X8CrNiNb16-13奥氏体不锈钢垫片变形控制

上海电气电站设备有限公司上海汽轮机厂 （200240） 杨丽娜 沈永根

常用的金属垫片材料有铜、铝、低碳钢、不锈钢、铬镍合金钢及钛蒙乃尔合金等，外形有平形、波形和齿形垫片等。本文的这两个垫片安装于我公司生产的燃气轮机机组中，整个机组所涉及到的垫片有成千上万个，其规格和尺寸各不相同，这两个垫片看似简单、渺小，它的质量好坏却可以影响整个机组的装配。

1. 工艺分析

这两个垫片是呈镜像对称的，其外形和尺寸如图1所示，长224mm，宽60mm，厚10mm，材质为：X8CrNiNb16－13＋BN，其中BN表示

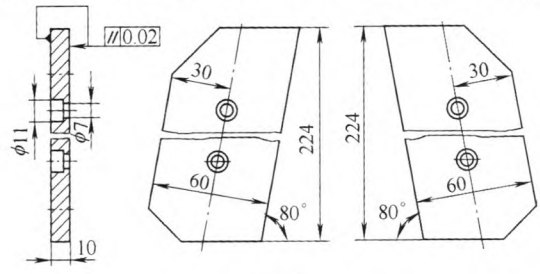

图 1

四、结语

目前，国内的许多制造厂对标准规范中传热管的弯管工艺评定要求理解存在错误，导致生产的传热管存在质量问题。而某些制造厂则不加区分的对全部弯管进行消应力热处理，这样不仅造成了巨大的资源浪费，而且经热处理后的传热管可能会出现晶粒异常长大和沉淀物在晶界处析出的情况，从而会降低传热管的力学性能。因此，从核安全的角度出发，充分理解和执行标准规范的相关要求，是保证传热管质量的必要前提。**MW**

（收稿日期：20130616）

浸浴渗氮即液体氮化处理，经查图样中给定的MUN054.3/1－3标准，该垫片需达到约0.1mm淬硬深度。这个垫片的坯料是由ϕ80mm×114mm棒料锻造而成的，整个工艺流程为：坯料锻造→固溶处理→粗加工→除应力→精加工→液体氮化→入零件库。经分析，这个垫片本身的形状和尺寸并没有太大加工难度，关键在于它的材料、平面度及平行度要求和后续的氮化处理。

查找资料后发现，这类钢中含有大量的Cr和Ni，使钢在室温下呈奥氏体状态，Nb铌可防止晶间腐蚀现象，并能细化晶粒和降低钢的过热敏感性及回火脆性，提高强度。奥氏体不锈钢一般采用固溶处理，即将钢加热至1 050～1 150℃，然后水冷，以获得单相奥氏体组织。这类钢具有良好的塑性、韧性、焊接性和耐蚀性能，在氧化性和还原性介质中也有较好的耐蚀性。

2. 初始方案

最初加工这个垫片时，按常规道序，进入车间后，首先利用普通机床，对垫片锻造坯料进行粗铣，按经验长方体每面留3mm余量，用以后续的除应力处理。除应力结束后再由数控加工中心完成整个尺寸的铣削加工，其中厚度方向留0.2mm磨余量。针对这个零件材料的特殊性，我们事先进行了切削试验，发现这个材料韧性好，刚性差，一般的砂轮刚一接触，就会产生变形。为此，我们联系了上海砂轮厂，经实地考察，现场研究商讨后，选用了ϕ500mm×75mm（型号为C0070J）金刚石砂轮，这种砂轮是以金刚石磨料为原料，分别用金属粉、树脂粉、陶瓷和电镀金属作结合剂，制成的中央有通孔的圆形固结磨具。另外，由于该材料为不

锈钢，无法直接吸附在工作台上，所以在正面磨削时，采用装夹工具夹持，如图2所示，反面磨削时利用垫片上已有的 2个ϕ7mm和ϕ11mm孔，在碳钢平垫片上钻出两个与之相匹配的螺孔，用螺钉将工件固定在平垫片上，再将其吸附在工作台上进行磨削，如图3所示。

