



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116445846 A

(43) 申请公布日 2023.07.18

(21) 申请号 202310510132.8

(22) 申请日 2023.05.08

(71) 申请人 中国科学院兰州化学物理研究所
地址 730000 甘肃省兰州市城关区天水中路18号

(72) 发明人 朱圣宇 杨军 刘维民 刘江峡
程军 陈文元 谈辉 陈娇
孙奇春 陈娟娟

(74) 专利代理机构 兰州中科华西专利代理有限公司 62002
专利代理师 曹向东

(51) Int. Cl.

G23C 4/126 (2016.01)

G23C 4/073 (2016.01)

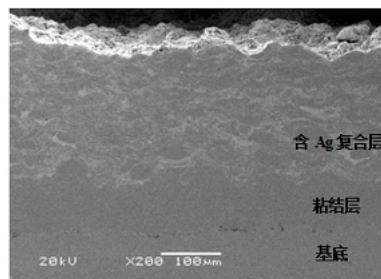
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

一种爆炸喷涂镍基宽温域自润滑涂层

(57) 摘要

本发明涉及一种爆炸喷涂镍基宽温域自润滑涂层,该涂层是指先直接将商用NiCrAlYTaf粉末爆炸喷涂在金属基底表面作为粘结层;再将NiCrAlYTaf-Ag混合粉末爆炸喷涂在NiCrAlYTaf粘结层上,形成含Ag复合层后,冷却至室温所形成的复合材料涂层。本发明所得涂层在室温到900℃具有良好的宽温域润滑抗磨性能,在高温高速等苛刻环境下作为发动机、空气轴承、涡轮增压器等关键部件表面涂层方面具有良好的应用前景,能够减小摩擦与降低磨损,延长零部件的工作寿命。



1. 一种爆炸喷涂镍基宽温域自润滑涂层, 其特征在于: 该涂层是指先直接将商用 NiCrAlYTa 粉末爆炸喷涂在金属基底表面作为粘结层; 再将 NiCrAlYTa - Ag 混合粉末爆炸喷涂在 NiCrAlYTa 粘结层上, 形成含 Ag 复合层后, 冷却至室温所形成的复合材料涂层。

2. 如权利要求 1 所述的一种爆炸喷涂镍基宽温域自润滑涂层, 其特征在于: 该涂层的厚度为 300 ~ 400 μm , 结合力为 43 ~ 50 MPa。

3. 如权利要求 1 所述的一种爆炸喷涂镍基宽温域自润滑涂层, 其特征在于: 所述金属基底是指 Inconel 718 高温合金。

4. 如权利要求 1 所述的一种爆炸喷涂镍基宽温域自润滑涂层, 其特征在于: 所述爆炸喷涂的条件是指爆炸气体采用体积比为 1:1 的氧碳混合气体; 燃气成分为乙炔或丙烷; 充气量为 40%~50%; 采用脉冲式送粉及点火方式, 喷涂频率为 3~5 Hz, 送粉率为 2 g/shot, 喷涂距离为 150~300 mm, 使用氮气作为送粉载气和保护气体。

5. 如权利要求 1 所述的一种爆炸喷涂镍基宽温域自润滑涂层, 其特征在于: 所述 NiCrAlYTa - Ag 混合粉末是指按质量百分比计的 75~85% NiCrAlYTa 粉末和 15~25% Ag 粉末经球磨所得的混合粉末。

6. 如权利要求 5 所述的一种爆炸喷涂镍基宽温域自润滑涂层, 其特征在于: 所述球磨条件是指采用行星式球磨机, 磨球为碳化钨球, 球料比为 1:1, 转速为 250 r/min, 球磨混合时间为 4 小时。

一种爆炸喷涂镍基宽温域自润滑涂层

技术领域

[0001] 本发明涉及复合材料及涂层技术领域,尤其涉及一种爆炸喷涂镍基宽温域自润滑涂层。

背景技术

[0002] 机械运动部件通常需要加入润滑油等方式来减小摩擦与降低磨损,延长零部件的工作寿命,由于在航空航天及军事工业等领域的先进装备需要在极端工况下服役并在较宽的温度范围内保持良好的工作状态,而液体润滑剂在高温和重载等环境下极易分解失效,导致设备服役寿命大幅降低。因此,固体润滑材料由于其较高的热稳定性、宽温域的工作范围而受到人们的广泛关注。

