■ 齐齐哈尔二机床（集团）有限责任公司/刘大鹏

汽车弧齿锥齿轮加工

汽车驱动桥弧齿锥齿轮加工质量的高低，直接影响到汽车的使用性能，影响汽车质量品质，因此，弧齿锥齿轮的制造工艺在汽车制造业占有重要地位。图1所示零件是我公司为某汽车厂生产的一种弧齿锥齿轮，材料为40Cr。

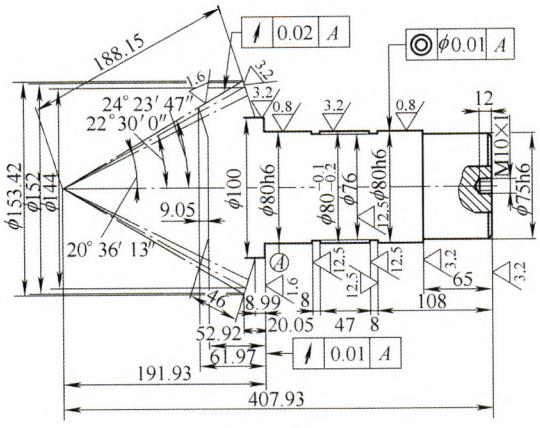

图1 螺旋伞齿轮

零件技术要求

该件属于回转体类零件，模数6mm，齿数为24，齿形角20°，螺旋角35°，精度等级五级。工件包括φ80js6外圆两处、φ75h6外圆主要尺寸，要求φ80js6外圆两处、φ75h6外圆相互同轴度0.008mm，并且要求齿的前锥面与φ80js6外圆基准*A*跳动公差在0.02 mm，弧齿锥齿轮齿部热处理淬火。其齿部为硬齿面，不易达到其精度要求。

零件加工方案

弧齿锥齿轮硬齿面精加工的主要方法有研齿和磨齿两种。研齿是传统的工艺方法，生产效率高，在热处理变形不大的情况下，研齿能改变有效齿形表面的粗糙度和接触位置，并稍微修正齿形和齿向误差。但对于消除径向圆跳动、周节误差、齿形误差和其他由于热处理变形引起的误差，研齿则无能为力。磨齿工艺可以获得很高的加工精度，过去仅用于精密传动和航空齿轮等特殊场合。按该零件的技术要求，制定了两种工件的加工方案。方案一是弧齿锥齿轮的热处理后硬齿面进行研齿，具体方法是通过数控车CKA6150按数控程序半精、精加工弧齿锥齿轮的前锥和背锥，并加工出两端面中心孔为工艺基准。万能磨床以中心孔为基准，磨削出φ80js6外圆两处、φ75h6外圆主要尺寸，保证其同轴度的要求；数控弧齿铣YKD2280采用五刀法加工齿部，可以使得齿部的接触区和表面质量较好。齿部热处理后，研磨齿部。方案二是弧齿锥齿轮热处理后硬齿面磨齿。具体方法是通过数控车CKA6150按数控程序半精、精加工弧齿锥齿轮的前锥和背锥以及φ110mm外圆做为找正基准，并加工出两端面中心孔为工艺基准；万能磨床以中心孔为基准，磨削出φ80js6外圆两处、φ75h6外圆主要尺寸，并且磨削φ110mm外圆做为找正基准，保证其与上述各外圆同轴度要求0.008mm，φ110mm外圆圆度在0.008mm；数控弧齿铣YKD2280采用单号单面法加工齿部，齿面两面各留磨量0.3mm。齿部热处理后，磨齿机磨削齿部。

综上所述，随着数控弧齿锥磨齿机的推广和磨头功率的加大，磨齿效率已经和切齿效率相当，在机械、汽车和航天等行业获得了广泛的应用，适于大批量生产的高效、低成本、高质量的加工技术。故该零件的加工方案采用方案二执行。

