

锥环支板离子渗氮与QPQ工艺的比较

■ 余金科, 牛恩来, 鲁福来

摘要: 介绍了离子渗氮工艺以及QPQ工艺在40Cr锥环支板中的实际运用情况, 分析了这两种工艺处理后的锥环支板的层深、硬度、组织以及变形。结果表明, 采用工装优化后的离子渗氮工艺以及QPQ工艺均能获得质量合格的产品, 且能降低生产成本, 提高生产效率, 相比而言, QPQ工艺更为经济高效。

关键词: 锥环支板; 变形量; 离子渗氮; QPQ工艺

40Cr钢变速箱副箱锥环支板(简称锥环支板)是变速箱中的重要精密零件, 服役承载时承受较大的载荷和摩擦, 需对锥环支板内齿进行强化, 表面硬度要求 $\geq 50\text{HRC}$, 锥环支板的精度要求也较高, 技术要求为: 齿度变形 $\leq 0.08\text{mm}$, 平面变形 $\leq 0.1\text{mm}$ 。现生产过程中, 某主机厂发现离子渗氮后的锥环支板内齿质量合格, 但锥环支板的平面变形度较大, 实际测得变形均大于 0.15mm , 需要通过后续的精磨工序加以校平, 额外增加了生产成本, 且生产效率较低。

研究发现导致锥环支板变形较大的原因在于锥环支板在炉内摆放方式不合理, 锥环支板与炉底面直接接触, 渗氮炉底面因为长期使用发生变形或是炉内有杂质、坑洼等缺陷都会导致堆叠在炉内的锥环支板处于非水平状态, 锥环支板的堆叠将会发生偏移而错乱, 加热过程中锥环支板因堆放错乱上下受力不均和加热

及冷却不均而产生变形, 因此, 设计相应的工装来改善锥环支板在渗氮炉内的摆放形式尤为必要。

文中主要介绍了改善后的离子渗氮工艺以及QPQ热处理工艺对锥环支板的热处理效果, 分析了这两种工艺的经济成本。

1. 试验工艺及参数

(1) 离子渗氮工艺 关于离子渗氮的原理以及优势在之前论文中也有详细介绍, 在此不再赘

述^[1]。工装设计对改善锥环支板在渗氮炉内的摆放形式很有必要, 图1a所示为所设计的三脚架工装, 工装的上表面经过机械精加工, 平整度较高, 三脚支撑结构十分稳固, 中间采用空心结构保证炉内的渗氮气氛更好地流通, 从而使工装上不同高度位置的锥环支板内齿都能均匀渗氮。图1b所示为锥环支板在工装上的摆放形式, 水平整齐堆叠, 避免锥环支板上下受挤压力不均而变形, 装炉量根据炉子的

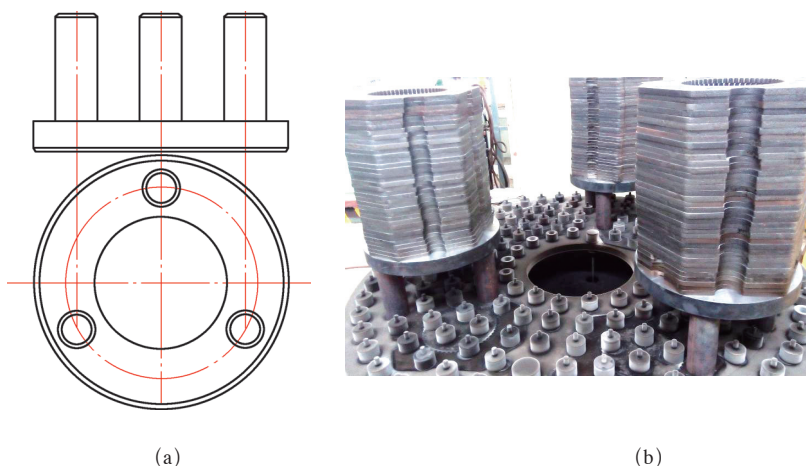


图1 工装夹具图和锥环支板在炉中的堆叠方式图

容量大小而定。渗氮加热过程中控制电压、电流大小,缓慢升温至 $(500 \pm 20)^\circ\text{C}$,保温4h,炉冷,以获得理想的渗氮层深和组织,同时可以减小变形^[1]。

