

曲轴感应淬火变形超差原因分析

□ 东风商用车技术中心 牛恩来

□ 东风商用车有限公司发动机厂 刘鹏



牛恩来 高级工程师

摘要：通过对影响曲轴感应淬火变形相关因素的分析，找到了曲轴感应淬火变形超差的原因，提出了相对应的解决措施。改善后曲轴的变形量保持在0.2mm以内，变形量控制的比未超差之前更好。

关键词：曲轴；感应淬火；变形超差；分析与控制

曲轴感应热处理强化在整个曲轴加工线上有着特殊的地位，一旦变形超差或热处理质量不合格，热处理加工环节就会成为整个生产环节的“瓶颈工艺”；曲轴感应淬火（见图1）引起的变形是生产中的常见问题，其变形量的控制对曲轴的加工及使用性能有深远的影响；因热处理过程的影响因素较多，导致其变形量不易受控，而是在一个合理的范围内波动，热处理变形量的大小

严重影响后续的精加工量，热处理变形量过大会致曲轴精加工量大，增加机械加工成本，降低加工效率；热处理变形量过大可能使曲轴出现偏磨或黑皮现象，直接导致曲轴性能降低或最终报废。本文通过对影响曲轴感应淬火变形相关因素的分析，找到了曲轴感应淬火变形超差的原因，提出了相应的解决措施。

一、问题现状

某发动机厂为保证后续的

精加工及磨削工序的效率与经济性，在无需校直条件下对某曲轴感应热处理变形量控制在0.35mm以内（淬火变形量如果>0.35mm，就会出现磨偏量大，淬硬层不均匀，曲轴性能下降或者直接导致整根曲轴报废）。

很长一段时间内，某曲轴的感应淬火变形量均>0.4mm（测量状态及结果见图2、图3），必须经过校直后才能进入机加工环节，曲轴变形量超差已经严重影

响生产节拍，因此我们将曲轴感应淬火变形原因分析作为现生产质量改善项目进行研究。

二、影响曲轴感应淬火变形的因素

1. 内因

我们认为主要是感应热处理过程因组织发生变化产生的组织应力

(1) 曲轴毛坯锻件质量的影响 毛坯化学成分通过影响钢的淬透性、组织的比体积和残留奥氏体量等影响工件的变形；原始组织如碳化物的形态、大小、数量及分布，合金元素的偏析，应力状态，以及锻造质量和轧制形成纤维的方向等均对曲轴的变形产生影响。

(2) 曲轴尺寸结构的影响 曲轴是典型的不对称复杂零件，淬火区域不规则，受热不均匀，极易产生变形。曲轴最易引发变形的部位为连杆曲柄与轴颈连接处，如图4所示。

曲轴圆角淬火强化时因金相组织转变而产生组织应力，当组织应力大于材料的屈服强度时曲轴会发生塑性变形；在淬硬层深度满足技术要求的前提下，淬硬层深度越大，曲轴的变形量越大。

