

TiAl 双层辉光离子渗 Cr 的工艺研究*

郑传林 谢锡善 董建新

(北京科技大学材料学院高温合金室 北京 100083)

徐重 贺志勇

(太原理工大学表面工程研究所 太原 030024)

文 摘 利用双层辉光离子渗金属技术(DGPSAT)对 TiAl 金属间化合物进行渗 Cr 处理。研究了主要工艺参数对渗层表面合金含量 CA 和渗层厚度 δ 这两个目标函数的影响。结果表明,表面合金含量 CA 和渗层厚度 δ 随源极电压 V_s 、有效功率密度比 κ 的增加而增加;随阴极电压 V_c 的增加而减少。气压存在一个峰值,太高或太低都不利。工艺参数的最佳值:源极电压 V_s 为 1 200 V ~ 1 300 V,阴极电压为 200 V ~ 300 V,有效功率密度比 κ 为 4 ~ 5,气压为 25 Pa ~ 30 Pa。

关键词 TiAl 金属间化合物,辉光放电,离子渗 Cr,工艺参数

Processing of Double Glow Plasma Chromising on TiAl Intermetallics

Zheng Chuanlin Xie Xishan Dong Jianxin

(High Temp. Alloy Lab., Materials Science & Engineering School, Beijing University of Science and Technology Beijing 100083)

Xu Zhong He Zhiyong

(Surface Engineering Research Institute, Taiyuan University of Technology Taiyuan 030024)

Abstract Chromising treatment of TiAl intermetallics was conducted by double glow plasma (DGPSAT). Effects of key processing parameters on two objective functions of alloy concentration CA on diffusion coating surface and thickness δ of diffusion coating were investigated. Experimental results indicated that alloy concentration CA on surface and thickness δ of diffusion coating increased with source pole voltage V_s and valid power density ratio κ and decreased with cathode voltage V_c . There is a peak in gas pressure, and it will be unfavorable if the value is too high or too low. The optimal values of key process parameters are as follows: source pole voltage V_s is 1 200 V ~ 1 300 V, cathode voltage V_c is 200 V ~ 300 V, valid power density ratio κ is 4 ~ 5 and gas pressure is 25 Pa ~ 30 Pa.

Key words TiAl intermetallics, Glow discharge, Plasma chromising, Process parameter

1 前言

TiAl 金属间化合物以其密度低、熔点高及较高

的高温强度而成为重要的结构材料应用于诸如汽车、飞机发动机部件。然而,阻碍 TiAl 实用化的障

收稿日期:2001-03-28

* 国家 863 高科技资助项目:7 150 080 050

郑传林,1966 年出生,博士研究生,主要从事材料的表面改性研究工作

宇航材料工艺 2002 年 第 2 期

— 51 —

碍是其室温下的脆性和高温下抗氧化性能不足。最近的一些研究表明室温脆性可以通过添加合金元素诸如 Cr、Mo 及其形态,控制来解决,室温延伸率可以达到 3%~4%^[1]。在提高 TiAl 高温抗氧化性方面,也有一些探讨,比如添加合金元素 Hf、Si、Cr、Mo、Nb、Cl^[2-4],预氧化、采用 TiAl₃、TiAlCr、MCrAlY 涂层技术等^[5-8],但利用渗 Cr 的方法却很少。本文利用双层辉光离子渗金属技术(DGPSAT)对 TiAl 进行等离子体渗 Cr 处理,并对渗层成分分布及各工艺参数对目标函数的影响进行了探讨。

2 试验方法

试验在双层辉光离子渗金属炉中进行^[9],石墨渗具布置采用洞穴法。如图 1 所示。阴极:TiAl,是由中国科学院腐蚀与防护研究所提供的真空冶炼锭,名义成分为 Ti-50%(摩尔分数)Al,由 γ 和极少量的 α_2 相组成。铸锭经线切割成 10 mm × 10 mm × 1.5 mm 的试样。源极材料:Cr 靶,尺寸为 120 mm × 60 mm。装炉前,源极需打磨干净露出新鲜表面,试样需用 800# 砂纸打磨,用丙酮清洗并干燥。

