

非转移弧层流等离子体射流熔凝铸铁表面耐磨性的研究

费群星, 潘文霞, 马维

(中国科学院力学研究所, 北京 100080)

摘要: 对在大气压条件下用非转移弧层流等离子体射流熔凝强化处理的 W-Mo-Cu 铸铁表面, 采用光学显微镜、显微硬度计、磨损试验机、扫描电镜等, 观察和测试了熔凝试样的表面层组织、硬度、耐磨性和磨损形貌。结果表明, 熔凝后铸铁表面为初晶渗碳体和莱氏体组成的过共晶组织, 硬度和耐磨性有了明显的提高。

关键词: 层流等离子体射流; W-Mo-Cu 铸铁; 熔凝; 耐磨性

中图分类号: GT113.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3814(2004)10-0006-03

Wear Resistance of Cast Iron Remelted by Non-Transferred Laminar Plasma Jet

FEI Qun-xing, PAN Wen-xia, MA Wei

(Institute of Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China)

Abstract: Microstructure, hardness distribution, wear resistance and abrasive surface morphology of W-Mo-Cu cast iron remelted by non-transferred laminar plasma jet at atmospheric pressure were investigated by using optical microscope, micro vickers meter, wear tester and scanning electron microscope (SEM). The results show that the microstructure at remelted surface layer consists of mainly cementite and ledeburite, which apparently improves the hardness and wear resistance of the remelted specimen.

Key words: laminar plasma jet; W-Mo-Cu cast iron; solidification; wear resistance

铸铁是工业中广泛应用的材料, 提高铸铁表面的耐磨性, 可采用表面局部熔凝强化的方法, 该方法操作简单、成本低、硬化效果显著。以等离子体或激光作为热源是目前常用的一种方式。但目前工业中应用的等离子体大都为湍流状态, 射流轴向温度梯度高, 气流脉动性强, 卷吸现象严重^[1]。而层流等离子体射流具有轴向温度梯度小, 稳定性好, 气流脉动小, 能量衰减慢且分布均匀等特点^[2,3]。本文对层流等离子体射流表面熔凝强化处理后的 W-Mo-Cu 铸铁进行了组织观察和耐磨性能测试, 旨在探讨提高铸铁工件表面耐磨性的新途径。

1 实验方法与条件

采用实验室自行研制的大气压非转移弧直流层流等离子体射流发生器, 在弧电流 170~195 A、工作气体纯 Ar、气体流量 4.5~7.2 L/min、样品移动速度 0.1~0.4 m/min、表面与发生器出口间的距离 10~15 mm 的条件下, 对 100 mm × 150 mm × 15 mm 的 W-Mo-Cu 铸铁平板表面进行快速局部熔凝处理。铸铁的主要化学成分(质量分数, %)为: 3.3C, 2.0Si, 0.8Mn, 1.9W, 0.8Mo, 1.2Cu, 余量 Fe。

实验中采用图 1 所示 3 种方法熔凝样品表面, 其中搭接熔凝搭接率为 30% 左右, 往复熔凝两道之间距离 10 mm 左右。

用国产 HV 1000 型显微硬度计测定表面层的显微硬度及其分布; 在 XJL-03 型金相显微镜上进行组织观察; 在 MM-200 型磨损试验机上进行无润滑磨损实验。磨损试样的摩擦面尺寸为 10 mm × 12 mm, 厚度 10 mm; 偶件直径 50 mm, 材料为 WC 硬质合金, 旋转速度为 200 r/min, 垂直载荷为 200 N。



图 1 三种熔凝工艺得到的表面硬化区横截面模式图

2 实验结果与分析

2.1 熔凝层组织结构

经过层流射流熔凝后, 试样横截面组织如图 2 所示。单道或往复无搭接熔凝时, 其熔凝区域呈半椭圆形, 见图 2(a), 由 3 个区域构成, a 区呈白亮色, 为熔凝区域, b 区颜色较深, 为淬硬过渡区, c 区为基体组织, 与 b 区有较明显的界线分开。搭接熔凝时其多道熔凝经搭接后表面形成厚度均匀的硬化层, 见图 2(b)。

图 3 所示为在熔池表层一定厚度范围内的组织结

收稿日期: 2004-06-25

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(50336010, 10275085)

