



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110643928 B

(45) 授权公告日 2022.03.29

(21) 申请号 201911059046.X

(22) 申请日 2019.11.01

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110643928 A

(43) 申请公布日 2020.01.03

(73) 专利权人 西安工业大学
地址 710032 陕西省西安市未央区学府中
路2号

(72) 发明人 高培虎 陈白阳 曾圣聪 杨忠
郭永春 李建平 梁民宪 郭巧琴
白亚平

(74) 专利代理机构 西安维赛恩专利代理事务所
(普通合伙) 61257
代理人 刘艳霞

(51) Int.Cl.

C23C 4/134 (2016.01)

C23C 4/067 (2016.01)

C23C 4/18 (2006.01)

B22F 9/08 (2006.01)

C22C 37/10 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 104313531 A, 2015.01.28

CN 102308112 A, 2012.01.04

CN 104498859 A, 2015.04.08

US 4503085 A, 1985.03.05

CN 103451589 A, 2013.12.18

CN 1498984 A, 2004.05.26

CN 104831208 A, 2015.08.12

审查员 汤庆新

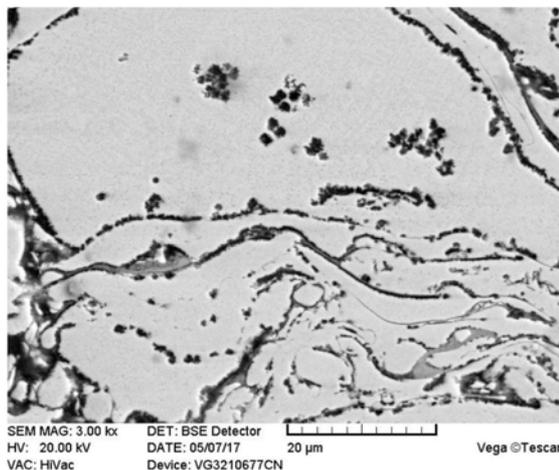
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

一种铁基合金耐磨减摩涂层及其制备方法

(57) 摘要

本发明公开了一种铁基合金耐磨减摩涂层及其制备方法,制备方法由以下步骤组成:对铁基合金进行预处理;以Fe、Al、Si、C为原料,在甲烷保护下进行雾化法造粉;采用等离子喷涂方法,在铁基合金表面喷涂FeAlSiC合金粉末形成涂层;在甲烷气氛保护对涂层进行热处理;本发明在造粉和热处理的步骤中均以甲烷为保护气体,可以防止合金粉末脱碳,同时气体可以回收利用;利用所设计成分的铁基合金粉末,在甲烷保护离心雾化制备合金粉末的基础上,通过等离子喷涂技术在铁基工件喷涂FeAlSiC涂层,热处理后涂层与GCr15销子对磨的摩擦系数的摩擦系数都小于0.3,涂层的显微硬度可达530HV,涂层磨损量小于2mg,析出石墨的涂层耐磨减摩效果良好,且成本低廉。