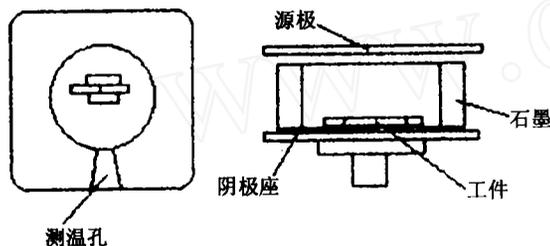


图 1 双层辉光等离子渗金属工艺图

Fig.1 Schematic sketch of DGPSAT process

3 结果与讨论

3.1 TiAl 单元渗 Cr 渗层成分分布

从 TiAl 双辉离子渗 Cr 后所获得的渗层断面成分分析可以看出,表面合金含 Cr 量为 38%,随厚度增加,含 Cr 量逐渐下降,这种成分随厚度递减的关系绘制成曲线,如图 2 所示。

从图中我们看到含 Cr 量大于 10% 的区域成分下降较陡,含 Cr 量小于 10% 的区域下降较为平缓。扩散层形成的机制归因于金属势和扩散。双辉的金属势是在不等电位空心阴极放电条件下源极与阴极溅射量差而形成的,通过控制有效功率密度比 κ ,可

以在被渗工件表面建立起很大的金属势,为下一步的扩散提供充分的扩散驱动力。单极溅射以及空心阴极放电下强烈的离子轰击作用创造了高密度的空位群^[10]及缺陷群,这些缺陷群成了欲渗原子的扩散捷径。TiAl 渗 Cr 用通常的粉末渗法难以奏效,而用等离子渗金属的方法获得了理想的渗层。

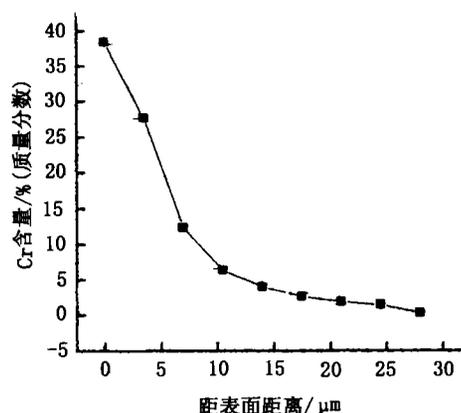


图 2 TiAl 渗 Cr 层成分沿断面分布

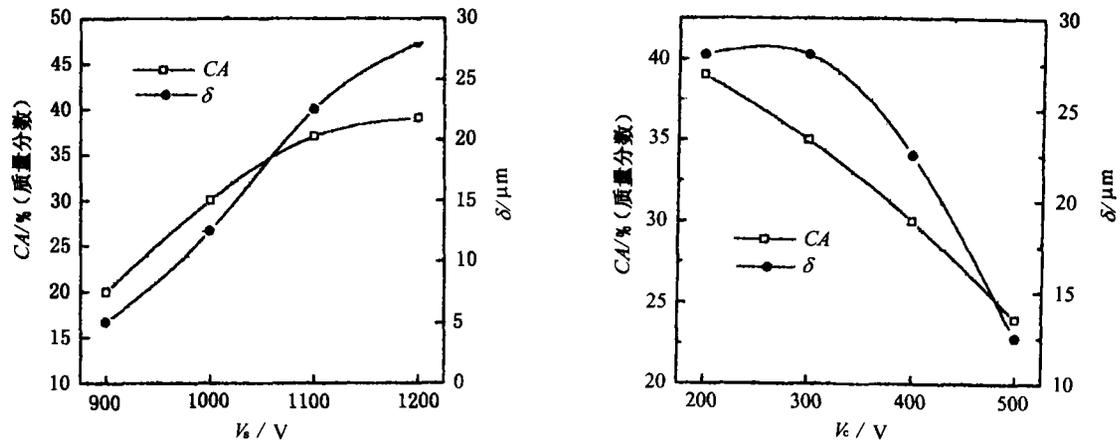
Fig.2 Distribution of Cr along cross-section of chromised TiAl

