

船用燃气轮机分半机匣加工

杨春林

[提要]在船用燃气轮机的试制中有许多与航空燃气轮机的制造不同的地方。这些特殊问题,我们通过各种方法进行解决,均取得了较好的效果。分半机匣加工就是其中之一。本文就船用燃气轮机分半机匣的加工谈一下个人的经验和看法。

关键词:船用燃气轮机 机匣加工

燃气轮机压气机部分和涡轮部分均有分半机匣,它是机匣中较为特殊的类型。它除了具有圆形整体机匣的强度、刚度要求外,还要求有随时分成两半的方便特性。为保证这些特性,设计者精心考虑它的结构,制造者则尽一切办法实现。

据多年样机生产的经验,我认为船用与航空用分半机匣生产有许多不同的地方。其中主要的是船用机匣的重量不是主要问题,可用黑色金属和增加壁厚来提高机匣的强度和刚度。另外,制造形式也可多种多样。如:可采用铸、焊、锻等方式。在制造中,分半机匣使用的材料有20、C₁₇Ni₂、1C₁₃、GH132等。

钢制机匣与铝合金机匣在制造上有着很大的不同,使我们遇到了一些比较难克服的问题。如:毛坯制造、形面加工、变形控制等。而在这些问题中最为突出的问题就是机匣的变形问题。分半机匣的变形问题显得突出和重要。

船用燃气轮机机匣壁厚、体重。粗看起来好象是解决了变形问题,因为它可以很容易地保持形状。然而它是否能保持到使用多年之后仍不变形呢?对我们的机组进行分解后,通过观察与测量看出,结果并非如此。分半机匣在不同程度上都有向外敞开的现象。壁厚在15~20毫米,直径在 $\phi 1000$ 毫米左右的机匣变形情况是:

a. 从制造方式看变形:

铸钢分半机匣:开口增大0.2~0.3毫米

焊接分半机匣:开口增大1.5~2.0毫米

锻造分半机匣:开口增大0.5~4.2毫米

b. 从材料角度看变形:

$20 < 1C_{13} < C_{17}Ni_2 < GH132$

c. 从使用位置看变形

压气机分半机匣 < 涡轮分半机匣。

从以上情况看出,铸造机匣变形最小,焊接居中,锻造变形最大;使用温度低变形小,使用温度高变形大;低强度材料变形小,高强度材料变形大。

为什么会有这样情况呢?

我们认为这三种结构机匣加工后在它们体内都还存在着高低不等的残余应力,而这种应

力的大小还随着机匣壁厚的增厚和材料强度的增强而增大。而处于高温工作区的机匣，内外壁受热不同从而又产生了很大的热应力，经使用一定时间后这三种机匣不同程度地释放出一些应力，从而引起了机匣大小不同的变形。要想使这种变形控制到最小程度，就必须在设计和制造中采取措施，改进设计与制造工艺。

下面就加工这三种机匣的工艺特点和加工后的情况做一介绍与分析。

铸造法：

铸后要及时回火去应力消除铸造产生的内应力；粗加工去余量后，再进行半精加工。最后均采用去应力处理。而每次处理都要使工件立放。

焊接法：

一般筒体均采用钢板卷筒而成，卷筒后作纵向焊缝焊接，焊缝打平，在卷板机上校圆，焊接上端法兰进炉去应力，分切成两半然后校形。再后与水平法兰，加强筋，外凸台等相焊。图1为分半焊接机匣(一半)。

为了防止变形我们采用了强制法，用刚性很强的焊接夹具。如图2所示。

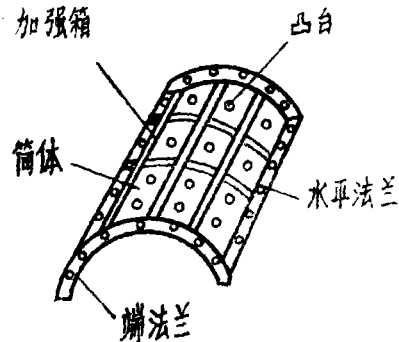


图1 分半焊接机匣(一半)

