above difficulties, and the manufacturing of the chain wheel shaft is completed. The product inspection meets the technical requirements, providing application reference for the processing and manufacturing of similar structural products.

Keywords: sprocket shaft; gas cutting; induction hardening

1 序言

输送机链轮轴组件主要由链轮轴、花键轴、密封件及紧固件等部件组成, 链轮轴是一种传动件, 需配合链条使用, 轴的一端为内花键, 与花键轴相连, 结构简单、安装方便、强度高^[1]。链轮轴材质为合金钢, 毛坯整体锻造, 齿形由数控铣床加工而成, 为了增加链轮轴强度、延长使用寿命, 进行调质和齿面淬火处理。本文选取的输送机链轮轴材质

为42CrMo钢, 以此进行制造工艺分析探究。

2 制造难点及关键工序分析

链轮轴在制造过程中, 主要有以下难点。

- 1) 链轮轴齿形采用链轮数控火焰切割机进行气割, 需设计专用的工装夹具, 选取最优的预热气割参数, 避免过程中出现较大的气割缺陷。
- 2) 矩形花键在插床上进行逐一齿形加工, 插床加工后检测发现, 齿形尺寸精度不一致, 旋转角度

基金项目: 天地科技股份有限公司科技创新创业资金专项项目“复杂工况下链轮耐磨制造技术的研究与应用”(2023-TD-MS004); 宁夏回族自治区重大科技成果转化项目“矿用重型刮板输送装备大功率减速器产业化应用项目”(2023CJE09010); 中国煤科项目收益分红激励项目“超重型刮板输送机用2000kW行星减速器”(2024CGZH02)。

第一作者: 张艺, 工程师, 主要研究方向为机械加工、金属材料热处理, E-mail: 120445228@qq.com。

不均匀，组装时导致干涉，效率低，因此需制定新的工艺方案，在高效插齿机上加工，保证质量，提高效率。

3 链轮轴制造工艺流程分析

链轮轴主要工艺流程：锻造毛坯→正火处理→粗加工（外圆、内孔、端面）→气割齿形→无损检测→调质处理→半精加工→粗铣、精铣齿形→齿面淬火→精加工→插花键^[2]。下面选取关键加工过程进行探讨分析。

4 链轮轴制造关键工序工艺研究

(1) 气割齿形 链轮轴齿形选用链轮数控火焰切割机进行气割齿形，链轮数控火焰切割机可直接调用链轮CAD二维图形进行NC代码编程，采用卧式旋转切割方式，气割后垂直度好，气割缺陷少。

1) 气割链轮轴工装结构设计：根据链轮数控火焰切割机锥形夹紧夹具系统，固定方式是采用两侧锥形轮夹紧的方式定位中心，锥形轮根据所加工的内孔和齿顶圆规格不同进行设计，锥形轮可定位链轮轴的中心，也可作为旋转动力传递件，锥形轮经过精密加工制造，并需进行表面淬火处理，保证耐磨性的同时具有一定的塑性，锥形轮设计结构原理及工件定位方式如图1所示。链轮轴左右两端需车加工成10mm×5mm×30°倒角，与锥形轮锥面斜度

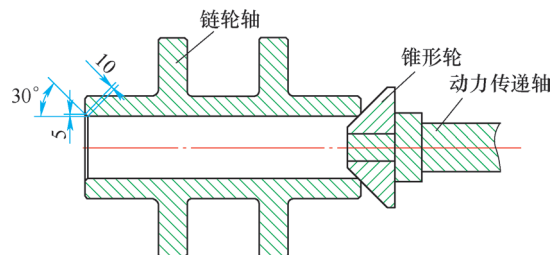


图1 锥形轮设计结构原理及工件定位方式

相配，左右两侧对称安装，动力传递轴末端与联轴节相连，使旋转动力稳定可靠。

2) 链轮轴气割工艺参数：链轮轴气割前需进行预热，预热温度 $\geq 400^{\circ}\text{C}$ ，根据链轮轴重量、壁厚等参数，预热2~3h，工件出炉温度 $\geq 350^{\circ}\text{C}$ 。预热后对割枪、程序、气割参数进行调节，气割过程中温度需控制在 $250\sim 350^{\circ}\text{C}$ ，气割后对气割面进行修磨，若发现有气割缺陷，可利用余温进行局部补焊、修磨处理。根据不同的零件厚度，推荐的气割参数见表1。

(2) 链轮轴齿形感应淬火工艺试验分析 链轮轴硬度要求 $> 50\text{HRC}$ ，淬火区域淬硬层深要求 $> 5\text{mm}$ ，共2排齿，每排9个齿，齿形结构如图2所示。结合链轮轴淬火部位结构及淬火技术要求，设计感应器内圈尺寸为 $\phi 321\text{mm} \times 40\text{mm}$ ，直喷形式，具体结构如图3所示。