(2) QPQ工艺 QPQ工艺即盐浴复合处理技术,“盐浴复合”是指在渗氮盐浴和氧化盐浴两种盐浴中处理工件,实现了渗氮工序和氧化工序的复合,QPQ热处理工序为:预热→渗氮→氧化→抛光→氧化。各工序的作用如下^[2]:

预热:烘干工件表面的水分,以防工件带水入炉引起盐浴溅射以及冷件入炉引起盐浴温度下降太多,且预热在一定程度上可以减少工件变形并使工件色泽均匀。

渗氮:QPQ热处理的核心工序。渗氮过程中渗氮盐内的氰酸根分解产生活性氮原子渗入工件,在工件表面形成耐磨性和抗蚀性很高的化合物层和耐疲劳的扩散层。

氧化:彻底分解工件从渗氮炉带出的氰根 (CN^-) ,避免污染;在工件表面形成黑色氧化膜,增加工件防腐能力,对提高耐磨性也有一定作用。

抛光再氧化:去除渗氮层外面的疏松层,补充工件表面氧的含量,进一步提高金属表面的耐蚀性和耐磨性,同时可以达到美化外观的目的。

综上所述,QPQ的技术优势主要如下:QPQ处理后的工件拥有极高的耐磨性、良好的耐疲劳性、极好的耐蚀性、极小的变形,QPQ技术绿色环保,技术成本低,这也正是本次试验采用

QPQ工艺的原因。本次试验的QPQ工艺参数为:预热温度 $350 \sim 400^\circ\text{C}$,时间15min;渗氮温度 570°C ,时间2.5h;氧化温度 400°C ,时间15min。图2a所示为QPQ处理所用设备,QPQ处理过程中,由于仅需内齿强化,所以锥环支板采用螺栓联接在一起,以防整个支板平面被渗氮处理,图2b所示为QPQ处理后的锥环支板样品,可以看出QPQ处理后的锥环支板内齿十分美观。

2. 试验结果及分析

离子渗氮处理后的锥环支板金相检测结果如图3所示。其渗氮层是由表面白亮层和扩散层组成,图3a所示为低倍下表面白亮层和扩散层的金相照片,可以看出表面白亮层的厚度是比较均匀的。测得硬化层的层深为0.28mm,白亮层深度为 $8\mu\text{m}$,表面硬化层的硬度为530

$\sim 540\text{HV}$ 。其中表面渗氮层的金相组织如图3b所示,其组织由含氮的板条马氏体+屈氏体团+回火索氏体+少量铁素体组成。采用专用量具测得内齿的圆度变形为 $0.05 \sim 0.07\text{mm}$,支板平面变形度均值为 0.07mm ,满足变形技术要求。综上所述分析,改善后的离子渗氮工艺获得了质量合格的锥环支板。

QPQ工艺处理后的锥环支板金相检测结果如图4所示。其渗氮层由图4a所示的表面氧化层、白亮层及扩散层组成,可以看出其氧化层和白亮层也是比较均匀的。测得硬化层深度为 0.27mm ,氧化层深度为 $6\mu\text{m}$,白亮层深度为 $10\mu\text{m}$,表面硬化层硬度为 $520 \sim 530\text{HV}$ 。图4b所示为表面渗氮层的组织,可以看出表面渗氮层的组织由含氮的板条马氏体+回火索氏体+少量铁素



