

40Mn2钢托轮热处理裂纹的研究

■ 刘美娜, 张英超, 赵燕堂

摘要: 通过对化学成分、粗车轮体尺寸、感应器形状等方面的研究, 对托轮体中频感应淬火后产生裂纹的原因进行分析。结果表明: 轮体截面薄厚悬殊引起淬火裂纹, 冷却时在薄厚相差悬殊的R弧部位马氏体相变的时间差很大, 形成很大的组织应力, 以致产生裂纹。改变感应器的形状为梯形后解决了热处理裂纹导致的掉块问题, 满足热处理要求, 保证了产品质量稳定, 降低了成本。

关键词: 挖掘机; 托轮; 裂纹; 热处理

挖掘机托轮的作用是向上托住履带, 使履带有一定的张紧度。由于中碳锰钢中的40Mn2钢的强度、塑性和耐磨性都较高, 可切削性及热处理工艺性能亦好, 因此被广泛用于制造重负荷条件下工作的零件, 如轴、曲轴、车轴、连杆、弹簧以及其他调质件。我公司的部分托轮使用此材料^[1], 但此材料存在回火脆性和过热敏感性, 且淬火时易于开裂。

目前, 我公司生产的一种托轮体在中频感应淬火后的裂纹率居高不下, 约为45%, 对我厂造成了一定的经济损失, 产品质量不稳定, 是我厂需要攻克的难点问题。因此, 通过对化学成分、粗车轮体尺寸、感应器形状、工艺参数等方面进行研究, 找到裂纹产生的原因, 并进行解决, 保证产品质量, 同时节约成本。

1. 托轮体裂纹的现状调查

托轮由左右轮体组成, 其生

产的工艺流程为: 锻造→粗车→热处理→焊接→精车→装配。

托轮体左右半坯分别进行中频感应淬火, 淬火后立刻出现裂纹, 严重者出现整块掉落(简称掉块)现象, 开裂位置如图1所示。

轮体半坯淬火加热时表面未发现锻造缺陷引起的亮点, 从图1可清楚地看出裂纹的位置在薄壁的底部R弧处, 产生裂纹前未发生塑性变形, 为脆性断裂。



(a) 掉块

2. 托轮体裂纹的原因调查

(1) 化学成分、组织及晶粒度调查 托轮体半坯的化学成分、组织及晶粒度如表1和图2所示。

从表1可知化学成分合格, 从图2可知淬硬区组织为回火马氏体, 晶粒度实测为8级, 要求7级以上, 而基体区金相组织为珠光体和铁素体, 晶粒度5级, 满足要求, 得出金相组织和化学成分



(b) 开裂位置

图1 托轮体半坯开裂位置宏观示意

表1 托轮体半坯40Mn2的化学成分(质量分数) (%)

规格值 编号	C	Si	Mn	S	P	Cr	Mo	Ni	Cu	DI值
	0.37~0.44	0.17~0.37	1.4~1.8	≤0.025	≤0.025	≤0.3	≤0.1	≤0.3	≤0.2	
1	0.39	0.24	1.55	0.003	0.02	0.13	0.015	0.02	0.014	66.32
2	0.4	0.24	1.54	0.003	0.02	0.13	0.015	0.02	0.015	66.82

分不是引起裂纹的原因。

(2) 托轮体图样调查 从图3可知图样关于热处理的要求中工作面表面无软带说明。工作面边缘厚度小、壁薄，与基体过渡处 R 弧为 $R2.5\text{mm}$ ，淬火时应力集中于 R 弧，易产生裂纹，此外，由于左半坯工作面的边缘厚度小于右半坯，使在相同的工艺参数下左半坯的裂纹率(55%)要高于右半坯的裂纹率(35%)，说明轮体毛坯工作面薄处的设计尺寸对裂纹的产生有影响。

(3) 托轮体工艺试验调查 图4为感应加热过程及感应器与轮体间隙设定示意。从图中可知，为了加热工作面时不致让工作面薄壁处过热烧透，感应器设计的加热方式为工作面薄壁边缘靠中部透热升温，而实际加热时，为了保证工作面中部热处理要求，试验时在工作面表面达到淬火温度时，边缘已烧透，而冷却时在工作面加热区的薄厚相差悬殊的 R 弧部位马氏体相变的时间差很大，组织应力很大，造成加热区薄厚相差悬殊的 R 弧处开裂，而且通过不同的试验参数(如加热时间、冷却时间等)和变换加热位置(如先快速短时间加热薄处，再快速移动轮体加热厚处等)等方式均无法达到消除裂纹的效果。由此得出，感应器的设计对裂纹产生有很大的影响。

3. 托轮体裂纹的原因判定

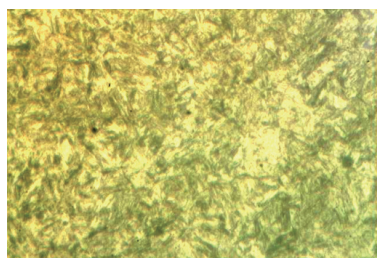
通过对托轮体化学成分、组织及晶粒度调查及对图样和工艺参数的试验研究，可以判定托轮体热处理裂纹原因为：轮体工作

