



9E燃气轮机压气机排气缸内缸加工

南京汽轮电机(集团)有限责任公司 (江苏 210037) 柳 政 朱 丹 汤 磊



柳 政

9E燃气轮机是我公司从美国GE公司引进的重型燃气轮机,填补了国内125MW燃气轮机产品系列的空白。压气机排气缸(见图1)内缸是9E燃机的一个重要部件,压缩空气经过压气机排气缸进入燃烧室,压气机排气缸内缸起到密封高压空气的作用,因此压气机排气缸内缸的制造质量直接影响到压气机的性能。

压气机排气缸内缸主体结构为大型薄壁件(见图2),材料为QT400-18A。主要的加工难点就是如何控制薄壁件的变形,减小加工时的振动。

加工中需要解决的问题

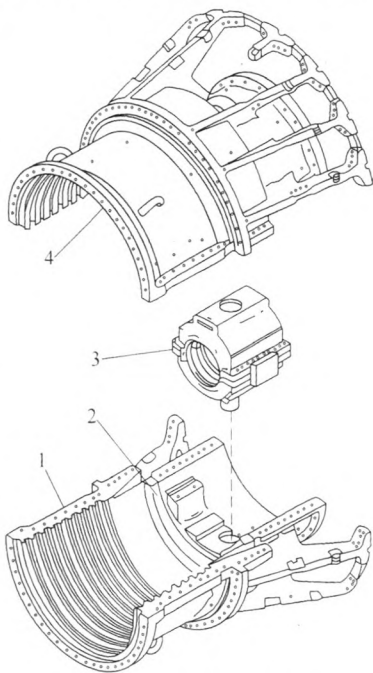


图1 压气机排气缸结构图

1.压气机排气缸下半 2.压气机排气缸内缸
3.2号轴承座 4.压气机排气缸上半

是:

- (1) 压气机排气缸内缸的装夹变形问题。
- (2) 表面粗糙度怎样解决。
- (3) 形位公差如何保证。
- (4) 刀具量具及工装夹具的设计与制造。
- (5) 压气机排气缸内缸起吊方案的确定。

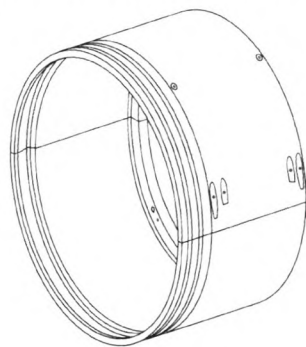


图2 压气机排气缸内缸

装夹方案的确定

我们最初采用的是传统的缸体类零件装夹方法,将压气机排气缸内缸直接按划线找平,法兰面向下置于立车工作台上,通过在立车刀架上安装百分表检测并调整工作台卡爪来定位工件圆心。在调整过程中,我们发现卡爪的径向压紧力会直接导致压气机排气缸内缸在卡爪处出现0.3~0.5mm的变形,松开卡爪后变形仍然在0.2mm左右。如果按此种装夹方式加工,最终必然会使工件产生内应力,导致工件变形。所以说传统的装夹方法并不适用于压排缸内缸这样的大型薄壁件的加工。

为了防止装夹变形,我们设计了圆形的夹具体(见图3)来放置工件,将夹具体放置在立车工作台(见图4)上,卡爪夹住夹具体,通过夹具体的位置调整来间接定位工件的圆心,然后再在工件内侧底部法兰处搭压板,用轴向力压紧工件,从而保证工件不会变形。在精车内外圆上端时,工件振

动较大，造成形位公差超差，尺寸不易保证。为了保证工件在顶部割槽时振动减小，又在顶部搭了8块杠杆式辅助压板（见图5），来保证工艺系统刚性。

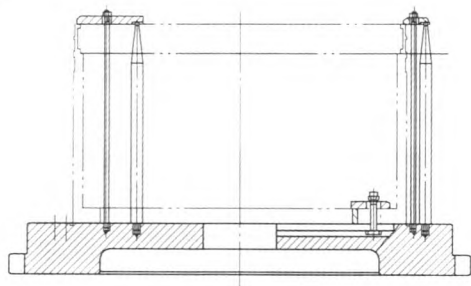


图3 夹具具体结构及装夹示意图

顶部的杠杆辅助压板压紧力有一定要求，通过调整支撑柱的高度来调节压紧力，8根支撑柱要保证高度相同，这样才能保证8个点压紧力相同、均匀。压紧力的大小要适宜，压紧力过大会导致加工完松开压板后产生应力变形，压紧力过小会导致在加工时产生较大振

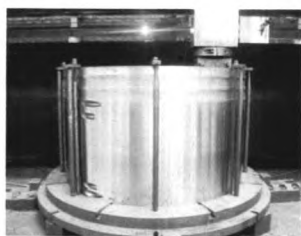


图4 通过夹具间接定位



图5 底部压板提供轴向压紧力、顶部压板辅助压紧

动，导致切削热过大，不仅会使加工表面粗糙度达不到要求，还会使工件产生热塑性变形。我们在搭压板前，通过刀架安装百分表实测工件的变形量情况（见图6）。



图6 装夹调试现场

在这套夹具的使用过程中还不断对其进行改进

（见图7）。压板的前端承压面设计成圆弧状，减小受压面积并避开加工的T形槽，并用铜皮保护已加工面。夹具体上设计一条退刀槽，可以使精车外圆时直接加工到底部，无需翻身接刀。

