

铜基材料上激光熔覆镍基合金的结合强度

刘要武

(中国科学院长春光学精密机械研究所, 长春 130022)

摘要 用高功率密度激光在铜基材料表面涂敷一层具有优异性能的镍基合金层。其间的结合强度是评价熔覆层质量的关键指标之一。试验结果表明, 只要激光熔覆工艺合适, 那么镍基合金激光熔覆层与铜基材料间就会形成冶金结合, 此结合强度高于熔覆层的抗拉强度, 其值大于 $90\text{MN}/\text{m}^2$ 。

关键词: 激光熔覆; 结合强度

1 引言

激光熔覆是近年来引人注目的一个材料激光加工研究领域。激光表面熔覆研究的已有工作, 多为针对黑色金属, 并且主要是研究激光熔覆处理后的显微组织、硬度、耐磨性、耐蚀性等。而对其结合力的大小, 由于试验测定困难, 目前还很少报导这方面的研究结果。

本文为解决烟草工业中的铜熔铁表面抗磨性能极差的问题, 采取了在其表面用激光熔覆一层有优异性能的镍基合金。结果表明, 选择良好的工艺, 可获得表面光洁、组织致密、对基材无不良影响, 具有抗蚀、抗磨损性能好的其间为冶金结合的熔覆层。

激光熔覆层与基材间的结合强度评价熔覆质量的关键指标之一。本文应用机械性能的测试手段, 电镜、能谱等现代先进的分析方法, 试验研究了镍基合金激光熔覆层与铜基材料间的结合强度。

2 实验方法及测试结果

本文所用基体材料为H62黄铜, 覆层材料为镍基合金粉末, 其成分及性能如表1所示。

Table 1 Chemical composition (wt%) and property of nickel bases powdered alloy

| Ni | composition | | | | | size | melting point | hardness HRc |
|--------|-------------|----------|----------|----------|--------|-------------|---------------|-----------------|
| | Cr | B | Si | C | | | | |
| margin | 15~ 18 | 3.5~ 4.5 | 3.0~ 4.0 | 0.5~ 1.0 | 14~ 17 | - 150 + 320 | 1050 | 50~ 60 |



Fig. 1 Tensile sample

根据使用要求激光熔覆层的厚度控制在几十微米到一毫米左右。因此,直接测定其结合力是很困难的。我们通过测定材料拉伸强度的方法,试验分析了激光熔覆层与基材间的结合强度。拉伸试样的制备是在两片0.3 mm 厚的黄铜板中间,用激光熔覆一条宽约1 mm 左右的镍基合金带,如图1所示。测试结果如表2所示

Table 2

| tensile strength | 1 | 2 | 3 | break down location |
|----------------------------|------|-------|------|---------------------|
| δ MN/m ² | 97.7 | 104.5 | 99.9 | bonding zone |

3 分析与讨论

激光溶覆就是以大功率密度激光束做热源,将预置在金属表面的粉状材料加热,使之全部熔化,金属表面同时也在微量熔融。当激光束离开后,表面迅速凝固,形成与基体金属结合得很牢的涂敷层,其基本原理与焊接相似。我们择优选取工艺,在铜基材料上,用激光熔覆上一层镍基合金,确保其间为冶金结合。结合性能的优劣,主要取决于两种金属的物理性能、化学性能、化学成份。异种金属只有在液态和固态均能无限互溶(形成无限固溶体)时,才能具有高的结合强度。铜基材料和镍基合金的主要成份为Cu、Zn、Ni,由于它们的原子半径、比重、比热都很接近,且Cu、Ni均具有面心立方结构,在固态和液态都能形成无限或有限互溶。因此,在激光溶覆过程中,Cu、Zn由基体向覆层中扩散,同时覆层中的Ni、Cr向基体内扩散。在覆层与基体之间形成了一个互溶区(如图2所示),即与基体之间形成了冶金结合而无缺陷。通过测试结果(拉断位置在熔覆带,而不在结合区)可以看出,其结合强度已高于熔覆层合金的抗拉强度。

我们进行了试样进行了试样断口的SET观察分析。熔覆带的断口表面平齐而光亮,可看到少量的放射花,主要呈结晶状断口,为典型的脆性断口,如图3所示。镍基合金激光熔覆层为铸态组织,其显微组织为均匀细小的枝晶结构,如图4所示。此种材料具有强的抗塑性变形能力,但其应变值相当低。在断裂前没有可察觉到的宏观塑性变形,即 $\delta\psi$ 值近似于零。说明其抗裂纹扩展能力低,属于脆性材料。同时,硬度与裂纹扩展速率也有着直接的联系,一般硬度越高,裂纹扩展速率越快。镍基熔覆带的硬度为HV_{0.1}1650左右,是铜基材料(HV_{0.1}110左右)的

4.5倍。铜基材料为轧制状态,其组织主要为 $\alpha+\beta$ 相如图5所示。在拉伸过程中,伴有塑性变形,其破损是由抗切应力引起的。其断口为典型的韧性断口,边缘有剪切唇,高倍下呈韧窝状,如图6所示。

