

开口薄壁齿轮两种加工途径

■ 陕西渭河工模具总厂 (宝鸡 722405) 白 妮

摘要: 介绍开口薄壁齿轮两种较为优化的加工方法, 其中有很多经验和技巧。加工出的产品符合设计要求和使用要求。

1. 零件结构

在机械传动中, 开口薄壁零件的加工精度要求较高、质量较轻。如图1所示的齿轮零件, 其模数 $m=0.8$, 齿数 $z=270$, 压力角 $\alpha=20^\circ$; 精度等级为GB2363-1990中的7级。这种齿轮开口、薄壁, 且有四个台阶面容易扭曲变形, 易造成尺寸、垂直度、同轴度及平行度超差, 加工合格的产品由于开口随时间的推移应力完全释放, 造成已加工合格的产品各尺寸和形位公差微量变形, 很可能造成部分尺寸超差。为了保证该产品的加工精度, 通过多次加工试验, 总结出两种较为优化的加工方法。

2. 第一种加工方法

对零件进行多次时效处理,

并将零件部分设计基准加工精度提高一级, 保证微量变形(或蠕变变形)过程中有盈余, 确保最终产品达到设计要求。其加工工序为: 备料→锻造→粗车→调质处理→半精车1→稳定回火→半精车2→时效处理→精车1→平磨(或“平磨+研磨”)→精车2→加工中心→滚齿→钳工1→线切割→钳工2→表面处理。备料、锻造、粗车、调质处理几道工序与一般产品加工方法相同, 在这里就不具体说明了。对零件进行稳定回火

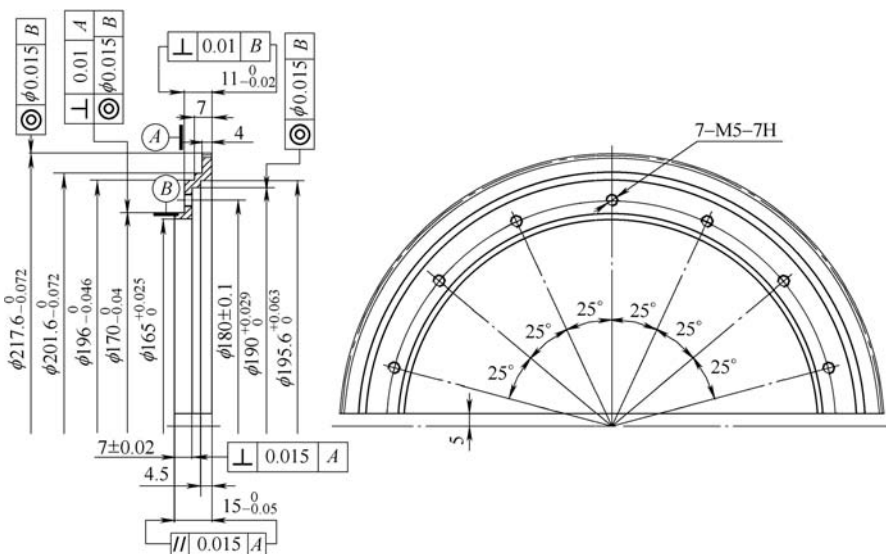


图1 开口薄壁齿轮

螺纹的批量加工。需要注意的是, 加工不同材料的螺纹, 加工余量需要作出适当的修改。螺纹最后一刀加工的转速及起刀点必须与第一次加工螺纹的参数完全相同。

经过对加工程序做一个小小的改动, 就可方便简单地除去了螺纹起刀及收尾的毛刺与翻边,

大大提高了螺纹外观质量, 也使工人从锉修中解放出来, 是一个极为有效的小技巧, 值得推广。MW

(收稿日期: 20151008)