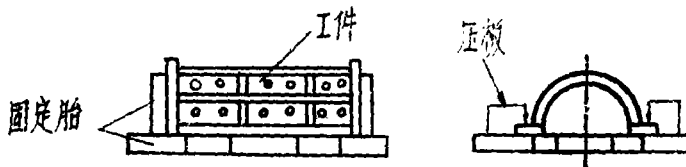


图2 焊接夹具

夹具特点：

- ① 足够大的刚性，使工件在焊接时保持形状。
- ② 便于所有焊缝的施焊。
- ③ 焊后要随工件一同进炉去应力，因此夹具重量要尽量轻，搬动方便。

用这样的焊接夹具制得的焊接件变形一般在0.2~0.3毫米之内，较为理想。当然在施焊过程中我们还采用了些措施。如：合理的焊接方法和装焊次序等。

锻造法：

一般情况下均先锻成个厚厚的大圆筒，用机加工方法或气割将其切割成两半，割开时会产生很大的变形。然后靠铣、车等大量地去掉余量使其逐渐接近机匣形状。在这些加工过程中又产生较大的加工应力，所以这种件的应力状态很不好。

这三种机匣的机加工过程大致是相同的:

毛坯→分半→铣中分面→加工中分面孔→结合两半成一体→粗加工去余量→热处理去应力→半精加工→铣钻加工外表面上的凸台孔→稳定热处理→刮研中分面→精加工各面达蓝图要求。

其中比较关键的工序为:

①中分面加工:

初加工中分面时一端面基准一定要先加工平并与中分面垂直,在平台上检查,0.03毫米塞尺不能通过才达要求。这样,在铣加工水平中分面时才不至于受扭力矩作用。有条件时,中分面刮研前加工可先用磨加工,就使工件处于自由状态,反应在水平面上的变形最小,刮研工作量也最小。

②半精加工:

这一工序也很重要。比较好的加工形式是小吃刀(每次最多不超过0.3毫米)多次走刀。加工一侧后要及时翻身加工另一面,每次要保持两面加工去量相等。绝不要怕麻烦,图方便,一次装夹从粗到精完成全部面加工,这样做必将造成工件的变形不对称。这一情况在机组分解后测量变形时已得到证明。如:涡轮三级机匣一端变形0.4毫米,而另一端变形0.8毫米。其原因是变形小的一端精车二次完成,变形大的一端精车一次完成。

③几次热处理去应力不可随意取消,因为每次处理的安排都是有一定的针对性的。

用上述方法加工出的分半机匣取得了较好的效果。用在船用试验机组上满足了机组的性能要求,但是,在高强度材料,厚壁机匣处于较高温度下工作之后产生较大变形,这样一个问题也是我们今后要加强研究的课题。在设计上改进结构,减少壁厚,降低应力水平,这是很重要的方面,而加强它的制作,提高制造水平,提供出高质量的船用燃气轮机分半机匣,使之能用在任何场合,是制造者努力的方向。

(上接第46页)

“在二维叶栅势流计算中边界元法的应用”和“叶栅绕流的边界元法”这两篇论文把边界元法用于气体动力学领域,引起了与会者的关注和兴趣。边界元法是近年来兴起的一种新的基于边界积分方程的数值计算方法,有别于有限元和有限差分等区域计算法,边界元法通过引入一个满足场方程的奇异函数作为权函数,将问题的区域计算转化为边界计算。由于所获得的一组边界积分方程仅联系边界上各个量之间的关系,从而降低了数学模型的维数,减少了原始数据准备的工作量,提高了边界解的精度。有人认为它在连续介质力学的领域内是一种优越的、甚至能代替有限差分法和有限元法的有效方法。

(徐立民)

POWER TRANSMISSION DEVICES

7. Experimental study of laminated diaphragm couplings
.....*Bi Chengwu* (37)

Synopsis

After discussing design essentials of a laminated diaphragm coupling, the paper gives a description of the relevant test equipment and methods, as well as the static and dynamic stress test results of the diaphragm assemblies with results being analyzed and discussed.

8. The leading-edge-groove tilting pad thrust bearing; recent developments
.....*Translated by Jing Haiyan* (47)

MANUFACTURING TECHNOLOGY

9. The manufacture of marine gas turbine split casings
.....*Yang Chunlin* (57)

Synopsis

The manufacture of marine gas turbines differs from that of aviation ones in many respects. The author has solved a series of special problems encountered during the manufacture of marine gas turbines by using various methods, the manufacture of split casings being one of the problems. This paper gives some experiences and views the author has gained in the manufacture of marine gas turbine split casings.