

T型齿轮热处理工艺探讨

西安法士特汽车传动有限公司 (陕西 710075) 李 鹏 孙银军

某机型齿轮零件工艺为滚齿、剃齿、热处理。长期以来,滚齿、剃齿加工成形的齿形、齿向要求均为理论值,即齿形、齿向没有特殊要求,只要在公差范围内即属合格产品。但经热处理后(渗碳、淬火、回火),轮齿发生变形,齿形、齿向均有很大变化,若没有热处理后磨齿工序,则齿向很难达到零件的设计要求。因此,寻找出渗碳淬火齿轮热处理变形的某些规律,减小齿轮热处理变形,提高其加工精度,不仅可以减小齿轮传动系统运行时的噪声及振动,还能有效提高齿轮的使用寿命。

热处理变形主要受零件在机加工时产生的残留应力,热处理过程中产生的热应力和组织应力,以及零件自重变形等影响,涉及到齿轮的几何形状,原材料及冶金质量,锻造造成的残余应力,装料方式,以及热处理工艺和设备等因素。齿轮在热处理过程中产生变形是不可避免的,关键是要使变形小且有规律,以便能总结变形规律,在剃齿时得到工艺齿向,从而获得良好啮合质量的齿轮成品。

1. 试验零件与方法

(1) 零件的技术要求 零件渗碳淬火工艺要求(企业内部标准)为:硬化层深 $0.90 \sim 1.50\text{mm}$,表面硬度 $\geq 59\text{HRC}$,心部硬度 $\geq 30\text{HRC}$, $2/3$ 齿高(X点)表面贝氏体 $\leq \text{B1级}$,次表面贝氏体 BB2级 ;齿底表面贝氏体 $\leq \text{B7级}$,次表面贝氏体 $\leq \text{BB4级}$;残留奥氏体 $\leq 3\text{级}$,表面非马氏体组织 $\leq \text{O2级}$,脱碳 $\leq \text{D0级}$,碳化物 $\leq \text{DC0级}$,微裂纹 $\leq \text{M1级}$,铁素体 $\leq \text{F5级}$ 。齿形精度9级。零件尺寸及形状如图1所示。

(2) 工艺制定分析 零件组织要求渗碳淬火,不仅组织要求较高,热处理后齿形精度要求也较

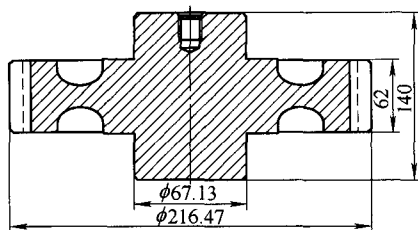


图1 齿轮零件

高,必须合理的热处理工艺(包括备料方式、淬火方式及淬火冷却介质等)以满足要求。首先考虑用以前类似技术要求的零件热处理工艺作试验,并跟踪热处理后的变形情况,以作调整。

2. 试验及结果

(1) 第一次试验 用现有类似技术要求的零件热处理工艺(见图2)试制,淬火冷却介质为G油,主要参数为粘度(37.8℃) SUS 95~110s,密度 0.872g/cm^3 ,闪点(开口) $\geq 180^\circ\text{C}$,燃点 $\geq 200^\circ\text{C}$,特性温度 $>670^\circ\text{C}$,最大冷却速度 $>85^\circ\text{C/s}$ 。

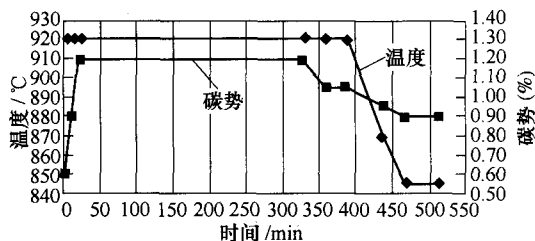


图2 第一次试验渗碳工艺曲线

考虑到零件的形状,将零件平放于料盘(见图3),经爱协林多用炉渗碳淬火,零件出炉后进行抛丸清理。试验结果为,除X点表面贝氏体超标,工件的渗碳层深、硬度及金相组织均满足技术要求。

