DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2021.05.006

铸造用木模样扇形减重孔的成型技术

孙　慧[1],曹战龙[2],郭新玲[1]

(1. 陕西工业职业技术学院 材料工程学院,陕西 咸阳 712000;2. 宝鸡石油机械有限责任公司,陕西 宝鸡 721002)

摘　要:针对轮体上各类扇形减重孔的结构特点,研究并总结出适用于各类扇形孔的成型技术。根据团队多年的模型制作经验,分别对木模的普铣加工、普铣与模型工配合加工、整体加工、四段加工和数控编程加工等 5 种加工工艺及特点进行了分析和研究,确定出适用于大型轮体扇形孔、轮毂与轮缘间距小于 50 mm 的扇形孔和轮毂与轮缘间距大于 50 mm 的扇形孔的加工技术,保证了各类结构扇形孔的加工质量和成型效率。

关键词:木模模样;芯盒;扇形减重孔;数控加工

中图分类号:TG241　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1000-8365(2021)05-353-04

Forming Technology of the Fan-shaped Lightening Holes in Wood Pattern for Casting

SUN Hui[1], CAO Zhanlong[2], GUO Xinling[1]

(1. School of Material Engineering, Shaanxi Polytechnic Institute, Xianyang 712000, China; 2. Baoji Oilfield Machinery Co., Ltd., Baoji 721002, China)

Abstract: According to the structural characteristics of various fan-shaped lightening holes on the wheel body, the forming technology suitable for various fan-shaped holes was studied and summarized. According to the years of model making experience of the team, five kinds of processing technologies and characteristics of the wood mold, including general milling, general milling and model machining, integral machining, four-section machining and numerical control programming machining were analyzed. The processing technology suitable for the fan-shaped hole of large wheel body, the fan-shaped hole with the distance between hub and flange less than 50 mm and the fan-shaped hole with the distance between hub and flange greater than 50 mm are determined, which ensure the processing quality and molding efficiency of the fan-shaped hole of various structures.

Key words: wood pattern; core box; fan-shaped lightening hole; numerical control machining

对于机械设备上的大型轮体,为了减轻自身重量,通常要在轮辐上均匀地做出一定数量的减重孔,减重孔一般有圆形减重孔和扇形减重孔两种(见图 1),其加工方式有整体铸造和刀具加工,也可将二者组合使用。采用套料刀具加工减重孔的工艺,主要是使用套料刀具对轮体的减重孔进行锪削,通过套料刀具的加工使中间棒料从轮体上同时套料切削下来,完成减重孔的加工,该工艺需要设计专用的套料刀具,适用于减重孔无法一次铸造成型的情况[1];采用“火焰切割+精镗加工”工艺加工减重孔时,要在火焰切割减重孔时留有机械加工余量,该工艺的优点是效率高、成本低[2]。

1　扇形减重孔的成型

图 2 所示为一个有 4 个扇形减重孔的大型链轮,需要在轮辐上加工出 4 个均匀分布的扇形减重孔,其木模型的成型工艺如下:①根据轮体图样要求,制作出合格的轮体模样或芯盒;②用模样或芯盒造型,并浇铸而成。模样用来形成铸件的外部轮廓,芯盒制作砂芯用来形成铸件的内部轮廓。

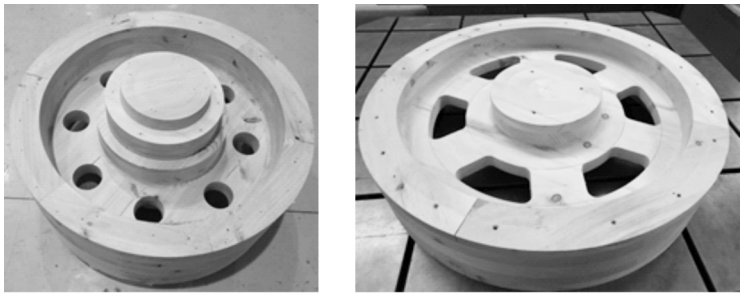
木模是铸造生产中最基本的工艺装备,其质量好坏直接影响铸件的形状和尺寸精度,所以木模无论在结构上,还是在工艺参数上都要严格要求[3]。而扇形减重孔的内表面是由多段不同半径圆弧相切而成,且要有工艺要求的起模斜度,这给模样加工带来一定难度。结合笔者多年一线工作经历和经验积累,对木模样扇形减重孔的加工成型技术进行分析。

收稿日期:2020-11-02

基金项目:陕西省教育厅专项科研研究计划“数控龙门铣床大型木模模样加工技术的研究(18JK0064)”

