

文章编号: 1001-3806(2003)05-0434-03

W6Mo5Cr4V2 激光熔覆陶瓷涂层显微组织及性能分析

项东 许斌 刘科高

(山东建筑工程学院材料科学与工程系, 济南, 250014)

摘要: 采用 2kW 的 CO₂ 激光束在 W6Mo5Cr4V2 高速钢表面熔覆陶瓷层材料, 表面会形成三维网络状的陶瓷层, 并经过淬火、回火热处理。研究结果表明, 高速钢的高强度、高韧性结合高性能的陶瓷层, 可形成一个良好的硬化层分布, 其最高硬度可达 1887HV, 其耐磨性比常规淬、回火组织高约(3~7)倍。其高温硬度(红硬性)及回火稳定性均有所提高。

关键词: 激光熔覆; 高速钢; 陶瓷; 显微组织; 耐磨性

中图分类号: TG156.99; TG665 **文献标识码:** A

Microstructures and properties of laser clad ceramic layers on W6Mo5Cr4V2 high speed steel surface

Xiang Dong, Xu Bin, Liu Kegao

(Department of Material Science and Engineering, Shandong Institute of Architecture and Engineering, Jinan, 250014)

Abstract: The ceramic layers were cladded on W6Mo5Cr4V2 high speed steel surface with a 2kW CO₂ laser, and the net of three dimension ceramic layers are formed. The steel was quenched and tempered. The test results indicate that the high strength and toughness of the steel combines with their properties of the ceramic layers forming a well distribution. The highest hardness of the layers can reach 1887HV, and the wear resistances are increased (3~7) times compared to those of the steel in common heat treatment. The high temperature hardness and temper stability are enhanced, too.

Key words: laser cladding; high speed steel; ceramic; microstructure; wear resistance

引言

激光是高能量、高方向性、高单色性的相干光, 它会使金属在短时间内达到熔化或汽化温度。若在工件表面涂覆一层合金粉末, 然后快速加热至熔化状态, 就会使金属基体与合金层有机地结合, 再利用金属自身热传导进行自身淬火, 达到强化基体表面的目的。利用激光熔覆方法制备陶瓷涂层, 即金属合金溶剂熔镶陶瓷硬质相, 使涂层与基体之间达到牢固的冶金结合, 提高了耐磨性^[1]。

高速钢作为性能较好的刀具钢, 过去其主要的表面强化方法有蒸气处理、氧氮共渗、盐浴复合处理及 PVD 涂层等, 而对高速钢激光熔覆研究较少。文中主要就高速钢激光熔覆的工艺、组织及耐磨性等进行分析研究。

1 实验方法和设备

涂覆粉末选取 SG3 金属陶瓷粉末, 其主要成分为 WC, TiC, Al₂O₃ 等。粉末由喷雾法制备而成, 其粒度为(-150~+250)目。涂覆方法采用预置涂层, 可配制一定粘接剂混合粉末涂刷在金属表面, 粘接剂采用水玻璃, 粘接层厚度(0.6~0.8)mm。基体材料为 W6Mo5Cr4V2 高速钢, 经 1220℃ 淬火+550℃ 3 次回火, 后续处理采用 3 次 560℃ 保温 1h 的回火处理。本次试验主要采用 2kW 的 CO₂ 横流激光器及配套的数控导光系统。用光学金相显微镜、JXA-840 扫描电子显微镜、及 TN-5402 型 X 射线能谱仪进行合金化层的成分和形貌分析, 用 HX-200 型金相显微硬度计测量合金化层的显微硬度。利用 MM-200 环块摩擦试验机上进行耐磨性试验, 以评价熔覆陶瓷涂层的耐磨质量。

2 实验结果与讨论

2.1 激光熔覆工艺参数的选择

采用 2kW CO₂ 横流激光器机配套的数控导光

作者简介: 项东, 男, 1964 年 10 月出生。讲师。主要从事金属材料表面加工与处理的研究。

收稿日期: 2003-02-26; 收到修改稿日期: 2003-04-09

系统, 经试验, 选择激光功率为 1.8kW, 光斑尺寸为 3.5mm, 扫描速度为 2.5mm/s, 单道扫描激光熔覆。

2.2 激光熔覆层显微组织分析

激光熔覆陶瓷层及熔覆层与基体的交界处显微组织如图 1 所示。W6Mo5Cr4V2 高速钢经激光熔覆后, 可看到明显的三维网络骨架的陶瓷面(如图 1a 所示)。经检测, 其成分如表 1 所示。作为熔化

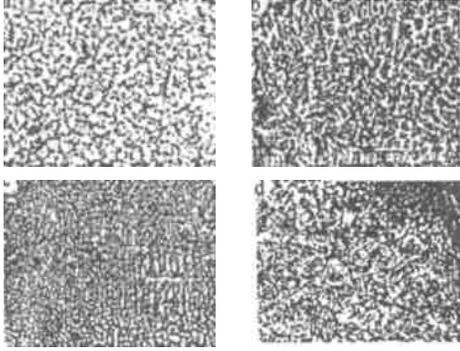


Fig. 1 Microstructure of the laser clad ceramic layers
a—ceramic layer (1500 \times) b—cladding layer (2000 \times) c—cladding layer(800 \times) d—transformation hardening layer(600 \times)

