

汽车转向节高效加工工艺方案

长城汽车股份有限公司技术中心 (保定 071000) 亢彦海
河北省汽车工程技术研究中心

转向节是汽车底盘系统中的重要安全件,具有承载制动力矩、转向力矩及支撑车身重量等重要功能。由于联接有汽车减震器、制动钳、转向拉杆等多个空间部件,其加工部位相应具有空间方位多、孔系间的位置度要求严的特点,如图1所示为典型汽车转向节加工部位示意图(深色部分为需加工部位)。

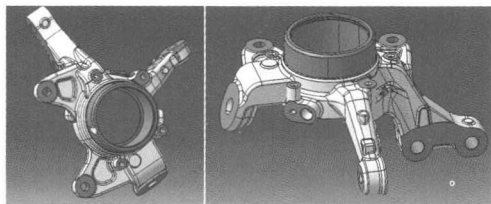


图 1

常用转向节毛坯为铸造或锻造状态,材质一般包括 QT400、40Cr 及 ZL101,我公司转向节通常的加工工艺为适应其结构特征,多采用工艺分散的加工方法,使用立式加工中心设备、多工序多夹具、标准刀具的方式进行批量生产,如图2所示。

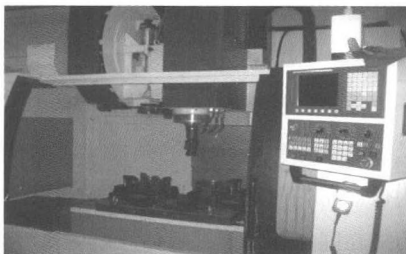


图 2

从长期使用成本来看,该工艺方法存在人员使用多、设备数量多,占地面积大、耗能高及后期维护成本高等缺点。

在保证产品质量一致性方面,工艺分散方法的产品装夹次数一般超过4次,多次装夹造成重复装夹误差累积,人为因素对产品质量的影响增多,加

大了偶然误差的产生机率,使得产品的 C_{mk} 很难保证在 1.67 的理想水平,甚至 1.33 的可接受水平也勉为其难。零部件产品的一致性对整车来讲至关重要,为提升总体质量,必须提高产品的一致性保证能力。

1. 工艺方法方向选择

为解决工艺分散方法的弊端,在人力成本比重逐步高涨的今天,实现高效率、高自动化从而实现少人化成为一种必然选择,而多主轴机床设备、高复合刀具、五轴转台等的集成应用,从目前来看,是适应转向节产品高效、多空间方位加工的最优选择。而实现转向节一次装夹完成所有部位加工,以减少装夹次数的工序集中工艺方法,是保证产品一致性的重要工艺手段。这些都对加工方案提出了更高的要求和挑战。

2. 工艺方法

对于机加工工艺所涉及的主要要素:设备、刀具、夹具及软件控制系统,是相互支撑、相互影响的,一种即定工艺路线的实现,需要对上述几方面进行全方位的考虑,使其相辅相成,任一方面考虑不周,都有很大可能导致整套工艺方案的失败。

(1) 设备要求:适应高效率、高质量、高稳定性的需求,设备应满足适应大切削量的低速大转矩、高精度加工的高速大功率及高刚性、最优的热稳定性和吸震能力的要求,对于加工铸铁及锻件来说,主轴功率不低于 28 kW、转速不低于 10 000 r/min 的电主轴,配装光栅尺的闭环系统以保证加工精度的卧式加工中心是较优的选择。

使用双交换数控旋转工作台,从而剔除上下件时间对节拍的影响,可以提高设备利用率、降低加

工节拍时间；除设备所标配的 X 、 Y 、 Z 三个轴之外，在数控交换工作台上增加 A 、 B 轴（两个旋转轴），以实现多方位转位，且回转定位精度应小于 $5''$ ，可以解决多空间方位加工的问题。

对于设备来说，解决高效率、少人化的途径不局限于对单轴加工效率的要求，多主轴设备的方案是目前综合柔性效率的较好选择。多主轴是指一台设备有 2~4 根同样的主轴（图 3 为 3 主轴），在加工时相应配备同样数量的夹具和刀具，对于双工作台而言，夹具数量应是主轴数量的 2 倍。