1. 一种铁基合金耐磨减摩涂层的制备方法,其特征在于,由以下步骤组成:
对铁基合金进行预处理;
以Fe、Al、Si、C为原料,在甲烷保护下进行气雾化法造粉;
采用等离子喷涂方法,在铁基合金表面喷涂FeAlSiC合金粉末形成涂层;
在甲烷气氛保护对涂层进行热处理,
其中,步骤三中的等离子喷涂中主气为氩气,辅气为氢气,等离子喷涂方法参数为电压54.5V,电流550A,喷涂距离80mm,氩气气压0.9MPa,流量47L/min,氢气气压0.36MPa,流量1.5L/min,涂层厚度为300-400 μ m;
其中,步骤四中热处理采用甲烷气氛保护的管式气氛保护炉,热处理温度为700 $^{\circ}$ C-760 $^{\circ}$ C,保温时间为30min-60min;
FeAlSiC合金粉末中各组分含量分别为:Al 3.7%~4.0%,Si 3.5%~3.7%,C5.5%~6%,余量为Fe。
2. 根据权利要求1所述的一种铁基合金耐磨减摩涂层的制备方法,其特征在于,步骤一中的预处理方法为:先进行除油除锈,然后用丙酮清洗烘干,最后用SiO₂进行喷砂处理。
3. 根据权利要求1制备得到的一种具备耐磨减摩涂层的铁基合金,其特征在于,包括:
一铁基合金,
一FeAlSiC涂层,涂覆在铁基合金表面,用于增加铁基合金的耐磨减摩性,
其中,FeAlSiC合金粉末中各组分含量分别为:Al 3.7%~4.0%,Si 3.5%~3.7%,C5.5%~6%,其余为Fe。
4. 根据权利要求1制备得到的一种具备铁基合金耐磨减摩涂层的铁基零件,其特征在于,包括:
一铁基零件,
一FeAlSiC涂层,涂覆在铁基零件 表面,用于增加铁基零件的耐磨减摩性。
5. 根据权利要求4所述一种具备铁基合金耐磨减摩涂层的铁基零件,其特征在于,具备FeAlSiC涂层的铁基零件用于制造大马力发动机的高温运动部件。

一种铁基合金耐磨减摩涂层及其制备方法

【技术领域】

[0001] 本发明属于金属表面改性领域,尤其涉及一种铁基合金耐磨减摩涂层及其制备方法。

【背景技术】

[0002] 磨损是金属零件失效的三种主要原因(磨损、腐蚀、疲劳)之一,由于材料的耐磨性较差且处于磨损工况运作下,我国大量的基础零件寿命普遍低于国际产品水平,因此,造成的经济损失也十分惊人。通过表面改性技术来制备廉价且高效的耐磨减摩涂层不但可以提高工件的使用寿命,而且从而提升了经济效益。

[0003] 目前金属陶瓷复合涂层,在塑性良好的金属基体上均匀分布颗粒状陶瓷相,制备出既有金属韧性又有陶瓷耐高温,耐磨损特性的涂层。如WC-Co热喷涂涂层,虽然表现出优越的耐磨性,但WC颗粒硬度高,在无润滑服役条件下,耐磨层会发生塑性变形,出现剥裂失效,高硬度的WC颗粒脱落,会加剧工件的磨损。在高温喷涂过程中WC会发生脱碳和向Co基体金属中溶解现象,导致涂层耐磨性急剧下降,而且涂层材料价格昂贵,限制其大范围的应用。

【发明内容】

[0004] 本发明的目的是提供一种铁基合金耐磨减摩涂层及其制备方法,以解决大量工业基础零件、尤其是铁基零件耐磨层易剥裂、易变形、磨损快、成本高及耐磨性差的问题。

[0005] 本发明采用以下技术方案:一种铁基合金耐磨减摩涂层的制备方法,由以下步骤组成:

[0006] 对铁基合金进行预处理;

[0007] 以Fe、Al、Si、C为原料,在甲烷保护下进行气雾化法造粉;

[0008] 采用等离子喷涂方法,在铁基合金表面喷涂FeAlSiC合金粉末形成涂层;

[0009] 在甲烷气氛保护对涂层进行热处理。

[0010] 进一步地,FeAlSiC合金粉末中各组分含量分别为:Al 3.7%~4.0%,Si 3.5%~3.7%,C 5.5%~6%,余量为Fe。

[0011] 进一步地,步骤一中的预处理方法为:先进行除油除锈,然后用丙酮清洗烘干,最后用SiO₂进行喷砂处理。

[0012] 进一步地,步骤三中的等离子喷涂中主气为氩气,辅气为氢气,等离子喷涂方法参数为电压54.5V,电流550A,喷涂距离80mm,氩气气压0.9MPa,流量47L/min,氢气气压0.36MPa,流量1.5L/min,涂层厚度为300-400μm。