面的截面薄厚悬殊，使冷却时在薄厚相差悬殊的 R 弧处马氏体相变的时间差很大，形成很大的组织应力，以致产生裂纹。

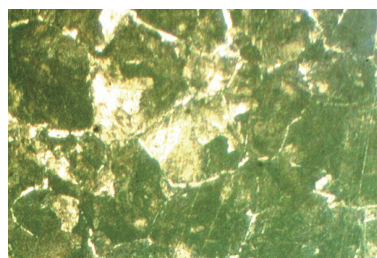
4. 改善及分析

为了解决轮体工作面的截面薄厚悬殊引起淬火裂纹，主要通过以下三个方面进行改善。

(1) 轮体薄壁处降温 采用对薄壁处降温即加热过程中一直对 R 弧进行水冷，使薄处和厚处冷却速度尽量保持一致，薄壁处的边缘不烧透，如图5所示，期望达到工作面边缘的表面到温而内表面保持低温的效果。实施效果是虽然没有开裂，但是淬火时由于边缘温度不够，导致出现



(a) 淬硬区 (400×)



(b) 基体区 (100×)

图2 托轮体半坯的组织及晶粒度

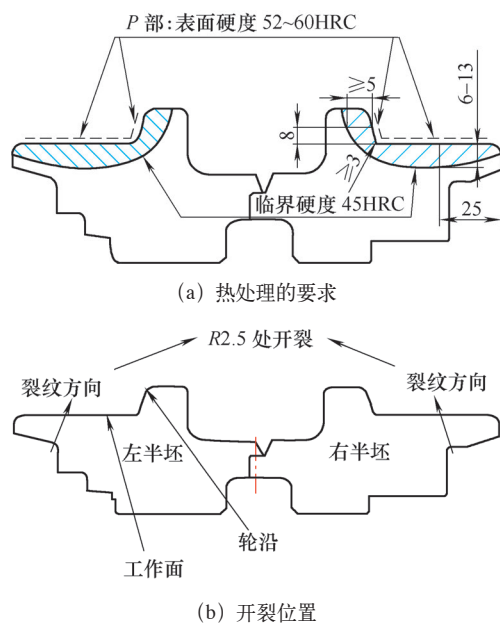


图3 图样关于热处理的要求及开裂位置示意

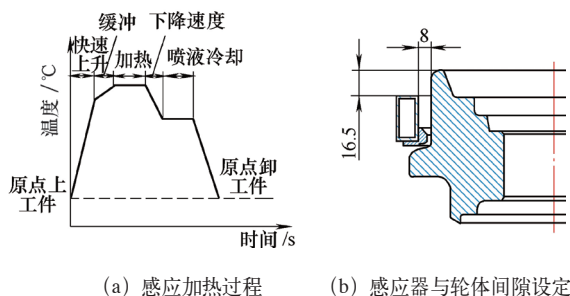


图4 感应加热过程及感应器与轮体间隙设定示意

14mm长的软带，无法满足图样热处理要求。

(2) 改变粗车轮体设计尺寸 加厚工作面边缘厚度，增大过渡圆角。热处理后，将增加的部分再加工，如图6所示。图7为粗车轮体尺寸改善后的效果、热处理过程及剖切结果，从图7b的剖切结果可知，改进后的粗车轮体毛坯热处理后剖切，其外表面全部淬硬，表面硬度53~55HRC，内表面硬度低，为22~35HRC，不影响加工，但是经过MT检测仅部分合格，不过裂纹率有明显的下降，降为36%。如果将薄壁处继续增厚，虽可以减少裂纹，但相应成本和内部的加工效率降低。

(3) 改变感应器设计 改变粗车轮体的尺寸虽然能够降低裂纹率，但并没有完全消除，并且还增加了毛坯成本，影响加工效率，因此希望通过重新设计感应器达到杜绝此类裂纹的目的。

经过分析可知，原来直壁感应器到工作面壁薄和壁厚处间隙相同，感应加热时会使壁薄处强烈地过热，而壁厚处加热不足，使过渡处无法抵抗冷却时在薄厚相差悬殊的R弧部位因马氏体相变的时间差很大而形成很大的组织应力，以致产生裂纹。由于间隙越大，漏磁通越多，磁场能量的体密度也就越小，所以为了解决这一因工作面薄厚不均而产生的裂纹问题，采用目前最常用的办法就是按经验适当增加壁薄处间隙使之大于壁厚处间隙，借此抑制壁薄处的过热。我们按经验采用梯形感应器（两个铜管错开）代替原来直壁（单个铜管）