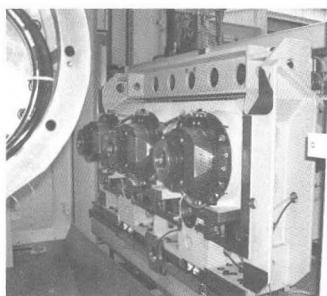


图 3

多主轴设备研究与制造成熟度较高的国家是德国与意大利，国内也有一些机床厂商做出了样机，但距离商业化仍有较长的路。相对于专机而言，多主轴设备具有更大的柔性，在被加工工件满足一定的条件下（主要指被加工工件的尺寸，多主轴设备轴距有一定要求，如德国 SW 公司 3 主轴设备轴距为 450 mm，工件应在该距离内可以实现回转），可以通过夹具的切换实现产品的换型。

(2) 刀具系统要求：刀具系统首先的要求是适应高转速，普通 BT 刀柄因其结构特点，不能满足高转速下对机床主轴的精度要求，而在加工铸铁及铜件时采用不小于 HSK80 型号的热胀刀柄，是比较适宜的。

复合刀具的开发与大量使用，是高效加工必不可少的重要条件。对于大批量生产而言，非标复合刀具的开发费用是可以接受的，通过对产品的综合分析，在尽可能的范围内对刀具进行复合，以减少刀具数量和换刀次数，并缩短走刀路径长度。如图 4 所示为双盘铣刀，用于同时铣削某一厚度的两面；图 5 为复合镗铣刀，实现 3 个孔尺寸的同时粗镗及平面刮铣。以我公司生产的某转向节采用分散工艺为例，共需刀具 24 把，同等情况下使用复合刀具，刀具使用数量可降低至 18 把。

刀具系统同时配备刀具损伤检测及巴鲁夫刀具识别系统。刀具损伤检测可通过对刀具切削过程中的转矩监控实现，基于检测到的空负荷加工和正常加工的转矩差异数据，对刀具损坏情况进行监控。巴鲁夫刀具识别系统通过安装在刀柄上的芯片自动读写刀具数据，并通过读写头进行传输，实现刀具的全方位管理。

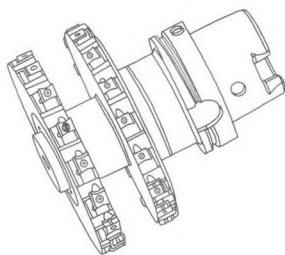


图 4



图 5

(3) 夹具设计：夹具是整个工艺设计方案的核心，设计合理与否对产品质量及稳定性的影响至关重要。

夹具设计的核心是定位点的选择。对于铸造或锻造毛坯，由于国内制造水平的限制，产品一致性的保证并不充分，因此在选择定位点时，应综合权衡各个位置的利弊，尽量选择铸锻工艺较容易满足位置尺寸要求的部位，或不容易因铸锻工艺产生变形的部位。如图 6 所示为转向节一次装夹的定位选择方案。

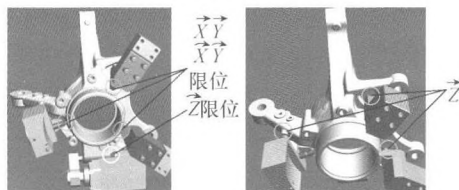


图 6

另一方面，工件的夹紧涉及到产品加工过程中的变形，因此第二重要考虑的是夹紧点及夹紧力的选择。为保证工件夹紧变形在可控范围内，夹紧力与支撑力应在同一直线上，避免产生夹紧力矩。图 6 所示方案的夹紧位均在 Z 向移动限位的正上方。为保证工件加工过程的稳定性，对于悬伸部位是否需要增加辅助支撑需进行切削力的考量，避免在加工过程中由于缺乏支撑出现较大的振动，影响加工质量。在精加工时，由于切削力较小，可以通过液压系统的调整通过二次给压减小夹紧力，从而减小夹紧变形，提高产品的加工精度。

