

渗氮曲轴变形预防措施初探

陕西北方动力有限责任公司 (宝鸡 721300) 李波文 董肖敏

发动机曲轴是动力装置的五大核心零件之一。在发动机工作时,每一个工作冲程都有很大的交变载荷通过活塞、连杆组件作用其上,使其承受反复的冲击。同时,这些交变载荷在曲轴的各个部位产生弯曲、扭转等复杂的交变应力,极易造成疲劳断裂。因此,必须对曲轴采取强化措施。

通常,对于强化柴油机一般采用中碳合金钢的锻钢曲轴。锻造后进行正火处理或调质处理,然后在各轴颈表面实施感应加热表面淬火,淬硬层深度为2mm左右,硬度为50~60HRC;也可以进行渗氮处理,以提高疲劳强度。

1. 感应加热表面淬火与渗氮处理(氮化)的工艺特点

(1) 感应加热表面淬火的特点 将工件的整体或局部置入感应器中,由于高频电流的集肤效应,使零件相应部位由表面向内加热、升温,使表层一定深度组织转变成奥氏体,然后再迅速淬硬的工艺。可较大地提高零件的扭转、弯曲疲劳强度及表面耐磨性。感应加热表面淬火变形较小,节能,成本低,劳动生产率高,淬火机可放在冷加工生产线上,便于生产管理。

(2) 渗氮处理(氮化)的特点 向工件表面渗入氮原子形成氮化层的热处理过程。为了保证工件心部获得必要的力学性能,需要在渗氮前进行调质处理,使心部获得索氏体组织;同时为了减少在渗氮中的变形,在切削加工后,一般需要进行消除应力的高温回火。渗氮处理可提高表面硬度、耐磨性和疲劳强度及抗蚀能力。

2. 曲轴产品及技术要求

某研究所设计的某型号的十二缸水冷曲轴的主要参数如下:总长为1231.5mm;主轴颈为 $\phi 140h6 \times 51$ mm;连杆轴颈为 $\phi 110h6 \times 77$ mm;最大法兰外径

为 $\phi 208$ mm;冲程为 (160 ± 0.1) mm。有关其他要求如下:选用的材料为34CrNiMo6-GB/T 3077-1999;心部硬度为302~341HBW;超精研磨前进行氮化处理,氮化层深度0.25~0.4mm,表面硬度 ≥ 600 HV,氮化时应保护两头的端面及所有螺纹孔、销孔不被氮化;主轴颈的跳动量允许到0.05mm,检查时支承1、7主轴颈,4主轴颈为辅助支承,要求相邻两主轴颈的同轴度不大于0.025mm,或相邻两主轴颈相反方向摆差的绝对值之和不大于0.05mm。同时,为了减轻曲轴的重量,在主轴颈与连杆轴颈的连接部分靠连杆颈内侧装平衡重的部位,旋转切去了圆锥面,不但减轻了平衡重的配重,而且提高了发动机的效率。

3. 渗氮处理试验、工艺流程及结果

由于该曲轴是单件需求,因此曲轴毛坯不可能采用模锻件(由于开模费用高昂)。另外,公司由于首次加工渗氮曲轴,因此为了确保上述曲轴要求,减少渗氮曲轴加工中可能遇到的变形问题,探索渗氮曲轴的变形量,采用了以公司生产的风冷十二缸曲轴(总长为1264.1mm;主轴颈为 $\phi 95h6 \times 41$ mm;连杆轴颈为 $\phi 75h6 \times 68$ mm;最大法兰外径为 $\phi 105h8$;冲程为 $130_{-0.2}^0$ mm),作为试样进行渗氮处理,采取了以下的工艺流程:

模锻→调质处理(302~341HBW)→粗加工→高温回火→粗磨主轴颈→粗磨连杆颈→铣平衡块安装面→钻、扩孔、攻螺纹(平衡块安装面)→钻、铰主轴颈油孔→钻连杆颈油孔→划油孔进出口 $R2.5$ mm→精车两端→钻孔、攻丝两端螺孔→钻铰 $\phi 10$ mm孔→修油孔交叉处毛刺,抛光油孔出口→检验→稳定处理→精磨主轴颈→精磨连杆颈→精磨两端→清洗→氮化处理→清洗→磁力探伤→检验。

