

润湿性对涂复质量的影响

徐 春

罗源英 邹至荣

(上海冶金专科学校, 200233)

(重庆大学, 630044)

摘要: 涂层材料与基材之间的润湿能力决定了激光涂层组织的质量, 尤其是预置涂层的激光涂复。其润湿能力强的材料在激光涂复后能与基材形成致密、无气孔的表面涂层。反之, 则在涂层内出现许多空洞和气隙。

关键词: 激光涂复, 润湿性

Effect of moist ability on the laser cladding process

Xu Chun

(Shanghai Technical College of Metallurgy, Shanghai)

Luo Yuanjing, Zou Ziyong

(Chongqing University, Chongqing)

Abstract: The effect of moist ability between the materials and the laser cladding quality of preconditioning layer are investigated. The materials with good moist ability for other materials have the surface layer without holes and cracks, whereas those with the poor moist ability may have surface layer of faults.

Key words: laser cladding, moist ability

本文利用 2kW 横流式连续可调 CO₂ 激光器对多种材料进行了各种条件下的激光涂复试验, 经过二年多的研究和反复实验, 发现激光涂复工艺能否很好地实现涂层与基材的结合, 与涂层材料同基材之间的相互润湿能力大小有关。润湿能力强的材料在正确的工艺参数下能够很好地实现涂层与基材的良好结合, 而润湿能力差的材料则几乎很难实现与基材的良好结合。本文以四种材料, 即碳化钛复合粉末、氧化铝复合粉末、碳化钨复合粉末和镍基合金粉末等为例来说明这个问题。

一、实验方法和结果

1.1 试样制备及激光处理参数

本实验分别采用 TiO 复合粉末、WC 复合粉末、Al₂O₃ 复合粉末和镍基合金粉末作为涂层材料用火焰喷涂或有机粘合剂预置到 45# 钢基体材料的表面上。然后用 2kW 连续可调横流式 CO₂ 激光器进行涂复处理。涂层材料的成分见表 1。激光涂复处理参数见表 2。

1.2 实验结果

表 1 涂层材料的成分

材料名称	化 学 成 分											备 注
	Si	B	C	Al	Cr	Co	Fe	Ni	WC	TiC	Al ₂ O ₃	
TiC		2.5	1.5	1.5	2	10	3			其余		机械混合
WC		2.5	1.5	1.5	1.5	10	3.5			其余		机械混合
Al ₂ O ₃				5			1.5				其余	机械混合
镍基合金	4.5	3.5	0.8		16		1.5	其余				

表 2 激光涂复 45# 钢的实验条件

涂复材料	激光功率 (W)	光斑直径 (mm)	扫描速度 (mm/s)	预置层厚度 (mm)	预置方法	保护气体
TiC	800, 900, 1000, 1100, 1200	2	4	2, 3	粘 接	无
						N ₂
WC	1000	2	2, 3.5, 4 5, 6	2	粘 接	无
Al ₂ O ₃			2, 4, 6			2
镍基合金	600, 700, 800, 900, 1000, 1100	2	4	2, 3	粘 接	N ₂
					火焰喷涂	
	1000	1.9, 2, 2.1	4	2	火焰喷涂	无
	1000	2	2, 3.5, 4 5, 6	2	粘 接	无

激光涂复处理后, 肉眼可以观察到: 无论在何种实验条件下, 碳化钛、碳化钨和氧化铝这三种粉末的激光涂复区表面都成胶结状, 并且在外力作用下涂层与基体剥落, 见图 1(a)。而镍基合金粉末则在恰当的工艺参数处理下能得到鱼鳞纹状的激光涂复熔痕, 见图 1(b), 在外力作用下涂层不出现剥落现象。

取样分析激光处理后涂层组织, 在显微镜下可观察到碳化钛、碳化钨和氧化铝这三种粉末涂层的激光处理区存在大量的气孔和空隙, 见图 2(a)、(b)、(c), 而镍基合金粉末经激光处理后



图 1(a) 碳化钨涂层经激光处理后的外貌(a、b、c 为激光处理区); (b) 镍基镀层经激光处理后的外貌(激光涂复熔痕 s 为鱼鳞纹状)