Table 1 Components of laser clad ceramic layer/ %

alloy elements	components
Al	1.07
Ca	1.56
Ti	13.00
Fe	15.80
W	69.36

区的一部分, 在距离表面较近的位置, 可以看到, 经熔凝而形成细小枝晶和胞状铸态组织, 如图 1b、图 1c 所示。此层是表面熔化时陶瓷粉末与基体结合, 形成白色枝晶间相 M_6C 或 M_2C , 同时由于碳化物熔化及合金元素溶入, 使合金元素含量及碳含量在此界区比奥氏体界区多, 快速冷却能保持浓度不均匀性, 而且, 自液态淬火获得相的饱和度要大于非熔化处理, 冷却后因形成特殊 A-M 组织, 亚结构细化, 碳化物弥散度提高, 缺陷密度高等原因, 使此区域的硬度大大提高, 最高硬度达 1887HV。经检测, 此区域成分如表 2 所示。由表中可看出, 高速钢试样上含钨量提高近 1 倍, 含铝量很高, 而钛微量渗入, 陶瓷粉末中元素已渗入金属并形成陶瓷合金层, 耐磨相 TiC , Al_2O_3 , WC 可提高耐磨性并具有较高硬度^[4], 同时, W, Mo 等元素起着连接作用, 增强了与金属材料的结合强度, 这就使陶瓷的高熔点、高耐磨性、高强度与高速钢的高韧性、高强度有机地结合起来, 大大提高了高速钢的性能。

Table 2 Components of the fusion area of laser cladding/ %

alloy elements	original components	components after laser cladding
W	6.38	12.72
Mo	6.25	7.87
Fe	rest	54.22
V	1.92	1.87
Cr	4.22	4.08
Al	-	17.95
Ti	-	0.26
Ni	-	1.03

当温度处在低于熔点而高于相变硬化温度时, 易形成粗大马氏体的过热组织, 同时由于奥氏体稳定性升高, 形成大量残余奥氏体, 回火仍不能完全消除, 所以, 此处硬度较低, 处于一个过渡区。

在金属相变硬化区, 由于激光快速加热, 有些碳化物未溶解, 而奥氏体成分中碳含量极不均匀, 形成不同碳浓度微区, M_s 点不同, 同一批马氏体只能在 M_s 相近、碳浓度相似的地方形成。于是, 马氏体被细化, 形成精细的条状或片状马氏体混合物, 经回火后, 形成极细回火马氏体+ 颗粒状碳化物+ 残余奥氏体, 如图 4 所示。由于回火马氏体的形成, 在晶界及位错处大量析出颗粒状弥散的碳化物, 而残余奥氏体细化及位错密度增加, 使二次硬化值显著提高, 此时, 最高硬度达 1092HV。

基体部分由于温度处于相变温度以下, 又处于较高回火温度, 形成过回火马氏体, 同时碳化物会聚集长大形成大颗粒, 使硬度分配极不均匀, 硬度有所降低, 约为 890HV。硬度分布曲线如图 2 表示。

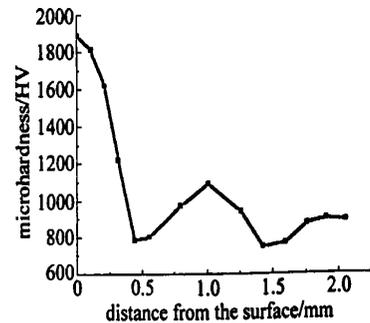


Fig. 2 The hardness distribution of cladding layer

2.3 熔覆层的高温硬度(红硬性)及抗回火稳定性

图 3 是 W6Mo5Cr4V2 高速钢经激光熔覆和淬火、回火处理后的高温硬度变化曲线。与常规热处理比较, 激光熔覆陶瓷涂层处理提高了高温硬度, 而

高温性能的改善会提高材料的使用寿命。由图 3a 所示,在 600℃时激光熔覆层的高温硬度与常规热处理的相比较,提高了约 80HV。图 3b 是激光熔覆后的钢的回火温度与硬度关系,发现激光熔覆陶瓷层回火时,其表面硬度在(400~550)℃之间并没有明显的变化,保持较高的硬度,而其相硬化区则在 550℃附近有二次硬化峰值,使熔合区、相硬化区与基体良好连接,这种涂层既具有较高的表面层硬度,又与基体结合层有较好的韧性,减少了裂纹的产生,而且在冲击磨损条件下不易发生破坏。随回火温度的增高,经激光熔覆处理的固溶体合金度高于常规热处理的,组织没有明显粗化从而使高速钢回火硬度与高温硬度得到提高,有明显的抗回火稳定性,熔覆层与基体形成良好的冶金结合。

