

汽车半轴热处理工艺研究

Research on Heat Treatment Process of Automobile Half Axle

安钦¹ 石晋明² 刘震²

Qin An¹ Jinming Shi² Zhen Liu²

1. 杭州电子科技大学材料与环境工程学院 中国·浙江 杭州 310018
2. 晋西工业集团有限责任公司理化计量中心 中国·山西 太原 030027

- 1.College of Materials Science and Environmental Engineering, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou, Zhejiang, 310018, China
- 2.Jinxi Industries Group Co., Ltd. Physicoal Testing, Chemical Analysis and Metrology Center, Taiyuan, Shanxi, 030027, China

摘要: 汽车半轴是作为车轮的传动装置而存在。此装置在汽车运转过程中的服役工作条件是很复杂的,与此同时还要承受着拉压、扭转、冲击等载荷,因此对半轴的性能标准要求极高,首先要在保证零件寿命和安全性的前提下,要保证具有高强度、耐磨、抗扭转、抗拉压等优越性能。针对材料42CrMo开展多种热处理工艺路线分析对比,对热处理的工艺路线进行选择以及确定具体为:正火→调质,在其中有部分的锻造加工工序。

Abstract: The automobile half axle is used as the transmission device of the wheel. This device in the process of car operation service working condition is very complex, at the same time under the load, torsion, impact, and so the performance standard of half shaft, first under the premise of guarantee parts life and safety, to ensure that has high strength, wear-resistant, torsion resistance, tensile resistance and other superior performance. For the material 42 CrMo, a variety of heat treatment routes are analyzed and compared, the heat treatment route is selected and specific: normal fire regulation, in which there are some forging processes.

关键词: 半轴; 正火; 淬火; 回火

Keywords: half axis; regular fire; quenching; tempering

DOI: 10.12346/etr.v5i2.7691

1 概述

1.1 热处理简介

金属热处理的工艺有退火、正火、淬火和回火。退火是将材料加热到能够引起其内部结构变化的临界温度,再进行随炉冷却的处理过程。正火和上面的过程类似,只不过正火采用在空气中进行冷却的方法,有效加快了冷却时间,提高生产效率。淬火不同于上面两种方法,它要先将加热后的材料保温一段时间,之后通过水或者油使其尽快冷却,这种方式在影视作品中古代打铁经常见到,这样加工的金属硬度高但是脆性也较高,还会在金属材料内部形成淬火应力,这种应力会造成金属的开裂,所以实际应用时通常需要进行回火处理。通过回火处理可以把经过淬火处理的金属重新加热到临界温度,并在空气中冷却获得所需的力学性能。

1.2 汽车半轴简介

汽车半轴通过把差速器和轮毂连接后,在两者之间传递动力,因此半轴是作为车轮的传动装置存在。半轴在实际工作过程当中受到各种载荷的作用,以及相对应的服役条件非常复杂,因此对半轴的性能具有非常高的要求,在确保其寿命以及安全性下,还需有高强度、耐磨、抗扭转、抗拉压等等优良性能。

1.3 研究内容

论文汽车半轴采用的材料是42CrMo合金,此材料具有韧性好、强度大、淬透性好等等性能,首先对其调质会让其获得较强的抗冲击、抗疲劳特性,且在低温下也有很好的韧性性能。结合半轴使用环境,对采用的材料进行成分、组织、性能研究,设计合理热处理工艺方案,并针对可能出现的缺

【作者简介】安钦(2002-),男,中国山西大同人,本科,从事材料科学及纳米自清洁表面和钙钛矿光伏发电研究。

陷制定防护措施。对不同方案的热处理工艺进行分析比较,择优选择最佳方案。

2 零件的设计部分

2.1 零件分析

主轴零件见图 1。



图 1 主轴零件图

对于汽车轴承半轴,一般采用辊锻工艺进行锻造,在此过程中对于这种形状比较复杂的大型工件,精度达不到所要求可能会使车轴的颈部断裂,在板簧座附近及中部出现裂纹的现象,轴件受到高的弯曲及挤压应力,环境温度发生急剧变化例如急热急冷时,工件会呈现出断裂、磨损、变形等多种失效形式。在进行热处理工艺过程时,提前进行技术优化分析,如台架试验可以用来验证理论分析,这样就可以进一步提高设计效率及合理性。

