

文章编号: 1000-5889(2004)03-0020-03

# 重熔工艺对油田抽油泵柱塞涂层性能的影响

张富邦<sup>1</sup>, 胡春莲<sup>1</sup>, 陈生圣<sup>1</sup>, 陈学定<sup>2</sup>, 杜世荣<sup>3</sup>

(1. 兰州理工大学 合金粉末厂, 甘肃 兰州 730050; 2. 兰州理工大学 材料科学与工程学院, 甘肃 兰州 730050; 3. 玉门石油管理局机械厂, 甘肃 兰州 735000)

**摘要:** 对 Ni<sub>60</sub>A 自溶性合金粉末在氧乙炔重熔和中频感应重熔制得的涂层, 分别进行了金相组织分析、表面硬度测试及腐蚀、磨粒磨损对比的试验。试验研究表明, 中频感应重熔涂层中的晶粒细密, 表面硬度值高; 涂层的耐腐蚀性和抗磨性能优于晶粒较粗大的氧乙炔火焰重熔涂层。

**关键词:** 合金粉末; 重熔工艺; 腐蚀; 磨损; 硬度

**中图分类号:** TG135.6 **文献标识码:** A

## Influence of remelting processing on coating performance of plungers in petroleum pumps

ZHANG Fu-bang<sup>1</sup>, HU Chun-lian<sup>1</sup>, CHEN Sheng-sheng<sup>1</sup>  
CHEN Xue-ding<sup>2</sup>, DU Shi-rong<sup>3</sup>

(1. Alloy Powder Works, Lanzhou Univ. of Tech., Lanzhou 730050, China; 2. College of Materials Science and Engineering, Lanzhou Univ. of Tech., Lanzhou 730050, China; 3. Machinery Manufacturing Plant, Yumen Petroleum Administrative Bureau, Yumen 735000, China)

**Abstract:** Comparison experiment on the coatings produced out of self-fluxing alloy powder Ni<sub>60</sub>A with oxygen-ethine and mid-frequency inductive remelting is conducted in connection with the metallographical analysis of microstructure, test on surface hardness, and corrosive abrasive wear, respectively. Compared to the remelted coating with oxygen-ethine technique, the coating with mid-frequency induction can produce a coating with finer crystalline grains, higher hardened surface, and better performance of anti-corrosion and anti-

**Key words:** alloy powder; remelting processing; corrosion; abrasion; hardness

近年来油田用抽油泵柱塞表面强化, 由以前的柱塞表面镀 Cr 工艺改为热喷焊 Ni 基自溶性合金粉末。热喷焊 Ni 基自溶性合金粉末不仅可以得到与基体完全呈冶金结合的高耐磨损、耐腐蚀, 且表面强化效果较表面镀 Cr 好的涂层, 而且工艺简单、无污染, 因此在油田得到了广泛的应用。抽油泵柱塞热喷焊工艺因重熔方式不同, 可分为氧乙炔火焰重熔和中频感应重熔, 由于这两种重熔方法传热方式、冷凝过程的不同, 制得的涂层性能也有所区别。本文就这两种重熔方式制得涂层的金相组织分析、表面硬度测试、耐腐蚀及抗磨损性能进行了对比试验研究。

## 1 试验材料与试样制备

选用 Ni<sub>60</sub>A 自溶性合金粉末, 其材料的质量分数分别为 C 0.95%, B 3.25%, Si 4.6%, Cr 17.5%, Fe ≤ 5%, Ni 余量, 粒度为 -150 + 300 目。被喷涂基材是直径为 44 mm, 壁厚为 8 mm 的中空管, 材质为 45<sup>#</sup> 钢。

氧乙炔火焰喷焊采用二步法工艺, 选用 QSH-7/H 氧乙炔喷粉枪在试棒上预涂 1 mm 的粉末, 用 SP-C-4 重熔枪进行重熔。氧气压力为 0.4 MPa, 乙炔压力为 0.06 MPa。中频感应重熔涂层的预涂采用火焰预涂, 工艺与火焰喷焊预涂相同。在美国 UP-100-10 自动中频感应设备重熔制样, 功率为 100 kW, 振荡频率为 10 kHz, 感应线圈与工件间隙

收稿日期: 2003-07-04

作者简介: 张富邦(1962-), 男, 青海湟中人, 工程师。

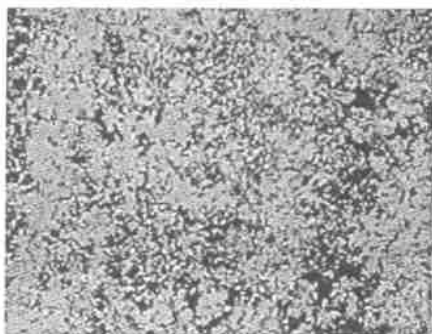
为 8 mm.