专家点评

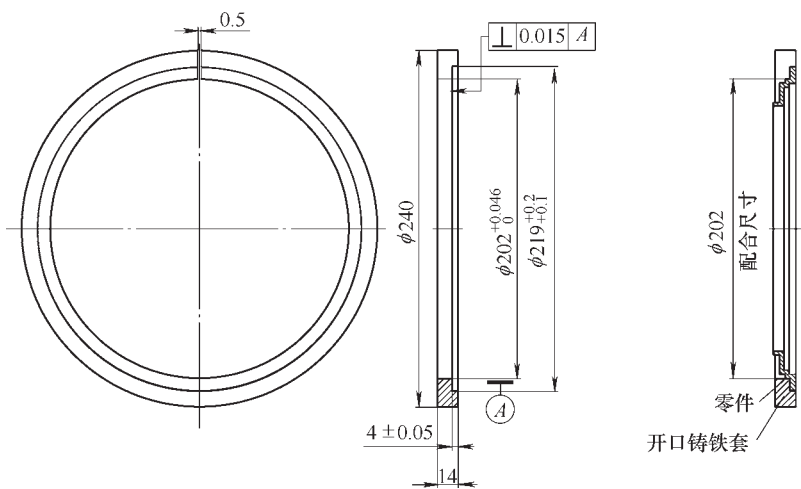
该文介绍了一种清理螺纹毛刺的方法, 对读者具有一定的借鉴意义, 也有助于读者深刻理解程序。一般G71粗车和G70精车是连在一起使用的, 该文中在G71和G70之间加了一段G92螺纹切削指令, 比较新颖, 还不影响加工效果, 具有较强的推广意义。

和时效处理都是为了使零件内部组织均匀化,减小变形,其中在热处理、稳定回火和时效处理过程中必须平面放置零件,防止变形。半精车1工序给下道工序留1.5~2.0mm加工余量,半精车2工序给下道工序留0.8~1.0mm加工余量。精车1工序先将 $\phi 201.6_{-0.046}^0$ mm外圆加工基本一致,即加工成 $\phi 202_{+0.2}^0$ mm(即直径偏差在0.2mm以内),再用开口铸铁套(见图2a)按照图2b所示方法夹紧零件 $\phi 202_{+0.2}^0$ mm外圆,接下来同次车削尺寸15mm右大端面、镗 $\phi 195.6_{+0.063}^0$ mm、 $\phi 190_{+0.029}^0$ mm、 $\phi 165_{+0.025}^0$ mm孔和车尺寸4.5mm左端、尺寸 (7.1 ± 0.02) mm右端,使各内端面尺寸达图样设计要求。将各内孔和各内端面尺寸加工全部合格后,再利用平磨磨削左端面,磨削时用弱磁吸附磨削,保证尺寸 $15_{-0.05}^0$ mm达到图样要求,同时也保证平面度、平行度 ≤ 0.01 mm(必要时可通过研磨端面保证平行度、平面度要求)。精车2工序利用 $\phi 190_{+0.029}^0$ mm孔和右大端面为基准上心轴、压盖(见图3a),按照图3b所示方法车削 $\phi 217.6_{-0.072}^0$ mm、

$\phi 201.6_{-0.072}^0$ mm、 $\phi 196_{-0.046}^0$ mm、 $\phi 170_{-0.04}^0$ mm外圆及 $11_{-0.02}^0$ mm、7mm和4mm各左外端面(其中 $\phi 196_{-0.046}^0$ mm、 $\phi 170_{-0.04}^0$ mm车成 $\phi 196_{-0.029}^0$ mm、 $\phi 170_{-0.025}^0$ mm),且同时保证各外圆和端面的形位公差要求。

接下来进行加工中心工序,以 $\phi 165_{+0.025}^0$ mm孔和一端面为基准攻钻7-M5-7H(两处,1件切成2件)螺纹孔达图样设计要求,然后再利用该心轴和压板将零件固定在滚齿机上滚齿,待滚齿加工完毕后,钳工1去毛刺,完成以上各工序后进行线切割工序,将零件放置到压盘(见图4a)中,按照图4b所示的方法用长度为8mm的M5螺钉将零件固定在压盘内,此处压盘 $\phi 196$ mm内孔与零件 $\phi 196_{-0.029}^0$ mm外圆的间隙配合在0.005~0.01mm之间,并利用压盘上2个 $\phi 4$ h7销子找正零件中心后固定在工作台上,然后利用线切割先将零件从中间切开,分成均分的两件。从中间先切开是为了让其开口端释放变形应力。接下来按照设计图样要求切尺寸5mm合格后松开螺钉,取下零件,用三坐标计量各尺寸和各形位公差要求全部合格,此时将计量过的零件编号标识。

