

法兰盘内花键感应淬火缺陷分析及工艺改善

■ 孙晓兵, 吕金根, 陈德营, 穆玉芹

摘要: 推土机法兰盘是推土机核心部件, 法兰盘内花键采用整体加热淬火方式, 热处理后的不良率在20%左右, 分析其原因主要有比功率小、加热时间长及感应器位置不易控制引起。通过变更淬火方式由整体加热淬火改为连续扫描加热淬火方式, 使内花键感应变形及裂纹问题得到解决, 通过测量采用连续扫描加热淬火方式内花键整体齿顶圆没变化, M 值收缩0.20~0.36mm, 变形规律一致可控。

关键词: 感应淬火; 整体加热淬火; 连续扫描加热淬火; 推土机; 法兰盘

推土机的动力传动主要依靠多级齿轮减速, 通过齿轮毂花键联接将动力传到毂或法兰盘上, 最终通过毂或法兰盘将动力传递到履带总成上实现推土机行走。推土机工作环境较为恶劣, 沼泽、矿山、沙漠等环境条件要求推土机要有足够的动力, 大扭矩动力的传递必然要求各连接部件要有足够的强度, 很小的瑕疵就可能造成推土机无法行走, 因此终传动部件热处理质量对推土机整体质量有着重要的影响^[1]。通过对我公司某型号推土机法兰盘的感应淬火质量情况进行统计, 其内花键一次交检不良率高达20%, 不但影响产品质量同时增加了成本, 对不良工件进行原因分析有助于改善产品质量。

1. 生产过程分析

法兰盘材料为40CrMn, 内花键 ($\phi 280\text{mm} \times 90\text{mm}$) 模数5, 需要感应淬火部位为 P 部, 硬

度要求50~60HRC, 齿沟硬化层 $\geq 0.5\text{mm}$, 在内花键两端各留有10mm非感应区, 法兰盘结构如图1所示。

(1) 感应方式 法兰盘感应过程采用整体加热淬火方式, 即根据感应淬火区域大小设计感应器, 加热过程中感应器位置固定, 同时对感应区域加热, 当加热到一定程度后停止加热并上移感应器, 使用喷水器喷射淬火冷却介质AQ251 (水溶性聚合物), 对加热区域进行淬火冷却, 发生马氏体转变。

(2) 感应过程 感应过程在我公司G4机床上完成, 设备功率为400kW、额定频率8~

14kHz, 设备输出功率受负载 (感应器) 影响, 输出功率为240kW, 加热时间为35s; 内花键上下两端各留有10mm非感应区, 感应器与工件内表面间隙为2~3mm, 感应器上下位置难以控制, 造成工件内花键上下两端的非感应区尺寸变化大, 一端非感应区尺寸为0~18mm。图2所示为整体加热淬火感应器图样及实物, 图3所示为感应器与工件相对位置。

(3) 感应热处理质量 对法兰盘质量问题进行统计 (见表1), 法兰内花键感应淬火不良率达20%, 其中变形问题占不良率65%, 裂纹率占35%。

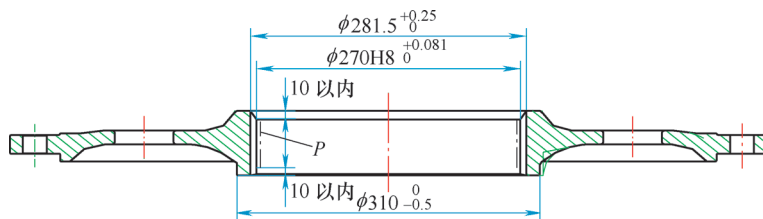


图1 法兰盘结构

2. 工件感应缺陷问题分析

(1) 工件内花键变形问题 对生产过程进行分析, 设备输出功率为240kW, 工件加热面积为844cm², 加热比功率为0.284kW/cm², 相对较小, 为使内花键整体达到合适温度, 需延长加热时间达35s, 加热时间长使得感应加热层较深, 工件在喷液淬火过程中发生组织转变的体积大, 加热冷却区发生马氏体转变固溶度减小, 使得体积增大, 在工件组织转变区内产生很大的内应力, 由于整个内花键表面都处于组织转变范围, 在内应力作用下工件发生较大变形^[2], 根据测量上下内花键齿顶圆成喇叭口形, 尺寸差达0.3mm。

(2) 工件内花键裂纹问题 对内花键裂纹进行统计, 感应裂纹主要发生在上下两端尖角部位。工件在加热过程中由于磁感线分布不均, 使得工件中间加热快两端慢, 如果加热过程中感应器位置控制不当, 感应器偏上或偏下, 会在工件一端尖角处形成磁感线聚集, 尖角加热快, 淬火过程中尖角产生应力集中, 易产生裂纹。

3. 改善方案

通过对法兰盘内花键感应淬火质量问题进行分析, 可以看出主要有以下两方面:

(1) 受感应器限制, 输出功率小, 比功率不足, 加热时间长。

(2) 感应器相对位置不易控制, 使得工件内花键两端非感应区尺寸变化大。

针对以上问题, 我们改整体

加热方式为连续扫描加热淬火方式。连续扫描加热方式, 即使用相对较窄的感应器 (采用一匝感应器结构下端连接喷水器, 如图4所示), 对小范围区域进行加热淬火, 通过移动实现对所要求区域的加热淬火, 如图5所示。

连续扫描加热淬火过程工艺参数见表2。连续扫描加热感应过程中加热带相对较窄, 冷却组

织转变仅发生在加热带区域, 上下未加热区域对加热区域组织转变有阻碍其变形的作用, 有效控制其圆度; 感应器较窄操作人员可观察范围较大, 可有效控制感应器起始位置, 有效避免上下两端尖角裂纹。