从自然冷却的工件上切片,用常规方法磨削加工成 30 mm×15 mm×0.8 mm 试样块,对其分别进行金相组织分析、硬度检测、腐蚀实验及抗磨损性能测定.

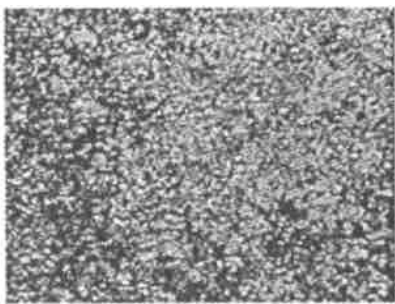
## 2 试验结果及讨论

### 2.1 金相组织分析

由于氧乙炔火焰重熔和中频感应两种重熔工艺的传热方式、冷凝过程不同,因而涂层的组织形态差别较大.图 1a 为氧乙炔火焰喷焊涂层金相组织,图 1b 为中频感应熔焊涂层的金相组织.



(a) 氧乙炔火焰重熔



(b) 中频感应重熔

图 1 涂层金相组织

Fig.1 Microstructure of coat (a) the oxygen-ethine technics, (b) the intermediate frequency influency technics

由图 1a 可以看出,氧乙炔重熔焊层的组织是块状结构,晶粒较粗大.焊层组织为白色的奥氏体基体加黑色的细小点状碳化物和灰色的硼化物组成.由图 1b 可知,中频感应重熔焊涂层金相组织分为三个区,底部为针条状组织,中部为针条状组织向块状组织过渡,明显分布着块状碳化物组织,表面呈块状组织,晶体组织整体较细密.

形成这两种涂层组织形态差别的原因是由于氧乙炔火焰重熔时温度峰值始终处于涂层的表层,温度由外向内呈梯度传递,冷凝过程中涂层晶粒的生

长随温度的递减向内延伸.由于氧乙炔火焰重熔时对基体输入热量大,涂层冷凝速度慢,因而生成的晶粒粗大.并由电磁涡流原理可知,涡流强度从表面往下以近指数规律下降,然后在基体与涂层的交界处出现涡流突变<sup>[1]</sup>,从而使温度场峰值处于基体与涂层的界面处,并向外传递热量.基体受热影响小,熔池冷凝速度快,因而涂层晶粒生长受到抑制,得到较细密的晶粒组织.

### 2.2 表面硬度测试

根据 GB 230—82《金属洛氏硬度测试法》的规定,用 HR-150A 型台式洛氏硬度计分别测试试样,测试结果如表 1 所示.

表 1 表面洛氏硬度(HRC)测试结果

Tab.1 Constast result of surface rigidity (HRC)					
试样	洛氏硬度(HRC)				
氧乙炔涂层	58.5	58.9	59.5	59.0	58.8
中频感应涂层	59.5	60.0	60.9	61.0	61.5

实验证明,中频感应表面硬度略高于火焰重熔涂层.Ni60A 的高硬度与 C, B, Si, Cr 等元素在 Ni 中的固溶强化及硬质点弥散强化有关.由于火焰重熔方式对各元素的烧损率较大,因此硬度较感应重熔涂层低.

### 2.3 磨粒磨损试验

在自行设计的磨粒磨损试验机上进行试验.用 DT-100 天平称量磨损前后的试样重量,计算出单位时间内涂层的磨损失重.摩擦轮直径为 100 mm,转速为 150 r/min,磨粒粒度为 60~120 目,载荷为 60 N,时间为 40 min.实验结果见图 2.

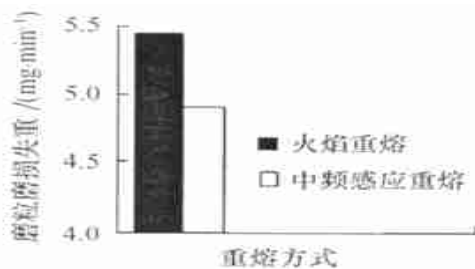


图 2 耐磨粒磨损对比结果

Fig.2 Constrast result of abrasion

磨粒磨损过程是由磨粒在压力作用下压入材料的表层能力决定的.单位时间内磨料压入材料表层而引起的材料塑性变形、产生的微犁沟、微切屑和微观断裂系数决定了材料的抗磨性能.而涂层的硬度在一定程度上影响了涂层的耐磨粒磨损性<sup>[2]</sup>,这与表 1 所示的硬度测试结果一致.两种重熔方法形成的合金焊层组织中,均分布着 Cr<sub>23</sub>C<sub>7</sub>, Cr<sub>7</sub>(B, C)<sub>3</sub>,

