

文章编号:1673-9981(2011)02-0105-04

3Cr2W8V 模具钢激光表面相变硬化层性能的研究

况敏^{1,2}, 苏玉长¹, 邓春明², 马文有², 陈兴驰²

1. 中南大学, 湖南 长沙 410083; 2. 广东省工业技术研究院(广州有色金属研究院), 广东 广州 510650

摘 要:采用优化的工艺参数,对 3Cr2W8V 模具钢表面进行激光相变淬火硬化.通过对淬火层显微组织分析及 X 射线衍射分析发现,淬火层横截面显微组织为淬火马氏体及少量残余奥氏体,并且呈极细的针状.对淬火层进行维氏显微硬度测试,结果表明,淬硬层有均匀硬化的特征.通过激光淬火层与普通淬火层磨损失重的对比发现,激光淬火层的耐磨性较普通淬火层的耐磨性提高近一倍.

关键词:激光;相变硬化;淬火;性能

中图分类号: TB321

文献标识码: A

激光表面相变淬火硬化是近年来表面工程技术中一种新兴的表面改性技术,它是通过高能激光束扫描工件表面,工件表层材料将吸收的激光辐射能转化为热能,热能通过传导使周围材料急速升温至奥氏体相变点以上、熔点以下的温度,停止加热后因材料基体的自冷作用,使被加热的表层材料以超过马氏体相变临界冷却速度急速冷却,从而完成相变硬化.激光淬火过程中存在很大的过热度和过冷度,使得淬硬层的晶粒超细、位错密度极高且在表层形成压应力,从而提高了工件的耐磨性、抗疲劳、耐腐蚀及抗氧化等性能,延长了工件的使用寿命.在服役过程中,模具的表面需承受摩擦、冲击及挤压等各种复杂应力,模具的失效大都由表面开始.在我国,模具钢因表面磨损而引起的模具精度改变及模具早期失效,占各模具使用量的 50% 以上,特别是热作模具钢.

本文中采用国外新兴的激光处理技术,对目前最常用的 3Cr2W8V 模具钢的表面进行处理,并对改性后模具钢表层的性能进行了研究.

1 试验部分

1.1 原料及设备

试验材料为 3Cr2W8V 模具钢,其表面涂覆有

吸光涂料,涂层厚度为 40~70 μm .试验设备为国产 10000 W 横流 CO_2 激光加工成套设备,其激光功率为 3500 W、激光扫描速度为 3 m/min,选用 30 mm $\times$ 1 mm 的光斑积分镜,激光扫描搭接尺寸为 1.5 mm.

1.2 方法

用 Leica DMIRM 型金相显微镜,观察激光相变淬火硬化层的显微组织;用 JSM-5910 型扫描电子显微镜,观察淬火层横截面微观组织;用 X 射线衍射仪,分析激光硬化层组织及结构;用 MH-5D 型数字显微维氏硬度计测量淬火层硬度梯度分布,其中载荷为 1.96 N,保载时间为 15 s;在 MUS-ISO3 磨耗试验机上测试淬火层抗磨损性,其中载荷为 29.42 N,摩擦次数为 8000 次.

2 实验结果

2.1 组织形貌

试样经激光相变淬火硬化后,沿着垂直激光扫描方向截取试样,经镶嵌研磨抛光后,用金相显微镜对横截面形貌进行观察(图 1).从图 1 可见,白色弧形月牙状区为激光淬火作用区,而颜色略深的部分为后一道激光扫描与前一道激光扫描的搭接部分.

收稿日期:2010-12-15

作者简介:况敏(1963-),女,湖南长沙人,高级工程师,大学本科.

