

农用柴油机曲轴材料-42CrMo 钢的 磨削淬火试验研究

刘克铭,马 壮,杨伟红,刘 波

(辽宁工程技术大学 机械工程学院,辽宁 阜新 123000)

摘要:为了提高农用柴油机曲轴的强度,对曲轴材料 42CrMo 钢进行了磨削淬火试验,并进行了 42CrMo 钢的显微硬度试验及扫描电镜试验。结果表明:在磨削深度为 0.1~0.6 mm,调质态 42CrMo 钢试件表层均得到了显微硬度值高于 510 HV 的淬硬层,最高硬度值为 850 HV。淬硬层表层由细小的板条状马氏体组成,浅表层由较粗大板条状马氏体组成,里层由较细小的板条状马氏体组成。说明对 42CrMo 钢的磨削淬火是可行的。

关键词:曲轴;磨削淬火;显微硬度;马氏体

中图分类号:S229

文献标识码:A

文章编号:1002-2767(2011)12-0149-03

发动机曲轴的作用是将活塞的往复直线运动通过连杆转化为旋转运动,实现发动机由化学能转变为机械能的输出。曲轴性能的好坏决定着汽车发动机的质量和寿命,在发动机工作过程中曲轴承受着巨大的方向不断变化的弯矩及扭矩,同时经受着长时间高速运转的磨损,因此要求曲轴具有较高的刚度、疲劳强度和良好的耐磨性能。四冲程柴油发动机的工作过程:活塞经过进气、压缩、燃烧做功推动活塞做直线运动,并通过连杆将力传给曲轴,由曲轴将直线运动转变为旋转运动。而曲轴加工工艺质量决定着发动机整体性能,由于主轴颈及连杆轴颈的精度要求较高,尺寸精度要求为 IT6 级,表面粗糙度要求为 $1.6\sim 0.8\ \mu\text{m}$,要求具有较高的形状精度及位置精度。因此主轴颈与连杆轴颈精车后要要进行磨削,以提高精度表面粗糙度,为了提高曲轴的耐磨性在磨削加工后还要对曲轴表面进行淬火热处理。为了实现在磨削过程中完成对工件的淬火,现介绍一种在磨削过程中进行表面淬火的新工艺,并选用农用柴油发动机曲轴的材料调质态的 42CrMo 钢进行磨削淬火试验^[1-4]。

1 磨削淬火的基本方法

目前常用的淬火方法有激光淬火、火焰淬火等,这些热处理工艺方法需要对零件进行运输、储

存和清洗等环节,不能集成到零件的机加工生产线上,同时热处理过程中所产生的废水和废料还会对环境造成污染。磨削淬火技术是利用磨削加工过程中产生的热量对零件表面进行淬火的集成方法,节省了生产成本,缩短了生产时间,提高了生产效率,具有显著的经济和社会效益。磨削淬火是利用磨削中产生大量的热量使工件表层温度在短时间内升到奥氏体化以上温度,并在零件快速冷却过程中产生大的温度梯度,从而达到马氏体相变温度,实现对工件表层的淬硬,提高工件表层的硬度和耐磨性^[5-8]。

发动机曲轴的耐磨性、寿命取决于曲轴表层的硬度及淬硬层的深度,即磨削淬硬的效果。而磨削淬硬层的组织性能直接决定了工件的机械性能及力学性能,淬硬层组织的变化与磨削过程中磨削力和磨削温度过关。该文以农用灌溉 145 kW、4 缸、4 冲程、水冷柴油发动机曲轴所用材料调质态 42CrMo 钢作为试样,研究磨削淬火淬硬层组织及性能,分析该材料进行磨削淬火的可行性^[9-13]。

磨削淬火试验过程:在 MM7132A 精密卧轴矩台平面磨床上采用 WA60L6V 砂轮对调质态 42CrMo 钢进行磨削淬硬试验,研究磨削深度为 0.1~0.6 mm 情况下淬硬层组织、性能的变化,分析淬硬层硬度、淬硬层深度及完全淬硬区的组织变化。选用的调质态 42CrMo 钢的化学成分见表 1。试样的尺寸为 18 mm×9 mm×8 mm,砂轮转速为 $1\ 500\ \text{r}\cdot\text{min}^{-1}$,磨削工艺条件见表 2。

收稿日期:2011-10-11

第一作者简介:刘克铭(1977-),男,辽宁省阜新市人,博士,讲师,从事发动机动力排放控制及成形技术。E-mail:liukm2003@yahoo.com.cn。

表1 42CrMo 钢的化学成分 %

材料成分	C	Si	Mn	Cr	Mo	S	P
含量	0.40	0.22	0.61	1.224	0.017	0.19	0.15

表2 磨削工艺条件

磨削深度	磨削速度	进给速度	冷却方式	磨削方式
a_p/mm	$v_s/\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	$v_w/\text{mm}\cdot\text{min}^{-1}$		
0.1~0.6	45	90	湿磨	切入式逆磨

