

Ti-Al 球磨粉反应等离子喷涂工艺 *

吕志军¹, 贺文雄², 赵 健², 赵洪运²

(1. 海洋石油工程(青岛)有限公司, 山东 青岛 266520; 2. 哈尔滨工业大学(威海)材料科学与工程学院, 山东 威海 264209)

摘 要: 为制备 Ti-Al 金属间化合物复合涂层, 采用 Ti、Al 球磨粉在 Q235 钢表面进行反应等离子喷涂研究, 获得了由 Al_3Ti 、 TiN 、 Al_2O_3 、 TiAl 以及残留 Al 和 Ti 组成的复合涂层。虽然球磨可以使 Ti-Al 混合粉细化与活化, 使喷涂时的反应更容易、更充分, 但喷涂时 Al 和 Ti 仍难以充分反应, 且在空气环境中喷涂容易氧化和氮化。涂层与基体之间没有形成冶金结合, 而是镶嵌式的机械结合。其结合强度最高值达到了 44.75 MPa, 显微硬度最高值达到了 379 $\text{HV}_{0.5}$ 。文中还分析了反应等离子喷涂各工艺参数对涂层组织与性能的影响, 并采用正交试验对其在一定范围内进行了优化。得到优化的工艺参数为: 喷涂距离为 120 mm、主气流量为 35 L/min、喷涂电流为 600 A、球磨时间为 6 h。

关键词: 机械球磨; 反应等离子喷涂; 正交试验; 复合涂层

中图分类号: TG174.442

文献标识码: A

文章编号: 1007-9289(2012)02-0056-07

Reactive Plasma Spraying of Ti-Al Milled Powders

LV Zhi-jun¹, HE Wen-xiong², ZHAO Jian², ZHAO Hong-yun²

(1. Offshore Oil Engineering (Qingdao) Co., LTD., Qingdao Shandong 266520; 2. School of Materials Science and Engineering, Harbin Institute of Technology at Weihai, Weihai Shandong 264209)

Abstract: Reactive plasma spraying of Ti-Al mechanically milled powders on Q235 steel surface was investigated to prepare the composite coating of Ti-Al intermetallic compounds, and the composite coatings consisting of Al_3Ti , TiN , Al_2O_3 , TiAl , residual Al and Ti were obtained. Ti-Al mixed powders can be refined and activated by mechanical milling, making the reactions easier and more thorough in the spraying. However, Al and Ti are still very difficult to react completely during spraying, and also easy to be oxidized and nitrified while being sprayed in air. Not metallurgical bonding but insert mechanical bonding is formed between the coating and the matrix. The maximum of the bond strength attained 44.75 MPa, and the maximum of micro-hardness attained 379 $\text{HV}_{0.5}$. The effects of the reactive plasma spraying parameters on the microstructure and properties of the coatings were analyzed, and the parameters were optimized by orthogonal design experiments in some extent. The optimized parameters are as following: spraying distance of 120 mm, main gas flow rate of 35 L/min, spraying current of 600 A, milling time of 6 h.

Key words: mechanical milling; reactive plasma spraying; orthogonal experiment; composite coating

0 引 言

Ti、Al 之间发生反应可以得到多种 Ti-Al 金属间化合物, 如 TiAl 、 Ti_3Al 、 Al_3Ti 等。其中 TiAl 以其密度低、高温强度大, 以及抗蠕变、抗氧

化性能好等优越性能而被认为是极具应用潜力的新型结构材料, 在航空航天、汽车制造等领域具有十分广阔的应用前景; Ti_3Al 的强度和硬度很高, 常作为增强相; Al_3Ti 的抗高温氧化性能好。但这些 Ti-Al 金属间化合物都很脆, 如

收稿日期: 2011-11-12; 修回日期: 2012-01-16; 基金项目: * 哈尔滨工业大学(威海)博士启动基金(HIT(WH)ZB200907)

作者简介: 吕志军 (1983-), 男, 吉林长春人, 硕士; 研究方向: 材料表面处理研究

网络出版日期: 2012-03-19 16:49; 网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.3905.TG.20120319.1649.003.html>

引文格式: 吕志军, 贺文雄, 赵健, 等. Ti-Al 球磨粉反应等离子喷涂工艺 [J]. 中国表面工程, 2012, 25(2): 56-62.

