

薄壁零件碳氮共渗淬火质量控制研究

卢锐, 柯文敏*, 张朝铭, 吴超, 汤俊礼

中国航发南方工业有限公司 湖南株洲 412002

摘要: 某机型的弹性轴承座内环为薄壁零件, 在碳氮共渗淬火过程中容易产生严重变形, 并导致零件的硬度偏低。通过采取淬火前试套芯模、改变零件装炉方式、碳氮共渗后增加校正等手段, 达到改善轴承座内环的碳氮共渗淬火质量。结果表明: 薄壁零件的碳氮共渗淬火变形主要影响因素是与零件的装炉方式、淬火转移速度相关; 同时为了保证已经变形零件的硬度合格, 可采用碳氮共渗后先校正的方法, 使零件能快速放进芯模并快速淬火, 从而可大大减少零件的变形, 提高零件的硬度, 使零件质量符合实际生产设计要求。

关键词: 薄壁零件; 碳氮共渗; 硬度; 淬火; 变形

1 序言

弹性轴承座内环(以下简称“内环”)是某飞机发动机上的零部件, 在工作过程中, 存在不断滑动、滚动等相对运动过程, 并与其他零件之间有摩擦, 同时还承受了一定的交变弯曲应力和接触疲劳应力, 有时还会有一定的冲击力, 工作条件非常恶劣^[1]。与服役条件相对应, 该零件常见的失效形式有过量磨损、表面剥落、断裂等。因此, 对该零件的技术要求是表面具有高硬度、高耐磨性、高接触疲劳抗力。因为碳氮共渗层比渗碳层有更高的硬度、耐磨性、耐蚀性、弯曲强度和疲劳接触强度^[2], 但一般碳氮共渗层比渗碳层浅, 所以一般用于承受

载荷较轻、要求高耐磨性的零件。因此, 对内环采用碳氮共渗淬火, 以获得高的表面硬度, 以及较高的尺寸精度。

内环采用的材料是12Cr2Ni4A钢, 具有高的淬透性, 经碳氮共渗淬火加低温回火后, 不但表面有很高的硬度, 且心部强度和韧性、塑性匹配很好^[3]。这种材料可广泛用于制造各种发动机重要受力耐磨零件, 如分气双齿轮、弹性传动齿轮、主动齿轮、从动齿轮, 以及各种轴、销子、活塞和滚动轴等。该零件在碳氮共渗淬火时, 对变形控制有严格要求, 但由于零件本身特点(壁薄)以及压力机淬火操作有一定难度等原因, 使零件容易产生变形^[4]。

通信作者: 柯文敏, 工程师, 研究方向是焊接技术及仿真, E-mail: kewenqingsd@126.com。

心部原始组织结合^[4], 从而避免出现过陡的碳浓度梯度, 影响产品的使用性能。

6 结束语

薄壁类零件在进行热处理操作(尤其是淬火过程中)时, 一定要根据零件的结构特点, 并结合图样要求, 认真地进行分析、论证, 找到其容易出现变形的部位, 并根据实际生产情况, 采取有效的工艺方法及防护措施, 将零件的形状畸变、尺寸变化控制在工艺要求的范围内, 从而更好地保证生产的

顺利进行。

参考文献:

- [1] 王广生, 等. 金属热处理缺陷分析及案例[M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.
- [2] 崔崑. 钢铁材料及有色金属材料[M]. 北京: 机械工业出版社, 1981.
- [3] 柳祥训, 等. 化学热处理问答[M]. 北京: 国防工业出版社, 1991.
- [4] 刘云旭. 金属热处理原理[M]. 北京: 机械工业出版社, 1981.