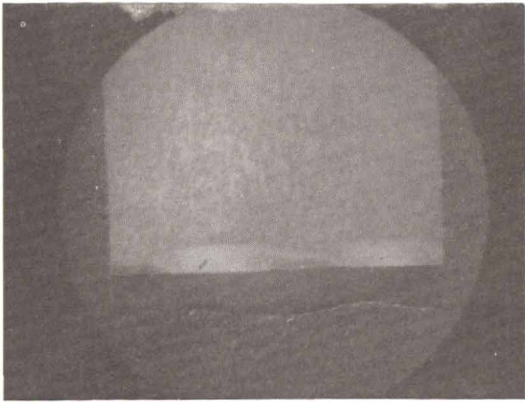


图 1 激光相变硬化横截面形貌图

Fig. 1 Topography of laser transformation hardening cross-section

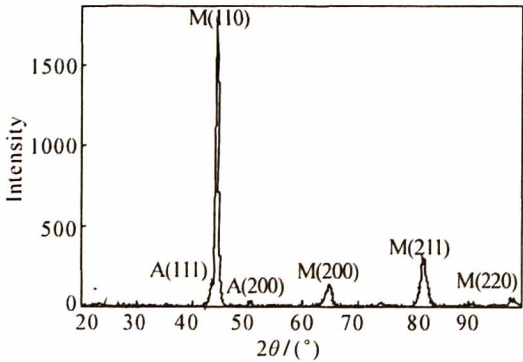


图 2 激光相变硬化淬火区 X 射线衍射图

Fig. 2 X-ray diffraction pattern of laser transformation hardening quenched zone

对白色月牙区进行 X 射线衍射分析发现,该区未见碳化物衍射峰,仅见马氏体和少量残余奥氏体的衍射峰(图 2). 结合金相不易浸蚀的特点,确认该区域显微组织为淬火马氏体和残余奥氏体. 通过电镜观察淬火层横截面微观组织发现,淬火马氏体极细且呈针状,平均针长为 $1.28\ \mu\text{m}$ (图 3).

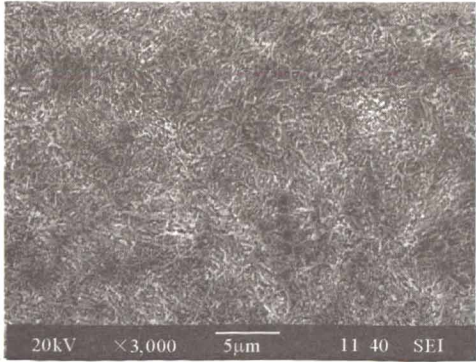


图 3 激光相变硬化淬火区微观形貌图

Fig. 3 Micro-topography of laser transformation hardening quenched zone

图 4 为激光相变硬化回火区的 X 射线衍射图. 从图 4 可见:在回火区即颜色略深的搭接区出现少量碳化物衍射峰,说明回火后有碳化物析出;可见马氏体和少量残余奥氏体的衍射峰,但残余奥氏体衍射峰的强度较白色淬火区的弱,表明有一部分残余奥氏体转变为了马氏体. 通过电镜观察发现,回火区马氏体较淬火区马氏体略微长大,其平均针长为 $1.40\ \mu\text{m}$ (图 5).

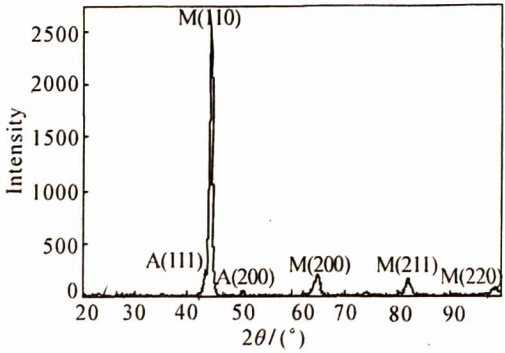


图 4 激光相变硬化回火区 X 射线衍射图

Fig. 4 X-ray diffraction pattern of laser transformation hardening tempered zone

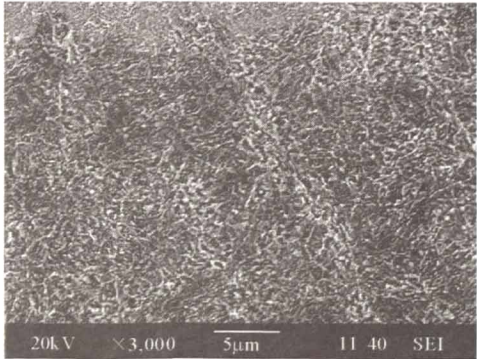


图 5 激光相变硬化回火区微观形貌图

Fig. 5 Micro-topography of laser transformation hardening tempered zone

2.2 硬 度

分别对淬火区和回火区进行维氏显微硬度梯度测试,图 6 为淬火区和回火区的维氏显微硬度曲线. 从图 6 可以看出:激光相变硬化层淬火区的平均硬度比回火区的高出 8.5%;无论是淬火区还是回火区域,激光相变硬化层的硬度随相变硬化深度的衰减变化不大,仅在小范围内窄幅波动,比较稳定;在激光作用区外侧即热影响区域内,硬度则迅速衰减.

