大型结构件法兰平面的加工

南通力威机械有限公司　（江苏如皋　226500）　丁邦建　姜国华

摘要：针对大型结构件法兰平面的加工难题，通过摇臂钻床的摇臂回转和主轴箱移动功能，实现主轴刀具的旋转切削和径向走刀，成功加工出法兰平面，为类似大型结构件的法兰面加工提供了新的思路。

关键词：大直径法兰；平面；加工；摇臂钻床；切削

QJ200-50全回转海洋船舶近海起重机安装在船舶上，其主钩额定安全起升负荷为200t，副钩为50t，主钩最大跨距56m，主副臂长105m。该起重机立柱为钢筒焊接件，上有一法兰为钢板焊接件，焊接在钢筒上，法兰上面安装回转支承轴承，起着支承起重机平台、平台上机房、发动机、各种绞车、三角架、臂架及起重负荷等。该支承面支承力较大，且承受很大的倾翻力矩。根据回转支承的要求，其安装面的平面度≤0.30mm，回转支承上方与起重机平台联接的法兰面也是同样的要求。

1. 工件结构及加工设备需求

法兰外径5 930mm，整体工件高度（长度）12 000mm（见图1），法兰材质为Q345B钢，厚度为140mm，由钢板拼装焊成法兰，探伤及退火热处理后先进行粗加工。粗加工比较容易，可以放在立式车床上进行加工，粗加工后与筒体焊接，再进行精加工，如果将法兰精加工后与筒体焊接后不进行再次加工，则几何公差达不到要求，且因焊接引起的变形无法消除，所以必须在焊接后再进行精加工。法兰焊接后成形，这样的大型工件采用一般机械设备无法进行加工，且国内能加工这类工件的机床也少见。在起重机行业，有专业人士采用专用加工装置，到现场代客户加工，但费用昂贵，例如一对法兰的加工费用高达18.5万元，且加工质量不太稳定，加工时间受到限制，对交货期有影响。为此，根据现有设备及条件，自行设计

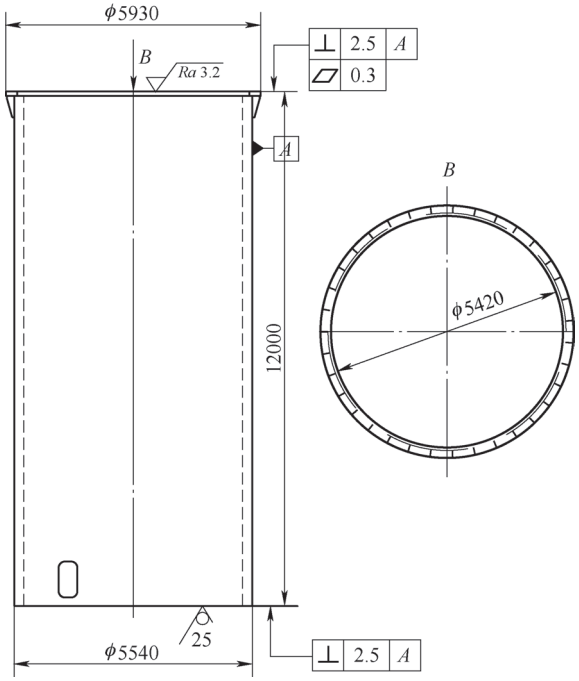

图1　钢筒结构尺寸

加工装备，对钢筒平面进行加工。

2. 钢筒（立柱）工艺方案的确定

（1）筒身的加工　筒身的加工工艺流程为：原材料→喷丸处理→刷底漆→下料（坡口）→成形（卷板焊接）→组焊。

（2）法兰的加工　法兰的加工工艺流程为：原材料→下料（坡口）→拼装焊接→退火→粗加工（车削）。

（3）工件整体的加工　法兰与筒身及其他部分组焊→去应力退火→法兰平面加工→钻孔等加工→与船体焊接（检验未注明）。

3. 法兰平面的加工工艺流程

法兰平面的加工工艺流程为：工件（焊有法兰的钢筒）放置到水平平台上→安装调试摇臂钻床→铣平面→打磨接刀痕→磨平面→标准平面对研修整→拆卸加工装置（检验未注明）。

4. 筒身的放置

将原沿轴线水平放置的筒身，起升为轴线铅垂方向，然后放到预先调好水平的支承面上，再次测试垂直度，如果垂直度超差，则采用在水平支承面与工件间加垫片并与工件焊牢的方法，待到船体上与船体焊接，使垂直度在要求范围内。