TiAl 的室温脆性大,难以加工成型,使其大规模应用受到了很大的限制^[1]。而采用热喷涂方法在材料表面形成含有 Ti-Al 金属间化合物的复合涂层,以改善材料的性能,也是一种可取的应用途径。研究人员已对此进行了一些尝试,有采用 TiAl 预合金粉等离子喷涂制备 TiAl 合金涂层^[2-3],也有采用 Ti、Al 单质粉末等离子喷涂制备 Ti-Al 金属间化合物涂层^[4],还有采用 Ti、Al 球磨粉进行喷涂并研究喷涂时的反应和喷涂产物^[5-7]。此外,对 Ti-Al 金属间化合物涂层的性能也有一定的研究^[8,9]。

反应热喷涂技术由自蔓延高温合成(SHS)技术与热喷涂相结合发展而成,其采用高放热反应体系材料为喷涂材料,利用传统喷涂热源熔化并引燃喷涂材料的 SHS 反应,在喷涂的过程中同时完成材料的合成与沉积,用于制备金属陶瓷涂层并取得突破。与传统热喷涂相比,反应热喷涂具有两大优势:一是涂层制备成本较低;二是涂层致密,结合强度高^[10-13]。机械球磨可以细化 Ti、Al 粉末,增加粉末的表面能和晶格畸变能,从而使粉末活化,加快反应速度,使反应进行得更充分。文中采用 Ti、Al 混合粉的机械球磨和反

应等离子喷涂方法在 Q235 钢表面制备涂层,并对喷涂工艺参数进行了优化。

1 试验方法

选用的 Ti 粉纯度为 99.4%、粒度为 48 μm, Al 粉纯度≥99.0%、粒度为 75 μm,两者按原子数分数 1:1 进行混合。首先采用 QM-2SP(16)型行星式球磨机对粉体进行机械球磨,球磨时的球料比是 10:1;同时加入相当于粉末质量 3%的甲醇作为过程控制剂,以防止粉体球磨过程中粘结在磨球和罐壁上。球磨前先将罐内抽真空再充 Ar 气进行保护,球磨机转速为 300 r/min。球磨后采用 APS-2000A 型等离子喷涂设备进行喷涂。基体材料选择 Q235 钢板,尺寸为 76 mm×54 mm×1.2 mm;喷涂前对基体表面进行超声波清洗、喷砂处理。喷涂主气为氩气,在空气环境中进行,送粉速度为 20 g/min。

采用正交法选取其他主要试验参数。试验选取正交表 L₉(3⁴),试样编号为 B1~B9,选择涂层与基体的结合强度(y₁)和涂层的显微硬度(y₂)为考核指标。4 因素的水平安排具体见表 1,正交试验参数如表 2 所示。

表 1 试验选取因素-水平表
Table 1 Factor-level table selected in the study

Level	Spraying current <i>I</i> /A	Spraying distance <i>L</i> /mm	Main gas flow rate <i>Q</i> /(L·min ⁻¹)	Milling time <i>t</i> /h
1	500	80	35	2
2	600	100	45	4
3	700	120	55	6

表 2 正交实验参数表
Table 2 Orthogonal experiment parameters

Sample No.	Spraying current <i>I</i> /A	Spraying distance <i>L</i> /mm	Main gas flow rate <i>Q</i> /(L·min ⁻¹)	Milling time <i>t</i> /h
B1	500	80	35	2
B2	600	80	45	4
B3	700	80	55	6
B4	500	100	45	6
B5	600	100	55	2
B6	700	100	35	4
B7	500	120	55	4
B8	600	120	35	6
B9	700	120	45	2

采用 ZRY-2P 型综合热分析仪对球磨前后的 Ti、Al 混合粉进行差热分析。采用 XD-2 型 X 射线衍射仪(Cu 靶 K α 射线)进行物相分析,扫描速度为 4 °/min。用粘结剂对偶试样拉伸试验法测定涂层与基体的结合强度,根据国家标准 GB/T8642-2002 制作拉伸试样,粘结剂采用 E-7 树脂胶。使用 CSS-44100 型电子万能试验机进行拉伸试验,加载速度为 6 mm/min。显微硬度测试在 HVS-1000 型数显显微硬度计上进行,所加载荷为 500 g,加载时间为 15 s,在垂直于基体表面的方向上依次取 5 个点测量,以平均值作为涂层的显微硬度值。