2.2 材料的选择

依据半轴工作的环境,一般选择的材料有中碳钢或者中碳合金钢,如 35CrMo、45、40MnB 等,具体还需要根据半轴要承受的载荷、半轴尺寸、表面硬层深度等确定^[1]。一般小尺寸、轻量化车采用中碳钢;大尺寸、工作应力大的半轴采用合金钢,针对主要承担载荷的半轴来说,要求钢的一半直径都能淬火方为最佳,而本论文采用的是 42CrMo。

42CrMo 是含碳量较低材料,成分如表 1 所示。

表 1 42CrMo 钢的化学成分

C	Mo	Mn	Cr
0.38~0.45	0.15~0.25	0.50~0.80	0.90~1.20

通过查阅资料,可以得知 42CrMo 材料中各成分对钢性能的影响。

3 汽车轴承主轴的热处理工艺路线选定

3.1 半轴工艺路线分析

将半轴整体改为组合结构,将整体分解成法兰盘、花键轴两部分,花键轴和法兰盘通过花键相连接。优点:所需材料少;效果好;工艺操作简单;质量稳定。花键可一次性连续淬火,所以无过渡区。缺点:因为将整体分为组合结构所以增加了法兰盘需要切削内花键孔的工步,但也相应减少拔制锥度、花键工序,简化加工。采用此方案加工,可提高强度,和增加疲劳寿命,疲劳度极限扭矩扩大到原来的 2.8 倍,极限应力扩大到原来的 4.5 倍。经过 500h 的实验后未出现断裂^[2]。

3.2 半轴热处理工艺的分析

具体的热处理工艺主要有:正火、调制处理。

为满足零件最终的使用性能,工艺方案如下:

①正火:要消除锻造造成的组织不均匀、晶粒粗大、内部残余应力的缺陷,提升切削加工能力,要进行预先热处理。工艺参数:温度 820℃~870℃。零件经过加热、保温、冷却,得到的组织结构为细珠光体。硬度:197~207HB。

②淬火:为得到 1/4 直径处大于 45HRC 的硬度,半马氏体的组织,就需要将淬火过程的加热湿度增大,让其淬透性效果达到最佳。具体温度设置为 860℃±10℃,保温时间设定为 80min。将杆部、花键部分先浸入 2% 的聚乙烯醇水溶液中,水温提升到 50℃,杆部、花键的温度降至 600℃,将其取出放入温度在 60℃~80℃范围内的油中使其冷却,另外盘部的外圆部位进行空冷,杆部、花键部位进行油冷,在盘部的外圆温度降到 750℃以后,把零件全部放入油介质当中,不仅使其硬度达到要求,还对法兰盘以及杆部二者间的断裂问题进行解决。金相组织:杆部是马氏体,盘部是托氏体和马氏体^[3]。

③回火:根据回火后对硬度的要求制定相应的温度范围 430℃±10℃,时间设定 120min。避免工件发生回火脆性问题,在回火完成之后全部放入水中水冷。金相组织:回火索氏体、回火屈氏体。

4 热处理及金相分析

4.1 热处理工艺

4.1.1 正火工艺的制定

若要消除锻造造成的组织不均匀、晶粒粗大、内部应力,提升切削加工能力,要对预先零件进行热处理。当温度为 850℃,保温时间为 120min,具体的冷却方式一般选择空冷。此时能够得到细珠光体组织。

4.1.2 淬火工艺的制定

42CrMo 材质的淬硬性、淬透性高,淬火过程会形成较大应力,因此要保证该材质不淬裂,就要严格保证工艺参数,使用油材料当做过程中使用的淬火剂。进行淬火对工件有要求,通过整体淬火的方式能够得到细针状结构的马氏体。根据其淬火曲线特性,温度定 850℃,保温时间为 80min;采用油冷^[4]。

4.1.3 回火工艺的制定

高温回火:加热温度范围 500℃~650℃;保温时间 60min,采用空冷方式。

4.2 金相分析

4.2.1 正火热处理的金相分析

该热处理方式一般进行加热并保温一段时间后采用空冷的方式进行冷却,珠光体转变所需要的温度较低,所以分别在正火与退火两种热处理后获得的珠光体形状上略有不同,前者较后者细小。一般的组织含有珠光体、铁素体以及魏氏组织。

4.2.2 调质热处理的金相组织

此热处理先进行淬火接着高温回火,得到的组织具体含有回火索氏体。在42CrMo钢内部的球状珠光体所具有的接触面非常小,该材料中的铬元素自身不仅扩散得慢而且还会阻碍碳的流动,所以加热温度、保温时间要走上限,保证球状渗碳体完全溶解,获得高强度、高硬度。