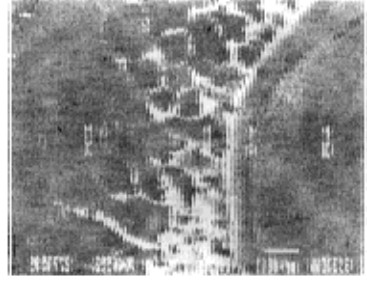
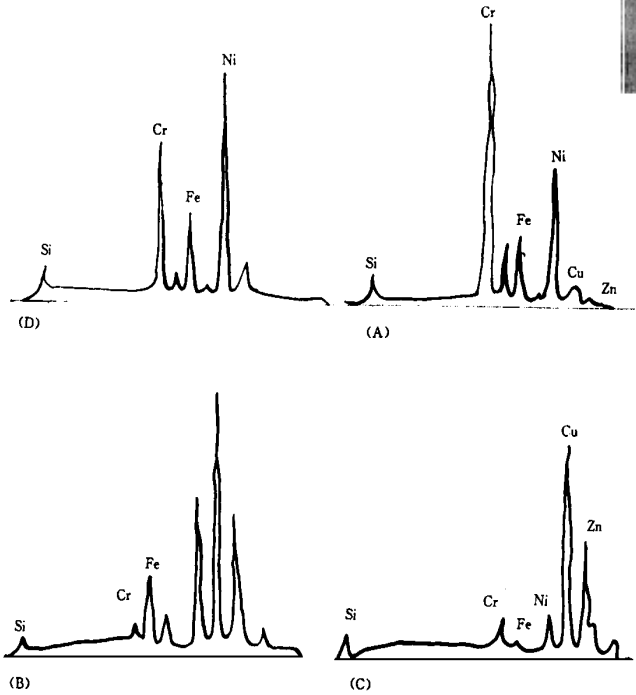


Fig. 2 Energy spectrum analysis result of binding zone composition

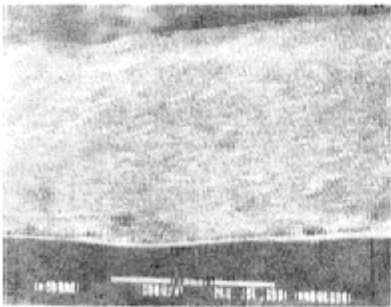


Fig. 3 Appearance of the section at cladding zone

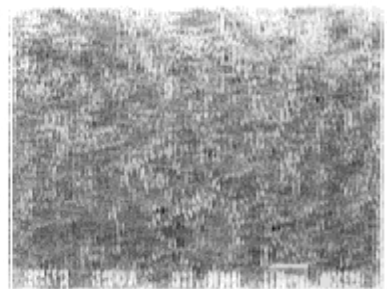


Fig. 4 Structure of Ni-base alloy cladding zone

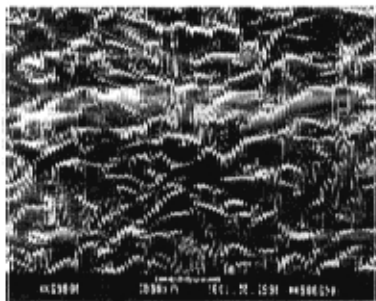


Fig 5 Structure of copper bases

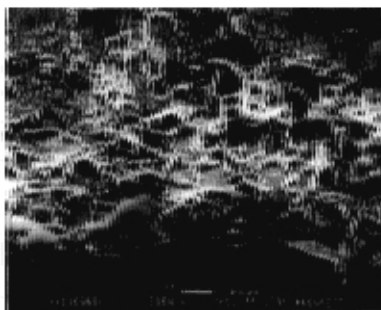


Fig 6 Appearance of copper bases section

对于覆层与基材的结合区,由于激光溶覆过程中,Cu、Zn由基体向覆层中扩散,使其韧性有所改善,提高了抗裂纹扩展能力。因此,研究结果可以定性的认为,在铜基材料上用激光溶覆一层具有优异的抗磨损性能的镍基合金,只要覆层与基材间产生冶金结合,其结合强度完全可以达到高于熔覆层的抗拉强度。

4 结 论

在我们的试验条件下,镍基合金激光溶覆带的抗拉强度为 $90\text{MN}/\text{m}^2$,而激光熔覆层与铜基材料间冶金结合的结合强度大于熔覆带的抗拉强度。

参 考 文 献

- [1] 雷卡林 H H, 乌格洛夫 A A, 科科拉著 A H. 材料的激光加工 北京: 科学出版社, 1982
- [2] 刘中青, 邱 斌编著. 异种材料的焊接 北京: 科学出版社, 1990
- [3] 周惠久, 黄明志. 金属材料强度学 北京: 科学出版社, 1989
- [4] 吉田享著, 张绪江等译. 金属断口的分析方法 北京: 机械工业出版社, 1984

Binding Strength Between Coating Layer and the Substrate Cladded Ni-base Alloy on the Copper Alloy by Laser

Yiu Yaow u

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

Abstract

The Ni-base alloy-layer with excellent performance is clad on the surface of copper alloy by using high-power laser. Their binding strength is one of important standards for evaluating quality of cladding layer. Experiment shows that provided laser cladding craft is right, the metallurgical bond is formed between laser cladding Ni-base alloy and substrate of copper alloy. The binding strength is larger more than Ni-base alloy-layer strength for extension and over 90 MN/m^2 .

Key words: Laser cladding, Binding strength

刘要武 女, 1952年4月生。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”攻关奖及中科院科技进步二等奖一项, 长春分院科技进步一等奖一项和国家发明专利一项。并在国内有关刊物上发表论文九篇。