

QPQ技术在农用机械中的应用

■ 王海平, 李瑞卿, 孔春花, 张沈洁

摘要: 通过对制动器压盘、拨叉、活塞杆等农用机械零部件进行QPQ处理, 借助相应的检测设备, 对其表面硬度、耐磨性、耐蚀性等性能指标进行检测, 最终得出QPQ技术的适用性。

关键词: QPQ; 农用机械; 淬火裂纹; 表面硬度; 耐磨性; 耐蚀性

在农用机具乃至汽车行业, 复杂结构零件的强化是当今世界最为棘手的问题。由于零件的结构复杂, 具有大量的孔、棱、沟、槽等, 采用传统的热处理进行强化, 存在较大的残余热应力和组织应力, 在这些薄弱部位极易产生淬火裂纹, 直接导致零件

在感应淬火时淬裂倾向加大, 其淬火质量难以保证; 另一方面, 由于零件结构复杂, 致使感应器制作难度大, 很难保证有很好的仿形性, 从而影响加热效果, 导致零件的淬火质量不合格。

利用QPQ处理技术可以大幅提高零件表面的耐磨性和耐蚀

性, 可以很好地解决具有复杂结构零件难以强化的问题, 同时该项技术还具有工件畸变小、节能等优点。

QPQ技术在国内外汽车行业已经投入使用, 国内也已有研究院所引进相应技术进行研究, 取得了突破性进展, 能够大幅提高

上。内压环7和外压环2构成上压模, 固定在淬火压床的液压缸压头上。图中8是弧齿锥齿轮。

(2) 工作原理 淬火压床利用液压缸提供的压力将待淬火的弧齿锥齿轮压在上下压模之间, 并在压模上设置泄油槽, 不仅可以防止弧齿锥齿轮在淬火过程中出现较大变形, 而且不影响淬火压床的喷油和排油, 保证零件表面均匀淬火, 从而提高了产品质量。

在工件进行淬火前, 将下压模固定在淬火压床的底座上, 工件稳稳地安装在下压模上, 上压模固定在淬火压床的液压缸压头上, 启动液压缸, 将工件压紧。

经过反复试验摸索, 通过合理机床设置, 保证内压环、外压环和扩张器上形成压力大小合适、频率相同的脉动压力。在淬火时还要确保冷却油液的脉动频率和供油压力使工件均匀淬火。因此, 在压模上设置了与供油压力相匹配的泄油槽, 保证油液能够进行良好的循环和对零件的冷却。我们都知道压力淬火有三种淬火方式, 通过多次对比试验发现, 采用先喷淬火油延时施加压力的方式, 并设定合理的延时时间和内压环、外压环和扩张器上压力, 以及脉动频率和脉动次数, 能够使零件各处淬火硬度满足技术要求, 且轮齿变形和平面翘曲可得

到有效的控制。

3. 结语

通过生产实践, 淬火压床使用灵活, 操作简单, 满足大型弧齿锥齿轮的热处理要求, 而且此工装具有通用性, 对于不同尺寸的弧齿锥齿轮, 设计不同的内压环和外压环, 在对不同弧齿锥齿轮类工件进行淬火时, 只需更换不同的内外压环即可, 下压模无需更换, 大幅提高了热处理的工作效率。

作者简介: 李伟, 河北钢铁集团宣工公司。

MW 20170719

黑色金属及其合金的表面硬度、耐磨性和耐蚀性，但化合物层厚度最高只有 $30\mu\text{m}$ ，其耐磨性能能否满足农用机械重载荷和超常使用寿命的要求还有待进一步研究。

1. 技术原理

QPQ技术是一种复合处理技术，是基于在渗氮盐浴和氧化盐浴中进行的工艺，可同时实现渗氮和氧化的复合处理，渗层组织是具有高强度和高耐蚀性的复合的氮化物和氧化物。主要工艺过程为：清洗→预热→渗氮→抛光→氧化→清洗→干燥上油，其中渗氮为整个过程中的核心步骤，其目的是在金属表面形成足够厚度的化合物层和扩散层。

2. 典型零件QPQ处理后性能分析

(1) 制动器压盘 制动器是整个制动系统的核心，制动器压盘又是制动器的关键零件，因此，其质量好坏直接决定着拖拉机在使用过程中的安全性。图1为一种制动器压盘的实物。

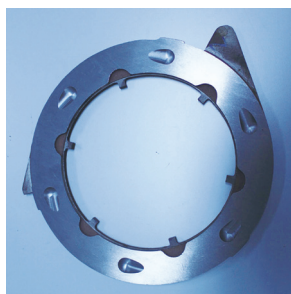
零件材料为QT500-7，铸件，原技术要求为水滴窝表面感应淬火，硬化层深度 $\geq 1.5\text{mm}$ ，制动器压盘平面度 $\leq 0.04\text{mm}$ 。由于感应淬火所用的感应器是利用外径 3mm 的纯铜管制作而成，其缺点为：①制作难度大，外径 3mm 的纯铜管内径只有 1mm ，在弯折的过程中容易出现死弯，使内孔堵死。②由于压盘水滴窝的尺寸和感应器大小极为相近，在加热过程中零件距离感应器不足 1mm ，极易发生打火，烧坏感应