3.2 工艺参数对目标函数的影响

以表面合金含量 CA 和渗层的厚度 δ 这两个对表面性能影响较大的参量的极值为目标函数,研究其工艺特性。通过试验研究,认为该目标函数是可控的,其值的大小随工艺参数的变化而变化,如图 3、图 4 所示。

在所有工艺参数中, κ 是最本质的参数。 κ 的大小直接决定金属势的大小,且呈正相关的关系。 κ 越大, CA 和 δ 就越大, κ 越小, CA 和 δ 就越小。源极电压越大,阴极电压越小,表明源极提供的活性原子数越多而反溅射小,实际工件表面吸附的有效原子数就多,扩散驱动力大,表面合金含量和渗层厚度就大。气压对目标函数的影响有一个峰值即最佳值,气压太高,背散射强,即活性原子在向阴极传输的过程中由于碰撞返回的概率就大,金属势降低;气压太低,等离子体密度小,源极溅射出的有效原子数就少,金属势降低。本试验中气压的最佳值是 30 Pa 左右。值得一提的是,TiAl 渗 Cr 的过程中,在保证空心阴极放电的前提下,阴极电压应该低一些,这和双辉处理黑色金属有一定的偏差。

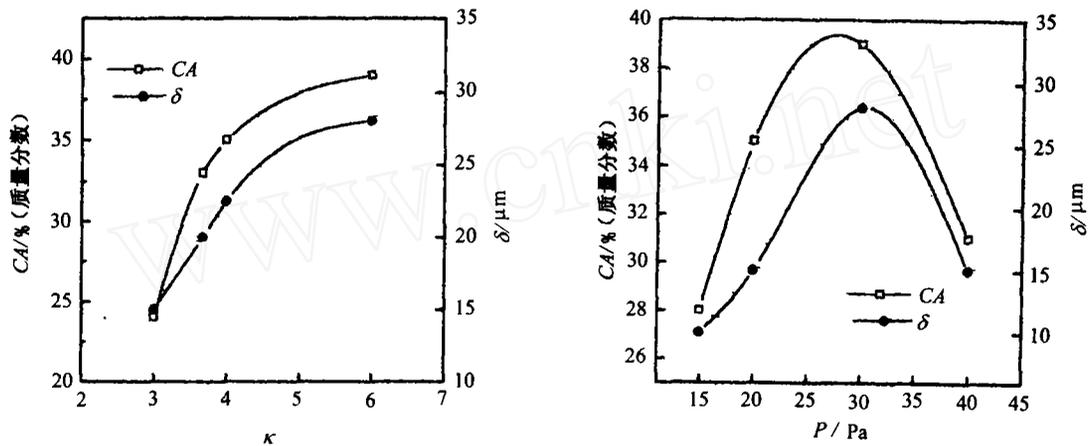
宇航材料工艺 2002 年 第 2 期



(a) 源极电压 V_s (b) 阴极电压 V_c

图3 源极电压 V_s 和阴极电压 V_c 对目标函数的影响

Fig.3 Effects of source voltage V_s and cathode voltage V_c on objective functions



(a) 有效功率密度比 κ (b) 气压 P

图4 有效功率密度比 κ 和气压 P 对目标函数的影响

Fig.4 Effects of valid power density ratio κ and gas pressure P on objective functions

4 结论

TiAl 空心阴极下离子渗 Cr 获得了满意的渗层, 表面合金含量 38.4%, 渗层厚度 28 μm , 并且目标函数可控。CA 和 δ 随有效功率密度比 κ 的增加而增加。CA 和 δ 随 V_s 的增加而增加, 随 V_c 的增加而减少。气压存在一个最佳值。本试验的最佳工艺参数为 κ : 3~4, V_s : 1 200 V~1 300 V, V_c : 200 V~300 V, P : 25 Pa~30 Pa, d : 20 mm。

致谢 感谢中国科学院腐蚀与防护国家重点实验室王福会教授提供的材料帮助。

宇航材料工艺 2002 年 第 2 期

参考文献

- 1 黄伯云. 钛铝基金属间化合物. 中南工业大学出版社, 1998: 1~17
- 2 Maki K, Shioda M, Sayashi M. Effect of silicon and niobium on oxidation resistance of TiAl intermetallics. Mater. Sci. Eng., 1992; A 153: 591~596
- 3 Shida Y, Anada H. Role of W, Mo, Nb and Si on oxidation of TiAl in air at temperature. Mater. Trans., JIM, 1994; 35 (9): 623~631
- 4 Bong Goo Kim et al. Oxidation behavior of TiAl-X (X = Cr, V, Si, or Nb) intermetallics at elevated temperature. Scip.