却与基体材料形成了牢固的冶金结合, 涂层内无气孔和空隙存在, 见图 2(d), 其显微组织为组织致密的树枝晶铸态组织(图 3)。显然, 在上述四种材料中, 只有镍基合金实现了激光涂复工艺, 使涂层与基体冶金结合起来。



图 2 激光涂复碳化钛(a)、碳化钨(b)、氧化铝(c)和镍基合金(d)涂层的横断面形貌
(20×, 腐蚀剂: 3%硝酸酒精)



图 3 镍基合金的激光涂层组织形貌。A-激光涂层; C-激光涂层与基材交界处; M-基材(400×, 腐蚀剂: 王水)

二、实验结果分析

众所周知, 激光涂复是金属表面涂复方式的一种, 它与其他表面涂复工艺的差别在于热源的形式不同, 激光涂复是以激光源为热源来熔化涂复涂层材料。即涂层材料在激光照射下首先将光能转化为热能, 然后再实现涂复工艺。由于激光束具有光束集中、方向性强等特点, 因而能量高, 故被认为可适用于各种难熔的高温耐磨材料的涂复。但事实上, 不管激光涂复还是氧乙炔火焰喷涂、等离子涂复或其它涂复方式, 都仅仅只在操作技术和工艺处理上存在差别而已, 而涂复的理化原理都是一样的。即要实现良好的涂复, 则受喷保护面以及涂层的固体组分都必须被熔液充分润湿^[1]。这是因为涂层是从熔融状态凝固而成的。其次, 要实现高质量涂层还需要其他必要条件, 如: 质点具有热活化作用, 质点的化学成分不变, 质点能获得必需的动能, 表面受到塑性冲击以及质点之间和质点与受喷基面之间能坚固地粘结。本实验中, 因采用预置涂层方式进行激光涂复, 故可不考虑涂层质点的动能大小以及表面受到塑性冲击等因素对涂复质量的影响, 而只需着重研究涂层质点是否能相互润湿和粘结以及化学成分稳定性等因素。一般表示熔液润湿能力的最直观方法是用润湿角 θ 来表示。习惯认为 $\theta < 90^\circ$ 时为熔液能润湿固体, $\theta > 90^\circ$ 时则不能润湿。而实验所用四种涂层材料中, 常用金属对 TiC 、 Al_2O_3 的湿润能力较差。见表 3、表 4。而 WC 的稳定性较差, 高温时易分解。只有镍基合金由于为低

表 3 金属元素对 TiC 的润湿角

金属元素	Fe	Co	Ni	Al
测定温度	1550°C	1500°C	1450°C	900°C
润湿角	125°	6°	25°	184°

表 4 金属元素对 Al₂O₃ 的润湿角

金属元素	Fe	Ni	Mn	Al
测定温度	1560°C	1560°C	1560°C	—
润湿角	137°	138°	106°	120°

熔点自熔材料且占绝大多数成分的镍与铁为完全互溶而使其涂层的润湿能力良好。

由于熔液对固体的润湿角与气体同固体的润湿角互为补角,故熔体对固体不润湿时,气体对固体就润湿,反之,熔体对固体润湿时,气体对固体不润湿^[2]。因此,润湿能力会直接影响到涂层与涂层或与基材交界处的气泡形成和长大。所以润湿性能好的镍基合金激光涂复区无气隙和空洞存在。

从上述分析可知,要实现激光涂复,首先要解决涂层与基材之间的相互润湿问题,如采用中间过渡层,即包复金属的方法,如钴包碳化钛,钴包碳化钨等,也可将碳化钨粒子完全“浸没”在铁粉中来实现激光涂复^[3],或选用与基材润湿性能好的涂层材料进行涂复。如不锈钢粉末涂复在钢材上^[4],钴基合金涂复到 20# 钢上^[5]。

参 考 文 献

- 1 JI. M. 捷米金科,高级耐火复合涂层,冶金工业出版社,1984,1~8
- 2 程兰征,韩世纲主编,物理化学,上海科技出版社,1981,211~215
- 3 D. S. Gnanamuthn, *Opt. Eng.*, **19**(5), 783~792(1980)
- 4 Jogender Singh, J. Mazumder, *Metallurgical Transactions A*, **18A**(2), 313~322(1987)
- 5 苏宝熔,黄德群,中国激光, **14**(7), 431~435 (1987)