2. 外因

我们认为主要是感应热处理过程中曲轴自身所承载的外力。

曲轴感应淬火在曲轴专用淬火机床上进行，曲轴的固定采用以三爪自定心卡盘夹住大头端，小头端为辅助定位套筒的方式，



图1 曲轴感应淬火机床



图2 曲轴变形量的测量

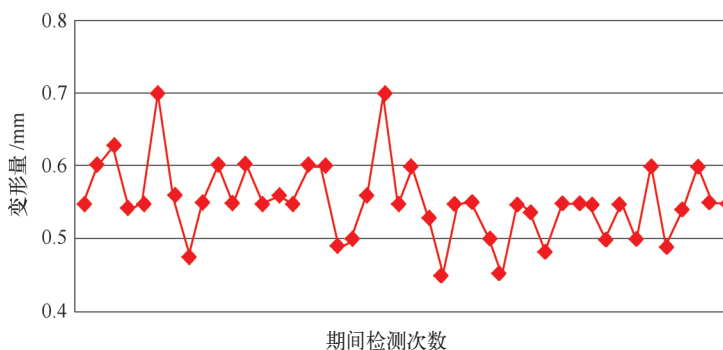


图3 某时间段曲轴变形量测量结果

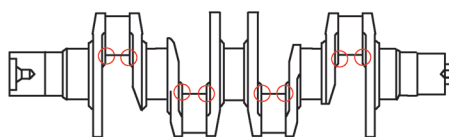


图4 曲轴复杂结构示意图

如图5所示。

淬火过程中曲轴主要受到4个外力的共同作用来完成这一工序，其分别是曲轴自身重力、径向压力、端部的轴向夹紧力以及曲轴承受的弯矩（见图5b）。

（1）曲轴自身重力 在实际生产中可忽略不计。

（2）径向压力 由变压器及感应器浮动机构施加，在曲轴的感应淬火过程中是随时变化的。

（3）轴向夹紧力 专用淬火机床的床头及床尾夹持曲轴时产生；由于实际生产中设备采用专用套筒床尾，消除了轴向的夹紧力，因此可忽略不计。

（4）弯矩 头架液压卡盘与尾架套筒因同轴度等因素导致的弯矩。

三、曲轴变形影响因素的检测分析及采取的措施

1. 曲轴毛坯锻件质量

曲轴毛坯采用非调质钢48MnVS，由公司内部锻造厂加工，对不同炉号和批次的材料成分、原始组织及锻件质量进行检测，均未发现异常现象，可排除曲轴毛坯质量的影响。

2. 曲轴淬火用感应器及淬火技术要求

曲轴淬火用感应器（见图6）主要是确定感应器有效圈的角度及硅钢片使用的合理性、感应器定位块的磨损程度及有效圈与曲轴表面之间的间隙等，确保电源有效功率的输出及曲轴感应器的加热效率。经检测感应器有

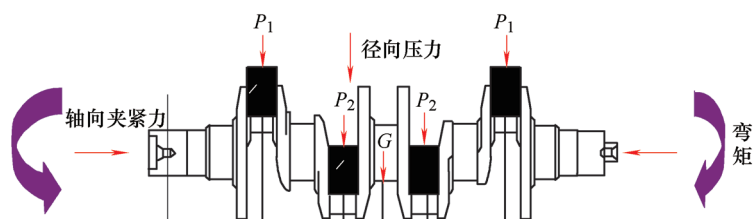
效圈及定位块尺寸等符合图样尺寸要求，可正常使用。

淬火技术要求主要是检测淬硬层的硬度、层深、金相显微组织，以保证淬火质量。在此过程中检查发现淬火硬度、淬硬层深及组织（如图7所示）能满足技术要求；由于淬硬层深度大

于技术要求的最小值，因此适当降低曲轴淬火功率或者减少加热时间，以减小曲轴的变形量。实际操作中曲轴加热功率由140kW降低至130kW，或者加热时间由19s减小至17s，变形量有所改善，变形量由0.6mm减小到0.5mm，仍达不到技术要求。



(a)



(b)

图5 曲轴的固定方式及受力示意



图6 曲轴感应淬火及所用感应器

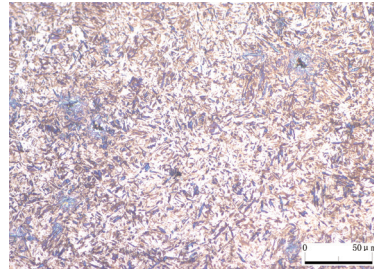


图7 曲轴淬硬层深及淬火组织

3. 曲轴尺寸结构

曲轴易变形的部位为连杆曲柄与轴颈连接处，其结构是不能够更改的，因此只能改变连杆颈、主轴颈相互间的淬火顺序并测量其变形量，测量结果显示无论连杆颈先淬火还是主轴颈先淬火，其最终变形量基本上保持一致。