图2　正面磨削

图3　反面磨削

第一次磨削完成后，检测其厚度方向上平行度可达到0.02mm，满足图样要求，于是，进行了最后一个道序，即液体氮化处理。然而，在燃机总装时发现，该垫片预装后，平面度较差，无法达到装配要求，不允许使用，最终作为报废处理，影响了整个机组总装。

3. 试验方案

这样一个看似比较简单的零件，最终却加工失败，这带给我们很大的反思。首先，要找出其中的原因。最初磨削完成后测量过平行度，是合格的，经过了从完工到装配的这段时间后，不能确定是磨削还是液体氮化引起的变形。为弄清这个问题，我们利用报废的垫片做试验，从装夹、检测、氮化等方面，寻求最终的答案和最佳的切削方法。

第一次加工时，正面是夹持装夹，反面是利用螺钉装夹，这也有可能会产生弯曲变形。为此，这次做试验时，厚度两面的加工，均采用了夹持装夹，尽可能保证两面达到同样的切削状态；同时，在磨削厚度前，所夹持的两侧面也预先进行了磨削，进一步降低夹持变形，保证精度，具体装夹原理如图4所示。使用该装备时，先将整个夹具平放于磨削台面上，再将件垫块3放于夹具中，用以垫高工件。工件平放在垫块3上，通过调节移动块10的前后位置，均匀夹住工件的两侧面。为更好地保证吸附性，夹具两侧还分别放置了垫块。

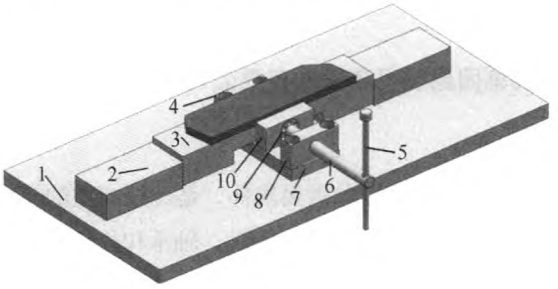

图　4

1.工作台 2、3.垫块 4.固定块 5.手柄 6.螺杆 7.底座 8.手柄 9.半圆垫圈 10.移动块

磨好厚度方向的一面后，先检测其平面度，达到0.02mm，满足要求后，再磨另一面，全部磨好后，同时测量其平面度和平行度，直至合格。实际磨削时，为防止变形，每次进给量都很小，以至于没有火花出现，所以操作技师只能集中精力，靠耳朵听，听出切削状态，再结合眼睛和手完成前后位置的移动。整个过程就是这样的重复动作，边加工边测量，直至满足图样要求。

磨削完成后，放置一周时间，再由检验人员复测其平面度和平行度。平面度是由专用测量仪器和塞尺测量的；平行度是测量各处的厚度，比较差值是否在0.02mm以内来确定的。若检测是合格的，即说明机加工后，这个垫片本身并没有发生变形。下一步就要考虑液体氮化是否会影响零件变形。于是，氮化前，在垫片厚度两面上各取一些点，记录实际的平面度值，同时，进一步优化渗氮工艺。氮化后，复测垫片相应各点的平面度和平行度，都完全达到了图样要求。这说明，经过冷加工和氮化后，垫片的变形完全得到了控制。

4. 工艺改进

对上述试验过程进行了认真的分析和总结后得出，机加工和热处理均会引起变形，为此改进了工艺流程。除应力前每面的余量由3mm改为1.5mm，余量减小可降低后续机加工产生的加工应力；在精

（下转第60页）

系统正常温度工作，二可开模时防止流道断裂部位拉丝（见图10）。

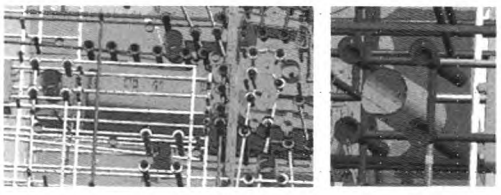

图 10

（3）冷却设计原则是水道沿制品形状分布，与制品的间距为（2.5～3.5）D（D为水道直径），水道间距为（3～6）D，前后模水道冷却呈镜像关系（见图11），为了调节制品变形，分区域冷却，根据调节前后模的水温控制变形，如果局部过热也会影响生产效率，可采用铍铜或导热针（见图12）。