Ni<sub>3</sub>B, Ni<sub>2</sub>B 等多种金属间化合物和共晶硬质相, 在奥氏体组织中起着弥散强化作用, 既提高了焊层的硬度, 又使焊层具有较强的韧性<sup>[3]</sup>. 基体中分布的硬质点在磨损过程中同磨粒接触, 起着阻断磨粒同基体直接接触的作用, 使两种焊层均有较好的耐磨性能. 但是由于中频感应熔焊涂层的组织较细密, 金属间化合物和共晶硬质相分布较均匀, 因而中频感应熔焊涂层的强度、韧性与塑性均优于晶粒粗大的氧乙炔重熔涂层, 因此中频感应熔焊涂层耐磨粒磨损性优于氧乙炔重熔涂层<sup>[4,5]</sup>.

### 2.4 耐腐蚀试验

室温下在 10% 的 HNO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HCl 和 3% NaCl 腐蚀介质中进行浸渍, 时间为 24 h, 腐蚀后试样的失重用 DT-100 分析天平称重, 实验数据如表 2 所示.

表 2 腐蚀速率对比结果

Tab.2 Constrast result of corrupt velocity mm/a

介质种类	中频感应重熔涂层	氧乙炔火焰重熔涂层
10% HNO <sub>3</sub>	13.60	15.800
10% HCl	0.72	0.910
10% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0.61	0.790
3% NaCl	0.02	0.028

实验表明, 涂层在强氧化酸 HNO<sub>3</sub> 中的腐蚀速率比 HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 的要高, 而 NaCl 溶液 H<sup>+</sup> 的浓度低, 阴极去极化电流小, 因而腐蚀速率很低<sup>[6]</sup>. 在这 4 种腐蚀介质中氧乙炔重熔涂层腐蚀速率均要高于中频感应重熔涂层, 且腐蚀多发生在晶界, 为典型的晶间腐蚀. 这是由于合金涂层中 Cr<sub>23</sub>C<sub>7</sub>, Cr<sub>7</sub>(B, C)<sub>3</sub> 相沿晶界优先析出, 在形成碳化物及硼化物的过程中, 所需要的碳和铬依靠晶内向晶界扩散, 而碳的扩散速度比铬高, 固溶体中几乎所有的碳都用于生成

碳化物, 而只有晶界周围的铬参与碳化物的生成, 结果形成了晶界附近的贫铬区. 碳化物为阴极, 贫 Cr 区为阳极, 随着 H<sup>+</sup> 的浓度增加, 阳极电位的升高, 腐蚀电流的增加, 晶界间的腐蚀加快, 导致了该区的耐腐蚀性能降低. 又由于中频感应重熔涂层组织较细密, 晶粒尺寸细小, 铬从晶内向晶界扩散的过程短, 整个晶粒铬的质量分数趋于均匀化, 耐腐蚀性能较晶粒较粗大的氧乙炔重熔涂层好<sup>[7,8]</sup>.

### 3 结论

1) Ni60A 自熔性合金粉末氧乙炔重熔焊层的组织是块状结构, 晶粒粗大. 中频感应熔焊涂层金相组织底部为针条状组织, 中部为针条状组织向块状组织过渡, 表面呈块状组织, 晶体组织整体较细密.

2) 组织细密的中频感应熔焊涂层的硬度、抗磨粒磨损性、耐腐蚀性能均优于组织晶粒粗大的氧乙炔涂层.

### 参考文献:

[1] 张增志. 高效快熔感应熔涂技术 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 2001.

[2] 萨凯 A D. 金属磨损原理 [M]. 呼和浩特: 内蒙古教育出版社, 1980.

[3] 李 见. 金属学原理 [M]. 沈阳: 东北工学院出版社, 1991.

[4] 杨元修. 几种国产合金粉末喷焊层耐磨性能的研究 [J]. 焊接技术, 1996, (2): 9-10.

[5] 王基会, 姜晓霞, 李诗卓, 等. Ni-Cr-B-Si 粉末喷焊层的腐蚀磨损行为的研究 [J]. 焊接, 1994, (4): 7-9.

[6] 杨元修. 自熔性合金粉末喷熔层耐腐蚀性能的探讨 [J]. 实验与研究, 1996, 2(2): 30-31.

[7] 张承忠. 金属的腐蚀与保护 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 1985.

[8] 杨瑞成, 聂福荣, 郑丽平, 等. 镍基耐蚀合金特性进展及其应用 [J]. 甘肃工业大学学报, 2002, 28(4): 29-33.