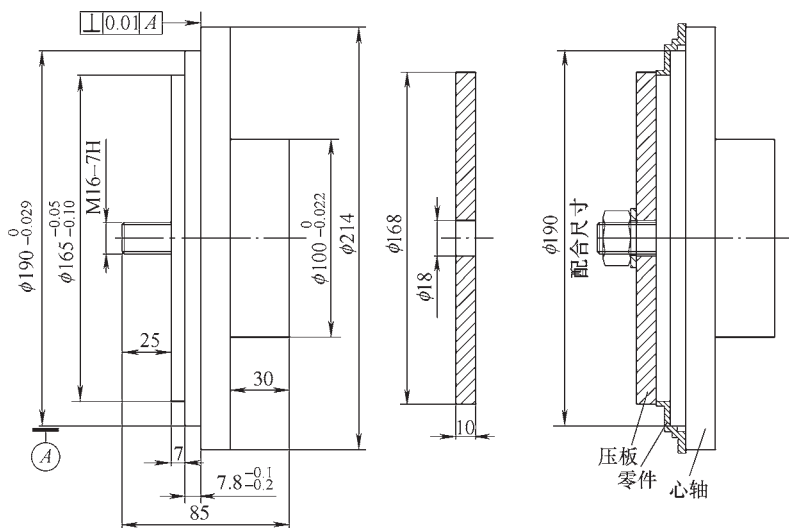
接下来进行钳工和表面处理工序。全部加工完成后,待过一段时间再次计量各尺寸,部分尺寸有0.003~0.005mm的微量变化,各形位公差与原来相同无变化。虽然部分尺寸有微量变化,但由于加工时提高了一级精度,最终产品达到了图样设计要求。利用压盘和零件各止口定位,再加上螺钉固定,通过两次切成零



(a) 开口铸铁套

(b) 装夹方式

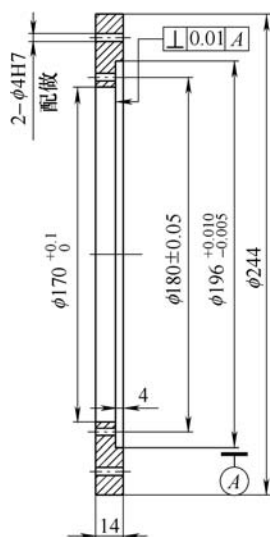
图 2



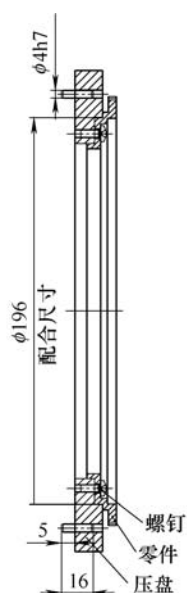
(a) 心轴和压盖

(b) 装夹方式

图 3



(a) 压盘



(b) 装夹方式
图 4

件，这一加工途径保证产品达到了图样设计的精度要求，满足用户的设计要求和性能要求。

这种加工方法的优点是基准容易加工确定，加工过程中各尺寸能很容易地达到精确，同时各形位公差也能达到要求，不会形成扭曲变形，产品合格率高。

缺点是随着时间的慢慢推移，开口零件内部组织重新分

布，应力逐点释放，会造成部分尺寸微量变形而超差，但通过产品止口定位和螺钉压紧的方法，将其整机装配后，不影响整机的任何性能，满足产品的使用要求。

3. 第二种加工方法

将零件在精加工前切出许多相互连贯的小缺口，这些缺口的作用是使其内部应力完全释放，保证产品的精度要求。其加工工序为：备料→锻造→粗车→调质处理→半精车1→稳定回火→半精车2→线切割1→精车→加工中心→滚齿→线切割2→钳工→表面处理。此处半精车2工序前的加工与第一种方法相同，不再具体说明。下面从半精车2工序开始说明。

