曲柄专用立式车床加工曲柄

陈鑫，刘晓军，余以忠，宋鲁鹏，孙婷婷
青岛海西重工有限责任公司　山东青岛　266555

摘要：曲柄专用立式车床用于半组合式低速柴油机曲轴的曲柄加工，利用长刀板安装专用刀具完成对曲柄开挡、销轴颈、卸荷槽等部位的车削，解决了大型曲柄类零件深槽结构的加工难题。

关键词：专用刀具；曲柄；曲柄专用立式车床

1　序言

半组合式低速柴油机曲轴是由曲柄、主轴颈及法兰等零件通过过盈装配而成，其中曲柄零件的形状复杂、曲柄销与孔的偏心距大，曲柄的曲柄销、卸荷槽、开挡平面等部位形成了一个深度很大的槽形结构（见图1）。目前低速柴油机曲轴型号中，其开挡深度达到1～2m、宽度达130～300mm，刀具需要伸入开挡内对各部位进行加工，这是曲柄零件加工的难点。

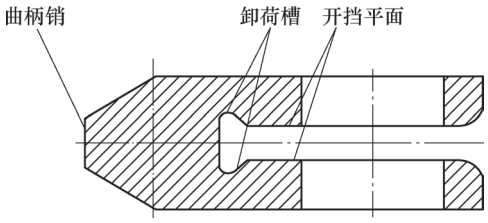

图1　曲柄结构

2　专用设备

目前曲柄销、开挡平面、卸荷槽等部位的加工采用曲柄专用立式车床完成（见图2），该设备属于一种结构特殊的立式车床，设计超长刀板，其长度大于开挡深度、厚度小于开挡宽度，能伸入曲柄开挡内部，在刀板的前端安装刀具进行车削加工。这种特殊的机床结构，因受曲柄开挡宽度、刀板厚度、刀具长度等尺寸的限制，普通的车刀无法进行车削，需要采用专用的刀具、工艺实现曲柄的加工。

由于刀板悬伸很长，为提高刀板刚性、稳定性，采取措施如下：刀板为1/4圆的扇形板，刀板在工件回转区域外的厚度增大形成阶梯结构，提高刀板的刚性；刀板的z向移动由双丝杠驱动，并配有刀板配重锤，提高刀板运动的稳定性等。

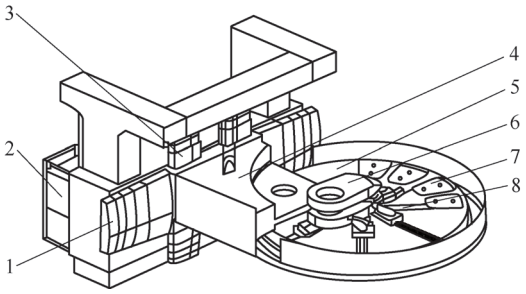

图2　曲柄专用立式车床

1—卡盘配重块　2—卡爪　3—z轴导轨　4—刀板配重锤
5—x轴导轨　6—曲柄　7—卡盘　8—刀板

3　专用刀具

3.1　梳齿刀

梳齿刀（见图3）是一种并排分布有多个刀片的车刀，用于狭窄空间内曲柄销轴颈的车削。

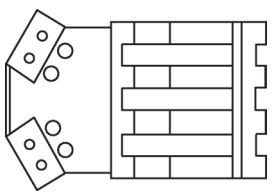

图3　梳齿刀

3.2 卸荷槽车刀

卸荷槽车刀（见图4）使用圆形刀片，用于卸荷槽曲面的车削。因为卸荷槽曲面的加工属于环槽车削，所以刀具的副偏角处根据卸荷槽形状设计成斜面，避免刀具与工件干涉。由于加工卸荷槽用刀具需满足特定深度的车削，加工的起点、终点深度要保证刀板与零件的上、下平面有一定的安全距离，因此刀具伸出的长度要满足特定的尺寸。为了避免安装时伸出长度偏差，刀具定位面需贴紧刀座，以保证伸出长度满足要求，省去了普通车刀安装时人工调整的工作。