2 结果与分析

2.1 显微硬度试验

用 HVS-10 型维氏硬度仪测试试件沿磨削表面垂直方向的硬度,载荷为 100 g,加载时间为 10 s。原始组织为调质态的 42CrMo 钢试件强化层距磨削加工表面的显微硬度变化见图 1。

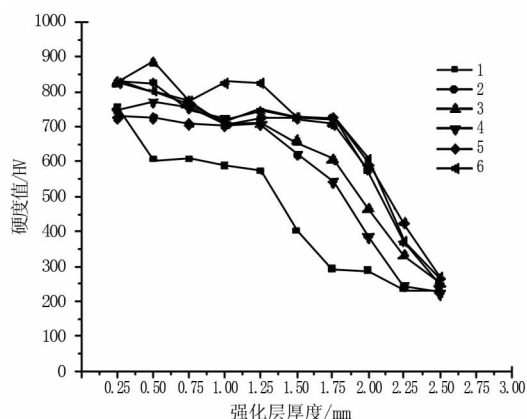


图1 距磨削加工表面的显微硬度变化

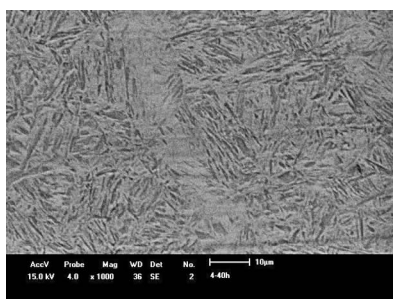
1: $a_p=0.1\text{ mm}$; 2: $a_p=0.2\text{ mm}$; 3: $a_p=0.3\text{ mm}$; 4: $a_p=0.4\text{ mm}$; 5: $a_p=0.5\text{ mm}$; 6: $a_p=0.6\text{ mm}$

由图 1 可知,在磨削深度为 0.1~0.6 mm, 42CrMo 钢试件在磨削淬火过程中均得到了组织强化,显微硬度值高于 510 HV 的淬硬层厚度范围是 1.25~2.25 mm,其显微硬度的最高值高达 850 HV,工件的表层硬度提高,达到了强化的目的,提高了工件的耐磨性。由图 1 可知,随着磨削深度的增大,淬硬层厚度增大,但当磨削深度增加至 0.5 mm 以上时,淬硬层厚度随磨削厚度的增加变化不明显。

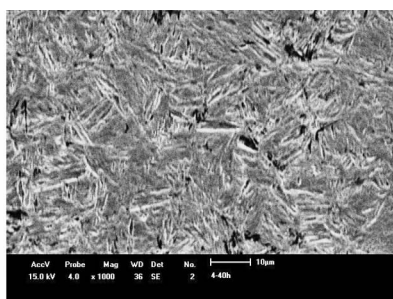
2.2 扫描电镜试验

调质态的 42CrMo 钢试件经磨削淬硬后,采用 J X A-840 A 型扫描电镜观察其硬化层的显微组织。将试件沿磨削表面垂直方向切取试样,经镶嵌后研磨抛光,制成金相试样,再用 4% 硝酸酒精溶液腐蚀,观察试件强化层的扫描电镜金相,得到的结果见图 2。

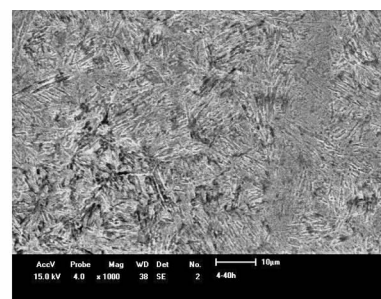
由图 2 可知,试样表层由细小的板条状马氏体组织组成,浅表层由较粗大的板条状马氏体组织组成,里层由较细小的板条状马氏体组织组成。沿距磨削表面垂直方向的这种组织形态的变化主要是由磨削淬火过程中机械应力场与热应力场综合作用的结果。在磨削淬火过程中由于砂轮对工件的滑擦、耕犁、磨削作用,一方面,产生大量的磨削热,该热量有高达 60%~90% 被传入工件,由于大量磨削热的传入,导致工件表层达到奥氏体化以上温度,即达到 Ac_3 以上温度,故在工件冷却过程中沿工件垂直方向形成较大的温度梯度,



(a) 表层



(b) 浅表层



(c) 里层

图2 金相扫描电镜照片

从而导致相变驱动力 ΔG_v 的增加,促进了奥氏体的形核率和长大速度增加。另一方面,在磨削淬火过程中,砂轮作用给工件巨大的磨削作用力,该磨削作用力随着磨削深度(0.1~0.6 mm)的增加

而增大,磨削力的增大促进了奥氏体晶粒的碎化。在磨削力及大的温度梯度作用下奥氏体在快速冷却时形成大量位错,这样一方面促进了马氏体的形核,同时又限制了马氏体晶粒的长大速度。这