[0003] 高温固体润滑涂层技术具有机械零部件尺寸设计灵活的优点,能够在只增加较少质量和体积的情况下发挥润滑和耐磨性能,且适用范围较广,成为解决机械部件在高温环境下摩擦磨损问题的首选方案。现阶段较成功的宽温域润滑涂层设计是通过在具有耐高温抗氧化腐蚀特性的涂层基体中添加易剪切的软金属,使其在摩擦过程中在表面扩散并在摩擦对之间形成润滑膜,降低室温至中温下涂层的摩擦系数;随温度升高,涂层表面在不断的摩擦和加热作用诱导下原位生成过渡金属三元氧化物或其他具有高温润滑作用的氧化物,以此达到宽温域润滑的目的。

[0004] NiCrAlY基涂层通常被用作在超高温下工作的运动部件接触面上耐高温保护层。目前,关于制备NiCrAlY基涂层已有专利文献报道,中国专利CN114318322A公开了一种用于涡轮叶片的NiCrAlY抗氧化涂层,利用火焰喷涂技术实现了在零件表面的一次成型,防止了涂层的大块剥落,但没有进行摩擦氧化的动态环境测试。在高温润滑涂层方面,中国专利CN104278227B公开了一种利用等离子喷涂技术制备的NiCrAlY/Ag/Mo宽温域润滑涂层,室温至800℃时摩擦系数在0.25 ~ 0.45,磨损率在 $2 \sim 10 \times 10^{-5} \text{mm}^3/\text{Nm}$,结合强度在25 ~ 38 MPa;可以看到NiCrAlY涂层仍然存在的低硬度和结合力的问题,力学性能较差且没有进行800℃以上摩擦学性能评价的报道。

[0005] 爆炸喷涂具有材料可选择范围广、制备的涂层结构致密、力学性能高等优点,相比于其他热喷涂技术更具优势。中国专利CN112063961A公开了一种高熵合金涂层的制备方法,利用爆炸喷涂技术制备的涂层的硬度及结合力数倍于火焰喷涂等其他技术制备的相同成分涂层,其目的在于改善现有高熵合金涂层生产成本高、孔隙率高以及与基体结合力较差的问题。而至今关于利用爆炸喷涂技术制备具有较高力学性能和优异摩擦学性能的NiCrAlYTa基宽温域自润滑涂层还未见任何文献公开报道。

发明内容

[0006] 本发明所要解决的技术问题是提供一种高性能的爆炸喷涂镍基宽温域自润滑涂层。

[0007] 为解决上述问题,本发明所述的一种爆炸喷涂镍基宽温域自润滑涂层,其特征在

于:该涂层是指先直接将商用NiCrAlYT a粉末爆炸喷涂在金属基底表面作为粘结层;再将NiCrAlYT a - Ag混合粉末爆炸喷涂在NiCrAlYT a粘结层上,形成含Ag复合层后,冷却至室温所形成的复合材料涂层。

[0008] 该涂层的厚度为300 ~ 400 μm ,结合力为43 ~ 50 MPa。

[0009] 所述金属基底是指Inconel 718高温合金。

[0010] 所述爆炸喷涂的条件是指爆炸气体采用体积比为1:1的氧碳混合气体;燃气成分为乙炔或丙烷;充气量为40%~50%;采用脉冲式送粉及点火方式,喷涂频率为3~5 Hz,送粉率为2 g/shot,喷涂距离为150~300 mm,使用氮气作为送粉载气和保护气体。

[0011] 所述NiCrAlYT a - Ag混合粉末是指按质量百分比计的75~85% NiCrAlYT a粉末和15~25% Ag粉末经球磨所得的混合粉末。

[0012] 所述球磨条件是指采用行星式球磨机,磨球为碳化钨球,球料比为1:1,转速为250 r/min,球磨混合时间为4小时。

[0013] 本发明与现有技术相比具有以下优点:

1、本发明选择高温力学性能和抗氧化性能均优异的Inconel 718高温合金作为基底,以具有优异相容性、抗氧化性和耐磨性能的NiCrAlYT a合金作为基体相,通过添加软金属Ag来改善涂层的室温脆性并提高韧性。