器。另外，感应淬火后零件的变形量大，平面度约为 0.08mm ，超出技术要求的一倍。

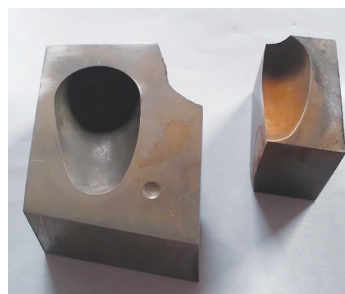
改用QPQ技术取代感应淬火后，经检测，QPQ处理后零件的表面硬度为 470HV （约 47HRC ）达到了图样设计要求，但其渗层深度只有 0.16mm ，为进一步检验其耐磨性能能否满足使用要求，故在自制的摩擦试验机上对QPQ处理件和感应淬火件进行了摩擦磨损试验。在约 35N 的载荷

下，持续滑动摩擦 24h ，其结果显示，QPQ处理件磨下深度为 0.02mm ，感应淬火件磨下深度为 0.15mm ，因此，QPQ处理件的耐磨性大大高于感应淬火件。另外，通过测量发现零件QPQ处理前后的平面度相差在 0.03mm 范围内。因此，相较于感应淬火，QPQ技术具有变形量小、耐磨性高的特点，具有明显优势。

(2) 内齿圈 内齿圈零件是农机传动系统的关键零部件，



(a)



(b)

图1 某种拖拉机制动器压盘



图2 某种拖拉机内齿圈



图3 某种拖拉机活塞杆



(a)



(b)

图4 某种拖拉机拨叉



图5 某种拖拉机短叉轴

其性能好坏直接影响整机的使用。零件材料多为中碳钢或中碳合金钢，目前针对此类零件多采用离子渗氮或感应淬火的方法进行表面强化。

图2为我公司生产的一种内齿圈，其材料为42CrMo，热处理工艺为调质后进行离子渗氮。技术要求：调质硬度为246~270HBW，渗氮层深0.5mm，表面硬度 $\geq 500\text{HV}$ 。由于离子渗氮成本高、处理时间长、效率低，若改用感应热处理，虽然效率高，但由于零件壁薄，变形量大。鉴于此，利用QPQ技术进行处理，处理后零件表面硬度可达770HV，渗层深度可达0.6mm，且几乎无变形，总体性能大大优于前两种工艺。

(3) 活塞杆 活塞杆是农机、汽车等行业常用的零部件，材料多用中碳合金钢，由于使用环境恶劣，极易被腐蚀。目前，针对此类零件多采用镀铬的方法进行表面防护。

图3为我公司生产的一种活塞杆，材料为40Cr，技术要求：调质处理，硬度24~32HRC，镀铬，耐蚀性：盐雾试验96h。但镀铬的耐蚀性差，在室温下进行中性盐雾试验，48h便开始出现锈蚀。而经QPQ处理后，在室温下进行中性盐雾试验，432h后才出现点蚀，其耐蚀性是镀铬的近10倍。

(4) 拨叉 拨叉是在汽车、工程机械、农用机械的变速装置中起决定性作用的关键重要件，目前拨叉主要材料为中碳钢和中碳合金钢。为增强叉口的耐

磨性，多进行感应淬火和磷化处理。

图4为我公司生产的一种拨叉，材料为45钢，技术要求：叉口高频感应淬火，层深0.8~2mm，硬度45~55HRC，磷化处理。但由于叉口壁很薄，淬火层深不易控制，淬火质量极不稳定，不是淬透，就是无硬化层。

利用QPQ技术进行处理，经检测表面硬度在510HV（约50HRC）以上，层深0.4mm，由于处理温度远低于相变温度，零件几乎无变形。

(5) 短叉轴 短叉轴类零件是农机行业常用的零部件，在农机与农机具连接中起到不可或缺的作用，不仅要求具有良好的耐磨性，还要求较高的抗疲劳性能。目前其主要材料为中碳合金钢，主要处理工艺为调质加感应淬火。

图5为我公司生产的一种短叉轴，材料为42CrMo，技术要求：调质硬度269~298HBW，高频感应淬火，花键部分表面硬度52~57HRC，有效深度2~4mm（从表面测至硬度450HV处），直径42mm光轴，硬度 $\geq 52\text{HRC}$ ，层深2~4mm（从表面测至硬度450HV处）。

目前主要的问题为直径42mm光轴处耐磨性不佳，易磨出沟槽，叉子部位易生锈。

利用QPQ技术进行处理，经检测零件表面硬度可达640HV，

（约57HRC），渗层深度为0.35mm；在自制的摩擦磨损试验机上进行试验，QPQ处理后零件的耐磨性大大高于感应淬火零

件；室温下中性盐雾试验检测表明QPQ处理后零件的耐腐蚀时间可达200h，耐蚀性能优越；但扭转疲劳试验表明QPQ处理后零件的抗疲劳性能相较于感应淬火零件有了大幅下降，下降约40%，这可能是由于QPQ处理影响了零件心部的调质硬度。

3. 结语

(1) QPQ处理后，材料为中碳合金钢的渗层深度最大，可达0.6mm，材料为QT500-7的压盘零件渗层最浅，只有0.16mm。

(2) QPQ处理后，零件的耐蚀性得到大幅提升，中性盐雾试验时间可达200h以上。

(3) QPQ处理前后，零件变形量微小，平面度变化范围可控制在0.03mm以内。

(4) 通过摩擦磨损对比试验可看出，中碳合金钢QPQ处理后的耐磨性能比高频感应淬火有大幅提高。

(5) QPQ技术不适用于有较高疲劳强度要求的零件。

参考文献

- [1] 李惠友，林训华，周卫宁.QPQ盐浴复合处理技术[M].北京：机械工业出版社，1997，19-20.
- [2] 李秋伟.深层QPQ技术氮化工艺研究[D].成都：西华大学，2013.

作者简介：王海平，第一拖拉机股份有限公司工艺材料研究所。

MW 20170618