5. 钻床的改装及安装

钻床在工件中的安装如图2所示。

1）将摇臂钻床Z30110原机座拆去，安装于事先制好的安装底板2上，用螺钉夹紧。过渡联接板1事先固定于钢筒板上（焊接），安装底板和过渡联接板均预先找中心并钻好安装孔，放置安装垫铁。安装垫铁为标准垫铁，两接合面为斜面的平坡带有螺栓，可调整两块板的相对位置，从而使上下两面距离增大或减小，达到调整高低的目的。

2）起吊摇臂钻床（与安装底板已联接在一起）放置于安装垫铁上，并使安装底板及过渡联接板上的安装孔相对应。

3）机床的调整。在摇臂钻床摇臂上方的横向轨道面上安放光学合像水平仪4，根据光学合像水平仪的读数调整安装垫铁的高度，通过摇臂360°回转，调整安装垫铁，使摇臂360°回转均在同一水平面内。然后将钻床底板和过渡联接板紧固牢靠，再次360°转动摇臂，如有偏差则再次微调，直到底板与过渡联接板夹紧固定后，摇臂回转及主轴箱平移为同一水平面，也就是整个法兰平面最大误差调整在＜0.06mm范围内。

4）在钻床主轴上安装百分表，并为基准检测整个法兰待加工平面最高、最低点及大致的平面状态，将大于平均高度处涂色作记号，则为加工余量较大的部分。

5）钻夹头更换装夹铣刀。先加工着色部分，使最后一道工序加工余量比较均匀。铣削时，进刀运动为主轴上下运动，即钻孔时的走刀方向；走刀运动为铣刀轴线沿法兰径向移动，由法兰的内径向法兰的外径行走运动，一个走刀完成后，则返回，摇臂旋转一个角度再按原进刀深度再次走刀，旋转角度使得两次走刀相交接。按此方法依次在法兰圆周上进行切削，如图3所示。