Metall., 1995;33(7):1 117~1 125

5 Taniguchi S, Shibata T, Sakon S. Oxidation resistance of TiAl significantly improved by combination of preoxidation and Hf addition. Mater. Sci. Eng., 1995; A198: 85~90

6 Kim S, Paik D, Kim I, Kim H, Park K. Effect of aluminizing on high temperature oxidation resistance of TiAl compounds. Mater. Sci, Tec., 1998; 14:822

7 Tang ZhaoLin, Wang Fuhui, Wu Weitao. Effect of a sput-

tered TiAlCr coating on the oxidation resistance of TiAl intermetallic compound. Oxid. Met., 1997; 48: 511

8 Tang ZhaoLin, Wang Fuhui, Wu Weitao. Effect of MCrAlY overlay coatings on oxidation resistance of TiAl intermetallics. Surf. Coat. Tec., 1998; 99: 248

9 Zhong Xu. U.S. Patent 4520268

10 Li Chengji, Xu Zhong. Diffusion mechanism of ion bombardment. Surface Engineering, 1987; (3):310

(编辑 任涛)

低湿度下氯化锂转轮除湿

该项成果的除湿原理是:氯化锂为一种白色无机盐,亲水性极强,利用氯化锂吸湿之特性,将其浸入石棉制成的纸中,再将纸制成蜂窝状的转轮芯,当潮湿的空气通过回转着的3/4蜂窝状孔洞时,水分被氯化锂吸收。而在另外1/4处,利用热空气反向吹入蜂窝孔洞,以排除被氯化锂吸收的水分,这样周而复始的旋转,达到不断除湿的效果。

该成果研制的除湿设备采用联合串联除湿,发挥了各除湿方法的特点,提高了设备的除湿工作效能,节约能耗,获得低湿度下的干燥空气,经济效益好,有应用价值。

激光熔覆工艺的应用

激光熔覆具有广阔的发展前景,潜力很大,经济效益可观,引起国内外广泛的关注,并投入人才物力进行研究。

航空发动机钛合金和镍基合金摩擦副的接触磨损是发动机使用和维修中的一大难题,利用激光熔覆技术则可获得优良的涂层,为燃气涡轮发动机零件的修复开创了一个新途径。该工作研究了激光表面熔覆高温耐磨涂层的激光喷涂技术,在DZ4合金基体上,喷涂CoCrW合金粉末和WC粉末的机械混合物,厚度为0.3mm,提高了高温耐磨及抗腐蚀性能,对镍基合金制造的航空发动机涡轮叶片,利用激光熔覆技术熔覆钴基合金,提高了耐热耐磨性能,与热喷镀等方法相比,缩短了涂层制备的时间,质量稳定,且消除了由热影响可能产生的裂纹等问题。

激光熔覆是提高金属材料耐磨性能的有效途径之一。表层激光熔覆FeCrSiB合金层后性能达到18—8不锈钢水平。熔覆NiCrSiB使电化学性能提高,熔覆陶瓷材料提高耐蚀耐磨等性能。用CO₂激光进行辐照,在化工管道外部形成50Cr—50Ni成分的涂层,耐蚀性能明显提高。在汽车发动机气门、阀门等零件要求耐高温、耐磨损及耐腐蚀的工作面上,用激光熔覆形成具有优良的耐热耐磨性合金涂层。激光熔覆处理可以改善工模具钢的表面硬度、耐磨性、高温硬度、抗热疲劳等性能,从而明显提高了工模具的使用寿命。

· 李连清 ·