从零件热处理工艺分析,影响表面贝氏体形成

的因素主要为：淬火温度、冷却速度及淬火冷却介质。分析这次试验可知，零件表面冷却强度不够是造成贝氏体超标的主要原因。

另外，由齿向检测数据可知，零件齿向变形较大，整体趋势呈倒锥形，即齿下端直径向外涨大。4件零件的齿向检测数据如表1所示。

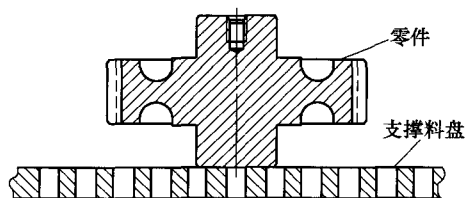


图3 备料方式1

表1 齿向超差数据

零件编号	平均超差值/mm		最大超差值/mm
	左侧 (标准 ± 0.0794)	右侧 (标准 ± 0.0529)	
1	-0.0796	无	-0.0796 (左)
2	无	-0.0678	-0.0678 (右)
3	无	-0.0627	-0.0646 (右)
4	无	-0.0662	-0.0728 (右)

图样要求9级精度，即所有检测数据不能超出标准值。由图3可知，零件齿端面外围悬空，热态下易受自重影响而向下变形，因此考虑调整备料方式以消除这种变形趋势。

(2) 第二次试验 在第一次试验的基础上调整工艺：提高淬火温度，将搅拌转速由600r/min提高到650r/min，工艺过程如图4所示。同时，为了消除倒锥形变形，在热处理前加工时对齿向补形。

另外，更改备料方式如图5所示，使零件齿端

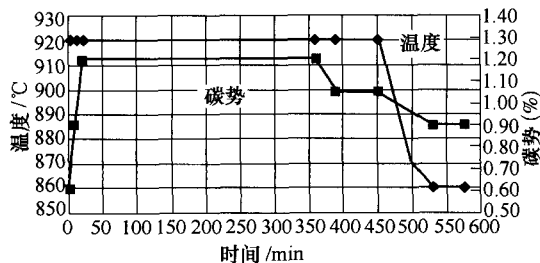


图4 第二次试验渗碳工艺曲线

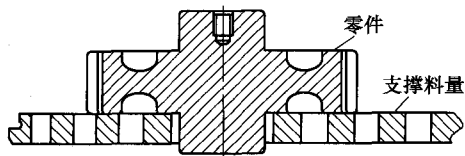


图5 备料方式2

面和料盘接触，零件受力面积增大，齿端面均匀受力而不再悬空，从而减少热态下的变形。

经爱协林多用炉热处理后，出炉抛丸清理，检验发现X点贝氏体仍然为B2级，贝氏体数量有所减少，但深度仍达到B2级，不满足要求。

测定热处理后齿向数据，共测4件，得出齿向变形趋势基本一致。齿向变形与第一次正好相反，齿轮变形呈正锥形，齿轮上端面直径向外涨大且变形量要大，具体数据如表2所示。

表2 齿向超差数据

零件编号	平均超差值/mm		最大超差值/mm
	左侧 (标准 ± 0.0794)	右侧 (标准 ± 0.0529)	
1	0.1304	0.105	0.1681 (左)
2	0.0841	0.0926	0.0984 (右)
3	0.0886	0.0906	0.1037 (右)
4	0.0814	0.0773	0.0975 (右)

齿轮变形主要影响因素有两点：一是热处理前加工补形为正锥形；二是备料方式改变后，零件的受力方式随之改变，导致变形趋势发生了改变。要改善这一变形趋势，可考虑从这两方面改变工艺。

