

曲轴轴颈表面淬火硬化层不均匀的原因分析和消除方法

广西玉柴机器股份有限公司 (537005) 甘文 李勇强

在发动机曲轴生产中,目前多采用中频轴颈表面淬火工艺,以保证轴颈表面一定深度上的硬度和轴颈中心的柔韧性。玉柴机器股份有限公司从德国 AEG ELOTHERM 公司引进的 AKWH-A-HU6-HA7+1 型曲轴淬火机床属于晶闸管逆变器型中频电源,采用 SIEMENS S5-135U 型 PLC 控制,中频供电系统采用 AEG ELOTHERM 公司生产的 KVA 型交直变频电源。这种配置控制性能优越,可以根据各种工艺要求设计加工程序。

淬火机床的感应器(除端头部分的感应器)的电磁感应系统一般只能覆盖淬火对象(轴颈表面)的 1/3 左右(见图 1)。加热过程中轴颈旋转,整个轴颈柱面获得循环加热,加热结束轴颈旋转喷淬火液冷却,完成表面淬火。为了保证淬火的精度(淬火硬度和深度),工艺上一般规定加热功率、加热时间和冷却时间等。

在这种淬火机床上可以对曲轴的主轴轴颈、连杆轴颈和曲轴大端分别淬火。

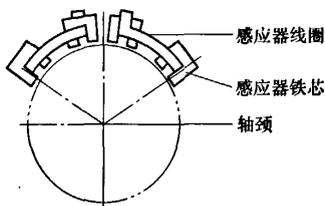


图 1

1. 对于曲轴结构不对称导致连杆轴颈淬火层不均匀现象的处理

发动机曲轴由于本身结构的不对称性,中频感应器旋转对连杆轴颈加热过程中连杆轴颈各个角度上热能传导的多少和速度差异很大。具体讲,连接连杆轴颈的曲臂的部位散热条件差,使连杆轴颈外侧远离曲轴旋转中心的部位表面容易加热到高温;连接主轴轴颈的曲臂的部位散热条件好,换言之连杆轴颈内侧接近曲轴旋转中

心的部位表面难于加热到高温。因此如果在连杆轴颈整个圆周上采用同一功率加热,则可能出现连杆轴颈外侧表面淬火硬度高而内侧表面淬火硬度低、外侧淬火层深而内侧淬火层浅的不均匀现象,严重影响曲轴的各种使用性能。图 2 截面示意连杆轴颈表面淬火深度的不均匀程度,连杆轴颈填充部分表示淬上火区域。

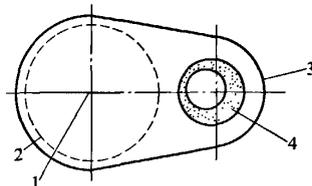


图 2 连杆轴颈表面淬火深度的不均匀程度示意

1. 曲轴旋转中心 2. 主轴轴颈 3. 曲臂 4. 连杆轴颈

针对以上问题,在连杆轴颈旋转加热过程中,如果连杆轴颈各个角度在中频感应器中时,对中频感应器提供不同的功率,并适当选择功率转换角和各个角度上的功率大小比例,上述容易加热到高温的连杆轴颈部位在感应器中对感应器提供较小功率,而难于加热到高温的连杆轴颈部位在感应器中时,对感应器提供较大功率(由于曲轴结构、材料的不同,功率具体比例需要经过试验确定)。由于热的传导效应,有限分段阶梯型功率变换,可能使连杆轴颈各个角度的表面获得基本相同的加热状态,从而得到基本相同的淬火层深度和硬度。由于机床结构上的特点,主轴轴颈旋转角度和连杆轴颈旋转角度是一致的,可以根据主轴轴颈旋转角度,即曲轴旋转角度编程。

在旋转加热过程中,旋转速度较高时,应该考虑 PLC 循环处理时间和线路转换时间造成的功率转换滞后现象,适当调整编程角度。

以下 SIEMENS S5 程序流程图(见图 3),可以获得上述效果。编程参考零件程序,借助连杆轴颈零件编程特点,由有关的 PLC 程序对曲轴旋转角度采样。根据曲