作者简介: 费群星(1977-), 男, 江苏常州人, 硕士研究生。

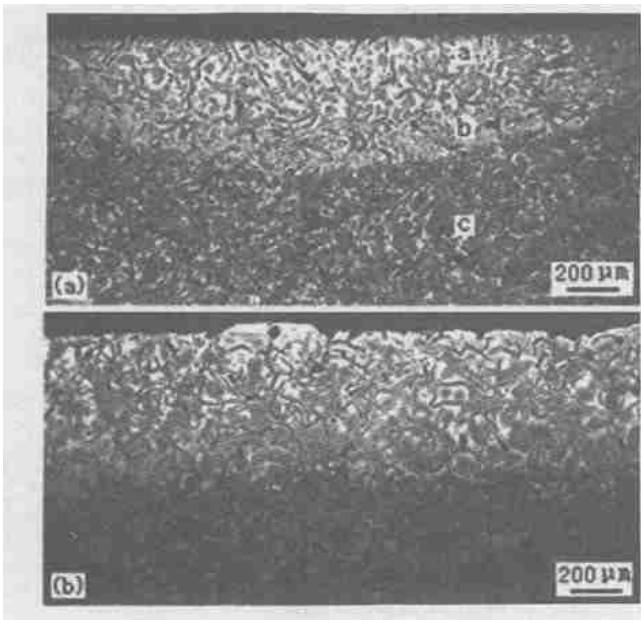


图 2 熔凝层截面形貌 (a-单道或往复无搭接熔凝; b-搭接熔凝)



图 3 熔池表层组织

构, 它是由初晶渗碳体和莱氏体组成的过共晶组织, 有少量被碎化的石墨嵌于其中。

2.2 熔凝层的硬度和耐磨性

由图 4(a) 可见, 熔凝层硬度相对于基体有了较大提高, 单道熔凝的硬度最高, 是基体的 3 倍左右; 搭接和往复无搭接熔凝的样品, 由于受后续熔凝道的热影响, 硬度较单道熔凝明显降低。由图 4(b) 看出, 耐磨性与硬度有相似的规律, 搭接与往复无搭接熔凝的耐磨性也基本接近。

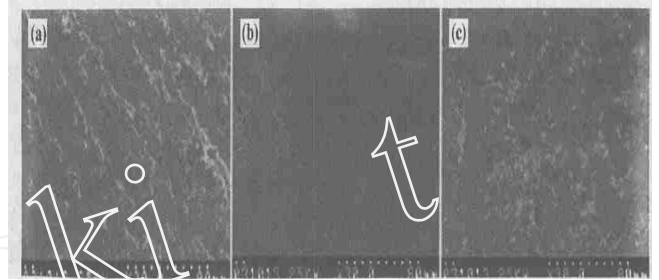


图 4 不同熔凝工艺的硬度(a)和耐磨性(b)对比

图 5 为耐磨性试验后磨面的表面形貌。可见铸态基体的磨面磨痕较深, 由一些连续分布平行排列的犁沟构成, 还有一些少量片状剥落体, 见图 5(a)。搭接熔凝试样的磨面相当平滑, 磨痕不明显, 只有一些很浅的痕迹, 见图 5(b)。往复无搭接熔凝试样的表面磨损程度介于前两者之间, 磨痕为一些较浅的连续分布的犁沟痕迹, 夹带着少量剥落体的粘着现象。由于往复无搭接熔凝的表层并非完全由熔痕构成, 每一条熔凝道犹

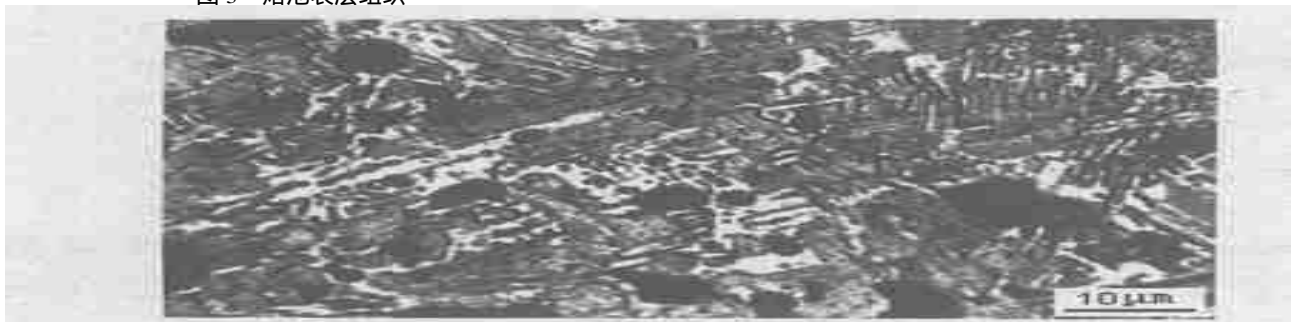


图 5 耐磨性试验后磨面的表面形貌 (a-基体; b-搭接熔凝; c-往复无搭接熔凝)

如骨架一样分布在基体表层, 所以这些少量粘附的剥落体应为熔痕之间的未熔凝部分剥落带出。

2.3 结果分析与讨论

等离子体射流实际上是一种高能量密度的超高温气体流。本熔凝实验所采用的层流等离子体射流最高温度可超过 18 000 K, 最大气流速度可超过 1 000 m/s, 射流作用于材料表面的高热流密度和适当的冲击压力, 使铸铁表面局域熔化甚至过热, 片状石墨被细碎化, 呈细粒状均匀分布于表层。同时, 在适当的样品移动速度条件下, 射流作用于局部区域的时间短, 熔池离开射流作用区后迅速冷却, 形成过冷的表面硬化层。