[0013] 进一步地,步骤四中热处理采用甲烷气氛保护的管式气氛保护炉,热处理温度为700℃-760℃,保温时间为30min-60min。

[0014] 一种具备耐磨减摩涂层的铁基合金,包括:

[0015] 一铁基合金,

- [0016] 一FeAlSiC涂层,涂覆在铁基合金表面,用于增加铁基合金的耐磨减摩性,
- [0017] 其中,FeAlSiC合金粉末中各组分含量分别为:Al 3.7%~4.0%,Si 3.5%~3.7%,C 5.5%~6%,其余为Fe。
- [0018] 一种具备铁基合金耐磨减摩涂层的铁基零件,包括:
- [0019] 一铁基零件,
- [0020] 一FeAlSiC涂层,涂覆在铁基合金表面,用于增加铁基零件的耐磨减摩性。
- [0021] 一种具备铁基合金耐磨减摩涂层的铁基零件的应用,具备FeAlSiC涂层的铁基零件用于制造大马力发动机的高温运动部件。
- [0022] 本发明的有益效果是:本发明在造粉和热处理的步骤中均以甲烷为保护气体,可以防止合金粉末脱碳,同时气体可以回收循环利用;利用所设计成分的铁基合金粉末,在甲烷保护离心气雾化制备合金粉末的基础上,通过等离子喷涂技术在铁基工件喷涂FeAlSiC涂层,热处理后涂层与GCr15销子对磨的摩擦系数的摩擦系数都小于0.3,涂层的显微硬度可达530HV,涂层磨损量小于2mg,析出石墨的涂层耐磨减摩效果良好,且成本低廉,适合对工业铁基零件的修复和表面防护。

【附图说明】

- [0023] 图1为本发明中实施例1喷涂涂层的未热处理的断面SEM图;
- [0024] 图2为本发明中实施例1热处理后涂层截面SEM图。

【具体实施方式】

- [0025] 下面结合附图和具体实施方式对本发明进行详细说明。
- [0026] 本发明公开了一种铁基合金耐磨减摩涂层的制备方法,由以下步骤组成:
- [0027] 步骤1:对铁基合金进行预处理,预处理方法为:先进行除油除锈,然后用丙酮清洗烘干,最后用SiO₂进行喷砂处理。
- [0028] 步骤2:以Fe、Al、Si、C为原料,在甲烷保护下进行气雾化法造粉;FeAlSiC合金粉末中各组分含量的重量比分别为:Al 3.7%~4.0%,Si 3.5%~3.7%,C 5.5%~6%,其余为Fe;以甲烷为保护气体,可以防止合金粉末脱碳,同时气体可以回收循环利用;利用所设计成分的铁基合金粉末,在甲烷保护离心气雾化制备合金粉末的基础上,通过等离子喷涂技术在铁基工件喷涂FeAlSiC涂层。
- [0029] 步骤3:采用等离子喷涂方法,在铁基合金表面喷涂FeAlSiC合金粉末形成涂层;等离子喷涂方法参数为电压54.5V,电流550A,喷涂距离80mm,氩气气压0.9MPa,流量47L/min,氢气气压0.36MPa,流量1.5L/min,涂层厚度为300-400μm。等离子喷涂中主气为氩气,辅气为氢气。
- [0030] 步骤4:对涂层进行热处理,热处理采用甲烷气氛保护的管式气氛保护炉,热处理温度为700℃-760℃,升温速率5℃/min,保温时间为30min-60min。热处理后石墨在涂层中析出,涂层的高硬度和所析出石墨的固体润滑作用下涂层具有耐磨减摩特征。现有技术中在造粉的过程中选择保护气体时,一般选择氩气或者真空保护,但是如果选择氩气或者真空保护时,就需要快速升温,在快速升温后,就无法析出石墨碳,会产生游离碳,进而达不到减摩的效果。