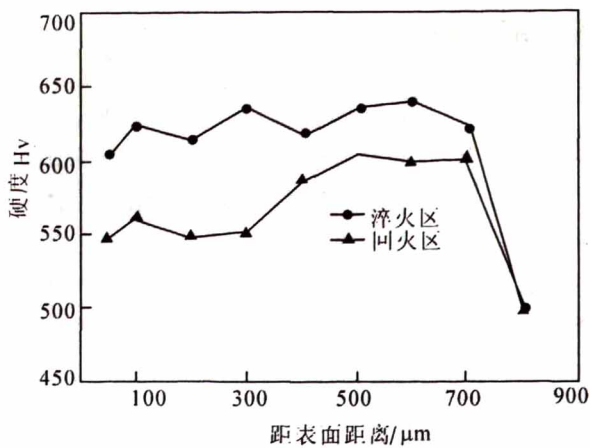


图 6 淬火区和回火区维氏显微硬度曲线

Fig. 6 Vickers microhardness curves of quenched zone and tempered zone

2.3 磨 损

图 7 为表面经激光相变淬火及常规调质表面未经处理的试样的磨损失重量曲线.从图 7 可以看出,较常规淬火处理的试样相比,激光相变硬化处理后试样的磨损失重减少了 50.12%.由材料的磨损失重与抗磨损关系可知,激光相变处理后试样的表面抗磨损性能提高了近 50.12%.

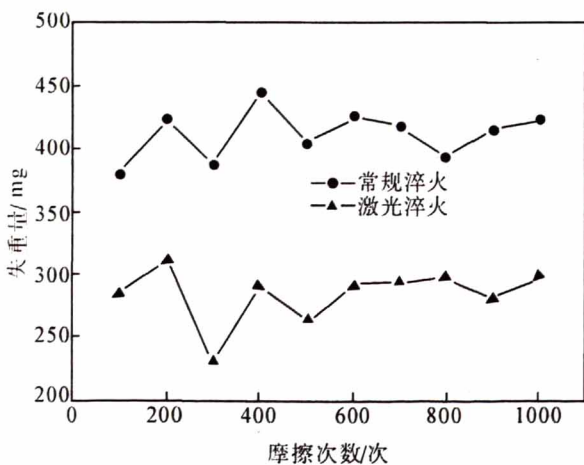


图 7 不同处理工艺试样磨损失重曲线

Fig. 7 Wear weight loss curves of samples by different treatment processes

图 8 为常规热处理和激光相变硬化处理后试样的磨损表面形貌图.从图 8 可见,试样经 8000 次摩擦后,经激光相变硬化处理的试样表面仅出现犁沟,而经常规热处理的试样表面存在大量划痕和粘着脱落坑.这是由于在表层及亚表层内产生剪切,发生强烈的粘着磨损所造成的结果.

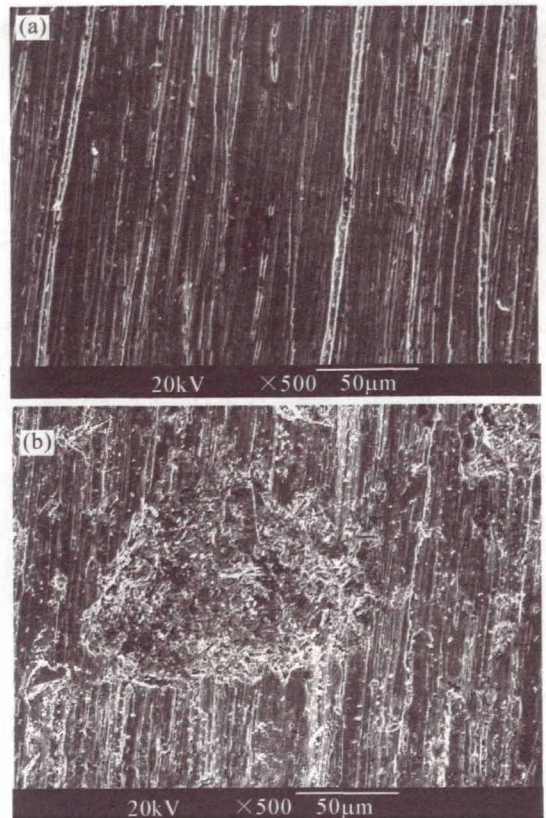


图 8 试样表面磨损形貌图

(a)激光相变硬化处理;(b)常规热处理

Fig. 8 Wear morphology of the surface of the sample

(a) laser transformation hardening;