对连续扫描加热淬火方式生产工件进行尺寸测量, 见表3。通过测量及分析结构可以看出,

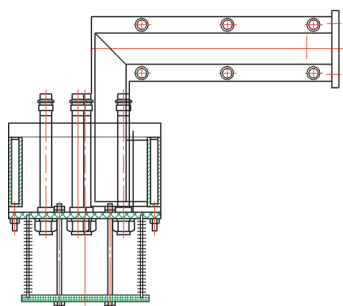


图2 集中加热感应器图样及实物

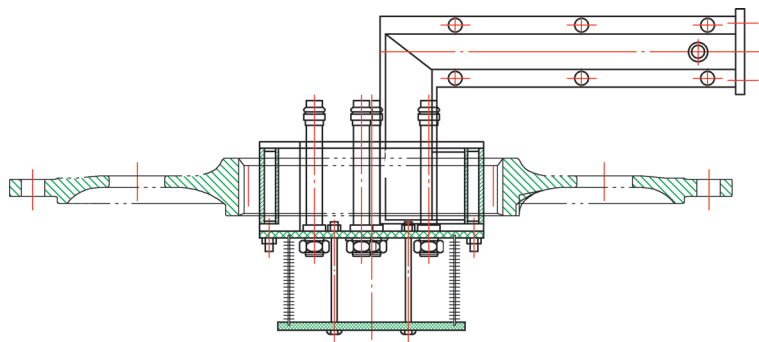


图3 感应器与工件相对位置



图4 连续扫描加热淬火感应器

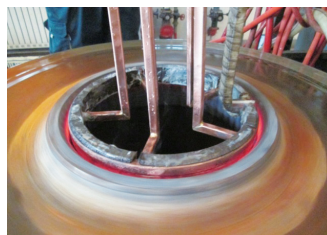


图5 连续扫描加热淬火过程

表1 法兰盘质量问题统计 (件)

统计总数	变形件数	裂纹件数	问题件总数
84	12	5	17

表2 连续加热淬火工艺参数

电压/V	电流/A	频率/Hz	移动速度/mm·min ⁻¹	淬火硬度HRC	备注
295	72	11200	200	52~59	无损检测无裂纹

工件变形量较小, 整体齿顶圆没变化, M 值收缩 $0.20 \sim 0.36\text{mm}$, 变形规律一致可控。淬火硬度检测见表4。

对连续扫描加热淬火法兰盘回火状态进行剖切检测, 图6所示为金相组织, 表5为检测项目汇总。



图6 金相组织

表3 连续扫描加热淬火法兰盘内花键尺寸测量情况 (mm)

淬火工艺位置点	连续加热淬火								
	淬火前		A点		B点		C点		综合变形情况
编号	M 值	内齿顶	M 值	内齿顶	M 值	内齿顶	M 值	内齿顶	M 值 内齿顶椭圆度
1	248.7	$\phi 270.22$	248.5	$\phi 270.2$	248.4	$\phi 270.2$	248.45	$\phi 270.18$	缩 $0.2 \sim 0.3$ 0.02
2	248.4	$\phi 270.15$	248.04	$\phi 270.1$	248.1	$\phi 270.18$	248.16	$\phi 270.14$	缩 $0.24 \sim 0.36$ 0.06
3	248.5	$\phi 270.24$	248.25	$\phi 270.22$	248.18	$\phi 270.2$	248.22	$\phi 270.21$	缩 $0.25 \sim 0.32$ 0.02
4	248.6	$\phi 270.16$	248.32	$\phi 270.12$	248.26	$\phi 270.14$	248.35	$\phi 270.10$	缩 $0.28 \sim 0.34$ 0.04

表4 淬火硬度检测情况 (HRC)

位置点编号	A点	B点	C点
1	52、55、53	56、55、54	52、54、57
2	58、56、55	56、57、57	54、56、57
3	55、58、59	57、59、56	57、54、58
4	57、53、55	56、58、54	55、54、58

表5 检测项目汇总

项目	金相组织 (GB/T 9211—2008)	硬化层/mm (QC/T 26—1999)	表面硬度HRC (GB/T 4340—2009)	晶粒度/级
结果	回火马氏体4级	齿顶:2.0 齿沟:0.8	齿沟:52	8

4. 结语

(1) 通过对推土机法兰盘、花键整体加热淬火工件缺陷分析, 受负载(感应器)影响, 设备输出功率小, 比功率低, 从而加热时间长, 引起产品变形大; 由于工件尖角部位磁感线集中、加热快, 以及感应器位置控制不当等, 易引起裂纹。

(2) 连续扫描加热淬火方式可对较小区域进行加热淬火, 加热带上下未加热区对加热淬火热带组织转变区有很好的阻碍变形作用。

参考文献

- [1] 冯显磊, 吕金根, 穆玉芹, 等. 齿链轮毂淬火裂纹分析与预防[J]. 金属加工(热加工), 2013(21):44-46.
- [2] 崔忠圻. 金属学与热处理[M]. 北京: 机械工业出版社, 2000: 308-312.

作者简介: 孙晓兵、吕金根、陈德营、穆玉芹, 山推工程机械股份有限公司。

MW 20170916

征稿启事

《金属加工(热加工)》特设感应加热栏目, 涵盖感应热处理、感应熔炼、感应透热等领域, 并面向广大热加工行业工作者征集优秀稿件, 凡内容涉及相关工艺、设备、材料、检测技术、缺陷分析, 以及节能环保技术和生产管理的技术文章均可向我刊投稿。

稿件一经录用可优先发表。

投稿路径: 1. 登录<http://tougao.mw1950.cn> 网上投稿系统

2. 邮箱: rb1950@126.com

金属加工(热加工)编辑部