2 试验结果与讨论

2.1 Ti、Al 混合粉球磨前后的差热分析

图 1 是未球磨与球磨不同时间的 Ti、Al 混合粉的差热分析曲线。图中未球磨的 Ti、Al 混合粉在 300 °C 左右出现了一个平滑的放热峰,是由于粉末表面被空气缓慢氧化放出热量导致,在大约 640 °C 左右,又出现放热峰,是由于 Al、Ti 固相下相互扩散形成 Al₃Ti 金属间化合物引起;在 660 °C 时,体系出现了吸热峰,这时温度达到了 Al 的熔点,使 Al 熔化所致,在 770 °C 左右,出现了一个放热峰,归结于熔化的 Al 发生强烈反应: $\text{Al} + \text{Ti} + \text{Al}_3\text{Ti} \rightarrow \text{TiAl}$, 从而形成放热峰。

图 1 中球磨 4 h 与球磨 6 h 的差热分析曲线基本一致,但与未球磨的 Ti、Al 混合粉的差热分析曲线明显不同。球磨 4 h 与球磨 6 h 的 Ti-Al 复合粉的差热分析曲线分别在 282 °C、283 °C 对应于较尖锐的放热峰,这是由于粉末表面被空气较剧烈的氧化放热所致。可见,球磨使粉末活化,以致易于被氧化。两曲线分别在 606 °C、602 °C 对应于第二个放热峰,是由于 Al、Ti 固相下相互扩散形成 Al₃Ti 引起。随着球磨时间的延长,形成 Al₃Ti 的放热峰变强、峰值对应温度下降,说明球磨导致粉末中积蓄的能量增加,加速了低温下 Ti、Al 原子相互扩散速率,降低了形成 Al₃Ti 的激活能;同时,球磨使 Ti、Al 层片间距减小,缩短了原子扩散距离。两曲线在 665 °C 时对应的吸热峰为接近 Al 熔点时所发生的 Al 熔化吸热现象;之后由于系统的温度持续升高,熔化 Al 的扩散能力极大的提高,两曲线分别在 771 °C、772 °C 时为放热峰,是由于熔化的 Al 发

生强烈反应: $\text{Al} + \text{Ti} + \text{Al}_3\text{Ti} \rightarrow \text{TiAl}$, 形成了一条强放热峰。两曲线都在 871 °C 对应于最后一个放热峰,是因为系统中残余的 Ti 与生成的 Al₃Ti 和 TiAl 等的反应: $\text{Ti} + \text{Al}_3\text{Ti} + \text{TiAl} \rightarrow \text{Ti}_3\text{Al} + \text{TiAl}$, 以及亚稳态金属间化合物向稳态转变放热所致。曲线最后两个放热峰的强度下降,是因此前的氧化反应以及形成 Al₃Ti 的反应中消耗了大量的 Al,致使后面的反应受限所致。

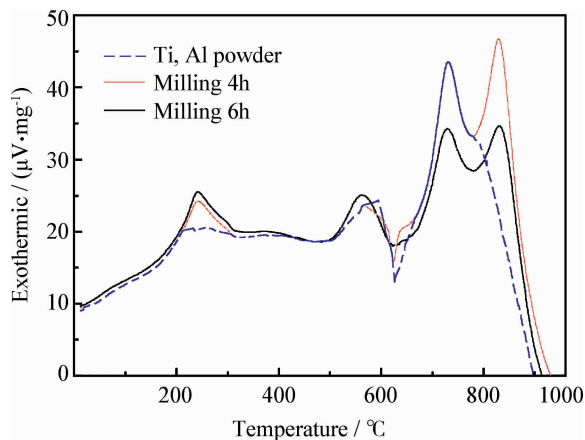


图 1 未球磨和球磨不同时间 Ti-Al 混合粉的 DTA 曲线
Fig.1 DTA curves of the Ti-Al mixed powders without milling and after being ball milled for different time