[0014] 2、本发明所得涂层的宽温域润滑性能来自于在中低温时软金属Ag的润滑作用,在高温摩擦过程中通过摩擦化学反应原位生成的钽酸银、氧化钽等氧化物形成的高温润滑膜,并通过调整摩擦材料表面的化学组成和物质结构以达到宽温域润滑效果。

[0015] 3、对本发明所得镍基高温自润滑涂层进行电镜扫描,如图1所示,浅灰色为NiCrAlYT a的分布区域,白色为Ag的分布区域,白色区域为均匀分布的Ag相,说明了NiCrAlYT a - Ag涂层呈现典型的热喷涂结构,且具有较高的致密性及均匀性。

[0016] 4、本发明采用爆炸喷涂制备的镍基高温自润滑涂层具有高的结合力(结合力范围为43 ~ 50 MPa)和优于等离子喷涂等其他方法沉积涂层的硬度值(硬度范围为303 ~ 505 Hv),宽温域下摩擦学和力学性能优异,且制备工艺简单快速。

[0017] 5、本发明所得涂层在室温到900 $^{\circ}\text{C}$ 具有良好的宽温域润滑抗磨性能,在高温高速等苛刻环境下作为发动机、空气轴承、涡轮增压器等关键部件表面涂层方面具有良好的应用前景,能够减小摩擦与降低磨损,延长零部件的工作寿命。

附图说明

[0018] 下面结合附图对本发明的具体实施方式作进一步详细的说明。

[0019] 图1为本发明镍基高温自润滑涂层的截面扫描电镜显微结构图。

图2为本发明镍基高温自润滑涂层的摩擦系数-温度关系图。

[0020] 图3为本发明镍基高温自润滑涂层的磨损率-温度关系图。

具体实施方式

[0021] 一种爆炸喷涂镍基宽温域自润滑涂层,该涂层是指先直接将商用NiCrAlYT a粉末爆炸喷涂在金属基底——Inconel 718高温合金的表面作为提高宽温域自润滑涂层与基底间结合力的粘结层;再将NiCrAlYT a - Ag混合粉末爆炸喷涂在NiCrAlYT a粘结层上,形成提

供润滑和耐磨性能的含Ag复合层后,冷却至室温所形成的复合材料涂层。该涂层的厚度为300 ~ 400 μm ,结合力为43 ~ 50 MPa。

[0022] 其中:NiCrAlYTa - Ag混合粉末是指按质量百分比(g/g)计的75~85% NiCrAlYTa粉末和15~25% Ag粉末,采用行星式球磨机进行球磨,磨球为碳化钨球,球料比为1:1,转速为250 r/min,球磨混合时间为4小时制得。

[0023] 爆炸喷涂的条件是指爆炸气体采用体积比为1:1的氧碳混合气体;燃气成分为乙炔或丙烷;充气量为40%~50%;采用脉冲式送粉及点火方式,喷涂频率为3~5 Hz,送粉率为2 g/shot,喷涂距离为150~300 mm,使用氮气作为送粉载气和保护气体。

[0024] NiCrAlYTa粉末为北矿新材料科技有限公司提供的商用球形NiCrAlYTa喷涂粉。

[0025] Ag粉末为长沙天久金属材料有限公司提供的球形Ag粉末。

[0026] 实施例1 一种爆炸喷涂镍基宽温域自润滑涂层:先直接将商用NiCrAlYTa粉末爆炸喷涂在金属基底——Inconel 718高温合金的表面作为提高宽温域自润滑涂层与基底间结合力的粘结层;再将NiCrAlYTa - Ag混合粉末爆炸喷涂在NiCrAlYTa粘结层上,形成含Ag复合层后,冷却至室温,得到NiCrAlYTa - Ag宽温域自润滑涂层。

[0027] 其中:NiCrAlYTa - Ag混合粉末是指将85g NiCrAlYTa和15g Ag的热喷涂用粉末,在球料比为1:1、磨球为碳化钨球、转速为250 r/min的行星式球磨机中混合4小时后制得。

[0028] 对该NiCrAlYTa - Ag宽温域自润滑涂层进行性能测试:

