

文章编号 1004-924X(2000)01-0026-03

# Ni-Cr-B-Si 激光熔覆层与 H62 黄铜基材间显微组织及微区分析

刘要武

(中国科学院长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130021)

**摘要:** 首次探讨了在 H62 黄铜基材料上激光熔覆镍基合金的可能性, 并利用扫描电镜(SEM)对显微组织进行了观察, 分析了熔覆层、结合区及热影响区的组织形貌及成分变化。研究表明, 利用高能量密度的激光束熔覆涂层, 使显微组织明显细化。覆层组织主要由  $r\text{-Ni}_3\text{Ni}_3\text{B}$ 、 $\text{Cr}_2\text{B}$ 、 $\text{M}_{23}(\text{Cr})_6$  组成。覆层与基体间形成了冶金结合。基体受温度梯度影响产生了组织粗化的热影响区。

**关键词:** 激光熔覆; 显微组织; 黄铜

**中图分类号:** TQ 171.684 **文献标识码:** A

## 1 引言

激光熔覆是 70 年代以来的一种新的表面强化技术, 由于高能量密度的激光束, 热源集中, 加热速度和冷却速度快, 其熔覆层具有重熔层性能好、工件变形小、热影响区窄、表面光洁等优点。为改善铜合金表面的抗腐蚀及耐磨损性能。通过激光熔覆技术, 必将产生事半功倍的效果。

本文主要利用 1kW 连续  $\text{CO}_2$  激光器在 H62 黄铜基体上重熔 Ni-Cr-B-Si 系自熔合金涂层, 研究了激光熔覆层和热影响区的显微结构以及结合区的成分分布等。

## 2 实验方法

在  $60 \times 5\text{mm}$  的 H62 黄铜试样上, 用火焰喷涂方法喷涂一层镍基合金粉末, 其成分为 Cr: 15~18wt%, B: 3.5~4.5wt%, Si: 3.0~4.0wt%, C: 0.5~1.0wt%, Fe: 14~17wt%, Ni 余量, 涂层厚度 0.6~1.0mm, 然后用 1000W  $\text{CO}_2$  连续激光器进行激光熔覆, 扫描速度为 315~400mm/min, 光斑尺寸为 2.5mm, 搭接扫描。而后在 JXA-840 型和 AMRA-1000B 型扫描电镜上观察熔覆层组织的形貌, 并用波谱能谱分析其成分变化。

## 3 结果与分析

### 3.1 激光熔覆层的显微结构特征

熔覆层的组织如图 1 所示, 其主要是由  $r\text{-Ni}_3\text{Ni}_3\text{B}$ 、 $\text{Cr}_2\text{B}$ 、 $\text{M}_{23}(\text{Cr})_6$  及少量的  $\text{Cr}_2\text{B}$  相组成, 其组织形态为典型的亚共晶结构。

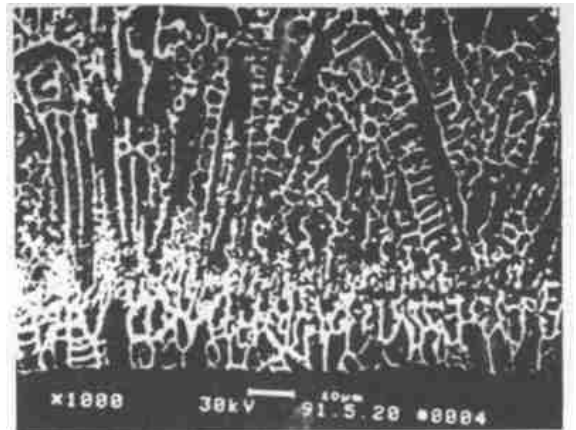


Fig 1 Microstructure of laser cladding layer

在激光熔覆过程中, 覆层合金粉末被迅速地加热到液态, 接着这种微熔化的高温液体, 通过辐射和基体的热传导而被极快地冷却, 冷速达  $10^6$  /s 以上, 因而大量地成核, 在液固界面由于具有迅速长大的有利位向, 因此优先长大成为胞状晶并垂直于液固结合带。同时由于冷却速度极

