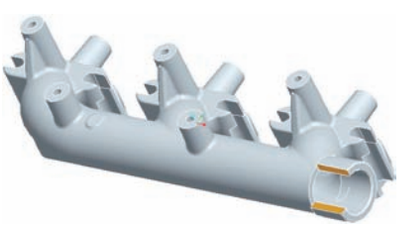
满足排气管镗车连接颈表面粗糙度要求的措施

河南省西峡县进排气管有限责任公司　（474500）　张银生　黄晓雷　靳国芳

摘要：以排气歧管的内孔加工为例，找出表面粗糙度达不到要求的主要原因，从刀具、设备、加工工艺、切削液及毛坯等方面采取有效的控制措施，消除不利因素，满足孔壁的表面粗糙度要求。



1. 技术要求

我公司生产的发动机排气歧管如图1所示。大多数情况下是由2支或3支通过间隙配合前后排气歧管相连接。材料有球墨铸铁、高镍钢和铸钢等。要求连接部位的表面粗糙度值R_a=1.6 μm，形位公差要求也很高，加工位置（见图2）使用夹具（见图3），大大增加了切削难度。在加工过程中提高加工精度是过程控制的重点，尤其是要满足表面粗糙度要求。



图　1

2. 表面粗糙度值超差的后果

加工孔孔壁的表面粗糙度值超差，其失效后果显而易见，降低了有效接触面积，增加了出现泄漏的风险，影响连接部位的最终密封性；降低了前后排气管装配精度，影响密封性能，使发动机整体性能下降。

3. 表面粗糙度值超差的原因

孔加工刀具按照工艺可分为粗加工刀具、半精加工刀具和精加工刀具。精加工刀具不但要满足孔径要求、形位公差要求，而且还必须达到图样中表面粗糙度值R_a=1.6 μm的要求。使用的孔加工刀具有车刀、镗刀等。加工孔孔壁的表面粗糙度值，一方面直接由使用刀具的切削角度（主、副偏角，刀尖圆弧的大小）和刀具的切削进给量决定；另一方面还受其他相关因素如材料的弹性变形、设备的振动、刀具的磨损、夹具的松动以及毛坯缺陷等的影响，这些都有可能导致零件加工后的表面形成微小的峰谷、