比较图 1 中各曲线,可以看出,球磨使 Ti-Al 粉末的氧化温度降低,氧化更剧烈,而且发生反应 $\text{Al} + \text{Ti} \rightarrow \text{Al}_3\text{Ti}$ 所需的温度也降低。由此可见,球磨起到了活化粉体的作用,使粉末更容易发生化学反应。

2.2 涂层的成分与组织分析

图 2 是喷涂试样的 X 射线衍射图谱。由图中可以看出,Ti-Al 球磨粉在空气环境中反应等离子喷涂所得涂层的成分非常复杂,不同工艺参数喷涂所得涂层的成分也有所不同,但都包含 Al₃Ti、TiN、Al₂O₃,都残留尚未完全反应的 Al 和 Ti,其中 B₂、B₃、B₄、B₆、B₇ 涂层中含有少量 TiAl, B₄、B₅、B₇ 涂层中含有少量 Ti₃Al。由于 Ti、Al 相互反应生成金属间化合物的反应不充分,且生成物并非平衡产物,因此所得涂层并非单纯的 Ti-Al 金属间化合物涂层,而是一种包含多种成分的复合涂层。

涂层中之所以产生 TiN 和 Al₂O₃,是因为喷涂在空气环境中进行,很难避免空气的侵入,而作为活泼金属的 Ti 和 Al 在空气侵入时很容易

发生氮化和氧化。具体而言,在高温下 Ti 极易与 N 发生反应生成 TiN,而 Al 则极易氧化生成 Al_2O_3 ,且生成的 Al_2O_3 致密,覆盖在 Al 颗粒表面会阻碍反应的进一步进行,从而导致 Al 的残留。但所得 TiN 和 Al_2O_3 作为性能稳定的硬质相,能改善涂层的耐磨损、耐高温性能。Al 和 Ti 的残留,除了上述原因外,还由于粉末颗粒在等离子喷涂时的高速飞行和快速冷却,以致在高温下停留时间非常短,即便经过球磨的活化处理,喷涂时仍难以充分反应。

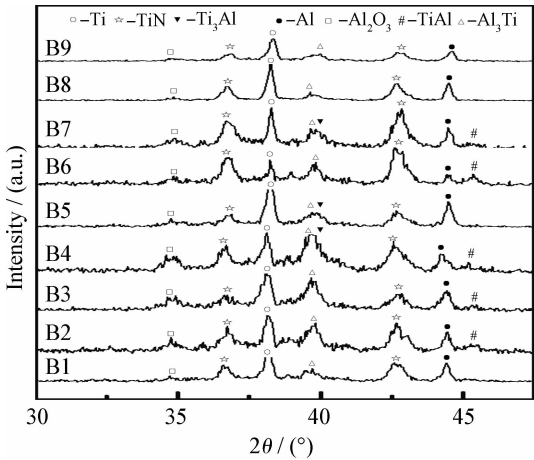


图 2 喷涂试样的 X 射线衍射图谱

Fig. 2 X-ray diffraction patterns of the as-sprayed coatings

图 3 是涂层的组织图片。从图 3(a)中可以看出,涂层由多种相组成,是一种复合涂层,且各相分布不够均匀。同时可以看出,涂层中无明显孔洞和裂纹等缺陷的存在,涂层与基体界面无明显过渡层存在,表明没有发生冶金结合,而是一种镶嵌式的机械结合,但总体上结合良好。从图 3(b)中的线扫描结果也可以看出,涂层中除了含 Ti 和 Al 两种元素以外,还存在 N 和 O 元素,进一步证实喷涂时发生了氧化和氮化反应。同时,由于 Ti 和 Al 两种元素分布不够均匀,进一步证明涂层中各相分布不够均匀。

2.3 涂层的性能及影响因素分析

表 3 是喷涂试样的正交试验结果与极差分析。从表 3 中可以看出,涂层与基体的结合强度比较高,最高值达到了 44.75 MPa;大多数涂层的显微硬度均高于基体,最高值达到了 379 HV_{0.5}。从表 3 中还可以看出,4 个因素对涂层与基体结合强度的影响从高到低依次为:喷涂距离(L)>主气流量(Q)>喷涂电流(I)>球磨时间(t),优化参数为