曲轴经渗氮处理清洗后检测,曲轴的最大跳动

量为 0.35mm。

4. 改进预防措施

(1) 一方面,从尺寸来看,水冷曲轴的主轴颈、连杆轴颈的轴颈尺寸比风冷曲轴大很多,两种曲轴的长度尺寸基本差不多,因而水冷曲轴的刚度比风冷曲轴大,因此曲轴变形量应该小才对。另一方面,由于设计时为了减轻曲轴的质量,在主轴颈与连杆轴颈的连接部分靠连杆轴颈内侧装平衡重的部位,旋转切去了圆锥面;同时为了曲轴动平衡的要求,在曲柄臂上靠连杆轴颈的外侧也进行了斜面质量的切除;为了减轻不平衡质量及给连杆轴颈进行润滑,在 6 个连杆轴颈与主轴颈的中心面(距主轴颈中心 105mm 处)各有一个 $\phi 45\text{mm}$ 的孔(在总装时冷装油堵,油堵材料:LY11CZ),这些部位质量的去除,必然会造成应力的重新分布。

由于该样件毛坯是自由锻,因此加工余量很大,仅在精加工之前安排一次稳定处理还不能使机加的内应力充分消除,必须在半精加工之后及半精磨之后,各安排一次稳定处理,才能充分消除机加内应力。因此,针对水冷曲轴制定了以下的工艺流程:

自由锻→打两端中心孔→粗车轴颈→打偏心中心孔→粗车连杆颈→调质处理(302~341HBW)→研两端中心孔→精车主轴颈→精车连杆颈→车两头→铣工艺键槽→铣曲臂外形→高温回火→粗磨主轴颈→粗磨连杆颈→铣平衡块安装面→钻、扩孔、攻丝(平衡块安装面)→钻、铰主轴颈油孔→钻连杆颈油孔→划油孔进出口 R3→镗连杆颈去重孔→精车两端→磨两端定位外圆→钻孔、攻丝两端螺孔→修油孔交叉处毛刺,抛光油孔出口→检验→稳定处理→半精磨主轴颈→半精磨连杆颈→稳定处理→精磨主轴颈→精磨两端→精磨连杆颈→抛光轴颈→清洗→检验→磁力探伤→氮化处理(保护两端)→磁力探伤→超精研磨→车两端内腔→终检。

(2) 渗氮处理所用工装的刚度也是一个重要的影响因素。渗氮处理所用工装的刚度必须要好,渗氮处理所用工装的底板必须要厚,否则由于渗氮处理的周期长,加之曲轴的自重,必然会引起地板的变形,因而引起曲轴的弯曲。因此渗氮处理所用的底板必须进行时效处理,底板的平面度必须保证在 0.02mm 之内。

(3) 保证曲轴在渗氮工装上的正确位置不变,

是保证曲轴在渗氮处理后变形小的关键因素。为此在渗氮处理前,应该首先确定曲轴的支撑部位。在用风冷曲轴进行渗氮试验时,选择了第 1 主轴颈、第 7 主轴颈作主支撑,第 4 主轴颈作辅助支撑,渗氮后发现第 4 主轴颈跳动太大。经过分析,认为该风冷曲轴长度较长,而水冷曲轴不仅长度较长,而且质量也较大,因此必须增加辅助支撑才能有效地减少曲轴的变形。所以,将支撑部位改为第 1 主轴颈、第 7 主轴颈做主支撑,第 3、5 主轴颈做辅助支撑。其次,在保证第 1 主轴颈、第 7 主轴颈(保证 7 个主轴颈尺寸的一致性)等高的前提下,配磨第 3、5 主轴颈下的辅助支撑块,使第 3、5 主轴颈与第 1、7 主轴颈等高或稍低于 0.005mm。第三,将曲轴与支撑块进行固定,防止在周转及渗氮处理时位置的变动。第四,改造渗氮炉,保证曲轴与渗氮夹具同渗氮炉底板的良好接触。

5. 结语

通过上述原因的分析及采取的相应措施,最终达到了曲轴的设计要求,特别是保证了主轴颈的跳动量允许到 0.05mm,检查时支承 1、7 主轴颈,4 主轴颈为辅助支承,要求相邻两主轴颈的同轴度 $\leq 0.025\text{mm}$,或相邻两主轴颈相反方向摆差的绝对值之和 $\leq 0.05\text{mm}$ 的要求,达到了预防渗氮曲轴变形的目的。MW

(20101212)

新技术推动机床行业快速发展

国内消费需求的不断增长,为机床制造业创造了一个广阔市场,提供了发展机遇,但同时也提出了挑战。目前,我国机床产业技术水平多为中低档,“十二五”规划要求机床产业必须要高端发展,以科技创新为手段,提升管理创新水平,向现代化和高端化方向前进。

虽然我国机床行业的数控化率出现了提升,但总体数控化率仍然降低,与发达国家 70% 左右的水平相比,仍然具有较大的提升空间,相信随着我国“调结构”力度的不断加大,我国机床数控化率将明显提升。而加强广大机床企业自身的管理能力,以及加快信息化过程也是当务之急。