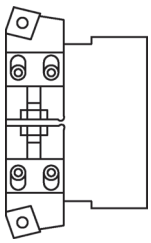

图4　卸荷槽车刀

3.3 加工内挡平面刀具

加工内挡平面专用刀具包括平面粗车刀（见图5）、平面精车刀（见图6）。刀具布置有上、下两个刀片，分为固定和可调两种结构。

由于曲柄毛坯制造受工艺影响，平面余量＞30mm，且平面的粗加工切削深度很大，因此粗车刀具选用长方形的大刀片。当开挡的余量大、剩余空间小时，上、下两个刀片同时进行车削，能够高效率地去除余量。

开挡平面的精加工车刀采用双向可调的方式，即通过调节上、下刀头底部的螺钉，将上、下刀尖的间距调节到需要的尺寸，一次完成上、下平面的精加工。

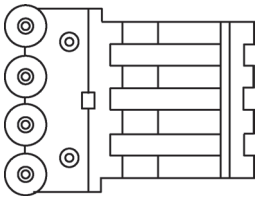

图5　平面粗车刀

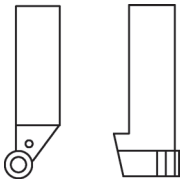

图6　平面精车刀

4　工艺

加工工艺流程如下：划线、装夹找正→开挡平面粗、半精加工→曲柄销粗、半精加工→卸荷槽加工→平面精加工。由于刀板悬深很长，所以在加工过程中，要避免刀板的切削振动。

4.1 曲柄装夹

曲柄专用立式车床加工时以曲柄销轴线为回转中心，曲柄零件在卡盘上偏心放置。卡盘的另一边设置配重块，消除偏重对卡盘液压浮升间隙的不利影响。常规立式车床的单动卡盘装夹方式无法满足偏置曲柄的装夹，专用立式车床的装夹采用六爪卡盘装夹，即在曲柄前、后布置2个正向卡爪，分别在卡盘的45°、90°方向布置4个夹紧部位可以旋转的卡爪，实现对曲柄侧面、斜面的夹紧（见图7）。

由于曲柄销处的卡爪靠近卸荷槽，为避免加工卸荷槽时刀具与卡爪发生干涉，因此在零件装夹时需要根据卸荷槽的轮廓尺寸，调整卡爪的夹点，避开卸荷槽的车削范围。

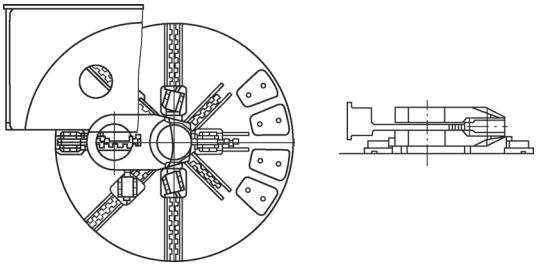

图7　曲柄装夹示意

4.2 曲柄销加工

使用梳齿刀进行曲柄销加工（见图8），刀具先径向切入轴颈，再分别向两边进行轴向车削，至轴颈根部，如此往复循环加工。梳齿刀两边切削刃间的宽度应大于刀板的厚度，避免车削到轴颈两端根部时刀板与开挡平面干涉；刀片的间距应小于或等于轴（z）向行程的距离，确保曲柄销外圆车削不

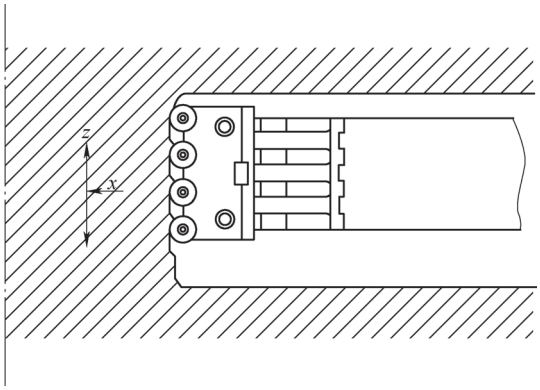

图8　曲柄销加工

会留下残余台阶。由于多刀片同时切削，切削力较单刀切削大，根据刀板厚度粗车时选用背吃刀量a_p为3～5mm，转速n为15～20r/min、进给量f为0.3～0.6mm/r，加工状态稳定。