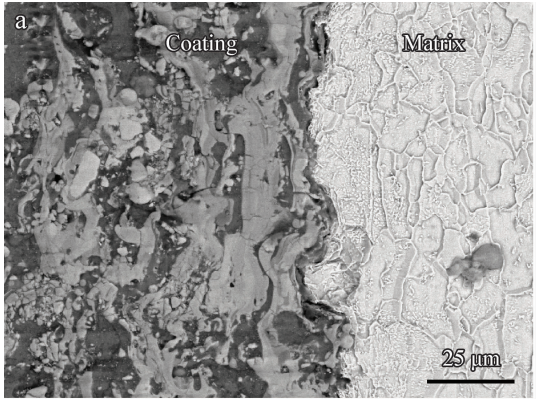
$L_3Q_1I_2t_2$,即:喷涂距离为 120 mm、主气流量为 35 L/min、喷涂电流为 600 A、球磨时间为 4 h。4 个因素对涂层显微硬度的影响从高到低依次为:主气流量(Q)>球磨时间(t)>喷涂距离(L)>喷涂电流(I),优化参数为 $Q_1t_3L_3I_2$,即:主气流量为 35 L/min、球磨时间为 6 h、喷涂距离为 120 mm、喷涂电流为 600 A。

图 4 是不同水平的因素对涂层与基体结合强度以及涂层显微硬度的影响。

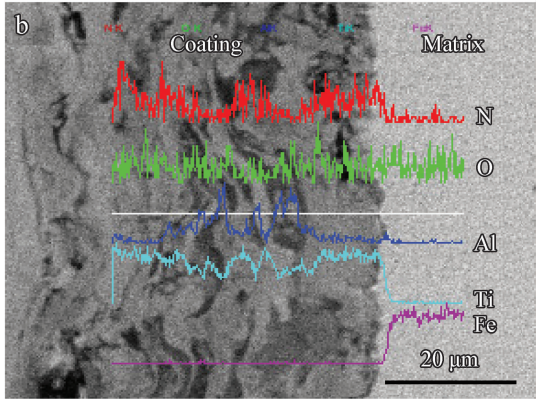
(1) 喷涂电流的影响

结合强度与显微硬度随电流的增加均呈先增加后减小的趋势。

电压不变时,电流增加功率会加大,进而使粉末颗粒的加热温度升高,有利于粉末颗粒的熔化和充分反应,使结合强度与显微硬度提高。但电流过高时,热输入太大,使涂层的组织粗大,冷却后涂层中的残余应力大,容易变形开裂,以致结合强与显微硬度降低。实验结果表明,喷涂电流 600 A 为最佳。



(a) Back-scattered electron morphology



(b) Line scanning image

图 3 涂层的典型组织图片

Fig. 3 Typical microstructure of the coatings

表 3 喷涂试样正交试验结果与极差分析

Table 3 Results and range analysis of orthogonal experiment of the sprayed samples

No.	Spraying current <i>I</i> /A	Spraying distance <i>L</i> /mm	Main gas flowrate <i>Q</i> /(L·min ⁻¹)	Milling time <i>t</i> /h	Bonding strength <i>y</i> ₁ /(MPa)	Micro-hardness <i>y</i> ₂ /(HV _{0.5})
B1	500	80	35	2	19.9	230.4
B2	600	80	45	4	27.6	221.6
B3	700	80	55	6	13.6	203.2
B4	500	100	45	6	28.1	189.0
B5	600	100	55	2	33.3	104.1
B6	700	100	35	4	39.9	180.0
B7	500	120	55	4	30.4	183.5
B8	600	120	35	6	44.8	379.0
B9	700	120	45	2	34.6	163.9
<i>y</i> ₁	K1	78.4	61.1	104.6	87.9	
	K2	105.7	101.4	90.4	97.9	
	K3	88.1	109.7	77.3	86.5	
	K1′	26.1	20.4	34.9	29.3	
	K2′	35.2	33.8	30.1	32.6	
	K3′	29.4	36.6	25.8	28.8	
	R	9.1	16.2	9.1	3.8	
<i>y</i> ₂	K1	602.9	655.3	789.5	498.3	
	K2	704.7	473.1	574.5	585.1	
	K3	547.1	726.4	490.7	771.3	
	K1′	201.0	218.4	263.2	166.1	
	K2′	234.9	157.7	191.5	195.0	
	K3′	182.4	242.1	163.6	257.1	
	R	52.5	84.4	99.6	91.0	