快,生成大量的树枝晶,阻碍了胞状晶的推进,于是形成了初晶相具有方向性的胞状晶和树枝晶混合的微细致密的显微结构特征。

### 3.2 热影响区的显微组织

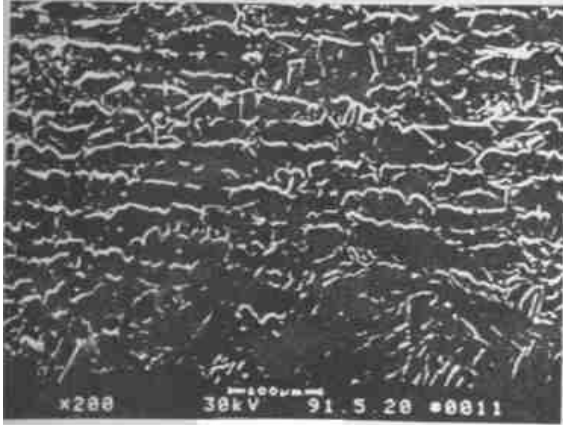


Fig 2 Microstructure of H62 brass

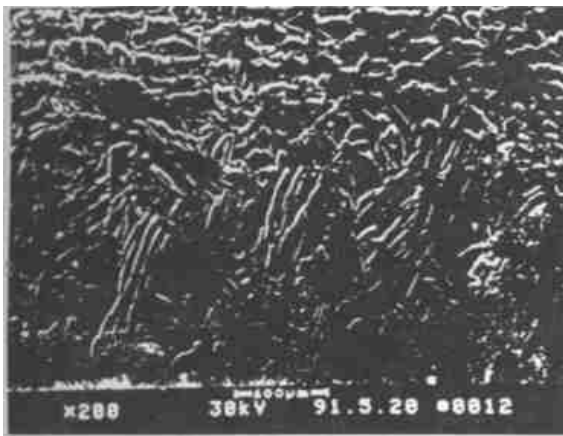


Fig 3 Microstructure of heat-affected zone

激光熔覆过程中,由于熔覆时加热过程的温度梯度影响,将使基体原始组织发生一些变化。图2是H62黄铜的基体组织为 $\alpha+\beta$ 图3是基体热影响区组织。

从图3可以看出,热影响区的组织较为粗大,并呈现出与结合带垂直的倾向。这种组织形态是由于激光熔覆过程中的快速加热和冷却,使基体表面产生温度梯度而形成的。熔覆层镍基合金的熔点高于铜合金的熔点,因而在覆层合金熔化的同时,也使基体表层产生了微层熔化,并且还形成了一个向基体内部的过程区。其温度超过晶粒粗化的温度,致使这一过热区的组织粗化,形成了这种粗大的过热区组织。

### 3.3 熔覆层与基体结合区的成分分析

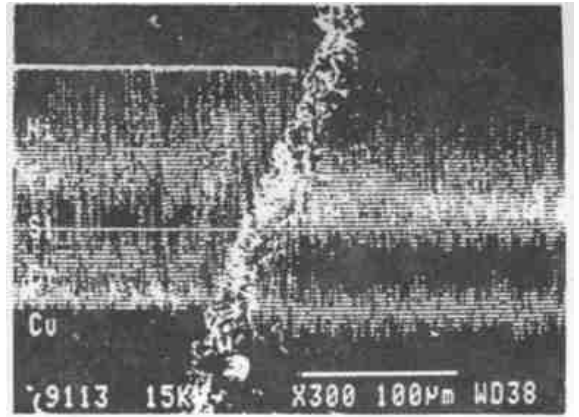
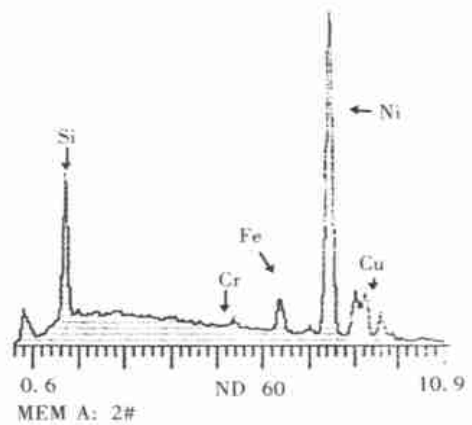
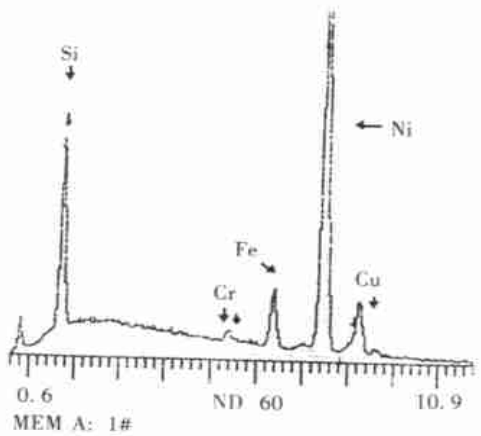
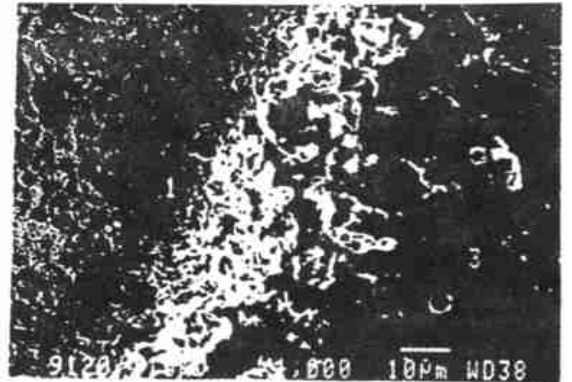