表1 割嘴规格及气割参数选择

割嘴直径 /mm	切割厚度 /mm	切割速度 / (mm/min)	切割氧气压力 /MPa	预热氧气压力 /MPa	燃气压力 /MPa	切割氧流量 / (m³/h)	预热氧流量 / (m³/h)	燃气流量 / (m³/h)
25~40	25~40	450~350	0.6~0.75	0.2	0.02	3.8~4.5	1.3	0.32
40~60	40~60	400~300	0.5~0.75	0.2	0.02	4.2~5.6	1.3	0.32
60~100	60~100	350~250	0.6~0.85	0.2	0.02	7.6~10.6	1.3	0.32

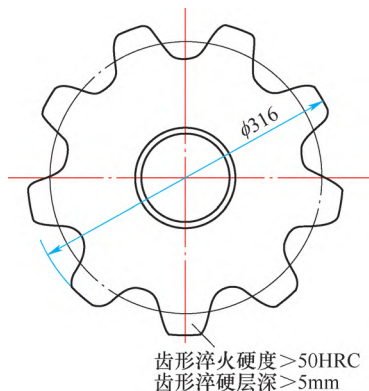


图2 链轮轴齿形示意



图3 感应器形貌

使用此感应器对链轮轴齿形进行感应淬火处理。一次加热一排齿形，手动加热淬火，加热时先不喷淬火液，加热到温度后喷淋冷却，加热过程旋转速度为60r/min，感应淬火试验参数见表2。

表2 感应淬火试验参数

项目	加热时间/s	冷却(间隔)/s	加热功率/kW	频率/kHz	淬火液浓度(%)	功率设定(%)
一次加热	75	(间隔) 15	75~105	10~11	13.7	95
二次加热	50	55				

感应淬火过程中，目测所要求加热区域温度均匀，淬火后对淬火部位进行淬硬层深及硬度检测。检测后硬度>50HRC，有效淬硬层深>5mm，链轮轴齿部感应淬火后淬火区域表面硬度及淬硬层深均满足技术要求。

(3) 加工方法 链轮轴内孔端为矩形内花键，矩形内花键的尺寸和位置精度是非常重要的，其直接影响到传动连接的质量和性能。矩形内花键的加工方法主要有传统铣削法、线切割法、电火花加工法，根据链轮轴特殊的结构限制，主要对以下两种工艺方法进行试验分析。

1) 采用传统的加工方法。在插床上进行矩形内花键的加工，即插削法，用插刀在插床上逐齿插削，插削完成后检测发现，由于机床工作台存在精度误差，因此旋转的角度不均布，导致每个齿形的尺寸不一致、精度差。在组装时发现与链轮轴矩形外花键干涉，无法组装，同时加工效率低，不适用于大批量生产，因此不建议采用此种加工方法。

2) 选用高效插齿机加工矩形内花键，定制专用的矩形花键插齿刀，根据链轮轴材质及热处理硬度，考虑加工过程中出现振刀、颤刀等情况，选取刚性较好的刀具材料^[3]，并对设计的插刀加工零件进行模拟，如图4所示。利用展成法在高效插齿机上进行试验加工，如图5所示。加工后进行三坐标检测，结果能够满足尺寸及精度要求，且能够顺利与轴矩形外花键进行组装，试制完成后可通过内花键通止规进行检测。使用高效插齿机加工不仅加工效率提高了3倍，还能够确保矩形内花键的配合精度和紧密度，保证传动连接的质量和性能，满足设计和使用要求，此种加工方法适用于批量生产。

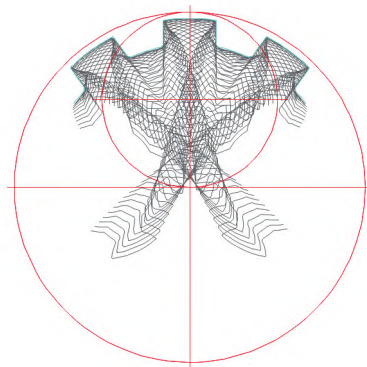


图4 插齿刀加工零件模拟

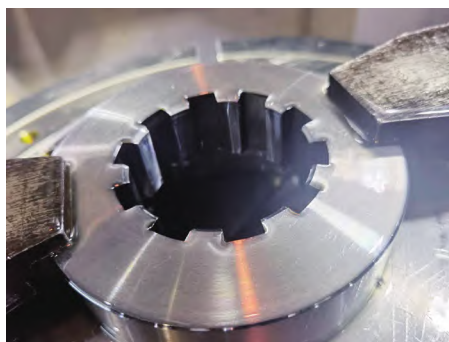


图5 矩形内花键试制加工

5 结束语

本文以42CrMo钢链轮轴为例，从加工工艺流程、制造关键工序、工装设计等方面进行了试验研究与分析，得到了合理的链轮轴制造工艺方案，选择了适宜的工艺装备，从而保证产品满足技术要求，可为同类型结构产品的加工制造提供生产应用参考。

参考文献：

- [1] 刘敏. 输送机驱动链轮轴的研制[J]. 煤矿机械, 2022 (6) : 48-50.
- [2] 王立华. 刮板机链轮轴加工工艺分析[J]. 河南科技, 2012 (18) : 56-56.
- [3] 唐万良. 矩形盾构刀盘基体内花键加工工艺优化及夹具设计[J]. 建设机械技术与管理, 2024 (2) : 67-59.

MW 20240616