轴实际旋转角度对所需功率赋值,对连杆轴颈分度使用不同功率加热。该方法经投入使用后效果良好。

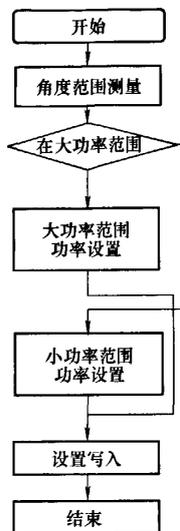


图 3

2. 对加热参数的影响导致淬火层不均匀现象的处理

如果轴颈在加热过程转速不高而加热时间不长,且以加热时间作为工艺参数,则会出现轴颈部分表面比另

(上接第 21 页)

次氧化和吸气。

(4) 采用结晶器液面自动控制技术,平稳控制结晶器液面,保证钢液流速均匀地注入结晶器,避免过快、过缓,引起结晶器内流场紊乱,造成卷渣和热流分布不均匀,产生裂纹、夹渣。

(5) 优化二次冷却配水,采取汽-水雾化效果的弱冷却方式,出坯温度保持在 950℃ 以上,加上结晶器与末端组合式电磁搅拌,可较好地改善铸坯的表面及内部质量。

(6) 拉坯速度控制在 1.6~1.8m/min。

通过以上冶炼工艺的合理选择和实施,我公司生产的 GCr15 轴承钢收到了良好效果。氧含量为 $(8 \sim 10) \times 10^{-6}$,氮含量 $< 6 \times 10^{-5}$,化学成分控制情况见表 1,非金属夹杂物情况见表 2,缩松、偏析情况见表 3。

表 1 GCr15 化学成分 (质量分数) (%)

C	Si	Mn	P, S	Cr	Ni, Mo	Cu	AlS
0.95~0.99	0.20~0.30	0.30~0.40	≤0.02	1.45~1.55	≤0.05	≤0.08	0.015~0.025

一部分多加热一次的现象(见图 4b),在大功率、短时间、慢转速和旋转的圈数很有限时,这种现象尤为严重(图中阴影部分为硬化层)。在这种情况下,如果转数为 N ,在不考虑热扩散的状态下,表面加热程度前者为 $N+1$,后者为 N ,两者的加热程度之差为:

$$1 - \frac{N}{N+1} = \frac{1}{N+1}$$

在淬火质量上,这个效果表现为前者硬化层较深。如果加热过程转速和加热时间选择得当,或以旋转圈数作为工艺参数以获得图 4a 的效果,则 PLC 程序的设计较复杂。

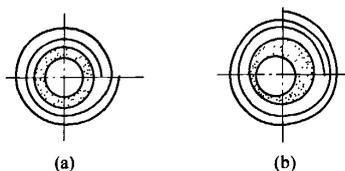


图 4

比较方便的解决办法是提高转速,获得适宜的线速度和较小的加热程度差 $(1/(N+1) < 1/N)$ 。该方法经投入使用后效果良好。MW

(20071208)

表 2 非金属夹杂物

A 类 (级)		B 类 (级)		C 类 (级)		D 类 (级)	
细系	粗系	细系	粗系	细系	粗系	细系	粗系
0.5~1.5	0.5~1.0	0.5	—	—	—	—	—

表 3 缩松、偏析

一般疏松 (级)	中心疏松 (级)	偏析 (级)
—	≤1.0	≤1.0

四、结语

(1) 增加热装钢液量是解决泡沫渣降磷和保碳矛盾的有效手段。

(2) 无渣出钢可有效减少炉渣对钢液的污染。

(3) 精炼渣碱度控制在 2.0~2.3,可有效地去除石英 (SiO_2)、铝硅酸盐 ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) 和钙硅酸盐等点状夹杂物。

(4) 较低的过热度是减少中心偏析、疏松和缩孔的首要条件,与此匹配的拉速和冷却制度是保证连铸坯质量合格的核心。

(5) (M+F)-EMS 结晶器与末端组合式电磁搅拌是解决中心缩松的重要手段。MW (20080316)