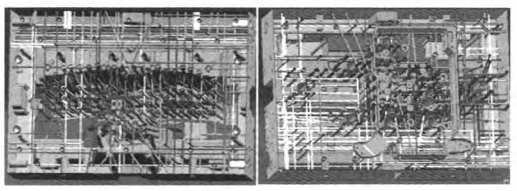

图 11

5. 结语

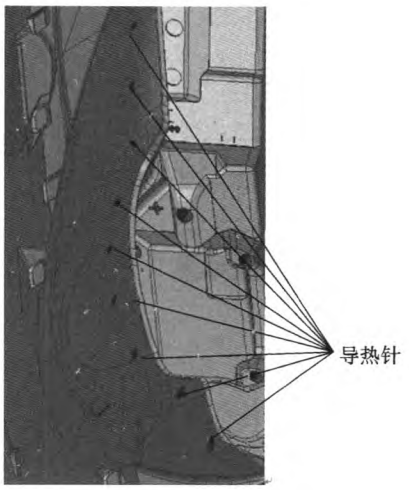

图 12

产品设计与模具设计紧密相关，尽管产品设计要以个性化、人性化为切入点来满足客户需求为重点，但也应考虑模具结构情况来保证产品的实现。另一方面在模具设计的过程中要对产品做好预算并提出改进措施，同时在产品可能进行改动的地方做好模具可更改的设计方案。模具结构设计的最终目的是在有竞争力的成型周期下，能生产出满足产品装配，满足工业设计的最佳设计要求。**MW**

（收稿日期：20130605）

（上接第29页）

铣垫片时，尽量保证长度方向两侧面的平面度和平行度，方便后续磨床装夹；磨削余量由0.2mm增加为0.5mm，即留给磨床较多的余量，便于机床根据实际状况对切削参数进行适时调整，这些都可以进一步减小零件的变形，保证加工精度。

另外，在这种材料的热处理上也做了一定的优化。据相关资料介绍，奥氏体不锈钢材料热加工时，一般在400～800℃加热，会因为碳化铬析出而导致耐腐蚀性的降低，出现晶间腐蚀现象。但从材料成分中可看出，该材料碳含量较低（0.40%～0.10%），且含有防止晶间腐蚀的合金元素Nb，故认为该材料应该不会出现晶间腐蚀问题，但需要试验来证实。为此，特将固溶后的X8CrNiNb16－13棒料加工成4mm×20mm×80mm的试样，经650℃敏化处理2h后进行晶间腐蚀试验，即将试样磨光清洗干燥后在硫酸-硫酸铜溶液、微沸状态下保温16h后，再进行冷弯试验（见图5）。结果发现该材料冷弯试验后，二件试样均未发现任何裂纹，表面未见有晶间腐蚀的倾向，所以可放心地认为该材料由于低的含碳量和Nb成分的加入，对晶间腐蚀是不

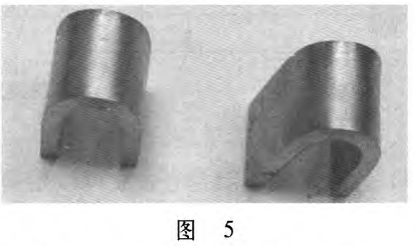

图 5

敏感的，除应力处理工艺是可以在400～800℃进行的。另外，在此基础上，还大胆改进原除应力工艺，由常规的低温除应力处理改为较高温度的稳定化除应力处理，使垫片粗加工应力得到彻底释放。

最终的垫片稳定化除应力处理工艺为：除应力处理升温速度≤50℃/h；除应力处理保温温度（750±10℃）；除应力处理保温时间4h；除应力处理降温速度：≤50℃/h，降至≤100℃空冷。

5. 结语

改进后的加工方案，可有效控制这类垫片磨削时的变形影响。目前我厂已采用该方案顺利完成了多个机组垫片的加工，均取得了令人满意的效果，同时为其他类似材料产品的制造提供了一个新的工艺思路，值得广泛推广和应用。**MW**

（收稿日期：20130519）