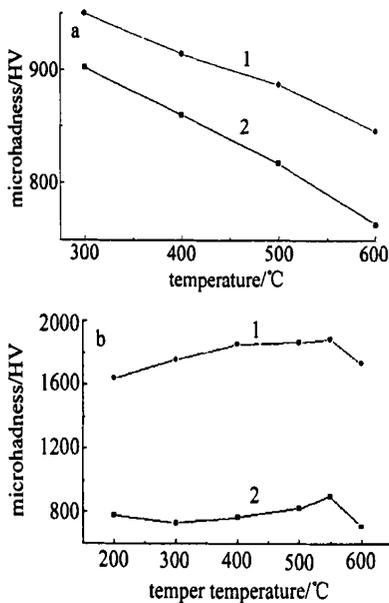


Fig. 3 High temperature hardness and temper stability resistance
a—high temperature hardness b—temper temperature and hardness
1—laser cladding quenching+ tempering 2—quenching+ tempering

2.4 熔覆层的耐磨性

由磨损试验得到图 4。高速钢激光涂覆陶瓷淬

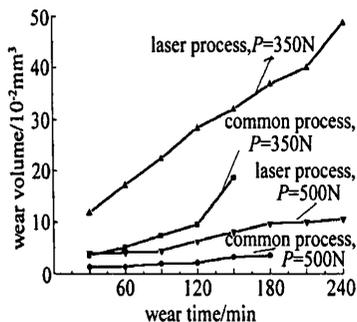


Fig. 4 Wear curve of W6Mo5Cr4V2 steel (GJW50, 60HRC, 400r/min, 0.5mL/min)

火、回火组织的耐磨性比常规淬火、回火组织高约(3

~7)倍。由布德和泰勃给出的方程 $R = \sigma_y / \omega$, 接触面的耐磨性 R 与外加载荷 ω 成反比,与材料屈服强度 σ_y 成正比,因而材料强度、硬度越高,接触表面的耐磨性越好。从磨损试样磨痕形貌看(图略),常规热处理的试样表面磨损非常严重,磨痕较多较深,磨削较大,而以犁沟形式磨损的激光熔覆试样的磨痕非常细浅、磨屑细小,几乎看不出来。在摩擦磨损过程,存在于涂层表面的密集的 WC, TiC 及 Al₂O₃ 颗粒紧密排列,形成致密的三维网络陶瓷层,提高了材料对摩擦偶犁削的抵消作用,降低了材料的表面疲劳开裂倾向。但是随着接触载荷时间的增加,磨损面发生增强相与基体分离和部分增强相破碎的现象,涂层将经历由轻度磨损向严重磨损形式的转变,使磨损量增加。在涂层中由于加入可弥散分布于晶粒内部且在激光熔覆过程中原位形成的 TiC 颗粒,洁净了相界面,无界面反应物及非晶结构存在,因而涂层具有较高的显微硬度及耐磨损性。

3 结论

(1) 经适当激光熔覆工艺的高速钢,得到具有一定厚度的致密无缺陷的陶瓷薄膜层,此层硬度可高达 1887HV。(2) 激光熔覆层的存在提高了材料的高温硬度及抗回火稳定性,600℃回火时硬度保持在 850HV 以上,组织无明显粗化。(3) 激光熔覆层可以大大提高材料硬度及耐磨性,高速钢激光涂覆陶瓷涂层与淬火、回火组织的耐磨性比常规淬、回火组织高约(3~7)倍。(4) 采用手工涂刷粉末涂覆不是很均匀,可采用火焰喷涂、等离子喷涂等方法来改进。

参考文献

- [1] 许伯藩,史华忠,张细菊.金属热处理,1995(9):37~38.
- [2] 李强,陈彦斌,欧阳家虎.宇航材料工艺,1997(1):13~17.
- [3] 刘江龙,邹至荣.应用激光,1989(2):61~62.
- [4] 周香林,于家洪,陈传忠 *et al.* 金属热处理,1996(7):43~45.
- [5] 吴永康.国外金属热处理,1985,6(4):4.
- [6] 刘江龙,邹至荣,苏宝娣.高能束热处理.北京:机械工业出版社,1997:244~291.
- [7] 朱维翰,赵平顺,陈荣仙.金属材料表面强化技术的新进展.北京:兵器工业出版社,1992:135~140.
- [8] 李志忠.激光表面强化,北京:机械工业出版社,1992:104~146.
- [9] 陈传忠,于慧君,周建强.新技术新工艺,1996(2):22~23.
- [10] 马自忠.金属热处理,1999(8):5~7.
- [11] 李成芳,梁工英,沈莲.金属热处理学报,1995,16(4):42~45.
- [12] 居毅,郭绍仪,李宗全.材料科学与工程,2002,20(1):143~145.