(b) conventional heat treatment

3 结果分析

激光淬火的特点:加热能量密度高,可达 $1 \times 10^4 \sim 1 \times 10^5 \text{ W/cm}^2$;被处理表面升温速度快,可达 $1 \times 10^5 \sim 1 \times 10^6 \text{ }^\circ\text{C/s}$ ^[1];加热薄层(厚度小于 1000 μm)的瞬间温度梯度大,可达 $1 \times 10^3 \sim 1 \times 10^4 \text{ K/cm}$;激光停止作用后,表面加热薄层与冷态基体的温度梯度高,可达 $1 \times 10^4 \sim 1 \times 10^5 \text{ K/cm}$;借助冷却速度约为 $1 \times 10^5 \text{ }^\circ\text{C/s}$ 的基体的自冷,可进行自冷淬火.

经激光热处理后材料的组织与经常规热处理的相比,有很多不同点^[2]:(1)因激光对金属表面有超快速加热的作用,激光作用区的晶粒具有超细化的特征,从而使高温奥氏体组织超细化;(2)因快速冷却,激光淬火形成的马氏体组织仍保持超细化,而且位错马氏体和孪晶马氏体混合共存,经激光淬火后的马氏体相位错密度高,位错形态为网络化的应变量小的胞状,孪晶极细,属于显微孪晶,应力梯度比

较小;(3)因超快速加热,原始组织中的碳化物溶解不充分,碳的分布也不均匀,这造成高温奥氏体中固溶的碳分布差异较大,存在大量弥散分布的碳过饱和和微观区域,因而在随后的冷却过程中,淬火组织中存在包含较多过饱和碳的残余奥氏体,残余奥氏体数量较常规淬火的多,这类奥氏体是因位错强化和固溶强化而被强化了奥氏体^[3]。

因细晶强化、位错强化及固溶强化多重效应,故激光相变硬化淬火层的硬度较常规淬火的高;对于激光相变硬化淬火的搭接区域,因回火的作用,致使含有过饱和碳的残余奥氏体进一步向马氏体转化,而且碳化物由基体弥散析出,轻微降低了原组织的维氏显微硬度;因激光相变硬化淬火层是硬度均匀的硬化层,在激光相变硬化层内,其抗磨损能力不随深度变化而减弱。

4 结 论

3Cr2W8V 模具钢激光相变强化机理为细晶强化、位错强化及固溶强化的多重强化,使激光作用区的晶粒具有超细化的特征,从而使高温奥氏体组织超细化;在激光相变硬化层内硬度是均匀的,不随淬火深度的变化而减小,抗磨损能力不随淬火深度的变化而降低。

参考文献:

- [1] 徐滨士. 材料表面工程[M]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2005.
- [2] 刘江龙. 激光表面淬火强化技术的工艺基础[J]. 表面技术,1994(5):213-219.
- [3] 孙承伟. 激光辐照效应[M]. 北京:国防工业出版社,2002.

Study on properties of laser surface transformation hardened layer of 3Cr2W8V die steel

KUANG Min^{1,2}, SU Yuchang¹, DENG Chunming², MA Wenyong², CHEN Xinchu²

1. Central South University, Changsha 410083, China; 2. Guangdong General Research Institute of Non-ferrous Metals (Guangzhou Research Institute of Non-ferrous Metals), Guangzhou 510650, China

Abstract: Optimized process parameters were used for the laser transformation hardening on the surface of 3Cr2W8V die steel. Through microstructure analysis and X-ray diffraction analysis of the quenched layer, it was found that the microstructure of the layer was composed of ultrafine needle-like martensite and a small amount of residual austenite. The results of Vickers microhardness tests on hardened layer showed that the layer was uniformly hardened. By comparing wear weight loss between laser hardened layer and ordinary hardened layer, it turned out that the wear resistance of laser hardened layer increased about one time than that of the ordinary quenching layer.

Key words: laser; transformation hardening; quenching; performance