走刀时钻床摇臂与立柱应锁定，包括主轴上下采用自制锁定套锁定。

为提高表面加工质量，减轻操作人员的劳动强度，在主轴箱

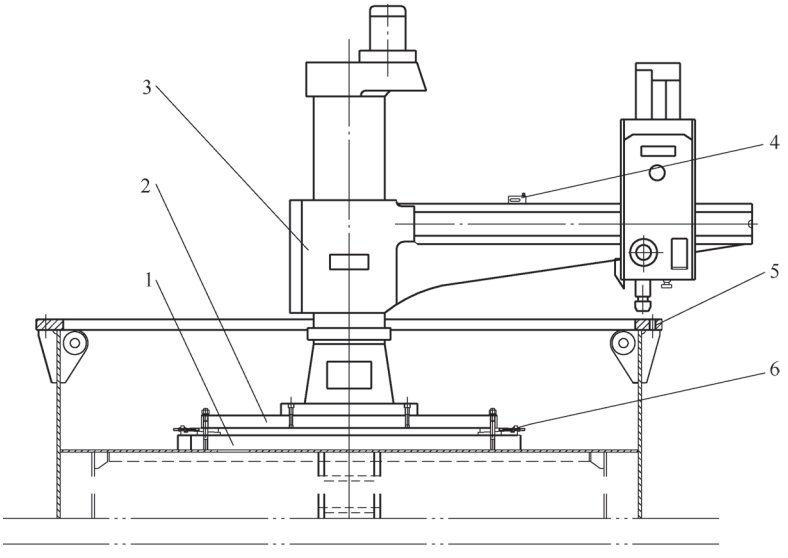

图2　钻床在工件中的安装

1—过渡联接板　2—安装底板　3—摇臂钻床　4—光学合像水平仪　5—工件　6—安装垫板

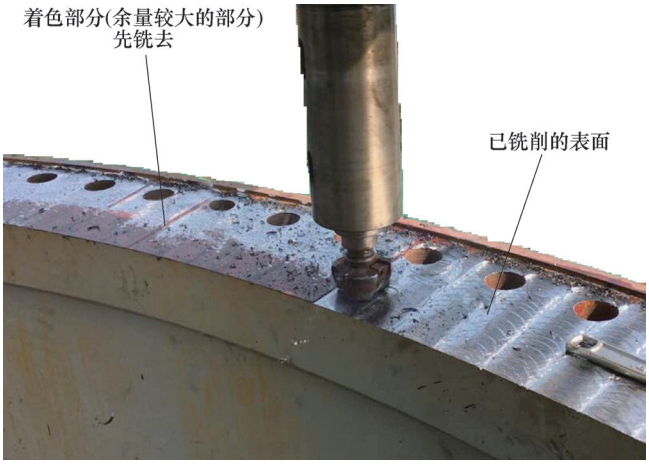

图3　铣削

移动手轮上加装一齿圈，通过伺服电动机（减速机）小齿轮进行驱动，将转速调到相适宜的走刀速度，进行机动自动走刀。

6）修磨。由于整个圈周走刀次数很多，难免会留下走刀接刀痕迹，所以用磨光机砂皮抛光修磨的方法去除接刀痕。

7）光整磨削。将钻夹头装上磨光砂皮百叶轮，对铣削平面进行光整磨削，从而提高表面质量。

8）研磨。事先制好一块长度1 500mm、宽度及圆弧形与所加工的平面相当的平板（见图4），对平面表面进行淬火处理后的精磨。研磨时加工平面涂着色粉，将预制平板光面与加工平面对磨，其作用为：①检查平面的接触情况。②研磨接触部分亮点。采用装有砂皮轮的手提式磨光机磨去亮点部分。图5所示为研磨修磨过程中的平面。

图4　工件上的研磨平板

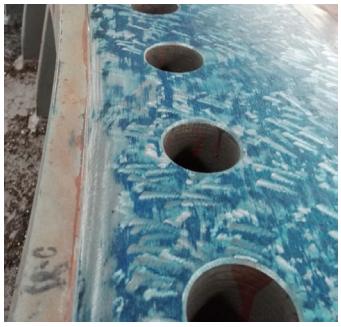

图5　研磨修磨过程中的平面

6. 检验

采用激光平面度测量仪进行检验，检测结果平面度为0.25mm，满足要求。

7. 加工过程中的关键点

加工过程中有以下几个关键点：

1）铣平面时，采用径向走刀，走刀行程不长，走刀次数多，易造成接刀痕增加，操作者操作频繁。如果采用摇臂回转进行走刀，一次走刀一个圆周，接刀痕迹少，但由于立柱与摇臂配合的间隙放大，使得加工过程中系统刚性减小、振动加剧，加工表面质量差，还影响刀具的使用寿命，因此该方法不可取。

2）研磨采用平板对研，用砂皮轮修磨而未采用刮刀刮削，这是因为该面为支承面，需要承受较大的力而没有相对运动，更不存在润滑的要求，这与机床导轨的运动要求有本质的不同。采用砂轮修磨速度快，劳动强度小。

3）加工过程中，尽量使摇臂处于最低状态，以增加系统的刚性。

4）切割速度、进给量不可盲目照搬切削手册数据，应根据铣削及钻床的特性，结合实际工况下试切削的经验来确定，比如对于铣削平面来说，摇臂钻床的主切削功率比较小，钻管（轴）伸出比较长，刚性差，其铣削刀具直径和铣削速度会受到限制。

8.结语

通过本加工方案的实施及装置的使用，成功加工出筒身法兰及相应平台法兰，几何公差均达到规定要求，并通过CCS（中国船级社）的检测认可，获得船检证书。实践证明，虽然该装置人工操作的劳动强度比较大，但加工的法兰满足了设计要求，特别适用于单件小批量生产，解决了常规条件下无法解决的机械加工问题，且获得了明显的经济效益。整套加工装置（两个平面含刀具、人工等）成本仅不到2万元，节约16.5万元，除两块钢板还可改作他用外，其他不存在专用的零部件及材料浪费。

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，2002.

[2] 黄祥成，胡农，李德富. 机修钳工技师手册[M]. 北京：机械工业出版社，1997.

MW（收稿日期：20200629）