半精车2将φ196mm外圆加工成φ197h7，此处φ197h7外圆和尺寸11mm左端面同一次车削，车削φ165mm孔成φ164H7，并保证φ197h7外圆和φ164H7孔同轴度≤0.02mm，余下的各尺寸留量0.8~1.0mm。线切割1工序切出相互连贯的小缺口（注意小缺口一定不能切通，否则后续将无法加工），将半精车后的零件以11mm左端面和φ164H7孔为基准，按照图5所示切割零件。精车时由于零件已切出相互连贯的小缺口，所以先以φ197h7外圆和尺寸11mm左端面为基准，将零件按照图6b所示装入到心轴套（见图6a，此处为非开口心轴套）内，并用压板、螺钉压紧（车削不同端面时更改压板位置），零件φ197h7外圆与心轴套内孔配合在±0.005mm以内，将零件放入到心轴套内，且尺寸11mm左端面与心轴套的内端面无间隙紧密贴实。由于零件已切出相互连贯的小缺口，同时必须找正φ164H7孔在0.05mm以内，同次镗φ195.6^{+0.063}mm、φ190^{+0.029}mm、φ165^{+0.025}mm孔和车尺寸15mm右大端面、4.5mm左端和尺寸（7.1±0.02）mm右端，使各内端面尺寸达图样设计要求。在镗各孔和车各内端面时要用压板压紧零件，车削不同的端面时需要更换压板。在更换压板时需逐步更换，不能同时将压板全部拆下后再压到另一端面上去，以确保同一加工基

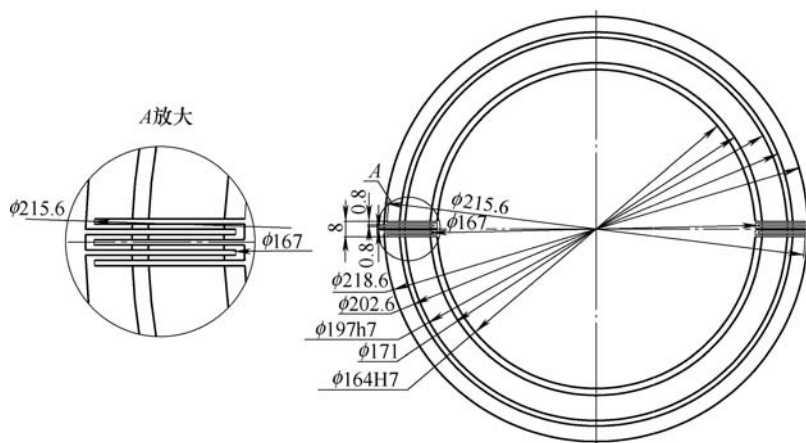
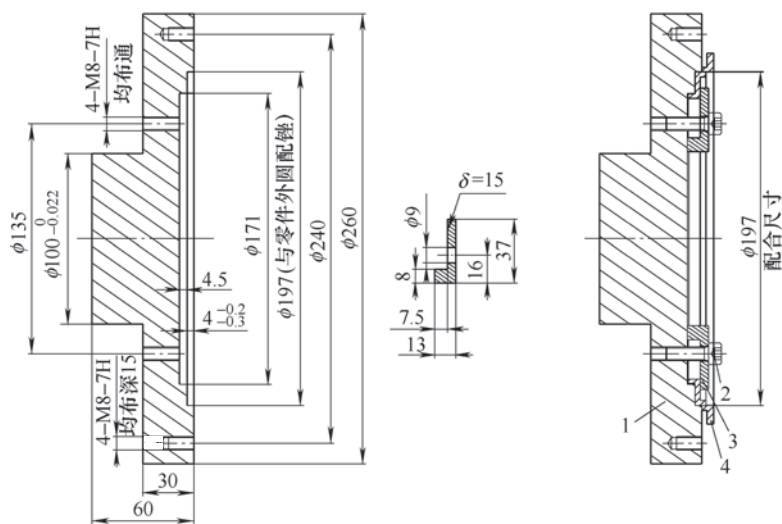