作者简介:孙　慧(1981—),女,甘肃张掖人,硕士,副教授.研究方向:模具设计与制造、CAD/CAM 及材料成型等教学与研究工作.电话:13892931921,
Email: 110812982@qq.com

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net



(a)圆形减重孔　　(b)扇形减重孔

图 1 大型轮体上的减重孔

Fig.1 Lightening holes on large wheel body

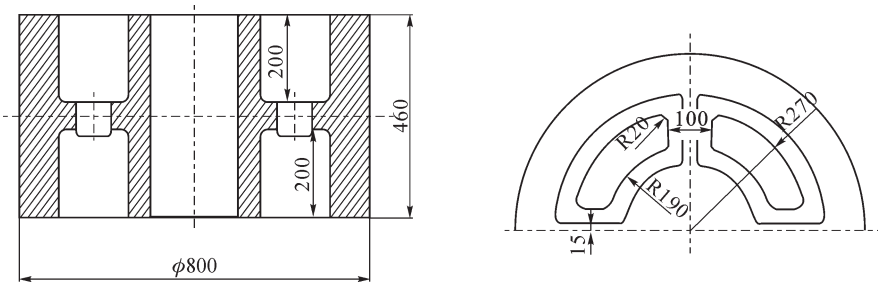


图 2 四均布扇形减重孔链轮示意图

Fig.2 Schematic of four uniformly distributed lightening holes in a sprocket

2 采用芯盒的成型工艺

芯盒成型工艺在木模样的生产中应用较为广泛，芯盒结构如图 3：成形轮缘内圈的圈芯 1，成型轮毂的圆柱 2，带扇形孔小型板 3。

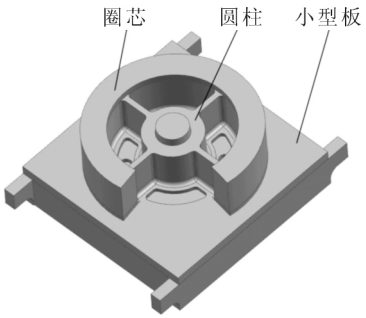


图 3 链轮的芯盒结构

Fig.3 Core box structure of the sprocket

2.1 普通铣床加工

在加工扇形减重孔前，先要使用普通铣床在小型板 3 上加工出扇形孔的上表面，模样工在加工好的上表面画出扇形孔，铣床工按线进行加工，如图 4 所示，具体的加工步骤如下：

（1）首先在普通铣床上铣出扇形孔的上表面。

（2）模型工根据图纸，在已加工的上表面上画出扇形孔的位置和形状尺寸。

（3）铣床工根据工艺斜度（起模斜度）的要求，磨削出相应角度的刀具，按线加工，使其满足图纸尺寸要求。

普通铣床加工法的优点是设备和工序都很简单，但对铣工的操作水平要求高，在加工扇形孔的圆弧过渡面时，稍有不慎就很容易出现工件划伤，且铣削出的圆弧过渡面也不光滑。出现这种情况需要追加一道工序——表面修饰处理，即需模样工对扇形孔的圆弧过渡面进行表面修饰处理。因此，这种方法会造成芯盒加工周期的不可控性，相应的人工成本和制造周期都会增加。

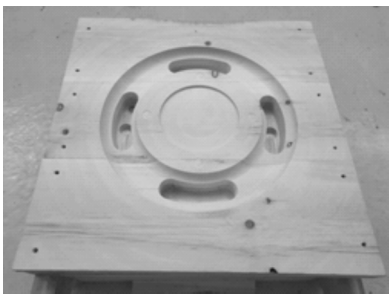


图 4 带扇形孔的小模板

Fig.4 A small pattern plate with fan-shaped weight reduction holes

2.2 普通铣床加工与模样工配合加工

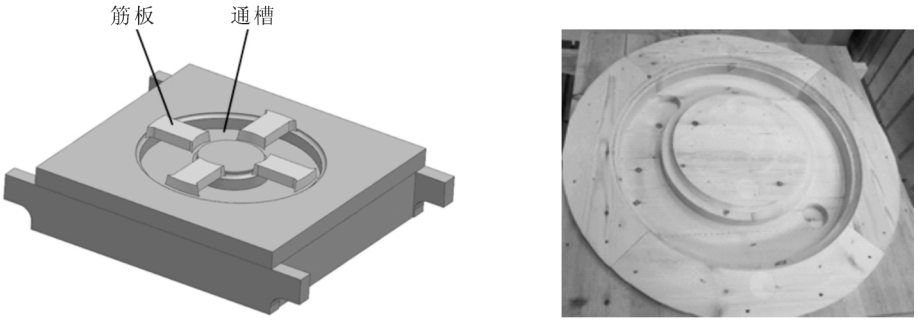
普通铣床加工与模样工配合的加工实现了“人机结合”的加工模式，普通铣床负责加工小型板上的通槽，模样工负责制作筋板，最终扇形孔由通槽和筋板组合而成，如图 5，具体的加工步骤如下：