[0031] 通过等离子喷涂方法制备的FeAlSiC涂层的耐磨减摩性主要得益于,合金粉末中很高的碳含量和等离子喷涂冷却过程中的极大的过冷度,使得合金涂层中的碳原子来不及析出,形成碳的过饱和固溶体。在经过热处理技术,小球状石墨析出,在颗粒内部和界面处都有石墨析出,形成了固体润滑相。在涂层颗粒内部和界面处形成球状的石墨,作为固体润滑剂的石墨,在零件服役过程中起到很好的减摩作用。

[0032] 涂层材料主要含有Fe,Al,Si,C,价格廉价,是一种具有发展潜力而且成本较低的耐磨减摩材料,提高工业设备零部件的寿命具有重要的意义。FeAlSiC涂层良好的耐磨减摩效果和廉价广泛的原料,为提高工业设备中大量的工件、尤其是铁基零件的寿命和工作效率有重要的意义。本发明解决了大量工业基础铁基零件耐磨层易剥裂、易变形、磨损快、成本高及耐磨性差的问题。

[0033] 本发明还公开了一种具备耐磨减摩涂层的铁基合金,包括:一铁基合金和FeAlSiC涂层,FeAlSiC涂层涂覆在铁基合金表面,用于增加铁基合金的耐磨减摩性,其中,FeAlSiC合金粉末中各组分含量分别为:Al 3.7%~4.0%,Si 3.5%~3.7%,C 5.5%~6%,其余为Fe。

[0034] 本发明还公开了一种具备铁基合金耐磨减摩涂层的铁基零件,包括:一铁基零件和一FeAlSiC涂层,FeAlSiC涂层涂覆在铁基零件表面,用于增加铁基零件的耐磨减摩性,其中,FeAlSiC合金粉末中各组分含量分别为:Al 3.7%~4.0%,Si 3.5%~3.7%,C 5.5%~6%,其余为Fe。

[0035] 本发明还公开了具备铁基合金耐磨减摩涂层的铁基零件的应用,具备FeAlSiC涂层的铁基零件用于制造大马力发动机的高温运动部件,比如缸体、缸盖、曲轴、连杆、凸轮轴等部件。

[0036] 实施例1:

[0037] FeAlSiC合金元素含量分别为Al:3.7%、S_i:3.5%、C:5.5%、Fe:87.3%,合金粉末颗粒大小在40-50 μ m。

[0038] 步骤1:对G20钢基材进行预处理;将 ϕ 30x3mm的铁基试样进行除油除锈,烘干后,然后用丙酮清洗烘干,用SiO₂进行喷砂处理,除去表面的氧化层和杂物。

[0039] 步骤2:真空熔炼、离心气雾化法进行粉末制备,离心机转速为12000rad/min,气雾化采用甲烷气体,保护气为甲烷。

[0040] 步骤3:在G20钢基材进行等离子喷涂方法制备FeAlSiC合金涂层,等离子喷涂工艺方法参数:电压54.5V,电流550A,喷涂距离80mm,氩气气压0.9MPa,流量47L/min,氢气气压0.36MPa,流量1.5L/min,涂层厚度为400 μ m。

[0041] 步骤4:在甲烷气氛保护对合金涂层进行热处理;热处理温度为700 $^{\circ}$ C,升温速率5 $^{\circ}$ C/min,保温时间为30min,随炉冷却。

[0042] 如图1和2所示,热处理后的试样显微硬度测试,涂层平均硬度为530HV,石墨体积分数平均为8.9%,摩擦磨损测试涂层摩擦系数为0.28,磨损量为1.9mg。

[0043] 实施例2:

[0044] FeAlSiC合金元素含量分别为Al:3.8%、S_i:3.6%、C:5.6%、Fe:87.0%;合金粉末颗粒大小在40-50 μ m。

[0045] 步骤1:对1Cr8Ni9Ti不锈钢基体进行预处理;将 ϕ 30x3mm的铁基试样进行除油

除锈,烘干后,然后用丙酮清洗烘干,用 SiO_2 进行喷砂处理,除去表面的氧化层和杂物。

[0046] 步骤2:真空熔炼、离心气雾化法进行粉末制备,离心机转速为12000rad/min,气雾化采用甲烷气体,保护气为甲烷。

[0047] 步骤3:在1Cr8Ni9Ti不锈钢基体上进行等离子喷涂方法制备FeAlSiC合金涂层,等离子喷涂工艺方法参数:电压54.5V,电流600A,喷涂距离80mm,氩气气压0.9MPa,流量47L/min,氢气气压0.36MPa,流量1.5L/min,涂层厚度为350 μm 。

[0048] 步骤4:在甲烷气氛保护对合金涂层进行热处理;热处理温度为730 $^{\circ}\text{C}$,升温速率5 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$,保温时间为30min,随炉冷却。

[0049] 热处理后的试样显微硬度测试,涂层平均硬度为480HV,石墨体积分数平均为10.1%,摩擦磨损测试涂层摩擦系数为0.21,磨损量为1.5mg。

[0050] 实施例3:

[0051] FeAlSiC合金元素含量分别为Al:3.9%、 S_1 :3.7%、C:5.7%、Fe:86.7%;合金粉末颗粒大小在40-50 μm 。

[0052] 步骤1:对蠕墨铸铁RuT350基体进行预处理;将 $\phi 30 \times 3 \text{mm}$ 的铁基试样进行除油除锈,烘干后,然后用丙酮清洗烘干,用 SiO_2 进行喷砂处理,除去表面的氧化层和杂物。

[0053] 步骤2:真空熔炼、离心气雾化法进行粉末制备,离心机转速为12000rad/min,气雾化采用甲烷气体,保护气为甲烷。

[0054] 步骤3:在蠕墨铸铁RuT350基体上进行等离子喷涂方法制备FeAlSiC合金涂层,等离子喷涂工艺方法参数:电压60.5V,电流600A,喷涂距离80mm,氩气气压0.9MPa,流量47L/min,氢气气压0.36MPa,流量2.1L/min,涂层厚度为350 μm 。

[0055] 步骤4:在甲烷气氛保护对合金涂层进行热处理;热处理温度为760 $^{\circ}\text{C}$,升温速率5 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$,保温时间为30min,随炉冷却。

[0056] 热处理后的试样显微硬度测试,涂层平均硬度为450HV,石墨体积分数平均为13.1%,摩擦磨损测试涂层摩擦系数为0.19,磨损量为1.2mg。

[0057] 实施例4:

[0058] FeAlSiC合金元素含量分别为Al:4.0%、 S_1 :3.6%、C:6.0%、Fe:86.7%;合金粉末颗粒大小在40-50 μm 。

[0059] 步骤1:对灰铁HT250基体进行预处理;将 $\phi 30 \times 3 \text{mm}$ 的铁基试样进行除油除锈,烘干后,然后用丙酮清洗烘干,用 SiO_2 进行喷砂处理,除去表面的氧化层和杂物。

[0060] 步骤2:真空熔炼、离心气雾化法进行粉末制备,离心机转速为12000rad/min,气雾化采用甲烷气体,保护气为甲烷。

[0061] 步骤3:在灰铁HT250基体上进行等离子喷涂方法制备FeAlC合金涂层,等离子喷涂工艺方法参数:电压58.5V,电流600A,喷涂距离80mm,氩气气压0.9MPa,流量47L/min,氢气气压0.36MPa,流量1.9L/min,涂层厚度为380 μm 。

[0062] 步骤4:在甲烷气氛保护对合金涂层进行热处理;热处理温度为760 $^{\circ}\text{C}$,升温速率5 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$,保温时间为60min。

[0063] 热处理后颗粒内部有球状石墨析出,界面处也有小颗粒石墨析出,热处理后的试样显微硬度测试,涂层平均硬度为430HV,石墨体积分数平均为9.5%,摩擦磨损测试中摩擦系数为0.22,磨损量为1.5mg。