图5 切缺口后的零件



(a) 心轴套和压板 (b) 装夹方式

图 6

1.心轴套 2.螺钉 3.压板 4.零件

准。车削过程中，为了防止相互连贯的小缺口处受车刀断续切削力的作用变形，造成尺寸或形位公差超差，每次车削时进给量控制在0.15~0.3mm之间，以保证冲击力不会使零件变形。再利用零件 $\phi 190^{+0.029}_0$ mm孔和心轴 $\phi 190$ mm外圆配合间隙在 ± 0.005 mm内，将零件按图3b所示固定，车削 $\phi 217.6^{+0.072}_0$ mm、 $\phi 201.6^{+0.072}_0$ mm、 $\phi 196^{+0.046}_0$ mm、 $\phi 170^{+0.04}_0$ mm外圆及11 $^{+0.02}_0$ mm、7mm、15mm和4mm各左端面尺寸，达到图样设计要求，且同时保证各端面的形位公差要求。车削时要求心轴（见图3a）一端面与零件一大端面无间隙紧密贴实，车削时车刀每次进给量控制在0.2~0.4mm之间，主要是防止断续切削受冲击力而使零件变形。

接下来加工中心和滚齿工序与第一种方法相同。线切割2mm工序以右大端面和 $\phi 165^{+0.025}_0$ mm孔为基准，将零件用压板直接固定在线切割工作台上（此处不用工装），切尺寸5mm（该处一次切成，不用分两次切，切时必须找正中心处丝孔，保证一件成两件产品）。零件切开后用三坐标计量各尺寸和各形位公差要求，此时将计量过的零件编号标识，接下来进行后面各工序。全部加工完成后，待过一段时间后再次计量尺寸无变化。通过这一途径能保证产品达到图样设计的精度要求，满足产品的设计要求和性能要求。

这种加工方法的优点是在加工过程中应力基本释放，随着时间的推移，零件不存在变形，产品的合格率不会随着时间的推移而改变。

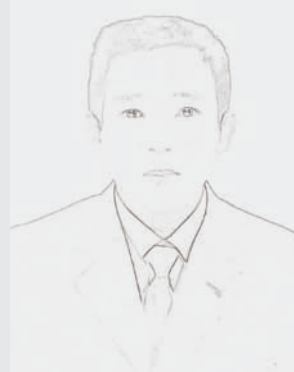
缺点是加工时难度很大，基准在加工过程中受车刀的冲击力，容易使各基准变形，造成下一加工定位基准超差报废；同时由于有许多相互连贯的小缺口，容易在车削时造成弹性变形而扭曲，使各尺寸和各形位公差超差报废几率较大；并且要求加工人员的素质高。加工效率低，不适合批量生产，且成品率相对较低。

4. 结语

通过以上两种加工途径的比较，虽然各有优缺点，但是从加工过程和经济成本方面比较，第一种加工方法经济有效，且能满足产品的图样设计要求和使用要求。第二种加工方法要求操作人员技能较高，产品加工合格后一致性好，不存在后续报废，但加工难度很大。根据批量生产和机械化进程快速发展的需求，第一种加工方法优于第二种加工方法。**MW**

（收稿日期：20151019）

专家点评



文章以开口薄壁齿轮为例，总结出两种较为优化的加工方法，介绍了很多经验和技巧。

“虽然零件在加工过程中有微量变形，但由于加工时预先提高了一级精度，最终产品尺寸能够达到设计要求”是文章的亮点。作者在制造工艺和生产实践方面有着很深的功底。