(2) 喷涂距离的影响

随喷涂距离的增加,结合强度呈现递增趋势,显微硬度则是先减小后增加。

喷涂距离较小时,粉末颗粒在等离子焰中停留的时间较短,在到达基体前颗粒的温度较低,没有达到充分熔化和反应,形成的涂层不够致密。当 *L* 由 100 mm 增加至 120 mm 时,粉末颗粒在电弧中停留时间更长,加热温度更高,反应更充分,到达基体表面时,形成更致密的涂层,结合强度更高。

(3) 主气流量的影响

结合强度与显微硬度随主气流量的增加均呈递减趋势。

氩气流量直接影响等离子焰的热焓和速率^[14],进而影响喷涂粉末颗粒到达基体瞬间的温度和速率。随着氩气流量的增加,喷涂时粉末颗粒的温度会下降,因为需要加热的气流量增加;

而喷涂时粉末颗粒的速率会随之提高。主气流量为 35 L/min 时,粉末颗粒的熔化状况达到了最佳;当主气流量继续增加时,喷涂时粉末颗粒的速度过高,缩短了粉末颗粒在等离子焰中的“滞留”时间,使粉末颗粒加热与反应效果降低,涂层的硬度及其与基体的结合强度都降低。

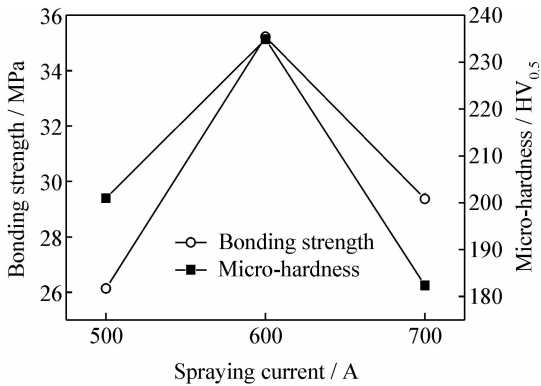
(4) 球磨时间的影响

结合强度随球磨时间的增加呈先增后减趋势,显微硬度呈现逐渐增加的趋势。

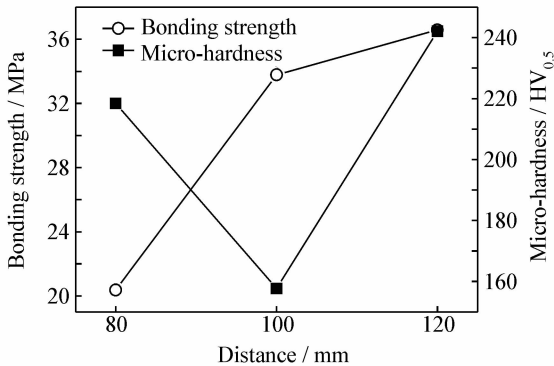
球磨 4 h 的粉体较球磨 2 h 粉体有所细化,喷涂时反应更充分,硬质相含量增加,因而结合强度与硬度提高。随球磨时间的进一步增加,粉体得到了进一步的细化与活化,喷涂时反应更充分,硬质相含量进一步增加。当硬质相含量超过一定数值,虽然其硬度继续提高,但其与基体的结合强度将会下降。从另一方面看,球磨时间的延长加大了粉体的细化,使其表面积增大,也加

剧了与卷进来的空气反应而造成氧化与氮化。Galvanetto E 等^[15]对喷涂层中的氮含量与显微硬度的关系进行研究表明:涂层的显微硬度值随着涂层中氮含量的增加而单调递增,而与基体的