在产品开发阶段采用同步工程,设置必要的工艺限位点和夹紧点,可以理想地解决定位和夹紧点,选择合理性的问题。

在一次装夹完成所有工序加工的夹具中,夹具因需承受粗加工阶段的较大切削力,因此刚性设计需进行细致计算,并留有一定的裕度。如图7所示为我公司为某种转向节一序完成所有部位加工并使用三主轴设备所设计的夹具(数模及实物)。

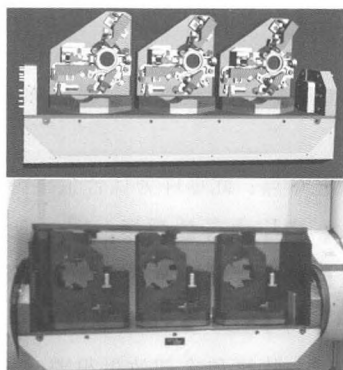


图 7

该夹具设计了气密检测系统,在不超过 0.4 s 的时间内通过气体压力感知判定工件是否安装到位。在检测超时时会重新进行定位面清洗,从而对工件安装不到位这一唯一人为因素进行防错。

(4) 夹具、刀具及设备的干涉检查:夹具及刀具在设计完成后,需要根据数字模型进行工件切削状态下工件、夹具与刀具的干涉验证,这是极为必要的,可以保证在设计阶段最大限度地发现和解决问题。在一次装夹完成所有部位加工的情况下,工件在定位夹紧后,各加工部位需通过数控转台的 A、B 轴转动停留在待加工位置,因此转动过程中对工件之间、工装之间,工件加工过程中工装与刀具之间是否存在干涉的检查,就显得尤为重要。

(5) 数控系统:数控系统应采用不低于西门子 840D 或同等水平的系统,涵盖刚性攻螺纹、DNC 加工能力,刀具补正记忆数应不低于 200 组;为适应刀具管理要求,系统应同时具备刀具寿命管理功能,可以按刀具使用次数和时间进行统计,实现强制换刀。

其他功能包括具备英制/米制转换、工件计数、工件坐标系旋转、线外编程接口等,并在 3 个直线运动轴配备光栅尺及绝对位置编码器,形成全闭环控制系统。

3. 工艺方法验证

在综合考虑上述要素的情况下,按一次装夹完成所有部位加工的工艺路线进行各要素的设计和选用,并对有重要影响的要素做出特殊要求,以保证整体工艺方案实施的可控性和合理性。工艺方法的验证过程,是对设备、刀具、夹具及软件的综合测试,而这些要素的合理性最终体现在加工过程中各工艺参数的选择范围上,这比较容易理解:对某个加工部位而言,整个加工系统可以支撑多大的切削量和切削速度,进给量可以达到多少,表面质量可不可以接受,工件加工的尺寸和形位公差稳定性等,都是整个系统的直观指标。对一条生产线而言,除了满足产品的质量和稳定性要求,节拍是另一个重要考量标准,而节拍往往与加工质量是一对矛盾。当对质量要求提高时,往往需要调整工艺参数以降低进给或减少切削余量,这通常会增加节拍时间。因此在满足产品质量要求的前提下,使整个系统的参数选择处在一个合理的水平,同时兼顾节拍要求,并保证刀具的损耗处在一个正常的水平上,是工艺参数调整的关键。

我公司使用三主轴设备带双交换数控旋转工作台(加 A、B 轴),复合刀具,西门子 840D 系统,一次装夹完成所有工位加工工艺方案,转向节轴承位孔尺寸进行同批次毛坯 25 件试切加工完成后,进行 C_{mk} 计算所得的数据,其 C_m 值为 5.57, C_{mk} 值达到 4.84,远远超过 1.67 的水平。由此可以表明该方案从设备制造能力来说,是充分满足要求的。

4. 结语

对于汽车转向节产品而言,在初期投资允许的情况下,从长期收益来看,多主轴工艺集中方案是一个就现阶段来说比较理想的选择。但任何方案都不是一劳永逸的,每种产品的加工都需要就设备、夹具、刀具等各方面做足够而充分的论证,并在实际验证阶段做大量的工作进行方案的局部修正和改进,才能最终获得理想的结果。对于其他种类的大批量机加工产品,在满足该种设备的相关条件情况下,同样具有借鉴意义。MW

(收稿日期:20140217)