(3) 第三次试验 考虑到零件的组织 and 变形要求，不能一味地提高淬火温度和搅拌速度，故决定通过改用冷却能力更强的淬火冷却介质K油进行淬火，达到提高零件表面冷却速度的工艺目的。

K油主要性能参数如下：粘度（40℃）为15 mm²/s，密度（20℃）0.84 g/cm³，闪点（开口） $\geq 170^{\circ}\text{C}$ ，燃点（开口） $\geq 190^{\circ}\text{C}$ ，粘度比 ≤ 1.25 ，特性温度 $\geq 670^{\circ}\text{C}$ ，最大冷却速度105℃/s。

与G油相比，K油的粘度更小，冷却速度更快。分析第二次试验的零件变形趋势后，决定仍采用第二种备料方式，但热处理前补形改变为倒锥形。按第二次试验热处理工艺进行渗碳淬火。经试验证明，齿轮的金相组织、硬度和渗碳层深度均满足图样要求；齿向基本良好，齿向检测数据均无超差，满足了设计要求。

通过3次试验可知，淬火温度、冷却速度和淬火冷却介质均直接影响零件的淬火组织，在一定条件下淬火冷却介质的影响最大。通过几次试验的零件变形规律可知，备料方式不同、零件热处理状态下

链板热处理工艺探讨

东风汽车有限公司刃量具厂技术开发部 (湖北十堰 442002) 杨 锴

链板在工作时主要承受拉应力,需具有比较高的抗拉强度,且每组链片应同时受力,以免出现个别链片因单独受力而过早时效;同时还应具备较好的韧性。

2011年,我厂承接了外单位某车型传动部件中齿形链构件-链板的热处理工序,图1为链板零件。



图1 链板

该链板用于为了适应特殊恶劣环境而配套的高强度重载传动用板式链,以前全部采用国外进口。为了降低制造成本,委托单位考虑将该链板国产化。在国产化的过程中发现,传动部件的其他零件基本上能够满足台架试验要求,但是链板的使用寿命同台架试验的要求相比还有一定的差距。为此,我厂技术部热工工艺室通过采用不同的热处理工艺参数开展工艺试验,以期提高链板在台架试验中的服役寿命。

的受力方式不同,均可改变渗碳淬火零件的热处理变形规律,再借助热处理前尺寸补偿方式的配合,可以抵消零件的变形趋势,从而达到精度要求。

3. 结语

(1) 淬火冷却介质的冷却性能对零件表面贝

1. 链板材质

该链板由50CrNiMoVA带钢经冷冲压而成,且经过表面光饰以及内孔挤压修整。其成分是在45CrNiMoVA的基础上进行适当调整而得到的,使用瑞士产ARL 3460 OES型光谱直读分析仪分析其化学成分,如表1所示。

表1 50CrNiMoVA化学成分(质量分数) (%)

C	Cr	Ni	Mo	V	Mn	Si	S
0.495	0.915	0.502	0.95	0.162	0.95	0.236	0.0014

2. 国产件与进口件性能对比

台架试验的对比分析发现,进口链板的内孔有明显椭圆化痕迹,而国产化链板其内孔没有明显变形。进口链板与国产化件的表面硬度分别为48HRC、49.2HRC,由于链板很薄,进口件与国产件都处于全淬透状态,说明国产件的硬度和强度已经达到了与进口件相当的水平。为了验证国产链板是否韧性不足,我们将两种链板进行了静拉伸强度试验对比,具体试验数据如表2所示。

本文所有静拉伸强度试验均采用SHT4605型计算机控制电液伺服万能试验机(美斯特工业系统有限公司生产制造),试验过程按国家标准GB/T 228.1-2010《金属材料拉伸实验 第一部分:室温实验方法》执行。

氏体的形成有很大的影响。

(2) 零件备料和受力方式的不同,对零件的热处理变形有着不同的影响。只要热处理变形有规律,就可以通过冷热加工相互配合来消除。

MW (20120609)