

# 激光熔覆化工阀门密封面的实验研究

石世宏 王新林

(中南工学院激光研究所, 衡阳, 421001)

**摘要:** 使用 5kW 横流激光器在石化阀门密封面奥氏体基体上熔覆 Ni 基自熔合金, 与传统等离子喷焊层对比, 经激光熔覆的石化阀门密封面能获得厚度达 3.0mm, 表面较平整光滑的合金层。在组织和性能上均明显优于等离子喷焊工艺。

**关键词:** 激光熔覆 石化阀门 密封面 等离子喷焊

## Experiment study on laser cladding of sealing surface of valve for petrochemical industry

Shi Shihong, Wang Xinling

(Centralsouth Institute of Technology, Hengyang, 421001)

**Abstract:** In this experimental research, it is introduced that a 5kW CO<sub>2</sub> laser with transverse flow for cladding Ni-base alloy coat on austenite basic of the sealing surface of medium and high pressure valve for petrochemical industry. After processed by the laser cladding, the laser cladding coat of 3mm thick can be made with a smooth surface. The test and comparison analysis indicated that the microstructure and all the performance have obvious advantages over the spurt welding processing.

**Key words:** laser cladding valve for petrochemical industry sealing surface plasma spurt welding

### 引言

阀门是流体输送系统中的控制部件。石油化工生产系统中的阀门不但用量大, 很多还要在较高温度和压力下承受擦伤磨损、冲击磨损和不同介质腐蚀。这类工况条件差, 一般需连续作业的阀门寿命和可靠性将直接影响生产线的效益和安全。对于中高压石化阀门零件的关键部位密封面, 国内一般采用各种堆焊和喷焊工艺进行熔焊。传统工艺存在裂纹倾向大、废品率高、组织性能不均匀、生产工序繁多、周期长、成本高、熔层极不平整、加工量大等难以克服的缺点。

阀门的关键部位是密封面, “研制阀门密封面材料, 提高阀门寿命”是国家重点攻关项目。我们应用激光熔覆新技术对石化中高压阀门密封面进行了处理, 同时与用传统等离子喷焊工艺处理的密封面在组织、形貌、性能等方面进行了对比。

### 一、实验条件与方法

#### 1. 试件

阀门为 J41W-16P DN50 型截止阀。其阀体材料为 ZG1Cr18Ni9Ti, 圆环状密封面尺寸为  $\phi 65\text{mm} \times \phi 52\text{mm}$ 。模拟阀体零件制作的三通模拟试件上圆环状的加工面尺寸与实际零件同, 材料为 1Cr18Ni9Ti; 阀瓣零件与阀瓣模拟件材料均为 1Cr18Ni9Ti, 密封面尺寸  $\phi 58\text{mm} \times \phi 48\text{mm}$ 。熔覆材料

为 NiCrFeBSi 合金粉末, 粘接剂为 2123 酚醛树脂。

## 2. 激光熔覆

选用 HGL-90 型 5kW 横流 CO<sub>2</sub> 激光器, 输出多模光束, 波长 10.6 $\mu$ m, 导光系统由反射镜、GaAs 透镜和光闸等部件组成。光束对采用预置粉末法预涂敷在模拟试件或零件环状表面上的 Ni 基合金涂层进行单道激光熔覆扫描, 预置粉厚  $\delta=2.5\sim 3\text{mm}$ , 粘接剂为 2123 酚醛树脂。试件由 MNC801 型数控回转工作台驱动。熔覆工艺参数为: 激光功率  $P\approx 3\text{kW}$ , 扫描速度  $v\approx 3.5\sim 6\text{mm/s}$ , 光斑尺寸  $\approx \phi 5\text{mm}$ , 光斑能量分布形式为“高斯分布”。

## 3. 金相检测

用莱茨 ORTHOPLAN 偏光显微镜, SX-40 扫描电子显微镜对激光熔覆、等离子喷焊试件作金相组织分析, 晶粒度评定和微观形貌观察; 用 HZG4 PC x 射线衍射仪, JLXA-733 电子探针仪进行物相、成分分析。

## 4. 性能测验

用 71 型显微硬度计测试件硬度; 用 MM200 型磨损试验机对两种工艺处理的试样与光滑无损的 GCr15, 对磨件在室温加液压油润滑条件下作相对滑动磨损试验; 对两种工艺试样在 10% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 溶液、10% HNO<sub>3</sub> 溶液和 30% 尿素溶液中分别进行 8h, 24h, 48h, 72h 腐蚀, 进行腐蚀速率和抗腐蚀性评价。

# 二、实验结果与分析

## 1. 金相组织与形貌

(1) 厚度与表面质量 在以奥氏体不锈钢为基体的试样和石化阀门密封面表面上, 激光一次熔覆 Ni 基合金层厚度达到 3mm 左右, 熔覆层表面平整光滑, 粗糙度为 Ra12.5。零件密封面熔层经磁粉探伤检测, 熔层已消除了裂纹, 气孔率小于 5%, 成品率大于 95%。采用 X2005 x 射线仪对零件密封面进行拍片探伤, 未发现缺陷。等离子喷焊层裂纹倾向较大, 几率达 20%, 气孔率达 30%, 成品率仅 60%~70%。而电弧堆焊层裂纹几率达 40%~60%, 成品率为 50%~60%。

