

激光熔覆前合金粉末的火焰喷涂

卜宪章 孙文科

摘要: 火焰喷涂是激光熔覆前合金粉末的预置方法之一。本文在实验的基础上, 探讨了工艺过程, 并讨论了影响质量的因素。

一、前 言

随着大功率激光器的不断发展和完善, 激光熔覆这一新的技术也在不断扩大应用领域。实践表明, 激光熔覆的质量与合金粉末的预置方法有着密切的关系。在当前的激光熔覆研究及应用中, 多采用火焰喷涂方法预置合金粉末。因而探讨火焰喷涂预置合金粉末对激光熔覆质量的影响有着较为现实的意义。

二、试验方法

1. 试验用材料

基体材料分别选用1Cr₁₃, 2Cr₁₃, A₃钢材, 并制成10×10×20mm³, 10×30×100mm³, 3×30×100mm³的样品。

合金粉末选用镍基和钴基自熔合金粉末, 其粒度均在-150~+320目之间。镍基合金粉末熔点为1050℃, 膨胀系数为 1.5×10^{-6} , 钴基合金粉末熔点为1050℃, 膨胀系数为 1.6×10^{-6} 。

2. 喷涂设备及方法

采用PSH-1/2h型氧-乙炔-粉末喷枪, 如图1所示。火焰喷涂时使合金粉末通过火焰, 在气体压力的作用下, 喷涂到经过处理的试样表面上。

我们采用了预热和不预热喷涂两种方法进行了试验比较。一种是火焰喷涂前, 先将基材表面打磨, 去除氧化皮和油污, 并用中性焰(氧/乙炔=1)预热至大约200℃~300℃。然后, 用略带还原性的中性焰(氧/乙炔<1)将合金粉末喷涂到样品的表面上, 其厚度分别控制为0.3~1.0mm的规格。喷涂后空冷进行宏观检验质量, 最后采用1kWCO₂连续激光器进行熔覆, 观察其效果。

另一种不预热, 先对样品表面打磨, 除去油污和氧化皮后直接喷涂合金粉末。

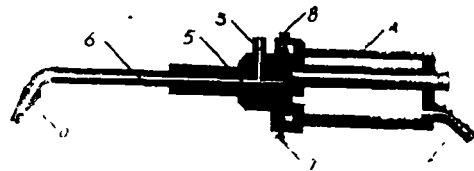


图1 金属粉末喷射枪构造

图中 1—氧气接头; 2—乙炔接头; 3—涂
料接头; 4—把手; 5—喷射管; 6—混合室;
7—氧气开关; 8—乙炔开关; 9—喷嘴

三、结果与讨论

试验结果如表 1 所示。图 2 为正常工艺下的火焰喷涂宏观质量及激光熔覆后的宏观表面。

表 1

工 艺	火焰性质	预热温度	喷涂宏观效果	激光熔覆效果
不 预 热			不易粘结、起皮	剥落、起球
预 热	氧化焰	200℃~300℃	表面呈微白色、易起皮	易剥落、凸凹不平
		300℃~450℃	基体发蓝色、表面微白	凸凹不平，起球
预 热	中性焰	200℃~300℃	表面呈微白色	表面平整光滑
		300℃~450℃	表面呈白色	易凸凹不平
预 热	还原焰	200℃~300℃	表面发黑	表面较平
		300℃~450℃	表面有碳黑	易起球、不平、起皮

实验结果表明，合金粉末的火焰喷涂质量直接影响到激光熔覆后的质量。正常工艺会获得质量优良的喷涂层和熔覆层，而火焰喷涂时，如果工艺操作不当，在随后的激光熔覆时，则必将产生低劣的宏观表面质量，其特征往往是呈有一定曲率的波浪状凸凹不平的表面，严重时表面呈断续球状甚至起皮剥落。而熔覆层的组织也疏松不致密，有气孔存在或产生裂纹。

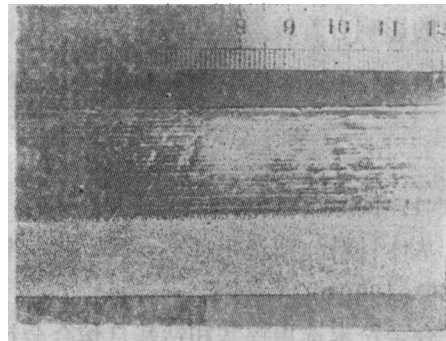


图 2 喷涂及熔覆后的宏观质量

火焰喷涂时，氧与乙炔的比例选择与喷涂的质量有着直接的关系。氧—乙炔的性质如表 2 所示。

表 2

氧—乙炔焰的性质

氧/乙炔之比	0.8/1.0	0.9/1.0	1.0/1.0	1.5/1.0	2.0/1.0	2.5/1.0
火焰温度℃	3066	3149	3232	3427	3371	3315
火焰性质	碳化焰	碳化焰	中性焰	氧化焰	氧化焰	氧化焰