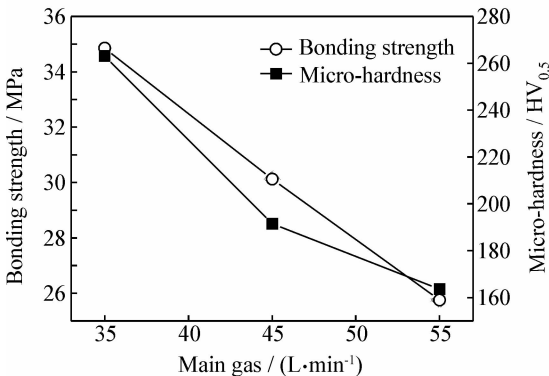
结合强度则降低。
当球磨时间从 4 h 增加到 6 h,结合强度虽然降低,但其降低的幅度小于显微硬度提高的幅度,因此球磨 6 h 的涂层的综合性能更好。



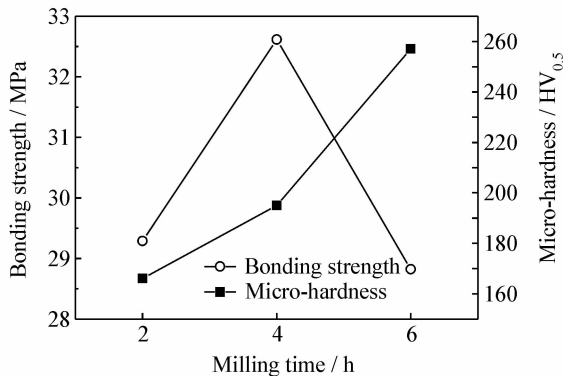
(a) Effects of spraying current



(b) Effects of spraying distance



(c) Effects of main gas



(d) Effects of milling time

图 4 不同工艺参数对结合强度和显微硬度的影响

Fig. 4 The effects of different processing parameters on the bonding strength and micro-hardness

3 结 论

- (1)机械球磨可以使 Ti-Al 混合粉细化与活化,使等离子喷涂时的反应更容易、更充分。
- (2)制备的含有 Ti-Al 金属间化合物的复合涂层其成分主要是 Al₃Ti、TiN、Al₂O₃、TiAl,以及残留的 Al 和 Ti。说明喷涂时 Al 和 Ti 仍难以充分反应,且在空气环境中喷涂容易氧化和氮化。
- (3)涂层中各相分布不够均匀,但无明显缺陷。涂层与基体之间没有形成冶金结合,而是镶嵌式的机械结合。其结合强度最高值达到了 44.75 MPa,显微硬度最高值达到了 379 HV_{0.5}。
- (4)正交实验获得的球磨与等离子喷涂对涂层结合强度和硬度的影响,其最优工艺参数为:喷涂距离为 120 mm、主气流量为 35 L/min、喷涂

电流为 600 A、球磨时间为 6 h。

参考文献

[1] 黄伯云. 钛铝基金属间化合物 [M]. 长沙:中南工业大学出版,1998.

[2] Khor K A, Murakosh Y, Takahashi M, et al. Plasma spraying of titanium aluminide coatings: process parameters and microstructure [J]. Journal of Materials Processing Technology, 1995, 48: 413-419.

[3] Keizoh Honda, Akio Hiroseb, Kojiro F Kobayashibi. Properties of titanium-aluminide layer formed by low pressure plasma spraying [J]. Materials Science and Engineering A, 1997, 222: 212-220.

[4] Tsunekawa Y, Gotoh K, Okumiya M, et al. Synthesis and high temperature stability of titanium aluminize matrix in situ composites [J]. Journal of Thermal Spray Technology, 1992, 1(3): 223-229.

[5] Uenishi Keisuke, Murase Minoru, Kobayashi Kojiro F. Application of mechanically alloyed Ti-Al powders for low pressure plasma spraying [J]. Materials Research and Advanced Techniques, 1999, 90 (4): 289-293.

[6] Yasuhiro Hoshiyama, Hidekazu Miyake, Kenji Murakami, et al. Composite deposits based on titanium aluminide produced by plasma spraying [J]. Materials Science and Engineering A, 2002, 333: 92-97.

[7] Olikier V E, Sirovatka V L, Timofeeva I I, et al. Formation of detonation coatings based on titanium aluminide alloys and aluminium titanate ceramic sprayed from mechanically alloyed powders Ti-Al [J]. Surface & Coatings Technology, 2006, 200: 3573-3581.