的感应器，采用梯形感应器（见图8）可以使薄弱处感应的距离增大，进而减少热输入，平衡相变时间，降低组织应力，解决此裂纹问题。经过多次试验剖切结果

合格，如图9和表2所示，满足热处理要求，成功将裂纹率降为0。

最后，对相关工艺文件进行标准化并要求现场操作者按新工艺进行操作。

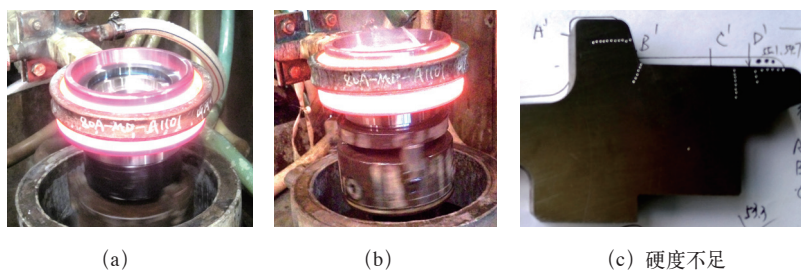


图5 轮体薄壁处降温及热处理剖切块

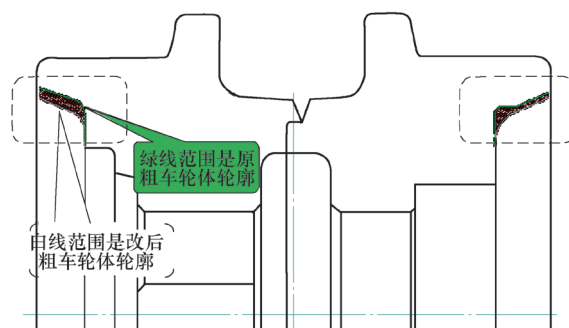


图6 粗车轮体尺寸改善示意



→右轮对变更

→左轮对变更



→热处理调制过程

(a) 粗车轮体尺寸改善对比及改善后热处理过程



(b) 热处理剖切块

图7 粗车轮体尺寸改善、热处理过程图及剖切结果

进气密封件淬火后裂纹原因分析

■ 林蔓, 李克

摘要: 通过对进气密封件淬火后出现的裂纹进行冶金分析, 确定了开裂性质为典型的淬火纵裂。针对纵裂的产生机理, 结合零件实际结构进行工艺控制, 提出了分级淬火加淬火且零件凹孔朝上的措施, 有效地控制了淬火裂纹的产生。

关键词: 淬火; 组织应力; 裂纹; 分级淬火

淬火裂纹是热处理过程中不可修复的工艺缺陷, 一旦产生, 零件只能彻底报废。且淬火裂纹总是批次性产生, 给生产带来巨大损失。淬火裂纹的产生是热应力或组织应力或两者同时作用的结果, 常见的裂纹形式有纵向裂纹、横向裂纹、网状裂纹和剥离裂纹等几种形式。其中, 纵向裂纹是人们发现最早的裂纹形式, 虽然研究较多, 但生产中仍不可

避免地出现。

本文通过对进气密封件(材料45钢)调质后裂纹产生原因和机理展开分析, 确定了裂纹性质为典型的纵向淬火裂纹, 并制订了相应的改进和控制措施, 有效控制了裂纹的产生。

1. 裂纹性质分析

(1) 外观检查 整批零件一端端面均出现肉眼可见的贯穿

性裂纹, 裂纹较平直, 基本沿径向分布, 形貌如图1b所示。

(2) 金相分析 垂直于裂纹剖切后金相观察: 裂纹与表面基本垂直, 刚劲有力, 开口较大, 尾端纤细, 两侧耦合性较好, 裂纹内及附近未见冶金缺陷, 如图2所示。腐蚀后观察, 裂纹两侧无脱碳现象, 晶粒度为7~8级, 显微组织为回火索氏体, 是正常的淬透性调质组织,

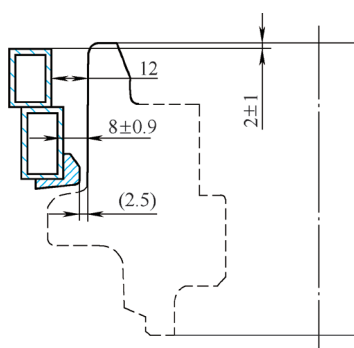


图8 感应器与轮体间隙设定



图9 感应器改进后剖切照片

表2 感应器改进后剖切结果

项目	a/mm	b/mm	c/mm
要求范围	6~13	≥3	≥5
左半坯	6.7	3.5	7.1
右半坯	7.4	4.1	8.4

5. 结语

通过对托轮体热处理裂纹的调研与分析, 找出了托轮体热处理裂纹的原因, 根据原因采取多种方法进行了改善, 通过最终的确认将感应器进行改进即采用梯形感应器代替原来直壁的感应器取得了很好的效果, 成功地解决

了热处理裂纹问题, 保证了产品质量, 降低了成本。

参考文献

- [1] 匡利华, 付建华. 40Mn2钢的热处理工艺研究[J]. 机械工程与自动化报, 2010, 21(1): 50-53.

作者简介: 刘美娜、赵燕堂, 山推工程机械股份有限公司, 履带底盘事业部; 张英超, 兖矿集团南屯煤矿。联系方式: 15063776610

MW 20170316