MW 20201207

本文主要针对内环碳氮共渗淬火后的变形以及导致的硬度偏低问题,通过采取淬火前试套芯模,改变零件装炉方式,以及加工完后校正的方法,来改善内环的碳氮共渗淬火质量。

2 热处理工艺及存在问题

2.1 热处理工艺过程及技术要求

内环的整体加工路线:下料→粗加工、切试料→机械精加工→碳氮共渗淬火→机械精加工→最终检验。内环零件结构如图1所示。

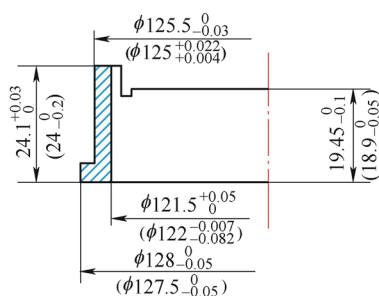


图1 轴承座内环零件结构
(注:括号为零件的最终尺寸)

内环热处理主要工艺参数如下。

1) 碳氮共渗: $830^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$, 保温6~8h, 丙酮50~100滴/min, 氨气2.0~3.0L/min, 碳势 $0.85\% \pm 0.05\%$ (在滴注式井式渗碳炉中进行)。

2) 淬火: 零件绑扎好装进固体渗碳剂保护箱中加热至 $810^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$, 保温70~100min (在箱式炉内进行), 然后套入芯模, 采用压力机淬火。

3) 冷处理: -60°C 保持2.5~3h, 空冷 (在低温箱内进行)。

4) 回火: 回火温度为 $160^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$, 保温2.5~3h, 空冷 (在井式回火炉中进行)。

内环热处理后的技术要求: 表面硬度 $\geq 90\text{HRC}$, 心部硬度 $32 \sim 45.5\text{HRC}$, $\phi 121.5^{+0.05}_{-0.05}\text{mm}$ 热处理后平均值为 $\phi 121.5^{+0.15}_{-0.20}\text{mm}$, 平面度 $\leq 0.15\text{mm}$ 。

2.2 存在的问题

目前,内环经过碳氮共渗、淬火后,通常会发生以下的质量问题:

1) 内环碳氮共渗后产生严重变形,以至于热处理后内环内径尺寸由 $\phi 121.5^{+0.05}_{-0.05}\text{mm}$ 变形为 $\phi 121.5^{+0.35}_{-0.40}\text{mm}$, 超过要求范围。

2) 弹性轴承座进行压力机淬火时,零件难以套

入芯模,影响淬火质量,使零件硬度不合格。

由于以上两种不合格现象会经常性发生,不符合生产要求,造成零件返修,甚至报废,严重影响科研生产进度,因此很有必要对此零件的热处理缺陷产生的原因进行分析研究,以求找到合理的解决措施。

3 原因分析

3.1 变形的原因分析

变形的实质是零件内应力释放,如果释放的应力大于材料的屈服强度,就会发生永久性变形^[5]。零件的热处理变形主要是热处理应力造成的,热加工应力主要体现在以下几个方面^[6]。

1) 加热冷却速度不同,形成的温度梯度造成了热应力。

2) 表面与心部及不同截面区域之间的相变先后不等时造成的组织应力。

3) 不同相的组织比容不同引起的相变应力。但零件的结构形状、原材料质量、热处理前的加工状态、零件的自重以及零件在炉中加热和冷却时的支承或夹持不当等因素也会导致变形。

3.2 内环变形的原因分析

内环在碳氮共渗过程中引起的变形原因如下。

1) 在碳氮共渗装炉时,是直接将内环放在平板上,没有采取任何固定措施。

2) 碳氮共渗设备为滴注式井式渗碳炉,在碳氮共渗过程中,电动机带动风扇旋转,使渗剂在炉内均匀分布,便于零件吸收,但同时也会引起坩埚的振动,使零件之间难免有轻微的碰撞和相互挤压的现象,从而导致零件变形。

3) 内环进行碳氮共渗时,产生的热应力和组织应力,也会使零件产生一定的变形。

3.3 导致内环硬度偏低的原因分析

内环在淬火过程中引起的硬度偏低原因如下。

1) 由于在碳氮共渗时零件已产生变形,导致淬火时零件难以套进芯模 (要求零件端面2个耳环状的截面必须对正芯模的两个宽面), 如图2所示。

2) 零件厚度较薄,只有2mm,易冷却收缩,如果淬火转移速度慢或不能快速开启压力机的油冷却系统,会影响淬火速度,从而最终影响零件的硬度,造成零件硬度偏低。



图2 零件压力机淬火

4 改进方法

4.1 零件变形的控制

1) 校正碳氮共渗平板, 使零件能平稳地放在平板上, 并且零件放在平板上后, 采取固定措施, 即用一根小铁丝将弹性轴承座内环两端固定, 且两零件之间保持一定间距, 使之在共渗过程中, 避免由于电动机的振动造成零件之间互相碰撞或挤压, 从而减少变形。