[8] Liu S G, Wu J M, Zhang S C, et al. High temperature erosion properties of arc-sprayed coatings using various cored wires containing Ti-Al intermetallics [J]. Wear, 2007, 262 (2): 555-561.

[9] 李平, 王汉功. Ti-Al 双丝超音速电弧喷涂涂层的滑动磨损特性研究 [J]. 材料工程, 2004, 11: 11-17.

[10] Jiang Y, Deng C P, He Y H. Reactive synthesis of micro-porous titanium-aluminide membranes [J]. Materials Letters, 2009, 63: 22-24.

[11] Yeh C L, Su S H. In situ formation of TiAl-TiB₂ composite by SHS [J]. Journal of Alloys and Compounds, 2006, 407: 150-156.

[12] 穆柏春, 于景媛, 李强, 等. Ti-Al 基微孔材料的自蔓延高温合成 [J]. 中国有色金属学报, 2002, 12(5): 48-53.

[13] 周永涛, 王汉功, 胡重庆, 等. 超音速电弧喷涂 Ti-Al 涂层耐磨性及工艺研究 [J]. 中国表面工程, 2004, 17(5): 41-44.

[14] Morks M F, Kobayashi A. Influence of gas flow rate on the microstructure and mechanical properties of hydroxyapatite coatings fabricated by gas tunnel type plasma spraying [J]. Surface and Coating Technology, 2006, 201(6): 2560-2566.

[15] Galvanetto E, Galliano F P, Borgioli F, et al. Reactive plasma spraying of titanium in Nitrogen containing plasma gas [J]. Materials Science and Engineering A, 2000, 283: 189-195.

作者地址: 山东省威海市文化西路 2 号264209
哈尔滨工业大学(威海)材料学院
Tel: (0631) 5687 125 (贺文雄)
E-mail: hwxhit@yahoo.cn

• 副理事长单位介绍 •

大连海事大学董氏镀铁有限公司

大连海事大学董氏镀铁有限公司是应用“铁基合金镀铁再制造技术”修复内燃机车曲轴、船舶柴油机曲轴、直轴以及其它机械设备零件为主导产品的高新技术企业。公司成立于 1992 年,是辽宁省镀铁工程技术中心的依托单位,下属有深圳海安船舶工程有限公司、上海董世机修有限公司、辽宁省镀铁工程技术中心及天津办事处。

公司具有先进完善的镀铁、加工、检测、试验设备和科学合理的管理体系。拥有 4 条镀铁自动控制生产线,5 米、4 米、3 米曲轴磨床,最大可修复长达 8 米,重 10 吨的曲轴、精密龙门铣床、曲轴整体磁粉探伤机、动平衡机、一级检测平台、激光直准仪、大型金相显微镜、疲劳试验机、万能力学试验机、原子火焰光谱监测仪等生产、检测和实验设备。

大连海事大学董氏镀铁有限公司 1994 年获中国船级社工厂认可、铁道部认证,2000 年获英国劳氏船级社工厂认可,2007 年获俄罗斯船级社工厂认可。1999 年获 ISO9000 质量管理体系认证,2003 年获 ISO14000 环境管理体系认证。

大连海事大学董氏镀铁有限公司成立十几年来,在深圳、上海、鞍山等地建立了分公司,服务的客户遍及国内外,已累计修复船舶曲轴 4000 多根,已修复内燃机车曲轴近 2000 多根,并利用自身的技术优势,陆续开发了柴油机连杆、机体、缸套、阀杆等贵重零部件的修理业务,迄今为止已为国内外船舶修复柴油机连杆、机体等机器零件上万件,为用户节约资金近 20 亿余元。

公司核心技术是在“董氏无刻蚀低温镀铁修复技术”基础上发展的“铁基合金镀铁再制造技术”。此技术拥有两项国家专利,获得交通部科技进步一等奖、辽宁省科技进步三等奖、联合国技术信息促进系统中国分部“发明创新科学技术之星”等诸多荣誉。

2010 年 12 月大连海事大学董氏镀铁有限公司出任《中国表面工程》期刊副理事长单位,公司董文仲总经理荣任第四届期刊理事会副理事长。