5 质量检验

5.1 检验要求

5.1.1 硬度

①调质零件要按照图纸的要求、根据所对应的工艺规程展开硬度检验^[5]。

②对工作进行硬度检测之前要对其表面进行清理,保证无氧化皮毛刺等疵病。

③具体要检测的位置,要根据所对应的工艺规程,淬火以后的硬度检测部位要在1~3处,每处检测的点要大于三点。

④采用洛氏硬度计检验,对于尺寸比较大的零部件,采用手锤式的硬度计。

5.1.2 变形

将零件支撑起来,采用百分表对其径向圆的跳动量进行检测,对于没有中心孔以及尺寸非常小的轴类零件放到平台上采用塞尺展开检验。

5.1.3 外观

要保证零件表面没有裂纹以及烧伤。

5.2 评定标准

硬度检验:应符合图纸和工艺参数文件规定,中碳以上调质淬火后的硬度。若直径或厚度在50~80mm之间,硬度应 $\geq 42\text{HRC}$;若直径或厚度 $\leq 50\text{mm}$,硬度应 $\geq 48\text{HRC}$;

回火后硬度检验允许有软点,但不得有软带^[6]。

变形检验:零件变形应小于其加工余量(直径或厚度)的1/3。

6 成本核算分析

对此论文研究的热处理,生产加工工艺过程进行相应的成本计算,首先对其具体的成本过程以及加工成本等等进行相应的计算,能够对其具体的消耗资金等进行统计,统计出所占总资金的比例波动情况,为使得生产过程当中的资金使用情况得到进一步加强,以及提高他的周转率,并且达到节约的效果。最终通过对成本的计算,来计算出零件具体的加工成本,结合他的定额以及相对应的资料得出零件具体加工的成本。

据估算建设一条相应的生产线需要2000万,如果涉及到车间的建造以及土地使用费等等,总价值在8300万元。

热处理车间电气燃料按照正常工商业电价、水价收取,工业用电0.6元/kW·h,水价4.3元/吨。热处理车间年用电180000kW·h,因此热处理车间年成本电价约为10.8万元,因此半轴材料生产费用约为6万元。车间年用水量14306258L,合14306.258吨,因此热处理车间年成本水价约为6.6万元。工人薪资、车间管理费、机器维护维修费、储存运输费每年大约6800万元。

7 结论

根据半轴的性能要求及使用环境,以及汽车结构及要求针对主要承担载荷的半轴来说,要求钢的一半直径都能淬火方为最佳,而本论文采用的是42CrMo。

对此针对材料42CrMo开展多种热处理工艺路线分析对比,最终确定工艺路线为:下料→锻造→正火(预先热处理)→粗加工→调质→ $\phi 59$ 圆柱面、锥度外圆高频淬火及花键中频淬火→回火→精加工→校正→检验。其中正火工艺参数确定为温度 $820^{\circ}\text{C}\sim 870^{\circ}\text{C}$;淬火工艺参数确定为温度 $860^{\circ}\text{C}\pm 10^{\circ}\text{C}$,保温时长80min;回火工艺参数确定为温度: $430^{\circ}\text{C}\pm 10^{\circ}\text{C}$,回火时间:120min;在热处理过程中经常遇到某些缺陷,比如氧化和脱碳、过热和过烧、淬火硬度不够、软点、回火缺陷等等,分别进行原因分析并针对其原因提出解决措施。

最后进行实际热处理最终确定正火工艺参数选择为 850°C ,保温时间:120min;淬火工艺参数选择为 850°C ,保温时间80min;42CrMo钢中含有铬、硅、锰等等元素,则需要提高钢的第一类回火脆性温度,具体的加热温度 240°C ,保温时间60min,利用空冷方式;热处理之后对其展开金相分析,以及学习相关的一些质量检验要求,研究了热处理方式对42CrMo材料的汽车半轴的性能及组织影响。

参考文献

- [1] 黄毅宏.模具制造工艺[M].北京:机械工业出版社,2012.
- [2] 赵权,虞传宝.模具材料和热处理方法的选择[M].杭州:浙江科学技术出版,2015.
- [3] 中国机械工程学会热处理专业学会.热处理手册[M].第3版,北京:机械工业出版社,2016.
- [4] 陈瑞阳,毛智勇.机械工程检测技术[M].第3版,北京:高等教育出版社,2000.
- [5] Cawley J D. Computer-aided manufacturing of laminate engineering materials[J]. The American Ceramic Society Bulletin,1996,75(5):60-65.
- [6] Dolenc A,Makela I. Slicing procedures for layered manufacturing techniques[J].Computer.Aided Design,1994(26):119-126.