(2) 金相分析 激光熔覆和等离子喷焊试块横截面上的显微组织照片如图 1。沿加工表面垂直方向可明显分为熔化区, 热影响区和基体三个区域。图 1a 中的细窄带为固熔结合层, 说明激光熔覆层与基体结合良好, 边界处互扩散程度低, 稀释小。图 1b 中等离子熔焊的边界处宽大模糊说明热影响程度大, 边界处互扩散、稀释大。激光熔覆由于冷却速度很快, 结晶后可获得十分细小的枝晶组织, 上部晶粒度达 11~12 级, 见图 1c。等离子喷焊层结晶后上部晶粒度为 9~10 级, 见图 1d。经 x 射线衍射分析表明激光熔覆层显微组织主要物相为面心立方  $\gamma$  相。由图 1 可看到激光熔化区比等离子喷焊熔化区组织要细密均匀。

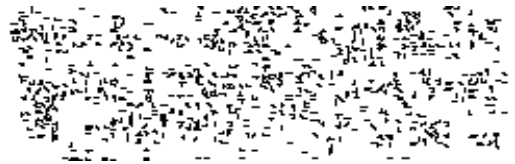


Fig. 1 The microstructure photos of CO<sub>2</sub> laser cladding coat a—microstructure of bonding zone between cladding layer and substrate (500 $\times$ ) b—microstructure of bonding zone between spurt welding and substrate(500 $\times$ ) c—the upper microstructure of cladding layer (250 $\times$ ) d—the upper microstructure of spurt layer(250 $\times$ )

## 2. 使用性能测验与分析

(1) 硬度对比 经测定, 激光熔覆层平均硬度 HV=707, 过渡层平均硬度 HV=420。等离子喷焊层平均硬度 HV=543, 过渡层平均硬度 HV=385。激光熔覆层中上部的平均硬度明显

高于等离子喷焊层。

(2) 抗磨损性能对比试验 用一台 MM200 型磨损试验机, 对激光熔覆和等离子喷焊样品进行了耐磨性能对比测试。两种试样各制取四片, 二片为一组。激光或等离子试样固定不动。磨件转速 400r/min, 硬度 HRC56, 加载 30kg, 磨损时间 4h

或 8h。用万分之一天平, 称量出每组试片试验前后重量之差, 取平均值。用千分之一测量显微镜测量磨痕宽度, 取每组的平均值。结果如表 1 所示。表中  $L_1, L_2$  为激光熔覆试片,  $P_1, P_2$  为等离子喷焊试片。可以看出, 激光熔覆层比等离子喷焊层的耐磨性高 6 倍, 这是由于激光熔覆层内含有大量的硬质物相, 以及激光加热与冷却速度快, 熔覆层结晶时晶粒细化所致。

Table 2 Result of corrode test

solution	test piece	corrode rate ( $g/m^2 \cdot h$ )			
		after 8h	after 24h	after 48h	after 72h
10%	P	139.98	133.96	79.28	—
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	L	5.28	3.53	2.55	—
10%	P	629.85	233.19	127.22	—
HNO <sub>3</sub>	L	1.83	0.67	0.46	—
20%	P	0.043	0.070	0.047	0.043
NaOH	L	0.039	0.066	0.036	0.028
30%	P	0.664	0.415	0.37	0.345
urea	L	0.55	0.349	0.246	0.186

等离子喷焊试片, L 代表激光熔覆试片。由试验数据分析可得出结论: 激光熔覆试片在 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HNO<sub>3</sub>, NaOH 和尿素等四种溶液介质中的腐蚀速度均低于等离子喷焊试片, 具有优良的综合抗腐蚀性能。在 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HNO<sub>3</sub> 两种溶液中的对比尤为明显。

### 三、结 论

综上所述, 应用激光熔覆技术对石化中高压、高参数阀门上环型密封面进行加工或修复, 熔层厚度能在一次扫描加工后满足要求, 在使用性能的各项指标上, 采用激光熔覆工艺优于传统的等离子喷焊工艺。

### 参 考 文 献

- 1 Gnanamuthu D S. Metal Progress, 1975; 108(3): 17
- 2 Meijer J. CIRP, 1991; 40(1): 183~ 186
- 3 黄国栋, 张悦仁. 中国机械工程, 1993; 4(2): 22

作者简介: 石世宏, 男, 1954 年 9 月出生。副教授。现从事教学与激光熔覆、表面改性等技术研究工作。

收稿日期: 1997-09-02 收到修改稿日期: 1998-01-21

Table 1 Results of wear test

test piece	time(h)	wear value(g)	wear width (mm)
L <sub>1</sub>	4	0.0002	0.738
P <sub>1</sub>	4	0.0013	1.4325
L <sub>2</sub>	8	0.0003	0.865
P <sub>2</sub>	8	0.0018	1.719

### (3) 抗腐蚀性能的对比试验

用线切割方法切取激光熔覆和等离子喷焊试块各 4 件, 将两种工艺试片分别置于 10% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 10% HNO<sub>3</sub>, 20% NaOH, 30% urea 四种溶液中, 腐蚀溶液置于 60℃ 的水浴槽中保温, 两种工艺试片在上述四种介质中分别经 8h, 24h, 48h, 72h 腐蚀后, 分别清洗试样, 用精密分析天平称量其失重量, 然后计算得出单位时间、单位面积的失重量 ( $g/m^2 \cdot h$ )。如表 2 所示, 其中 P 代表