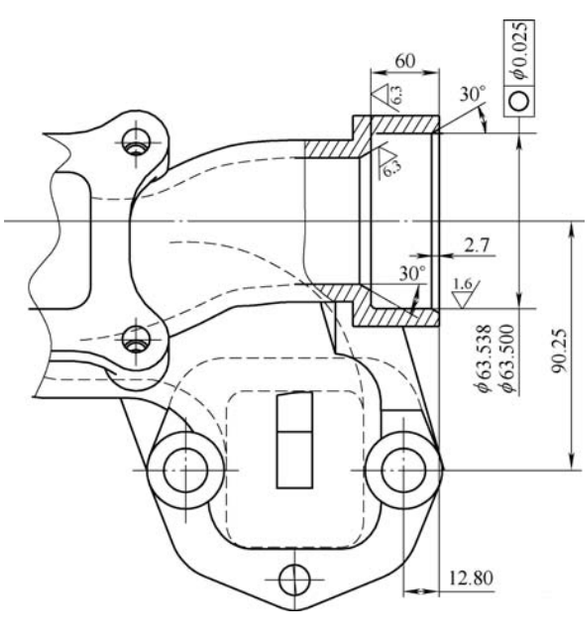


图　2

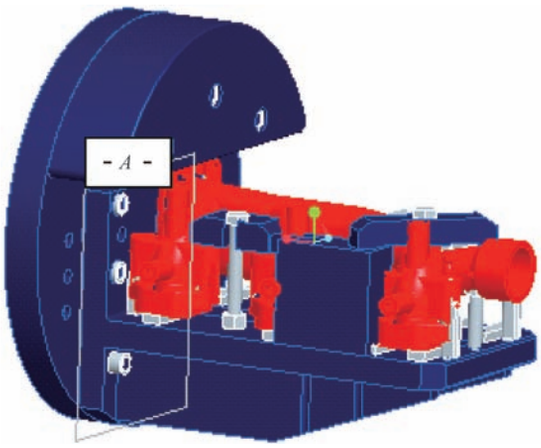


图 3

拉毛和划伤等缺陷。实际生产中，加工孔孔壁表面粗糙度值超差的原因颇多，刀具、设备、加工工艺、切削液和毛坯等都可能是造成加工孔孔壁表面粗糙度不理想的原因。

（1）刀具原因。加工孔的表面粗糙度值不理想，刀具是第一要考虑的原因。刀具的结构选择不合理，刀具使用寿命的设定不合理，刀具的切削角度存在设计上的缺陷，刀具的径向、轴向刃口跳动偏大，刃口崩刃和刃口非正常磨损等，都是造成表面粗糙度满足不了要求的原因，包括选用的车刀材料不正确，车刀装夹不正确或振动，车削余量过大或过小，刀具切削速度过高、过热，刀杆刚性不足以及振动等其他原因。所以在查找原因时，应该首先了解刀具的结构性能中可能存在的缺陷等影响因素，这样才能够查找到问题的真正原因。

（2）设备原因。设备的主轴间隙过大使主轴振动加剧、丝杠的磨损、夹具夹紧力不足以及夹具螺栓松动等都会引起加工孔孔壁的表面粗糙度值增大。

（3）加工工艺原因。加工工艺安排得不合理往往也会影响到加工孔的孔壁粗糙度值。如切削参数之一的进给量设定不合理，造成加工孔的表面粗糙度达不到要求；受前后工序影响的加工余量、加工顺序的颠倒等同样会影响到表面粗糙度值。

（4）切削液原因。切削液浓度下降、有杂质、压力不足以及喷头没有对准刀具切削刃口等都会造成表面粗糙度值不理想。

（5）毛坯原因。毛坯铸造过程中没有消除的硬质点，也是造成表面粗糙度值达不到要求的原因。例如，刀具的锋利刃口在加工铸造材料的初始阶段，加工孔壁出现细小缩孔；或者是加工孔径位置的“多肉”会干涉到车刀杆，造成轴向振动或径向推力的突发性增加，影响表面粗糙度；毛坯的孔壁厚薄不均匀，造成加工中孔壁的支撑力度不够而出现振纹等。

（6）叠加原因。表面粗糙度满足不了加工的技术要求，有时候问题的出现往往没有主要原因，而是有一个个的次要原因。只是当这些次要原因叠加在一起的时候，出现了加工表面粗糙度达不到要求的情况，一旦消除或降低了某一方面的不利因素，或许问题的特征表现就淡化了，也就满足了加工对象的技术要求。

4. 考虑采取的措施

实际生产中，要满足加工孔孔壁的表面粗糙度要求，或者要解决零星出现的表面粗糙度不合格现象，需要从以下几方面来考虑。

（1）刀具。刀具的制造技术创新给孔加工满足表面粗糙度要求带来了众多的有力支持。但实际使用中，需要了解各种新型刀具的材料、结构和切削参数等，只有熟悉掌握了相关知识，才能够最终满足和解决表面粗糙度问题。

精车时，加工精度和表面粗糙度要求较高，加工余量不大且较均匀，因此选择精车的切削用量时，应着重考虑如何保证加工质量，并在此基础上尽量提高生产效率。因此，精车时应选用较小（但不能太小）的背吃刀量0.5～1.2mm和进给量0.1～0.2mm/r，并选用性能高的刀具材料和合理的几何参数，以尽可能提高切削速度到70～100m/min。刀具主、副偏角，刀尖圆弧的大小以及进给量对加工孔壁表面粗糙度的影响是重要的可见因素，刀尖圆弧、背吃刀量和进给量三者的合理匹配、合适的切削参数可预防花斑纹、积屑瘤、鳞刺及设备、夹具的共振等造成孔壁粗糙度质量变差的现象出现。如进给量的设置不合理就会影响到孔壁的表面粗糙度，过大或过小同样会导致表面粗糙度不能满足要求。

要根据加工材料、设备和刀具刀尖圆弧的大小来选择合适的切削深度和进给量，同样的进给量，不一样的刀尖圆弧大小，其表面粗糙度值可能就是不一样的结果。同样的进给量，在切削深度相同时，刀尖圆弧大小的差异导致主切削刃的法向切削