【硬度】

测试方法:采用维氏显微硬度计测试材料的硬度,测试条件为200 g,加载持续时间5 s。

[0029] 测试结果:显微维氏硬度(Hv)为376。

【结合力】

测试方法:基于ASTM C633 - 13热喷涂涂层附着力或内聚强度标准试验方法,利用万能材料试验机对涂层进行结合力测试,拉伸速率为0.005 m/s,最大载荷200 kN。

[0031] 测试结果:结合力为50 MPa。

【摩擦磨损】

测试方法:大气环境中,在GF-I型栓盘接触式高温往复摩擦磨损试验机上对涂层进行从室温到900 $^{\circ}\text{C}$ 合金摩擦性能的测试。涂层基体高温合金尺寸为 $\Phi 25.4 \text{ mm} \times 8 \text{ mm}$,对偶材料为直径5 mm的Inconel 718高温合金栓,载荷5 N,往复速度0.05 m/s,往复长度5 mm,运行时间60 min。

[0033] 测试结果:摩擦系数和磨损率如表1、图2~3所示。

[0034] 表1

| 温度/ $^{\circ}\text{C}$ | 室温 | 400 | 800 | 900 |
|---------------------------------------|------|------|------|------|
| 摩擦系数 | 0.54 | 0.48 | 0.49 | 0.36 |
| 磨损率/ $10^{-3}(\text{mm}^3/\text{Nm})$ | 8.11 | 15.7 | 6.33 | 6.94 |

实施例2 一种爆炸喷涂镍基宽温域自润滑涂层:先直接将商用NiCrAlYTa粉末爆炸喷涂在金属基底——Inconel 718高温合金的表面作为提高宽温域自润滑涂层与基底间结合力的粘结层;再将NiCrAlYTa - Ag混合粉末爆炸喷涂在NiCrAlYTa粘结层上,形成含Ag复合层后,冷却至室温,得到NiCrAlYTa - Ag宽温域自润滑涂层。

[0035] 其中: NiCrAlYT a - Ag混合粉末是指将80g NiCrAlYT a和20g Ag的热喷涂用粉末, 在球料比为1:1、磨球为碳化钨球、转速为250 r/min的行星式球磨机中混合4小时后制得。

[0036] 对该NiCrAlYT a - Ag宽温域自润滑涂层进行性能测试:

【硬度】

测试方法同实施例1。测试结果: 显微维氏硬度(Hv)为303。

[0037] **【结合力】**

测试方法同实施例1。测试结果: 结合力为45 MPa。

[0038] **【摩擦磨损】**

测试方法: 同实施例1。测试结果: 摩擦系数和磨损率如表2、图2~3所示。

[0039] 表2

| 温度/°C | 室温 | 400 | 800 | 900 |
|---------------------------------------|------|------|------|------|
| 摩擦系数 | 0.43 | 0.37 | 0.36 | 0.46 |
| 磨损率/ $10^{-3}(\text{mm}^3/\text{Nm})$ | 6.33 | 4.44 | 4.33 | 5.58 |

实施例3 一种爆炸喷涂镍基宽温域自润滑涂层: 先直接将商用NiCrAlYT a粉末爆炸喷涂在金属基底——Inconel 718高温合金的表面作为提高宽温域自润滑涂层与基底间结合力的粘结层; 再将NiCrAlYT a - Ag混合粉末爆炸喷涂在NiCrAlYT a粘结层上, 形成含Ag复合层后, 冷却至室温, 得到NiCrAlYT a - Ag宽温域自润滑涂层。

[0040] 其中: NiCrAlYT a - Ag混合粉末是指将75g NiCrAlYT a和25g Ag的热喷涂用粉末, 在球料比为1:1、磨球为碳化钨球、转速为250 r/min的行星式球磨机中混合4小时后制得。

[0041] 对该NiCrAlYT a - Ag宽温域自润滑涂层进行性能测试:

【硬度】

测试方法同实施例1。测试结果: 显微维氏硬度(Hv)为303。

[0042] **【结合力】**

测试方法同实施例1。测试结果: 结合力为43 MPa。

[0043] **【摩擦磨损】**

测试方法: 同实施例1。测试结果: 摩擦系数和磨损率如表3、图2~3所示。

[0044] 表3

| 温度/°C | 室温 | 400 | 800 | 900 |
|---------------------------------------|------|------|------|------|
| 摩擦系数 | 0.43 | 0.38 | 0.55 | 0.51 |
| 磨损率/ $10^{-3}(\text{mm}^3/\text{Nm})$ | 6.57 | 3.14 | 28.3 | 9.02 |

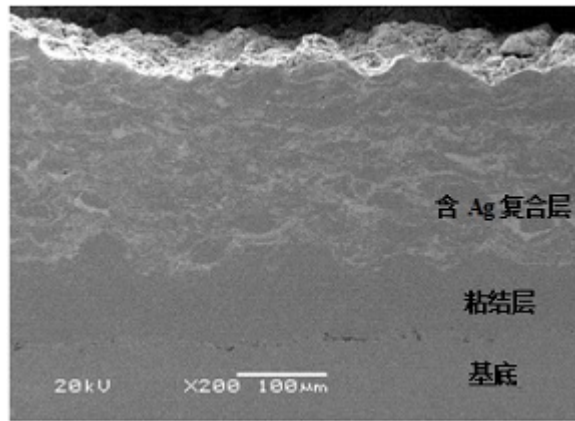


图1

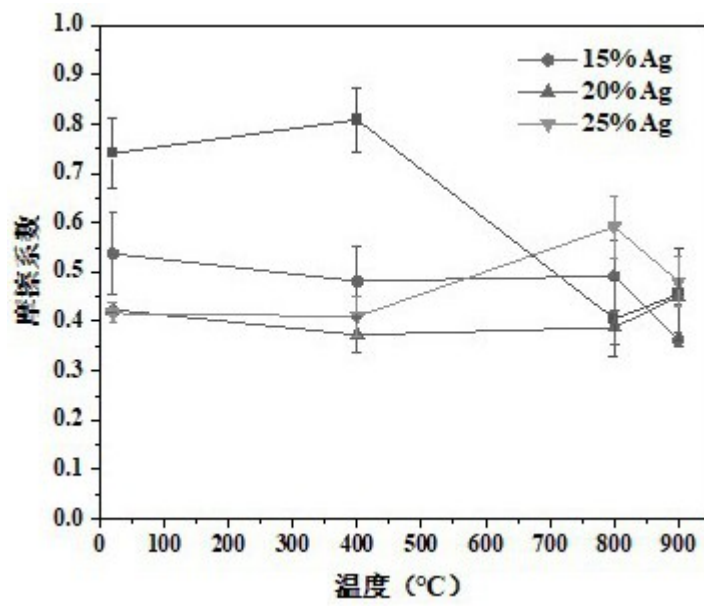


图2

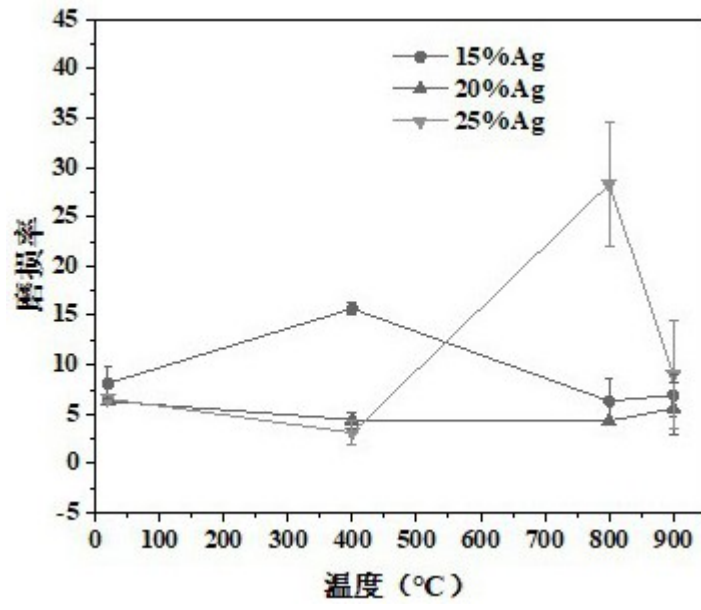


图3