在搭接熔凝和往复无搭接熔凝工艺中, 后续熔凝道处理时对前道熔痕会产生热影响, 可能导致前道熔痕组织受到热影响, 类似于回火的过程, 由于时间较短, 这个过程可能并不完全, 所以光学显微镜观察其显微组织与单道熔凝并没有很大的区别, 硬度却有明显降低。同时, 前道熔凝处理会使基板温度一定程度上升, 可能使熔池冷却速度降低。但是, 搭接熔凝和往复无搭接熔凝两种工艺均可明显提高样品的耐磨性, 适用于大面积表面耐磨性能提高。

因此, 在恰当工艺条件组合的情况下, 非转移弧层流等离子体射流是稳定可重复性良好的、适合于金属

基于电场作用下 Fe/VC 复合材料低温反应合成的研究

冯可芹, 杨屹, 何洪, 林慧敏

(四川大学 制造科学与工程学院, 四川 成都 610065)

摘要: 采用 Gleeble-1500D 热模拟试验机, 利用电场作用直接激发 Fe-V-C 三元粉末共混体系, 成功地实现了 Fe/VC 复合材料在低温下快速合成, 并研究了该体系在电场作用下的燃烧行为。试验结果表明: 这种典型的热体系升温过程大致为三个阶段(初期阶段、过渡阶段、急速升温阶段), 而且由于反应放热导致升温第三阶段明显不同于其它阶段。

关键词: Fe/VC 复合材料; 电场; 热模拟; 低温快速合成

中图分类号: TB331

文献标识码: A

文章编号: 1001-3814(2004)10-0008-03

Study on the Low Temperature Synthesis of Fe/VC Composites Based on Electric Field

FENG Ke-qin, YANG Yi, HE Hong, LIN Hui-min

(School of Manufacturing Sci. & Eng., Sichuan University, Chengdu 610065, China)

Abstract: Using Gleeble-1500D thermal simulation instruments, reactions were activated directly by electric field in Fe-V-C system and the combustion behavior of the system was studied. The results show that under electric field activation Fe/VC composites are quickly obtained and temperature rising curve within the compact of low heat system was divided into three stages (preliminary stage, transitional stage, rapidly temperature rising stage), in which the third one is quite different from the others due to exothermal reaction.

Key words: Fe/VC composites; electric field; thermal simulation; quickly synthesis in low temperature

* 科学技术的发展对材料的性能提出了越来越高的要求, 单一的材料往往很难满足这些要求, 因而产生了

材料表面熔凝相变强化处理的高能量密度热源。

3 结论

(1) 熔凝处理后的表面熔凝层主要是初生渗碳体和莱氏体组成的过共晶组织。

(2) 层流等离子体射流对铸铁表面熔凝处理, 可以显著提高铸铁表面层的硬度和耐磨性。对于要求大面积表面强化的情况, 可采用搭接熔凝或往复无搭接熔凝工艺。

参考文献:

- [1] Pfender E. Plasma Jet Behavior and Modeling Associated with the Plasma Spray Process[J]. Thin Solid Films, 1994, 238: 228-241.
- [2] Pan Wenxia, Zhang Wenhua, Zhang Wenhong, et al. Generation of Long Laminar Plasma Jets at Atmospheric Pressure and Effects of Flow Turbulence[J]. Plasma Chemistry and Plasma Processing, 2001, 21(1): 23-33.
- [3] Pan Wenxia, Zhang Wenhong, Ma Wei, et al. Characteristics of Argon Laminar DC Plasma Jet at Atmospheric Pressure[J]. Plasma Chemistry and Plasma Processing, 2002, 22(2): 271-283.

金属基复合材料。经过多年的努力, 人们对轻金属基复合材料已有较深入的研究^[1-3]; 对于 Fe/VC 复合材料, 王三一^[4,5]等利用铸造烧结法, 在铸件表面原位生成了一层 3~4 mm 厚的由大量 VC 颗粒组成的 Fe 基表面复合材料; 与获得表面复合材料不同, Munir 等在电场作用下并有外加热源时引发合成了多种在较高的温度下才能获得的复合材料^[6-8], 但在电场作用下快速合成 Fe/VC 复合材料却鲜有报道。作者在从事基于电场作用 Fe/VC 复合材料合成研究时发现: 电场的作用导致 Fe-V-C 三元共混体系在低温下快速发生燃烧反应生成 Fe/VC 复合材料。本文通过对该体系合成过程中压坯升温特性的分析和研究, 将体系的合成动力学与产物的物相分析相结合深入认识电场对体系合成过程的影响, 以便深入认识该工艺条件下 Fe/VC 复合材料的合成。

1 试验方法

实验采用 Fe-V-C 三元系, 原材料为纯度 98% 以上的还原铁粉和石墨粉以及钒合金粉(含钒 51%, 含

收稿日期: 2004-05-29

基金项目: 总装备部预研基金资助项目(51412020ISCO 106)

作者简介: 冯可芹(1970-), 女, 贵州贵阳人, 副教授, 主要从事复合材料及燃烧合成等方面的研究。