厚度不一样。以孔精加工刀具刀尖圆弧0.3mm为例，当背吃刀量小于0.1mm时，往往会造成切削刃不容易切入过渡加工面；圆弧刀刃切削到的厚度很小，还会造成不均衡切屑厚度的出现，这时刃口的附着力达不到均衡切削的条件，致使切削过程中出现刀杆颤动的现象，从而使加工面出现花斑纹表面。当遇到刀尖圆弧不同时，需根据切削刀尖圆弧大小来选择切削参数。在主切削刃上的最大法向厚度达到正常的切削厚度时，应该可以满足正常精切削加工要求。当切削深度达到0.25mm以上时，一般小圆弧刀尖的法向厚度就足够使圆弧刀刃切入过渡加工面了，所以有时候刀具的圆弧设定与精加工的切削深度一定要匹配。即当加工余量小的时候，刀尖圆弧尽量选择小一点，保证切削加工过程中刀具刃口能够正常切入过渡表面。一般切削深度的最小值选择刀尖圆弧半径的1/3比较合理。

近年来产品材料在不断变化，以高镍钢和铸钢材料为主的产品批量不断提高，选择合适的刀具材料，刀具刃口的锋利性和耐磨性也是考虑因素。切削加工的刀具材料越来越趋向满足更锋利、更耐磨的特性，立方氮化硼刀具和硬质合金涂层刀具等已广泛应用，这种刀具材料不但锋利性、耐磨性一流，而且可以实施高的线速度，达到高效率的目的。新型刀具材料更能满足加工孔的表面粗糙度要求，所以有时候当出现满足不了加工孔表面粗糙度要求时，在加工产品刚性和设备主轴转速允许提高的前提下，不妨选择一些高硬度、高耐磨的刀具材料来加工孔壁。

（2）设备和夹具。设备和夹具是满足加工孔表面粗糙度要求的关键之一，高转速、高刚性和高精度及让其处于最佳状态是当前普遍使用的设备和夹具特点，故车间平时做好日常的TPM（全员维护）和PM（计划维护）工作，如定期测试主轴振动、及时发现轴承磨损的趋势以及对夹具及时定期维修周检等，都是保证加工孔表面粗糙度满足要求的基础工作。

（3）工艺。加工工艺的合理性也是保障加工孔满足表面粗糙度要求的条件之一。①重要孔的工艺安排。分层次加工：粗加工→半精加工→精加工。这是排气歧管车前后连接颈的加工工艺编排。当加工孔是毛坯铸造孔，而孔的最终圆度、直线度等形位公差要求都比较高时，这样的安排更显得尤为重要。②防止或减小工艺系统振动。机加工中有时候选择的切削参数使设备产生共振现象，主轴的振动直接造成加工孔孔壁的表面粗糙度值上升，可以通过振动测试，重新设置切削参数，从而减少共振出现的次数。

（4）毛坯。毛坯对孔加工表面粗糙度的影响是不可忽视的。铸造当中的批次差异性，杂质、硬点和毛坯“多肉”等缺陷直接会影响到加工孔的表面粗糙度值。如果毛坯“多肉”或有铸造缺陷，都要在粗加工时把孔加工圆，否则会影响到精加工的表面粗糙度值。

（5）切削液。切削液的润滑作用是加工过程中必需的，而切削液的浓度对镗刀具影响很大，浓度太低或太高对刀具都不利，切削液浓度一般要达到10%～20%。同样，切削液达到清洁度标准也是减少或消除切削液中的颗粒拉毛加工孔孔壁的保障条件。

5. 结语

实际加工中要满足孔壁表面粗糙度要求不是一件易事，特别是当不被控制的因素出现时，会造成局部出现或突然大面积出现表面粗糙度达不到要求的现象。这时可通过了解加工工件反映出的现象，分析现行过程的控制情况，找到失效的原因，采取有效的控制措施，消除不利因素，以满足孔壁表面粗糙度要求。**MW**

（收稿日期：20160121）

专家点评

如何降低孔壁表面粗糙度值一直是镗孔中的难题，作者以排气歧管为例，从毛坯、刀具、工艺和切削液等方面采取措施，消除不利因素，最终满足了内孔加工要求。文中的理论分析与实践经验相结合，尤其是刀具部分介绍得最为详细，强调需根据刀尖圆弧的大小来选择切削参数，“一般切削深度的最小值选择刀尖圆弧半径的1/3比较合理”，具有很好的说服力。