依据硼硅脱氧造渣的冶金化学过程，火焰喷涂的质量显然是影响覆层质量的主要原因。激光熔覆时，当温度超过其固相线后，涂层合金中的硼和硅就扩散出来与基体金属表面的氧化膜发生反应，将基体表面的氧化膜熔掉，生成低熔点的硼硅酸盐造渣上浮，并降低了液固界面的表面张力，润湿了基体表面，使熔融的合金直接与基体金属接触，同时与基材相互扩散形成冶金结合，进而得到优质的覆层。如果在火焰喷涂时操作不当，基体预热温度过高，

时间过长，或采用了氧化焰（氧/乙炔 >1 ）喷涂，则均可使基体发生严重的氧化。其后在激光熔覆时，由于快速的熔化和凝固，合金粉末中的硼和硅没有充分的时间扩散，致使参与反应的硼和硅的数量不足，造成基材表面氧化膜的残留，影响了液固界面表面张力的降低和润湿角的减小。而润湿角越小，则表面越平滑，与基体结合也越好。

试验表明，合金粉末的湿度对火焰喷涂及其随后的激光熔覆质量也有着较大的影响。火焰喷涂时若粉末湿度较大，则喷粉困难且易堵塞喷嘴，具有一定的危险性，即使能喷出粉末，也易形成较大的团状，使喷涂表面不平整，在随后的激光熔覆过程中，则将导致覆层表面的凸凹不平，并在较大团状粉末处易形成球状表面。同时，湿度较大必将产生一些不可避免的气泡，这些气泡上浮时便会破坏覆层的质量。在激光熔覆的快速熔化和凝固时，一些较小的气泡不能全部浮出，而遗留在覆层内形成气孔，成为产生裂纹的发源地，在凝固冷却时产生微小的裂纹而严重影响覆层质量。因而火焰喷涂前应将合金粉末在 $100^{\circ}\text{C}\sim 120^{\circ}\text{C}$ 烘干后使用，且喷涂后不易停留时间过长，即应进行激光熔覆，以避免由湿度增加而引起不良后果。

火焰喷涂时对基体的热影响如图3所示。从图中可以看出，随着火焰喷涂时间的延长，基体各部位的温度也随着上升。对于在 2Cr_{13} 基体上喷涂Co基粉末，一般不超过 700°C ，在此温度下，对 2Cr_{13} 基体影响不大，而对于中、低碳钢来说，则应控制其喷涂时间，使其基体温升控制在更低一些，以避免由于火焰喷涂的热影响而使基体金相组织粗大，机械性能下降。火焰喷涂时加热速度和冷却速度较慢，因而其热影响区较大，如果不严格控制温升，则基体会有较大的热影响区，该区的粗大组织会破坏基体应有的性能而导致不良后果。因而对中、低碳钢及厚度较薄的零件应十分注意控制温升。

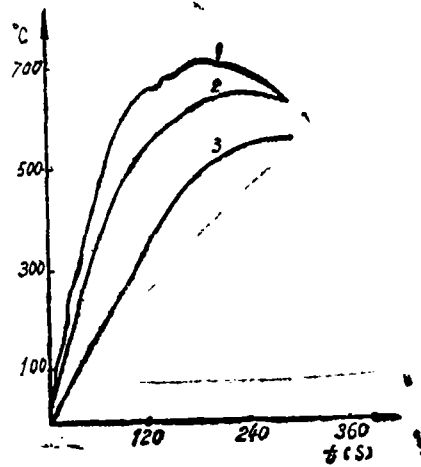


图3 火焰喷涂时对基体的热影响
图中：1—表面；2—5mm处；3—10mm处

四、结 论

1. 火焰喷涂时采用中性焰对基体预热至 $200^{\circ}\text{C}\sim 300^{\circ}\text{C}$ ，可获得良好的喷涂质量。预热温度过高或时间过长，都将产生不良影响。
2. 合金粉末的湿度对火焰喷涂及激光熔覆后的质量具有显著影响，湿度较大将产生气孔并易形成裂纹。
3. 喷涂时控制基体温升，避免热影响过大是保证质量的方法之一。

参 考 文 献

[1] R.A.杜德伯格等著，李致焕译，《焊接及其他连接方法》，科学技术出版社重庆分社，1983
[2] A.A.叶罗欣著，赵裕民译，《熔焊原理》，机械工业出版社，1981

Flame Coating of Alloy Powder Before the Laser Cladding

Bu Xianzhang Sun Wenke

Abstract

Flame coating is one of the method for alloy powder treatment. Before the laser cladding. This paper describes the technical process and analyzes on the basis of experiments the factors which effect on the quality.