零件关键工序

1）按工件的现状和材料，毛坯选择锻件，工件锻造后进行正火热处理，以细化内部晶粒组织，改善工件的切削性能。

2）工件粗加工，粗加工后进行调质处理，提高工件的强度和韧性，使其具有较好的综合力学性能，并消除工件的内应力。

3）工艺基准、安装基准和找正基准的确定。数控

车在两端面上打出中心孔做为工艺基准，万能磨用顶尖顶起两端中心孔，磨削φ80js6外圆两处、φ75h6外圆、φ110mm外圆保证其同轴度，靠磨图1中61.97mm尺寸右端面保证其跳动在0.005mm内。将其中的φ110mm外圆做为找正基准，φ80js6外圆及61.97mm尺寸右端面作为安装基准。克林贝格磨齿机磨削齿部前，将工件以φ80js6外圆及61.97mm尺寸右端面作为安装基准，并与磨齿夹具安装，找正φ110mm外圆后磨削齿部。磨齿夹具结构如图2所示，其组成由件号1定位套与件号2工件配合安装；件号3为克林贝格磨齿机自带中间套，与件号1定位套配合组装后，利用件号2工件后端M10螺纹孔，与磨齿机M10螺杆连接后夹紧。

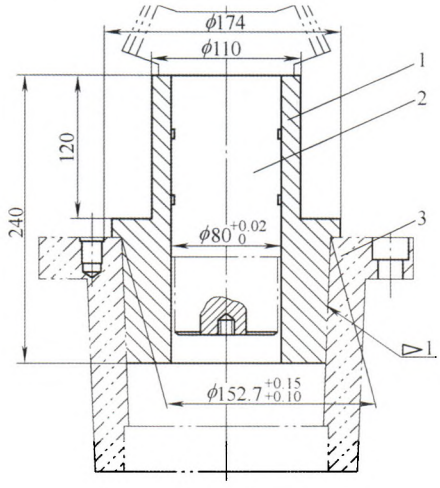

图2　磨齿夹具

1.定位套 2.工件 3.齿磨机自带中间套

4）数控车工序。在工件全长两端面上打中心孔，顶起按数控程序精车出前锥和背锥，其余外圆留出热处理后精加工磨量。

5）数控弧齿铣工序：数控弧齿铣机床调整卡的计算，确定加工所需的项目参数，本件是以格里森单面切削法为基础计算各项目参数，计算公式可以参阅齿轮手册等工具书。主要项目参数见表1。数控弧齿铣加工各齿，上弧齿夹具，以φ80js6外圆及61.97mm尺寸右端面为安装，铣各齿齿厚留磨量0.3mm。

6）万能磨工序。在齿部热处理前、后各有一道万能磨工序，磨削φ80js6外圆两处、φ75h6外圆、φ110mm外圆保证其同轴度，靠磨61.97mm尺寸右端面保证其跳动在0.005mm内。

7）克林贝格磨齿机工序：利用KIMoS 5软件采用五刀法2–Trace磨削方式，经过优化可以得到最合理的数值，从而计算弧齿锥齿轮加工程序。根据计算出的弧齿锥齿轮加工程序，磨削各齿。机床在线检测后，经过komet反调，消除与计算程序之间误差，从而得出较为理想的接触区。

表 1

几何参数		刀具参数		机床调整参数	
模数/mm	6	刀盘/寸	12	滚切比	0.3906
齿数/齿	24	实际用刀号	7.5	偏心角	51° 15″ 24′
齿宽/mm	46	刀错距/mm	1.5	大齿轮摇台角	327° 32″ 14′
螺旋角(°)	35	–	–	小齿轮摇台角	83° 43″ 10′
轴交角(°)	45	–	–	滚切检查角	52° 15″ 45′
全齿高/mm	11.328	–	–	滚切时间	80″ /齿
弦齿厚/mm	7.098	–	–	刀盘转速/r·min^{-1}	90
弦齿高/mm	5.085	–	–	其余	按图样调整

精加工刀具的选择

1.外圆、锥面加工

选用山特维克刀具，刀体型号DCLNR 3225P 12，刀片型号CNMG12 04 08–WF。切削参数见表2。

表 2

刀片型号	CNMG12 04 08–WF
切削深度/mm	1～1.5
切削速度v_c/m·min^{-1}	20～25
进给量f/mm·r^{-1}	0.5～1

2.齿面磨削用刀具

选择诺顿NORTON砂轮，型号5SG60–JVS，规格13.8×3.5×12″ 。切削参数见表3。

表 3

砂轮型号	13.8×3.5×12″ –5SG60–JVS
转速/r·min^{-1}	2000～2200
切削速度v_c/m·min^{-1}	6～8
进给量f/mm·r^{-1}	0.1～0.15

结语

采用上述加工方法加工后，该弧齿锥齿轮达到DIN2级，齿轮的啮合、接触区完全满足用户的要求。为用户提供了大批量制造高质量、低噪声的弧齿锥齿轮。

关键词：齿轮　加工工艺　刀具
（收稿日期20131220）