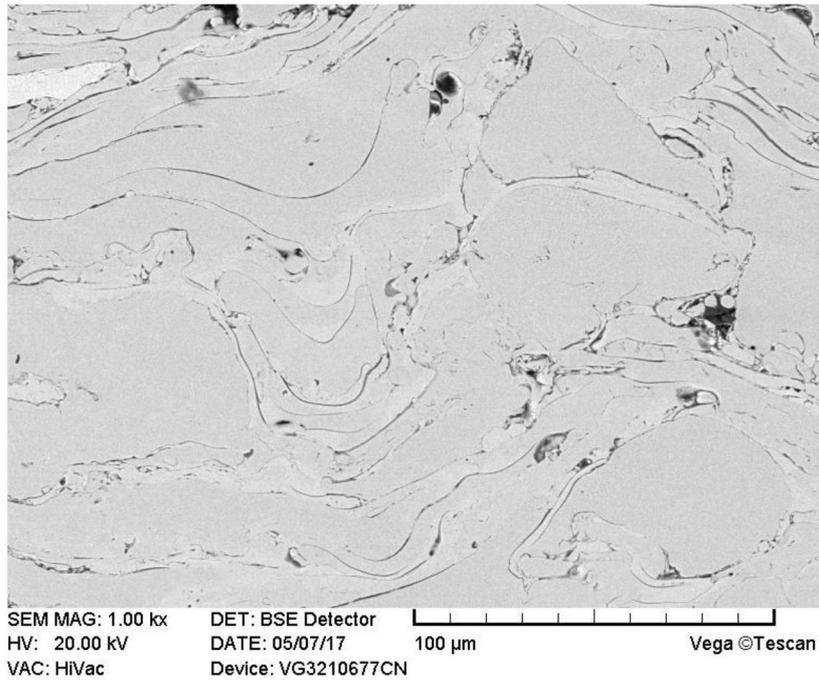


图1

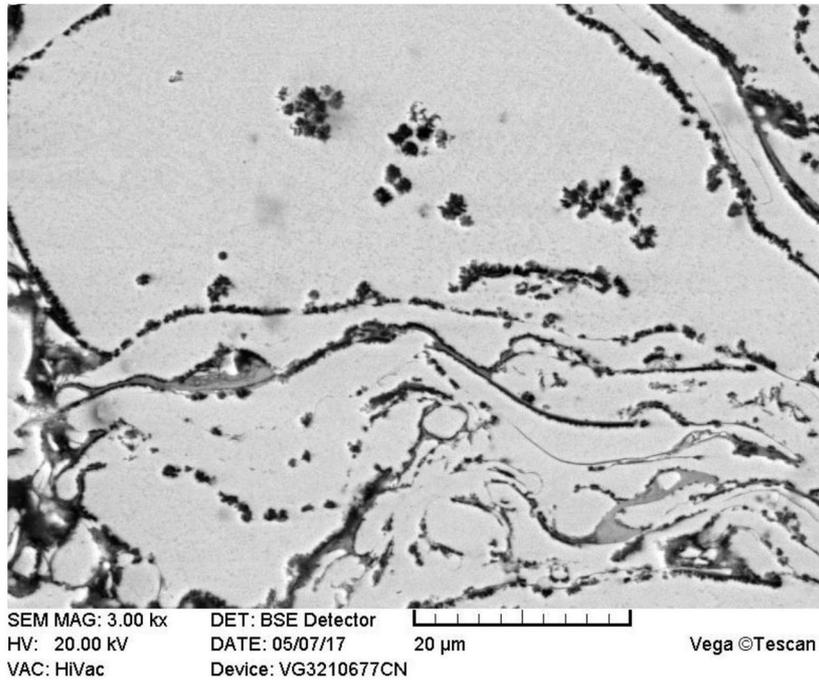


图2