图2 QPQ处理所用设备以及QPQ处理后的锥环支板

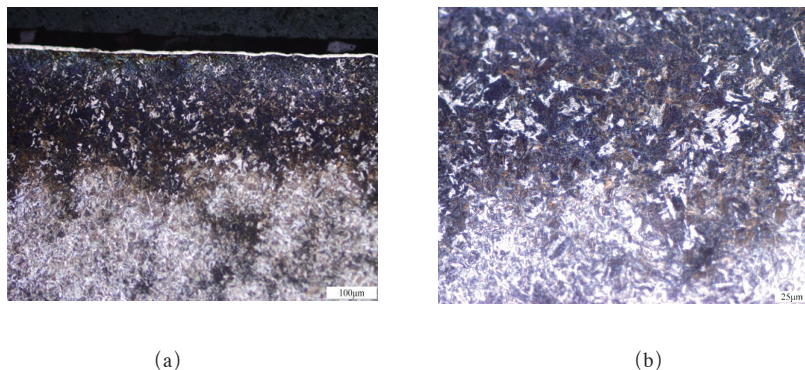
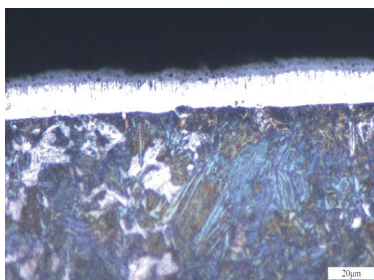


图3 离子渗氮后金相组织

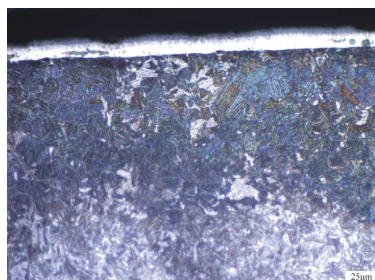
体组成。采用专用量具测得内齿的圆度变形为 $0.04 \sim 0.06\text{mm}$ ，支板平面变形度均值为 0.04mm ，满足变形技术要求，且变形度小于离子渗氮处理的工件。综上所述分析，QPQ工艺处理的工件满足质量技术要求，且优于离子渗氮工艺处理的工件。

3. 离子渗氮以及QPQ工艺成本对比

结合上述试验结果可得，离子渗氮和QPQ工艺均能获得组织、硬度、变形量合格的锥环支板，这两种技术也同属绿色环保的热处理强化技术。如何抉择就需考虑工艺成本，经测算，离子渗氮的工艺成本为28元/件，QPQ处理的工艺成本为24元/件，以主机厂锥环支板年产量1.5万件来算，QPQ处理



(a)



(b)

图4 QPQ处理后金相组织

节约成本6万/a。同时QPQ处理的生产周期约为3h/批，离子渗氮的生产周期约为8h/批，单批处理量两者相当，QPQ工艺的生产效率更高，且QPQ处理的工件质量更好。相比而言，优先选择成本更低、效率更高的QPQ热处理工艺。

参考文献

- [1] 牛恩来，赵俊平. 变速箱副箱锥环支板内齿的强化工

艺开发[J].金属加工，2014(11)：42-44.

- [2] 周鼎华. QPQ处理工艺及其质量控制[J].热处理技术与装备，2006(1)：28-30.

作者简介：余金科、牛恩来、鲁福来，东风商用车技术中心。

MW 20161217

《金属加工（冷加工）》2017年第5期要目

五轴数控技术的选择

智能化CAM软件的未来

多轴加工进给率精确控制后置处理研究

飞扬CO数控系统在五轴加工中心上的应用

郑钻：市场铸就品质用户共筑品牌

DMGMORI加工循环：简化复杂加工程序的编程

刀柄ID为“工业4.0”的刀具透明管理奠定基础

螺纹铣削——“螺纹加工”将来式伊斯卡

CIMT2017五轴加工展品预览

人字齿加工工艺研究

硬铣滚珠丝杠螺纹滚道工艺研究

提高气缸头盖单序加工效率的方法

车床加工薄壁环形件的辅助工装设计

凸台圆定位零件的镗孔工装设计

细长轴偏心工件加工工装设计

壳体壁厚测量装置设计

分药器数控加工刀具应用技术

花键硬拉削技术在汽车零件中的应用

开式叶轮工艺分析和数控加工仿真技术

气动助力机械手的设计及平衡力分析

基于OFFSEF指令的FANUC工业机器人多工件编程方法

气动打标机的改进

分组机测量不准确的故障分析与解决措施

西门子828D在数控卧式车床改造中的应用