曲柄销的精加工是在曲轴整体装配后进行，本工序只进行粗车和半精车。

4.3 卸荷槽加工

卸荷槽加工要确定槽的深度、开挡宽度、刀板厚度等几个主要数据，选择合适刀具伸出长度，确保刀具运动到起始、终止深度时，刀板的上、下面与曲柄开挡的上、下平面保持足够的安全距离。当卸荷槽深度较大时，需要多次更换不同长度的车刀，来完成整个卸荷槽深度的加工，一般分1～2次换刀可完成卸荷槽加工，例如使用伸出长度为L_1、L_2的两种车刀，分两次完成全部深度的车削，如图9所示。

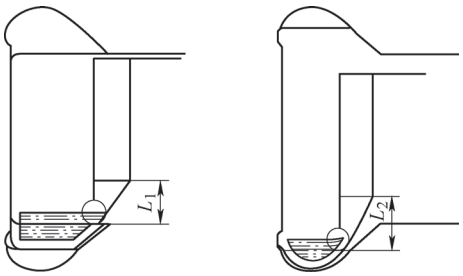

图9 卸荷槽加工

卸荷槽粗加工采用分层车削方式，粗车背吃刀量a_p为2.5～5mm。由于在每一层起始位置进行层切入时，圆形刀片的切削面积受力最大，容易使刀板产生振动，所以采用往复式进刀。先切入一半的层深度（a_p/2）mm，半层车削一小段，再返回切入点切入另一半层深度，进行完整的层车削。

轮廓精车使用圆形高速钢刀片，切削刃采用刃磨成形，精车背吃刀量a_p=0.5mm，切削力小，加工稳定，表面粗糙度值Ra=1.6μm。

4.4 曲柄内挡平面精加工

使用宽度可调的精车刀，调节上、下刀尖的间距至要加工的尺寸，上、下平面同时车削，刀板受力均衡，可避免单边切削时刀板受力变形影响平面精度，加工后开挡前、后的宽度尺寸一致。

切削参数：背吃刀量a_p为0.5～1mm，进给量f为0.3～0.5mm/r，端面车削可设置恒线速度车削，并设置最大转速，上、下面平行度＜0.1mm。

5 结束语

通过制定合理的工艺、设计合适的刀具，解决了使用曲柄专用立式车床加工曲柄销、卸荷槽等部位的难题，实现了曲柄的批量生产，加工质量满足半组合式低速柴油机曲轴的要求，为大功率低速柴油机提供了优质的曲轴零件。

参考文献：

[1] 杨叔子．机械加工工艺师手册[M]．北京：机械工业出版社，2004.

[2] 《船舶钳工工艺》编写组．船舶柴油机曲轴的修造与调整[M]．北京：人民交通出版社，1978.

[3] 余云岚，张坚．我国船用低速大功率柴油机曲轴制造技术的发展[C]．北京：中国造船工程学会，2009.

[4] 陈鑫．排齿车刀：201420529194.X [P].2014-12-31.

[5] 陈鑫．双头可调宽度车刀：201520810162.1 [P]．2013-03-02.

[6] 田永维，杨忻，杨渊．柴油机曲轴曲柄销过渡圆角铣削加工技术[J]．金属加工(冷加工)，2017（10）：52-53.

MW 20210406

欢迎关注微信公众号：机工机床世界

“机工机床世界”主要为广大制造企业和相关技术及操作人员介绍机床产品、机床技术、机床应用、机床使用技巧和数控机床等内容。

扫描二维码即可关注！