Fig 4 The pattern and line-scan of bonding zone



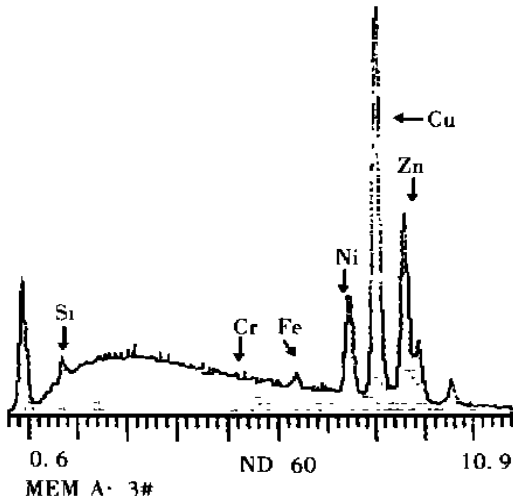


Fig 5 Energy spectrum analyse result of bonding zone

众所周知, 激光熔覆层与基体的结合强度及稀释率的大小是平价熔覆质量的关键指标。只有获得冶金结合, 具有较高的结合强度才有实用价值。图 4 为结合区形貌及线扫描, 图 5 为结合区能谱成分分析。从图 4 和图 5 中可以看到, 熔覆层是

在基体表面凝固形成的。在结合界面区域有很窄的合金元素 Ni, Cr, Cu, Fe, Zn 的相互扩散区。在界面靠涂层一侧发生了液态扩散, 在界面靠基体一侧仅是在固态中扩散, 合金元素在界面的变化较陡, 形成了冶金结合。同时线扫描结果表明, 覆层及基体的合金元素成分无明显变化, 比较平稳, 因而保证了较低的稀释率而不影响覆层合金的性能。性能研究结果表明, 这种冶金结合形式具有较高的结合强度和优异的性能。

## 4 结论

在 H62 黄铜基材上激光熔覆镍基合金粉末, 获得了微细致密的覆层组织, 其覆层组织由  $\gamma$ -Ni, Ni<sub>3</sub>B, CrB, M<sub>23</sub>(CrB)<sub>6</sub> 及少量的 Cr<sub>2</sub>B 相组成, 覆层与基体之间的 Ni, Cr, Fe, Cu, Zn 合金元素有相互扩散, 稀释率较小, 形成了冶金结合。基体受温度梯度影响有组织粗化的热影响区。

## 参考文献:

- [1] 李兰德, 肖纪美 材料表面与界面[M]. 北京: 清华大学出版社, 1990
- [2] 郑启光等 钢和铸铁的激光表面合金化研究[J]. 中国激光, 1987, 14(10): 631~ 635
- [3] Toshihidi Tokeda et al Laser cladding of copper alloy. in proc LAMP'87 Osaka, May 1987.
- [4] 刘要武 G112 合金激光熔覆层与黄铜材间结合强度的研究[J]. 光学 精密工程, 1997, 5(1): 62~ 65
- [5] 杨洗陈等 FeCrSiB 合金的激光熔敷[J]. 中国激光, 1987, 14(9): 548~ 552

## Analysis of microstructure between Ni-Cr-B-Si laser cladding layers and H62 brass bases

LU Yao-wu

(Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics,  
Chinese Academy of Sciences, Changchun 130022, China)

**Abstract:** The possibility for cladding nickel based alloy on H62 brass by laser is investigated for the first time. Microstructure was observed by SEM. The structural shape and constituent change of the cladding layer, the bonding zone and the heat-affected zone were analysed. The experimental results show that it is the laser beam of high energy density that make microstructure fined obviously. The cladding layers mostly consist of  $\gamma$ -Ni, Ni<sub>3</sub>B, CrB, M<sub>23</sub>(CrB)<sub>6</sub>. There produces metallurgical combination of cladding layers and bases. The heat-affected zone with coarsing structure is caused by the effect of temperature gradient on the bases.

**Key words:** laser cladding; microstructure; brass

**作者简介:** 刘要武(1952-), 女, 江西万安县人。1975年毕业于东北大学金属物理专业, 主要从事激光加工技术及材料的测试分析工作。获国家“六五”攻关及中科院科技进步奖一项, 长春分院科技进步一等奖二项和国家发明专利一项, 并在国内有关刊物上发表了十篇论文。