

新能源汽车铝合金电机壳加工的工艺优化

曹剑辉

广东鸿图南通压铸有限公司 江苏南通 226321

【摘要】 铝合金壳体由于其结构复杂，精度高，刚性差，加工过程中易变形，加工质量难以控制，因而其加工难度较大。针对这些问题，本文从加工过程中产生的残余应力、刀具倾角、工件装夹以及零件材质等几个方面对加工过程中产生的影响进行了简单的阐述与分析。在此基础上，根据不同的变形量，给出了相应的工艺指标。主要有：选择适当的工具材料，增加工具的前角和后角，降低在切割过程中工具和被切割物之间所产生的摩擦和切割应力；利用辅助设备，分工序的空隙，适当地释放应力，减小因工序而产生的变形；对夹紧装置进行了优化设计，使其与零件表面接触，受力均匀，避免了变形；精车三大要素：背吃刀，进给，切割速率的限制。通过上述方法的应用，可以使薄壁铝壳的变形得到很好的控制，达到了设计的要求。

【关键词】 切削参数；工艺优化；变形控制；公差要求

Optimization of aluminum alloy motor and shell processing process for new energy vehicles

Cao Jianhui

Guangdong Hongtu Nantong Die Casting Co., LTD Nantong City, Jiangsu Province 226321

【Abstract】 Aluminum alloy shell because of its complex structure, high accuracy, poor rigidity, it is easy to deform in the processing process, processing quality is difficult to control, so it is difficult to process. In view of these problems, the influence of the residual stress, the tool is inclined and material in the machining process. On this basis, according to the different deformation amount, the corresponding process indexes are: select appropriate tool materials, increase the front and back corners of the tool, reduce the friction and cutting stress during the cutting process; optimize the clamp device to contact with the surface of the parts, receive the force and avoid the deformation; three elements of fine car: back knife, feed, and cutting rate limit. Through the application of the above method, the deformation of thin-wall aluminum shell can be well controlled and meet the design requirements.

【Key words】 cutting parameters; process optimization; deformation control; tolerance requirements

在新产品设计完成后并正式投产之前，需要进行少量的样件试制，以验证产品设计是否达到预期质量和制造可行性，并进行整机装配及性能试验。样件试验具有一定的特殊性：样件数量较少，要求较高，工艺难度较大，对样件的制造周期和质量要求较高。要达到这个目标，就必须对试验方案的制订进行严格的把关。因此，从试制工作的特点出发，借助数控加工中心，配置必要的专用夹具和刀具，通过实践设计出一套适合于新能源汽车铝合金电机壳开发的机加工工艺。

1 薄壁铝合金加工变形因素分析

1) 残余应力

工件为铸坯，因其形状差异，铸坯在铸坯和热处理时，其冷却速率不均匀，形成了残余应力。在加工过程中消除了这种应力，导致了外壳的变形。初始残余应力是导致制品变形的根本原因。由于毛坯尺寸和形状的改变而引起的应力变化，由于毛坯在切割加工过程中的各个部位的尺寸发生了变化，从而引起了内部应力的变化；切削时，由于切削力和切

削热而引起的残余应力；不同残余应力的共同作用。

2) 刀具角度

刀具夹角对切削热、切削应力以及切削过程中的残余应力有一定的影响。由于切割时产生的热量，使得工件各个部分的温度不均匀，从而引起工件的变形；切割力是一个合力，它可以被分解成轴向、径向、切向三个方向，切割时的分力与分力的改变使得工件的表面在弹性回复之后发生了变形；残余应力是指在加工过程中所形成的应力和其它应力所形成的重新分布，将会引起已加工部件的变形。