4. 径向压力

曲轴在淬火过程中，感应器-变压器和配重之间用弹簧拖链连接，构成一套淬火浮动机构，一方面是方便感应淬火结束后感应器的提升，另一方面是减轻曲轴所承受的径向力，防止在感应淬火过程中的弯曲变形，如图8所示。

径向压力大小是曲轴淬火质量好坏的重要影响因素，曲轴旋转淬火时既要保证感应器跟随曲轴转动且定位块与曲轴贴合，又要保证感应器不能完全压在曲轴上面，减小对曲轴变形的影响；本项检查是让设备进行空运转，运行过程中检查浮动机构与曲轴是否出现干涉或发卡现象；同时人工上推感应器观察其是否能自动上浮。经过检查浮动机构运行正常，可排除径向压力对曲轴变形的影响。

5. 头架液压卡盘与尾架套筒的同轴度

用专用芯棒检查并调整头尾架的同轴度。调整后跳动0.10mm，芯棒母线0.30mm，均好于曲轴未出现变形超差之前水平；同时检查并调整卡盘夹紧力，判断方法为：在三爪自定心卡盘与曲轴端面之间

放置相同厚度塞尺，卡盘夹紧后塞尺与曲轴表面间应无间隙或不能拔出，数次测试检验其稳定性。检查过程中发现卡盘其中的一个卡爪存在磨损现象，致使曲轴旋转过程中出现滑移，淬火过程中承受一定的弯矩，最终更换新的卡爪并且按照上述方法进行调整，减小或消除淬火过程中曲轴所承受的弯矩。

四、改善效果

经过对影响曲轴变形的诸多因素进行检测分析并采取相对应的措施，曲轴感应淬火变形量得到了改善。经过一段时间小批量试验验证，曲轴的变形量保持在0.2mm以内（测量结果见图9），变形量控制得比未超差之前更好。

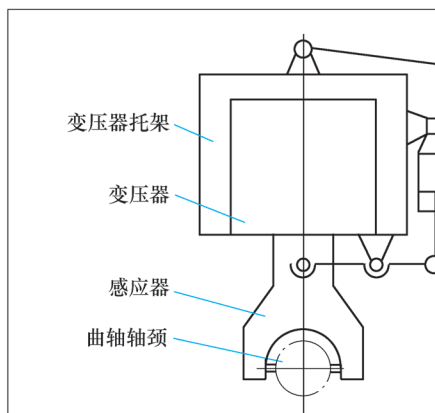


图8 曲轴感应淬火浮动机构

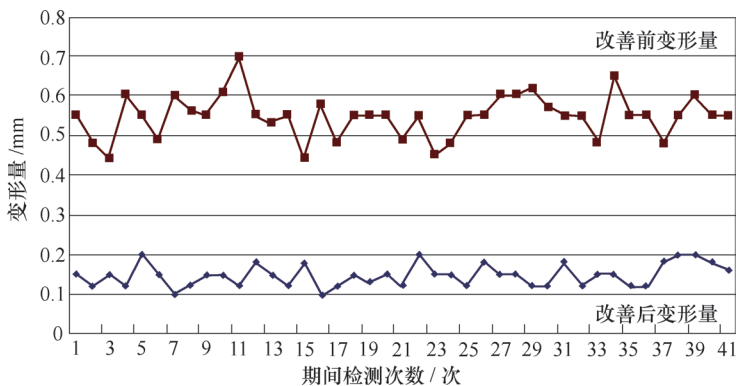


图9 曲轴感应淬火变形量对比

五、结语

(1) 对影响曲轴感应淬火变形的因素进行详细检测分析，找到了导致曲轴感应淬火变形的原因。

(2) 造成此批次曲轴感应淬火变形超差的原因：头架液压卡盘与尾架套筒同轴度超差、

液压卡盘卡爪磨损、加热功率过高。

(3) 根据导致曲轴感应淬火变形的原因，采取了合理的措施，改善了曲轴的变形量，且变形量控制得比未超差之前更好。

MW 20161209