（1）首先在普通铣床上加工出扇形孔的通槽。

（2）模型工按照工艺要求的起模斜度，通过锯割、磨削出扇形孔两边的筋板。

（3）最后将加工好的筋板放入已加工好的扇形的通槽中，进行胶结，即可完成加工。

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net



(a)带通槽的小型版和筋板　　(b)带通槽的小型版

图 5　人机配合的芯盒加工

Fig.5　Core box processing with man-machine cooperation

在普通铣床与模样工配合的加工工艺中,扇形孔是由通槽和筋板胶结而成的。这种芯盒成型方法省去了扇形孔的铣削加工,节约了木材,降低了制造难度,解决了普通铣床加工加工扇形孔费时费力的问题,大大缩短了芯盒的制造周期[4]。

3　模样自带扇形孔的成型工艺

有时为了降低芯盒的制造难度，缩短制造周期,提高效率,需要在模样上直接做出扇形孔,模样如图 6,木模样见图 7(a)所示。采用普通铣床加工模样时,由于受轮毂和轮缘的影响,操作工需要频繁停车,观察是否加工到画线位置,严重影响到模样的加工精度,加工精度不易控制,频繁停车也造成效率低。所以,需要在模样上直接做出扇形孔时,常采用数控铣床加工。

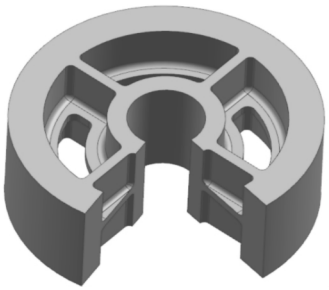


图 6　自带扇形孔的模样

Fig.6　Pattern with fan-shaped holes

3.1　整体加工法

模样自带扇形孔的整体加工法，需要编程人员确定下刀次数、下刀量及各层下刀路线,用相同的加工程序完成 4 个扇形孔的加工。此方法实现了带扇形孔模样的整体加工,简化了加工流程,整体加工法的具体步骤如下:

(1)按图纸尺寸对扇形孔进行 1:1 放样,也可使用 CAD 操作,找到圆弧的 8 个切点位置,并量取相邻两点的位置增量尺寸。

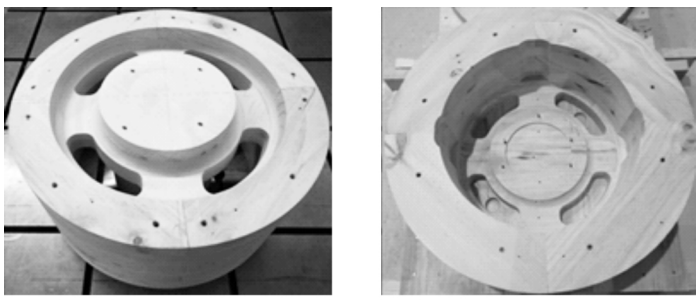
(2)根据扇形孔的深度和走刀次数来确定下刀量,例如:扇形孔深度 40 mm,计划下刀 20 次,则 Z 轴方向每次下刀量为 2 mm。

(3)根据起模斜度计算出第 2 次走刀的 8 个切点位置，再进一步确定相邻两点位置与上一次相邻两点位置变化的增量关系,例如:起模斜度 2 mm,计划下刀 20 次,则每次下刀连接圆弧的半径递减量为 0.1 mm,即每下一刀连接圆弧的半径减小或增大 0.1 mm,确定两次相邻两点的 x 向、Y 向的位置变化关系,如图 7。

(4)根据位置关系进行条件编程。

(5)确定起刀点,进行加工,并进行首刀检验,首刀检验的目的是检验加工程序是否编写正确，是否按线加工,起模斜度是否符合工艺要求。

(6)工作台旋转 90 度,进行下一扇形孔的加工,依次,直到 4 个扇形孔加工完成(见图 8)。

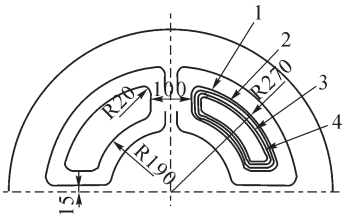


(a)模样自带扇形孔　　(b)芯盒成型扇形孔

图 7　四段法扇形孔的木模型

Fig.7　Wood pattern of fan-shaped hole with four sections separately cut

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net



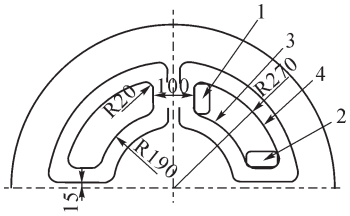
1- 第 1 次下刀轮廓；2- 第 2 次下刀轮廓；3- 第 3 次下刀轮廓
4- 第 4 次下刀轮廓