2) 对于弹性轴承座在碳氮共渗时因为热应力、组织应力不可避免产生的变形, 我们采取碳氮共渗后立即对其进行校正的方法, 以确保零件尺寸合格。

4.2 零件硬度的控制

1) 根据零件碳氮共渗后容易产生变形, 导致零件淬火时套不进芯模的情况, 采取在淬火前先将零件进行校正, 然后试套淬火芯模, 确保校正效果, 以便零件在淬火时能快速套进芯模, 从而在保证零件尺寸合格的同时硬度也符合要求。

2) 该零件淬火时, 不仅要求转移速度快 (由于该零件批量小, 零件也比较小, 为保证零件淬火质量, 常采用手工转移, 正常情况下5s以内就能完成转移), 而且零件的2个耳环必须套进芯模的两宽面。以前装炉时, 零件在保护箱中随意摆放, 导致淬火时夹出零件还得调整耳环位置, 延缓了淬火时间, 现在采取装炉时零件2个耳环朝同一方向固定摆放, 而芯模两宽面也根据零件摆放方向摆放好, 这样大大加快了淬火时的转移速度, 确保了零件的硬度。

5 结果与讨论

通过碳氮共渗淬火质量改进措施的实施和控制, 统计了三批碳氮共渗淬火零件, 对零件的硬度、平面度和内径尺寸进行了检测, 结果见表1。

由表1可知, 三批零件的表面硬度、心部硬度以

表1 改进后内环检测结果

批号	表面硬度 HR15N	心部硬度 HRC	平面度 /mm	内径 (平均值) /mm
要求	≥90	32~45.5	≤0.15	—
①	92.0	42.0	≤0.15	121.5 ^{+0.15} _{-0.20}
②	91.0	42.0	≤0.15	121.5 ^{+0.15} _{-0.20}
③	93.0	45.5	≤0.15	121.5 ^{+0.15} _{-0.20}

及平面度和变形量完全符合技术要求, 彻底解决了原来零件碳氮共渗淬火后硬度偏低及内孔变形超差的问题, 消除了零件经常返修甚至报废等严重质量问题。

6 结束语

通过对某机型轴承座内环热处理后内径尺寸超差和硬度偏低的问题进行分析, 提出了改进碳氮共渗淬火的工艺方法, 从而改善了热处理加工质量, 使产品符合工艺要求, 同时也为同类零件的碳氮共渗淬火质量控制提供了重要的参考。因此, 可得出以下结论。

1) 对于薄壁零件, 在碳氮共渗淬火过程中, 零件的装炉方式、淬火转移速度对变形的控制起主要作用, 在碳氮共渗过程中将零件摆放平稳后保持一定间隔, 可以减少零件相互碰撞导致的变形。

2) 淬火前装炉时, 使零件摆放方向保持一致至适合位置, 可以方便快速地套进芯模进行淬火, 充分保证零件淬火的生产效率和硬度性能合格。

3) 已发生变形的零件, 在进行淬火前先进行校正, 减小变形量至能套入淬火芯模, 从而保证了后续快速淬火效率和硬度指标。

参考文献:

- [1] 刘伯操, 李金桂. 中国航空材料手册[M]. 北京: 中国标准出版社, 2001: 323-359.
- [2] 王建刚, 胡建文, 毛磊, 等. 瓦楞辊的表面强化工艺[J]. 金属热处理, 2015, 40 (7): 148-152.
- [3] 胡光立, 谢希文. 钢的热处理 (原理和工艺) [M]. 西安: 西北工业大学出版社, 1993: 173-174.
- [4] 王京晖, 贾俊清, 刘俊祥, 等. 40Cr钢长轴真空淬火减小畸变的实践[J]. 金属热处理, 2015, 40 (8): 206-207.
- [5] 夏立芳. 金属热处理工艺学[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 1996: 140-146.
- [6] 姚禄年. 钢热处理变形的控制[M]. 北京: 机械工业出版社, 1987: 96-108.