

一种大模数齿轮热处理工艺摸索

■ 王孟, 王忠, 孟国强

摘要: 结合渗碳工艺和感应淬火工艺, 解决了大模数齿轮整体感应淬火无法解决的硬化层深度问题。

齿轮淬火后能够提高表面硬度, 进而大大提高耐磨性和疲劳寿命, 故大多数重载齿轮均需淬火。对于大模数齿轮淬火常用的热处理工艺有三种: 整体感应淬火、单齿感应淬火、渗碳淬火, 三种工艺方式各有优缺点。本文讨论了一种大模数齿轮的复合热处理工艺, 将渗碳淬火及感应淬火工艺进行综合应用, 得到了较好的硬度和硬化层分布。

1. 齿轮简介

齿轮模数为7, 齿顶圆直径585.94_{-0.7}⁰mm, 齿轮简图见图1, 设计材料为S48C, 化学成分见附表。针对该种齿轮结构及材料特点, 首先考虑淬火工艺为感应淬火。设计工艺路线为: 下料→锻造→正火→粗车→调质→精车→滚齿→感应淬火→回火→磨齿。

齿轮的感应淬火通常有两种方案: 单齿连续加热感应淬火和整体加热感应淬火。一般而言, 大模数、大尺寸的齿轮常采用单

齿连续加热感应淬火, 此种工艺不要功率太大的电源即可实现淬火, 并且齿圈硬化层分布较为均匀, 但需要感应淬火机床具有较好的分度精度以实现所有齿的淬火; 小模数齿轮常采用整体加热感应淬火, 该种工艺方法不仅具有非常高的生产效率, 还可以保证齿轮具有良好的硬化层分布。

我公司现有较多的齿轮感应淬火设备, 但是均不具备分度功能, 无法采用单齿连续加热感应淬火, 但是我公司具有800kW电源可满足整体加热功率需求, 可尝试使用整体加热感应淬火。我们制订了整体加热感应淬火工艺方案, 并进行多次尝试, 如图2所示, 但是均无法取得较好的试验效果。

当齿顶硬化层深度满足要求, 齿根硬化层往往过浅无法满足要求; 而齿根硬化层满足要求时, 齿顶、节圆处硬化层已经超出要求范围, 无法做到齿顶、节圆、齿根硬化层同时满足要求,

如图3所示。考虑多方面的因素, 我们分析造成上述问题的原因主要有两个方面:

(1) 感应加热电流透入深度主要受电流频率、磁导率、电阻率影响, 对于大模数、大尺寸的齿轮而言, 齿顶和齿沟距离较大, 齿顶距离感应器较近、齿沟距离感应器较远, 在单一频率下感应加热时齿顶和齿沟的加热速度具有非同时性, 齿顶加热较快, 齿沟加热较慢。

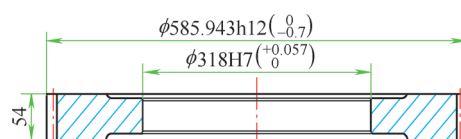


图1 齿轮示意

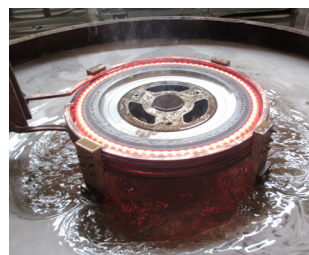


图2 整体加热感应淬火

S48C化学成分 (质量分数) (%)

材料	C	Si	Mn	Cr	P	S	Ni	Cu
S48C	0.44~0.49	0.15~0.35	0.70~0.90	≤0.15	≤0.030	≤0.030	≤0.20	≤0.30

(2) 齿沟靠近基体，加热齿沟时基体吸收大量的热量，造成齿沟加热速度较慢，而齿顶加热时向内传递的热量较慢。为此，要解决大模数齿沟硬化层的深度问题，势必需要延长加热时间，这样就造成齿顶加热深度过深，硬化层过深。

整体加热感应淬火无法满足需求，我们尝试使用渗碳工艺，采用20CrMnMo材质，调整工艺路线为：锻造→正火→粗车→精车→滚齿→渗碳→淬火→高温回火→加工渗碳层→淬火→磨齿。该种工艺方法先后进行了两次淬火，出现较大的变形，最大变形处可达到1mm，磨齿时部分位置磨不到，部分位置磨削量过大，该种工艺方法无法满足需求。

2. 新工艺的开发

针对上述试验情况，我公司经过多次讨论可否尝试将渗碳工艺和感应淬火工艺综合使用，即渗碳淬火后高温回火，然后再感应淬火。我们分析认为20CrMnMo齿轮渗碳后仅有齿轮表面渗碳层内含碳量较高，而渗碳层内过渡区和心部仍属于低碳区，感应淬火后表面高碳区属于高硬度区，而过渡区及心部即使加热达到淬火温度，由于其低碳特点，也无法获得较高的淬火硬度。

我们将工艺路线再次调整为：锻造→正火→粗车→精车→滚齿→渗碳→淬火→高温回火→加工→感应淬火→磨齿。采用上述工艺方案，并进行实施，渗碳和感应淬火后齿轮检测其齿顶硬化层深度为6.2mm，齿沟硬化层



深度为2.5mm，节圆处硬化层为4.0mm，如图4所示。齿面硬度59HRC、齿顶硬度59HRC、齿根硬度59HRC，金相组织为3级马氏体，残留奥氏体含量15%，碳化物1级，如图5所示，达到图样及标准要求。



图3 整体感应淬火后硬化层分布情况
(齿顶硬化层过深11mm、齿沟硬化层1mm)



图4 渗碳加感应淬火硬化层分布

该种工艺生产的齿轮硬度达到58~62HRC，较普通感应淬火硬化提高，并且硬化层表面含有细小的碳化物，耐磨性大大提高，同时20CrMnMo材质基体强度也高于S48C，各方面性能均得到提高，变形量也较单一的整体加热感应淬火齿轮减小，磨削后齿轮完全满足需求。

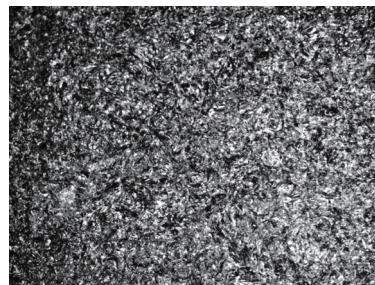


图5 硬化层组织 (500×)

3. 结语

本次试验创新性的将渗碳工艺和感应淬火工艺相结合，解决了大模数齿轮整体感应淬火无法解决的硬化层深度问题。

作者简介：王孟、王忠、孟国强，山推工程机械股份有限公司。

MW 20160419