

[补充信息]

## Al 对激光熔覆镍基合金涂层组织与性能的影响

蒋智秋<sup>1</sup>, 陈泉志<sup>1</sup>, 童庆<sup>1</sup>, 董婉冰<sup>1</sup>, 李伟洲<sup>1,2,✉</sup>

1 广西大学资源环境与材料学院, 南宁 530004

2 广西有色金属及特色材料加工重点实验室, 南宁 530004

[Supplementary Information]

## Effect of Aluminum on Microstructure and Performance of Laser Cladding Ni-based Alloy Coating

JIANG Zhiqiu<sup>1</sup>, CHENG Quanzhi<sup>1</sup>, TONG Qing<sup>1</sup>, DONG Wangbing, LI Weizhou<sup>1,2,✉</sup>

1 School of Resources, Environment and Materials, Guangxi University, Nanning 530004

2 Guangxi Key Laboratory of Processing for Non-ferrous Metals and Featured Materials, Guangxi University, Nanning 530004

### 实验设备与仪器

本实验中所用熔覆材料为上海肯纳司太立公司生产的镍基自熔合金, 规格为 200/D, 所用铝粉为成都市科龙化工试剂厂生产的纯度不低于 99.9% 的 Al 粉。激光熔覆设备为江苏中科四象激光科技有限公司生产的全固态光纤激光器, 型号为 ZKSX-2008; 额定功率 2000W; 光纤芯径为 800~1 000  $\mu\text{m}$ ; 光束质量为  $\pm 2\%$ ; 冷却方式为水冷; 波长为 1 064 nm, 主要包括激光器; 激光加工机械手臂, 冷水机及光路系统, 如图 2-4 所示。



图 S1 激光熔覆相关设备: (a) 激光器, (b) 激光加工头

Fig. S1 Schematic diagram of laser cladding equipment: (a) laser device; (b) laser working head

表面形貌测试采用日立 S-2000 型号的扫描电子显微镜, 使用自带的 EDS 能谱仪对熔覆层进行元素分析。熔覆层物相检测采用荷兰帕纳科公司 PANalytical 生成的型号为 X'Pert PRO 的 X 射线衍射仪。测试电压为 40 kV; 测试电流为 40 mA, 使用的靶材为 Cu 靶  $\lambda K\alpha=1.540 60 \text{ \AA}$ , 步长为  $0.026^\circ$ , 扫描范围为  $10\sim 80^\circ$ , 每步停留时间为 20.4 s。为了避免熔覆层表面氧化物、杂质颗粒对物相检测结果的影响, 检测前用砂纸将单层多道熔覆层打磨平整, 并进行丙酮超声清洗处理。

## 实验样品的制备方法

实验前采用电火花线切割机将模具切割成  $45\text{ mm} \times 25\text{ mm} \times 10\text{ mm}$  的块状试样，另外切割一块  $265\text{ mm} \times 45\text{ mm} \times 10.8\text{ mm}$  的铁块，并在铁块中心切割一大小为  $46\text{ mm} \times 26\text{ mm} \times 10.8\text{ mm}$  的凹槽，如图 a 所示。将块状试样用砂纸打磨去除铁锈及油污后放置在铁块凹槽内，如图 b 所示。

将镍基合金粉末与 Al 粉按不同的质量分数设计配方进行配置，在行星式球磨机中球磨 30 min，球磨速度为 250 r/min，混合均匀后，采用质量分数为 5% 的聚乙烯醇-水溶液做为粘结剂，将球磨后的混合粉末调制成为粘稠状，均匀涂在试样上，获得厚度为 0.8 mm 的预置涂层，如下图 C 所示。然后采用玻璃棒去滚动压实预置材料，获得厚度均匀、表面平整的预置混合粉末，如图 d 所示。将制备好的预置涂层放入真空干燥箱进行干燥脱水。

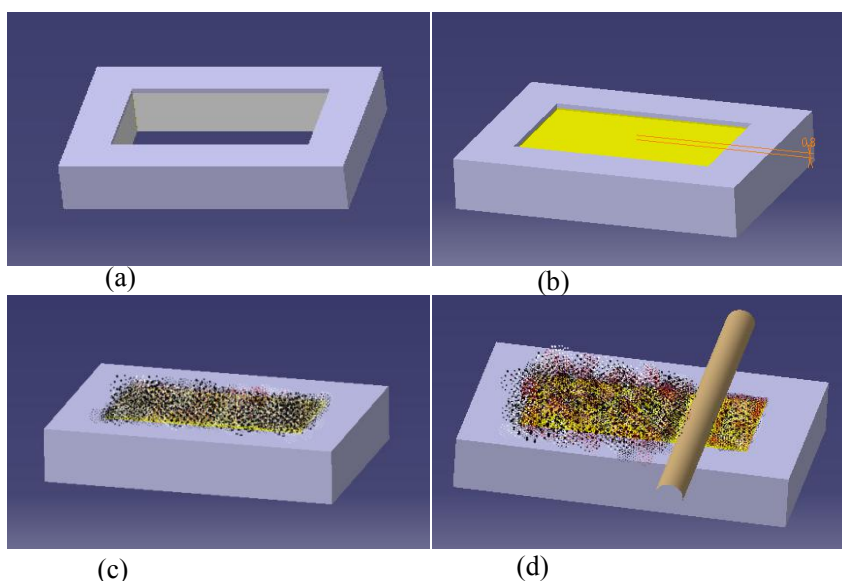


图 S2 预置熔覆层制备方法

Fig.S2 Preparation method of preset cladding materials

## 摩擦磨损实验方法

摩擦磨损实验仪器为 M-2000 滑动摩擦磨损实验机。对磨试样尺寸为  $30\text{ mm} \times 7\text{ mm} \times 10\text{ mm}$ ，摩擦接触形式为环块式，对磨环为 GCr15 轴承钢，转速为低速 200 r/min，对磨过程中由电机带动磨环转动，待磨损试样固定不动，对磨时间为 1 800 s。对磨前用  $\text{SiO}_2$  砂纸将待磨面打磨至 3000 #，并用丙酮超声清洗去除试样表面的油污及杂质颗粒，磨损后同样采用丙酮进行超声处理，去除磨损后的磨屑及杂质，用精度为  $1 \times 10^{-4}\text{ g}$  的感应天平对磨损后的试样进行称量，将磨损前的质量减去磨损后的质量得到磨损失重。采用 SEM 观察磨损后的表面形貌，并分析磨损机制。

## 高温氧化实验方法

高温氧化实验在马沸炉中进行。为了避免基材对熔覆层抗氧化性能的影响，选取单一的熔覆层进行氧化实验，试样尺寸为  $10\text{ mm} \times 10\text{ mm} \times 1\text{ mm}$ ，选取高温氧化温度为  $850\text{ }^\circ\text{C}$ 。实验前将盛装试样的氧化铝坩埚置于  $900\text{ }^\circ\text{C}$  的炉中烧至恒重，将试样放入烧制后的氧化铝坩埚内放入已加热至  $850\text{ }^\circ\text{C}$  的炉中，然后采用不连续称重的方式进行氧化实验，每隔一段时间取出冷却后称重，氧化总时间为 120 h，将氧化增重的质量除以试样表面积得到氧化增重速率。