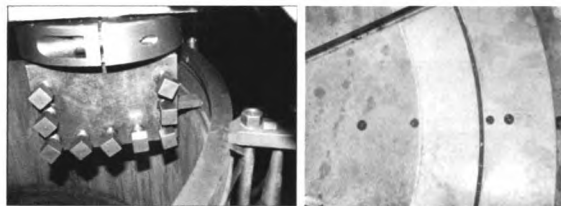


图7 夹具改进照片

勾槽车刀的设计

通过对压排缸内缸的结构分析，我们认为最难加工的部位为气缸顶部安装气封的内圆T形槽及外圆沟槽，因为此处的厚度最薄处仅为13.695mm，工件高度为800mm，要求表面粗糙度值为 $R_a=6.3\mu\text{m}$ ，位置度、平行度形位公差为0.05mm，圆跳动公差为0.13mm。而工件材料为QT400-18A，属于加工性能较好的材料，所以对于割槽车刀的材料通过理论参考，选用YG6硬质合金割槽车刀为粗车刀材料，YW2硬质合金为精车刀材料。

由于压排缸内缸是薄壁件，刚度差，受径向分力的影响容易产生振动和变形，在切削热的作用下容易产生热变形，使工件精度达不到加工要求。车槽的进给方向为横向，切削力较大，刀具的前角、副偏角、后角及副后角是影响切削力的关键因素。我们在原有割槽车刀上对这几个参数进行改进。

前角增大，使刀刃锐利，使切削变形减小，切屑容易流出，并减少了切屑与前刀面间的摩擦。因而由塑性变形与摩擦所产生的切削热和切削力都会减小，从而使工件的振动和变形小。

副偏角增大，使径向力减小，避免了工件振动。

后角减小，前角的增大造成了刀具的刚性难以保证，所以减小了后角来加强刀具刚性。

副后角增大，减小了副后面与已加工表面的摩擦。

增大前角、副后角、副偏角及减小后角，可以降低切削力和功率消耗，使切削轻快，振动减轻，减小摩擦，降低切削热，使工件变形小。但由于选用了较大的前角、副后角、副偏角及较小的后角，



特别是前角较大时，降低了刀具的强度，容易产生崩刀。经过试切削得出结论， 25° 前角的割槽车刀在 0.18mm/r ， 50mm/min 的切削速度下，达到的效果在加工质量、加工效率及加工经济性上最好，所以选择了 25° 前角的割槽车刀。如图8所示。

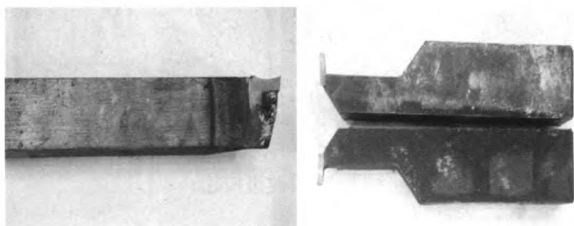


图8 加工时所用的直槽车刀及勾槽车刀

勾槽测量量具的改进

对外径千分尺进行改进，常规的千分尺卡尺无法测量该工件上开当很小的勾槽（见图9），我们设计了勾槽分厘卡（见图10）来测量勾槽的厚度。原有的外径千分尺勾头处长度太长，无法测量，将勾头处设计为 4mm 的薄片，满足了测量开当小的槽。勾槽的尺寸精度要求为 0.05mm ，而勾槽分厘卡所能测得的精度为 0.01mm ，完全可以保证测量数据的有效性。

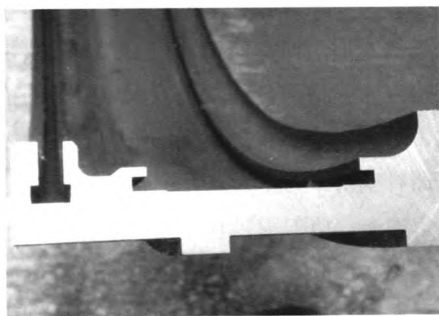


图9 T形槽及勾槽常规千分尺无法测量

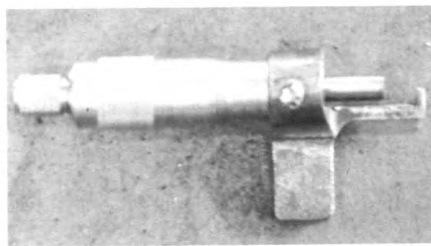


图10 经过改进的勾槽分厘卡

起吊方案的确定

原有的很多产品在设计时两侧都有起吊吊环等

装置，但压排缸内缸比较特殊，仅在底部法兰处设有起吊翻身螺孔，只能拿钢丝绳绑住缸体起吊。但是钢丝绳会在起吊过程中拉毛加工好的内缸，而且钢丝绳的延展性较差，在起吊时会使工件变形。考虑到这两点及工件的重量为 $1\,896\text{kg}$ ，故使用高强度尼龙绳来起吊，利用下面的螺孔空中翻身，防止工件变形（见图11）。



图11 使用高强度尼龙绳起吊工件

效果验证

通过一系列的攻关及操作人员的精心操作，我们完成了9E燃气轮机压气机排气缸内缸的加工。

在加工过程中和加工结束后，检验人员对此零件的17项尺寸精度和8项形位公差进行了检查，合格率达到99.5%，并且9E燃气轮机压气机排气缸内缸在整机装配中完全达到了设计要求。至此，圆满完成了9E燃气轮机压气机排气缸内缸的加工。MW

（收稿日期：20130802）

南京国际金属加工即将举办

2013中国（南京）国际金属加工展览会（AMB China），将于10月14~16日在南京国际博览中心举办。继上一届展会12个国家和地区156家参展企业及8 147名专业观众的成功举办，第三届南京国际金属加工展预计将吸引250家参展企业，展出面积达 $20\,000\text{m}^2$ 。欧洲机床销售商协会将首次组织Geiger、HTT、RD Machines Outils等欧洲二手机床企业参加本届展会特设的二手机床展团。