3) 工件装卡

铝合金薄壁铸造件的刚度较弱，在机加工过程中，由于装夹、挤压等原因而产生的弹塑性变形，会对零件的尺寸精度、形状精度、定位精度和表面质量产生较大影响。

4) 零件材料

铝合金及其它金属的化学活性高，硬度低，塑性大，这3种基本特性增加了切削加工的难度；由于其在切削过程中容易形成结块，从而导致被加工表面粗糙度和尺寸精度的降低。除以上因素外，机床的刚度、模具的刚度和加工环境的温度也会对加工精度产生影响。其次，就是震动了。为此，对薄壁铝合金铸造机壳进行加工时，重点解决了夹具的装夹问题，降低了切削力，消除了坯料的残余应力。

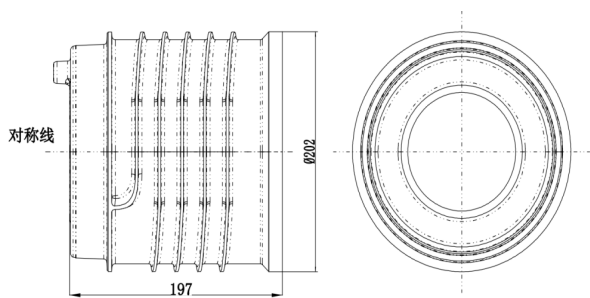


图1 零件简图

2 壳体加工的防变形方法

壳体材料为 $AlSi10MnMg$ ，铝料牌号为 HTDA03，为免热处理材料，抗拉强度 265~301 MPa，屈服强度 147~155 MPa，伸长率 6.84%~9.42%，如图1所示图1零件简图在实际生产中，工件的变形是不可避免的，而且无法彻底消除，

但可以通过一定的方法来减少这些变形，使其达到所需的程度。为减少铝合金薄壁铸造件的变形，采取了如下措施。

1) 切削刀具要尽可能锋利。特别是在精车过程中，刀刃的锐度可以降低切削力，使排屑平顺，减少摩擦力。根据产品的造型以及经济性的原则，通常情况下，选用的是定制机夹刀柄，这种刀柄配有高精度的内冷喷嘴，从而保证了在加工过程中对切削的控制能力。粗加工使用的是 PR 型断屑槽刀片，以保证最大切削刃的安全，适合于大背吃刀量和大进给量。精加工使用的是 PCD 焊接式硬支合金刀片，这种刀片拥有 PCD 尖端切削刃，在它的前角上还带着 3D 断屑槽，这样既能保证在加工中拥有不同切削深度和进给方向的壳体时，可以实现高效的断屑，同时还能获得比硬质合金刀片更长的刀具寿命和更高的表面质量。

2) 刀具材料的选则

铝合金具有良好的可加工性，只要是比其高硬度的材料，均可对其进行加工。根据铝合金铸造的特点和需要，通常选用具有耐磨、抗冲击和良好散热的硬质合金作为工具材料。介绍了用 PCD 焊缝型硬支合金刀具作刀具的方法，并取得了良好的效果。

3) 选用合理的刀具角度

在进行精车时，要降低在加工过程中所产生的切削热和切削抗力，就需要对刀具的一些重要角度进行修改，如刀尖圆角、前角、后角及主偏角等。为了减少切割时的挤出量，应将刀刃的尖端圆角设计得合适 ($R=0.4-0.8$)；当前角增大时 (伽马为 $15^\circ \sim 20^\circ$)，则可降低切割力，从而减少切割力的产生；适当增加后角 ($\alpha=10^\circ \sim 15^\circ$)，可以减少工具与工件的摩擦；刀架的主倾斜角度为 90° ，减少了切割过程中所造成的径向压力，同时减少了工件的变形。

4) 合理的安排工序

为了避免机壳在加工中产生变形，应合理安排机壳的粗加工、半精加工和精加工，并对机壳的应力进行消除和冷、热处理。外壳的加工过程很多，每个步骤都有不同的工作，而这些工作的质量，就是通过精车来保证的。所以在精加工过程中也要注意各个环节，在对外壳进行精加工的时候要进行多层次切割。从理论上讲，在工件上去除任意一