图 8 扇形孔逐渐缩小示意图
Fig.8 Diminishing fan-shaped hole

模样自带扇形孔的整体加工法，实现了一次加工成型，简化了加工流程，但程序编写前的计算工作过于繁琐，对人工编写程序来说，需要多次校核，防止数据出错。

3.2 四段加工法

四段加工法是把扇形孔内表面分解成 4 个简单部分，分别是：两直边和连接小圆弧所围成的两个腰圆孔 1、2，扇形孔的内圆弧 3，扇形孔的外圆弧 4。这样把多段圆弧链接的扇形孔内表面，简化为简单的曲面，简化了加工程序的编写，四段加工法的具体步骤如下（见图 9）。



1、2- 腰圆孔；3- 扇形孔的内圆弧；4- 扇形孔的外圆弧

图 9 扇形孔 4 段加工示意图
Fig.9 Schematic diagram of 4-section machining of fan-shaped hole

（1）分别加工 8 个腰圆孔。

（2）分别加工扇形孔的 4 个内圆弧。

（3）分别加工扇形孔的 4 个外圆弧。

四段加工法是将复杂的曲面分成简单的曲面进行加工，省去了模样整体加工时繁琐的加工路线计算，大大简化了程序的编写流程。四段法加工也可应用在采用芯盒的扇形孔成型工艺中。

3.3 自动编程加工

利用 UG 软件对扇形孔模型进行三维造型，在 CAM 环境中，通过创建程序、设置毛坯和坐标系、创建刀具，利用合适的加工工序进行参数设置，生成加工刀具轨迹，如图 10 所示，最后利用后置处理将刀具轨迹转换成加工程序，按照优化后的扇形孔木模样制作工艺一次加工成型。

自动编程加工是借助三维编程软件对扇形孔

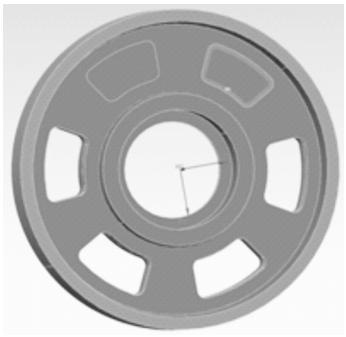


图 10 刀具轨迹
Fig.10 Tool track

进行三维建模，并进行刀路设定，自动生成程序，输入数控机床进行加工的过程。加工只需设定好起刀点即可。自动编程降低了程序编写的难度，减少了人为编写是可能造成的误差，准确度高，模样加工质量好，尤其在复杂曲面的加工方面，优势突出。木模样在数控加工后需要进行后处理，后处理的方法包括：打磨、刮灰、修补、抛光、上漆等[5]。

4 结语

（1）由于目前铸造成型工艺多采用树脂砂成型，所以机械设备上的大型轮体的扇形减重孔加工，优先选择采用模样自带扇形孔的成型工艺。

（2）当轮毂与轮缘之间距离小于 50 mm 时，在起模过程中由于摩擦力过大，起模困难，常常存在砂芯断裂在模样中不易取出，造成废工废料，因此，最好选用芯盒成型工艺。成型芯子质量好，铸件质量高。在使用芯盒成型时建议选择人机配合模式，数控铣床可根据模型的数量要求，在自动编程与 4 段法加工之间自由选择。

（3）当轮毂与轮缘之间距离较大时，首先考虑选用模样自带扇形孔的成型工艺，可简化芯盒的制作，降低制模难度，节约成本，缩短工期。自动编程对于批量生产来说，很是实用，但对于单件试制产品来说，前期准备工作也过于繁多，建议使用四段法加工。

参考文献：

[1] 徐雁凯，刘红枫. 拖轮减重孔加工新方法[J]. 有色矿业，2011，27（1）：37-38.

[2] 魏世明，关鹤. HXD 2 系列货运机车从动齿轮减重孔切割加工[J].金属加工（热加工），2018，18：57-60.

[3] 陈晓飞. 木模的设计制作与管理 [J]. 铸造技术，2010，12：1529-1531.

[4] 曹战龙. 木模的防变形处理[J]. 铸造，2012，06：748-750.

[5] 龚运息，李旺珍. 轮毂铸件 3D 打印模样代替木模的试验[J]. 铸造技术，2017，38（1）：227-230.

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net