种奥氏体形核、长大、破碎过程决定了马氏体组织的形态。在工件磨削表层温度梯度和磨削力最大,奥氏体形核率高,其破碎程度最明显,位错密度也最高,故生成细小的板条状马氏体;在浅表层温度梯度仍然较大,但磨削作用力较表层减小,一方面大的温度梯度促进了奥氏体晶粒的长大,另一方面磨削力对奥氏体晶粒的破碎作用减弱,所以,浅表层生成较粗大的板条状马氏体。在工件里层由于温度梯度的降低,尽管磨削作用力减弱了对奥氏体晶粒的破碎作用,但此时奥氏体晶粒的长大速度也随之降低,使得奥氏体晶粒细小,转化成马氏体组织也比较细小,故形成较细小的板条状马氏体组织。

3 结论

通过对农用柴油发动机曲轴用材料——调质态 42CrMo 钢的磨削淬火试验,在磨削深度范围为 0.1~0.6 mm 时得到的淬硬层显微硬度均在 510 HV 以上,淬硬层最高的显微硬度达 850 HV;淬硬层厚度达到了 1.25 mm,说明所进行的磨削淬火试验是可行的。

调质态 42CrMo 钢磨削淬火后得到的淬硬层硬化区由板条状马氏体组成;完全淬硬层的表层马氏体组织尺寸最为细小,其次为里层,浅表层马氏体组织略为粗大。

参考文献:

- [1] Brinksmeier E, Brockhoff T. Utilization of grinding heat as a new heat treatment process[J]. Annals of the CIRP, 1996, 45(1): 283-286.
- [2] Brockhoff T. Grind-hardening; a comprehensive view[J]. Annals of the CIRP, 1999, 48(1): 255-260.
- [3] 马占龙, 韩正铜, 杜长龙. 磨削淬火技术的应用展望[J]. 煤矿机械, 2008, 29(3): 6-7.
- [4] 张建华, 葛培琪. 磨削淬火技术的研究现状与展望[J]. 工具技术, 2006(11): 3-5.
- [5] 姜晨龙, 司慧, 刘小虎. 基于 ADAMS 的清洁小车齿轮传动系建模及仿真[J]. 黑龙江农业科学, 2011(1): 118-121.
- [6] 刘菊东, 王贵成, 陈康敏, 等. 原始组织对 40Cr 钢磨削硬化层的影响研究[J]. 金属热处理, 2004, 29(12): 61-65.
- [7] 杨刚, 韩正铜, 杜长龙. 40Cr 钢的磨削淬硬层与磨削参数的关系[J]. 矿冶工程, 2008, 28(1): 84-87.
- [8] 潘忠峰, 王贵成, 裴宏杰, 等. L-M 神经网络的磨削淬硬参数预测[J]. 机械设计与制造, 2009(3): 34-36.
- [9] 刘菊东, 侯达盘, 王大镇. 40Cr 钢磨削淬硬层组织形成机理的研究[J]. 材料热处理学报, 2007, 28(8): 41-45.
- [10] 王贵成, 张春燕, 裴宏杰. 一种绿色的表面淬火工艺——磨削淬硬[J]. 机械设计与制造, 2007(7): 206-208.
- [11] 杨刚, 杜长龙, 韩正铜. 外圆磨削强化技术及其磨削力的研究[J]. 机械设计与制造, 2008(12): 88-90.
- [12] 刘菊东, 王贵成, 陈康敏, 等. 砂轮特性对 40Cr 钢磨削淬硬层的影响[J]. 金属热处理, 2006, 31(12): 56-58.
- [13] 单士睿, 尚旭凯. 农业机械化管理信息年报系统设计[J]. 广东农业科学, 2011(3): 172-173.

Grinding-quenching Experimental Research on 42CrMo Steel Material of Agricultural Diesel Engine Crankshaft

LIU Ke-ming, MA Zhuang, YANG Wei-hong, LIU Bo

(Mechanical Engineering College of Liaoning Technical University, Fuxin, Liaoning 123000)

Abstract: In order to improve the strength of agricultural diesel engine crankshaft, experiments of grinding-quenching, microhardness and scanning electron microscope of crankshaft material 42CrMo steel were carried out. The results showed that when the grinding depth was in the range of 0.1~0.6 mm, the surface layers of 42CrMo steel specimens in the quenched and tempered state all appeared hardening layers whose microhardness value was higher than 510 HV, and the highest microhardness value was 850 HV. The surface layer of hardening layer was made up of fine lath martensite. The superficial layer of hardening layer was made up of coarser lath martensite. The internal layer of hardening layer was made up of the smaller lath martensite. The experimental results indicated that the grinding-quenching of 42CrMo steel was feasible.

Key words: crankshaft; grinding-quenching; microhardness; martensite