层后,其应力就会发生变化,由于应力的再分配,金属就会产生变形。

外壳的光洁度不能一次两次。在粗、半精加料过程中,均需通过粗精分序的方式,去除初始应力,然后进行装夹,完成精加料。用内径测试仪测量外壳的内径,然后以测量的数据为基础,进行精密的车削,直到达到图纸的要求为止。

5) 设计合适的卡具

由于壳体为局部规则的圆型零件,因此在进行套筒加工时,需要在套筒周边施加合理的应力,以保证装筒时的变形较小。车床上用于装卡的夹头通常为3只钳口,在装卡过程中,夹头是3只钳口,因此,即便是很小的夹紧力也会造成较大的变形。它所造成的变形分为两种,一种是弹性变形,另一种是塑性变形。因为这些变形的存在,不仅会增加应力,还会导致加工出来的零件尺寸出现改变,从而对产品质量造成影响,甚至会使加工出来的壳体成为废品。装夹方法对薄壁铝合金壳体的装夹十分重要,在装夹时不仅要满足加工要求,而且要无变形,应力要很小,才能满足加工要求。

6) 选择合理的切削三要素。

背吃刀量:在精车时,选用更少的后部吃刀。在精车时,后部吃刀量为0.15~0.3 mm,精车一次用内径测量仪测一下外壳的直径,将外壳的内径调整到图纸上的要求。

切削速度:在精车过程中,因为零件的装夹力小,以及壳体本身的结构不对称,如果转速太高,就会造成很大的动态不平衡,因此,精车过程中,壳体的转速为150~200 r/min。

进给量:由于进给量受限于表面的平整度,因此进给量也不能太多,在光整过程中,进给量一般在0.05~0.15毫米之间。在一般的铣床上,采用回转式铣床,以已切出的圆形为参考,对多余的零件进行切削,或采用数铣。

3 结语

对刀具的锋利程度和刀具材质的耐磨性和抗冲性都有较高的要求,选择PCD焊接型的硬质合金刀具就能达到以上要求;所述刀具具有刀尖圆角($R=0.4\sim 0.8$),前角($\gamma=15^\circ\sim 20^\circ$),后角($\alpha=10^\circ\sim 15^\circ$),以及主偏转角($\alpha=10^\circ\sim 15^\circ$);装入外壳时应选用适当的夹紧装置,以确保部件装入时受力均匀,卸下夹紧装置时不会发生变形,如果采用内推的夹紧装置,则不会发生变形;每一次粗、半精车的切削都要进行分段切削以消除应力;精车时,切深为0.15~0.3毫米,转速为150~200转/分钟,进给为0.05~0.15毫米。对于大尺寸、薄壁的铝合金铸件,要解决的问题就是如何在加工时,尽可能地减少外力,使其处于一个自然的装夹状态。

通过对该壳体的批量加工,得出了其工艺是合理的、切实可行的,并针对不同的部件采取不同的处理方式,最终实现了产品的合格,提出了具体的思路与措施。将上述工艺应用于一个实际项目中,对壳体进行了检测,发现壁厚误差0.15,圆度0.1,放置10天后仍不改变。最后,与其它零件顺利地完成了总装。

参考文献

- [1]王志刚,何宁,张兵,等.航空薄壁铝合金零件变形有限元分析[J].航空精密制造技术,2000,36(6):7-11.
- [2]汤善荣,吴成龙.自动变速器后盖壳体加工变形分析[J].合肥工业大学学报:自然科学版,2009,32(增刊1):120-122.
- [3]孔啸,李铭,卞大超.铝合金薄壁零件切削加工变形控制技术[J].机械设计与制造,2010(2):246-248.
- [4]回宝琦,何海洋.关于铝合金薄壁零件机械加工环节的分析[J].科技创新与应用,2013(26):103.
- [5]毕运波,柯映林,董辉跃.航空铝合金薄壁件加工变形有限元仿真与分析[J].浙江大学学报:工学版,2008,42(3):397-402.