



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114032489 A

(43) 申请公布日 2022.02.11

(21) 申请号 202111349257.4

(22) 申请日 2021.11.15

(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 梁爱民 王奕迪 李晓倩 张俊彦

(74) 专利代理机构 兰州中科华西专利代理有限公司 62002

代理人 曹向东

(51) Int. Cl.

C23C 4/129 (2016.01)

C23C 4/073 (2016.01)

C22C 30/00 (2006.01)

权利要求书1页 说明书3页 附图4页

(54) 发明名称

一种AlCoCrFeNi高熵合金涂层

(57) 摘要

本发明涉及一种AlCoCrFeNi高熵合金涂层,该涂层是利用超音速火焰喷涂技术将纯度>99.9%的AlCoCrFeNi高熵合金粉末充分熔融后喷涂至经过预处理的基材表面上制得。本发明操作简单,适合工业化生产,所得涂层具有良好的强度和抗磨性能,适用于机械工程零部件表面,在大规模器件的磨损防护领域及苛刻环境中机械的抗磨方面具有较好的应用前景。

1. 一种AlCoCrFeNi高熵合金涂层,其特征在于:该涂层是利用超音速火焰喷涂技术将纯度>99.9%的AlCoCrFeNi高熵合金粉末充分熔融后喷涂至经过预处理的基材表面上制得。

2. 如权利要求1所述的一种AlCoCrFeNi高熵合金涂层,其特征在于:所述AlCoCrFeNi高熵合金粉末是指采用纯度高于99.9%的Al、Fe、Co、Cr、Ni原料,并按AlCoCrFeNi等摩尔或各元素原子百分含量在5~35%之间变化进行配比,经熔炼、喷雾冷却制得;该高熵合金粉末的粒度<45 μm。

3. 如权利要求1所述的一种AlCoCrFeNi高熵合金涂层,其特征在于:所述超音速火焰喷涂条件是指氧气流量为1850 SCFH,氩气流量为7~16 L/min,燃油流量为5.5~7.0 GPH;采用间断喷涂方式,喷涂次数为4~6次,前后两次喷涂间隔2~4 s,喷涂距离300~500 mm。

4. 如权利要求1所述的一种AlCoCrFeNi高熵合金涂层,其特征在于:所述预处理是指先采用弱酸性水基除油剂对所述基材进行除油,然后依次经抛光除锈、蒸馏水洗涤、丙酮溶剂二次洗涤,最后采用刚玉喷砂即可。

5. 如权利要求1所述的一种AlCoCrFeNi高熵合金涂层,其特征在于:所述AlCoCrFeNi高熵合金涂层的物相主要由大量的体心立方相/无序体心立方相和少量的面心立方相共同构成。

一种AlCoCrFeNi高熵合金涂层

技术领域

[0001] 本发明涉及表面工程技术领域,尤其涉及一种AlCoCrFeNi高熵合金涂层。

背景技术

[0002] 通过熔炼、烧结等工艺将两种或两种以上金属与金属或非金属所合成的具有金属特性的固体物质称为合金。传统合金是由一至两种金属为基体,通过添加其他金属或非金属以获取新的或更优的性能。这种理念认为随着元素种类的不断增加,合金组织容易形成脆性的金属间化合物,从而导致合金开裂,性能下降。

[0003] 而在2004年,叶均蔚采用电弧熔炼技术制备了铸态CuCoNiCrAlFe合金,发现该合金组织仅存在简单的固溶体结构,并将这种新型合金命名为高熵合金。高熵合金是由五种或五种以上等原子比或近等原子比的金属元素组成,每种元素占比约为5%~35%。由于热力学上的高熵效应、动力学上的缓慢扩散效应、结构上的晶格畸变效应和性能上的“鸡尾酒”效应,高熵合金具有高强度、高硬度和良好的延展性、耐磨性、耐腐蚀性等优异性能。截止目前,高熵合金的应用领域十分广泛,如用于制造硬质刀具材料、耐高温材料、精密铸造件等。由于高熵合金整体材料制造成本高、制备工艺复杂,因此,采用表面工程技术制备高熵合金涂层材料是合金领域的研究热点。

发明内容

[0004] 本发明所要解决的技术问题是提供一种操作简单、适合工业化生产的AlCoCrFeNi高熵合金涂层。

[0005] 为解决上述问题,本发明所述的一种AlCoCrFeNi高熵合金涂层,其特征在于:该涂层是利用超音速火焰喷涂技术将纯度>99.9%的AlCoCrFeNi高熵合金粉末充分熔融后喷涂至经过预处理的基材表面上制得。

[0006] 所述AlCoCrFeNi高熵合金粉末是指采用纯度高于99.9%的Al、Fe、Co、Cr、Ni原料,并按AlCoCrFeNi等摩尔或各元素原子百分含量在5~35%之间变化进行配比,经熔炼、喷雾冷却制得;该高熵合金粉末的粒度<45 μm。

[0007] 所述超音速火焰喷涂条件是指氧气流量为1850 SCFH,氩气流量为7~16 L/min,燃油流量为5.5~7.0 GPH;采用间断喷涂方式,喷涂次数为4~6次,前后两次喷涂间隔2~4 s,喷涂距离300~500 mm。

[0008] 所述预处理是指先采用弱酸性水基除油剂对所述基材进行除油,然后依次经抛光除锈、蒸馏水洗涤、丙酮溶剂二次洗涤,最后采用刚玉喷砂即可。

[0009] 所述AlCoCrFeNi高熵合金涂层的物相主要由大量的体心立方相/无序体心立方相(BCC/B2)和少量的面心立方相(FCC)共同构成。

[0010] 本发明与现有技术相比具有以下优点:

1、本发明以粒度<45 μm,纯度>99.9%的AlCoCrFeNi高熵合金粉末为原料(如图1所示),通过制备成本低、喷涂材料广泛、涂层结合强度高、涂层孔隙率低、对基体影响小的

超音速火焰喷涂技术,制备出了含有大量BCC/B2相的AlCoCrFeNi高熵合金纳米晶涂层,改善了涂层的结合致密度,增强了涂层的强度和抗磨性能。

[0011] 2、本发明操作简单,适合工业化生产,适用于机械工程零部件表面,在大规模器件的磨损防护领域及苛刻环境中机械的抗磨方面具有较好的应用前景。

附图说明

[0012] 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。

[0013] 图1为本发明AlCoCrFeNi高熵合金涂层喷涂所用粉末原料的SEM图。

[0014] 图2 为本发明实施例所得AlCoCrFeNi高熵合金涂层XRD图谱。

[0015] 图3 为本发明实施例所得AlCoCrFeNi高熵合金涂层SEM形貌。

[0016] 图4 为本发明实施例所得AlCoCrFeNi高熵合金涂层在大气环境干摩擦条件下磨痕的3D形貌图。

具体实施方式

[0017] 一种AlCoCrFeNi高熵合金涂层,该涂层是利用超音速火焰喷涂技术将纯度>99.9%的AlCoCrFeNi高熵合金粉末充分熔融后喷涂至经过预处理的基材表面上制得。

[0018] 其中:AlCoCrFeNi高熵合金粉末是指采用纯度高于99.9%的Al、Fe、Co、Cr、Ni原料,并按AlCoCrFeNi等摩尔或各元素原子百分含量在5~35%之间变化进行配比,经熔炼、喷雾冷却制得;该高熵合金粉末的粒度<45 μm。具体方法见气雾化法制备金属粉末的研究进展<http://www.cnki.com.cn/Article/CJFDTotal-CLDB200903013.htm>。

[0019] AlCoCrFeNi高熵合金涂层的物相主要由大量的体心立方相/无序体心立方相(BCC/B2)和少量的面心立方相(FCC)共同构成。

[0020] 该AlCoCrFeNi高熵合金粉末经扫描电镜显示:该粉末颗粒尺寸相对均匀,有利于提高涂层的结合致密度(如图1所示)。

[0021] 超音速火焰喷涂条件是指氧气流量为1850 SCFH,氩气流量为7~16 L/min,燃油流量为5.5~7.0 GPH;采用间断喷涂方式,喷涂次数为4~6次,前后两次喷涂间隔2~4 s,喷涂距离300~500 mm。

[0022] 预处理是指先采用弱酸性水基除油剂对所述基材进行除油,然后依次经抛光除锈、蒸馏水洗涤、丙酮溶剂二次洗涤,最后采用刚玉(主要成分为熔融白色Al₂O₃颗粒)喷砂即可。

[0023] 实施例 一种AlCoCrFeNi高熵合金涂层的制备方法:

将45#钢基材加工为尺寸为Φ24 mm×8 mm的圆柱体试样,随后进行预处理。具体过程如下:先采用弱酸性水基除油剂对所述基材进行除油,然后依次经抛光除锈、蒸馏水洗涤、丙酮溶剂二次洗涤,最后采用刚玉(主要成分为熔融白色Al₂O₃颗粒)喷砂即可。整个洗涤过程均在超声波震荡下进行。

[0024] 将基材预处理后,利用超音速火焰喷涂技术,所用喷枪型号为HV-8000(郑州LIJIA,中国),将高纯度AlCoCrFeNi高熵合金粉末熔融后在大气环境中喷涂至基体表面。喷涂所用燃烧气为乙炔,助燃气为氧气,乙炔和氧气的纯度大于99.99%,送粉气为氩气。喷涂所用氧气流量为1850 SCFH,氩气流量为15 L/min,燃油流量为6.0 GPH。采用间断喷涂方

式,喷涂次数为5次,前后两次喷涂间隔2~4 s,喷涂距离300~500 mm。喷涂完毕即得AlCoCrFeNi高熵合金纳米晶涂层。

[0025] 所得高熵合金涂层经X射线衍射分析,如图2所示,该涂层物相主要由大量的体心立方相/无序体心立方相(BCC/B2)和少量的面心立方相(FCC)共同构成。由XRD图谱中宽化的衍射峰可知该涂层存在纳米晶结构。

[0026] 所得高熵合金涂层经扫描电镜显示:该涂层表面均匀,喷涂粉末熔融充分,涂层结合致密度高(如图3所示)。

[0027] 对所得的AlCoCrFeNi高熵合金涂层采用微动摩擦磨损试验机(SRV-IV型,Optimol油脂公司,德国)进行摩擦学性能评价,摩擦条件为大气环境下干摩擦。

[0028] 该AlCoCrFeNi高熵合金涂层与市售的直径为10 mm的Si₃N₄陶瓷球作为对偶球组成摩擦配副,测试温度为25 °C,法向载荷为5 N,往复频率为6 Hz,振幅为2 mm。测试结果如图4所示。

[0029] 由图4可知,该涂层的磨损体积低至 $4.27312 \times 10^{-4} \text{ mm}^3$ 。说明在大气干摩擦条件下,AlCoCrFeNi高熵合金涂层具有良好的抗磨性能。

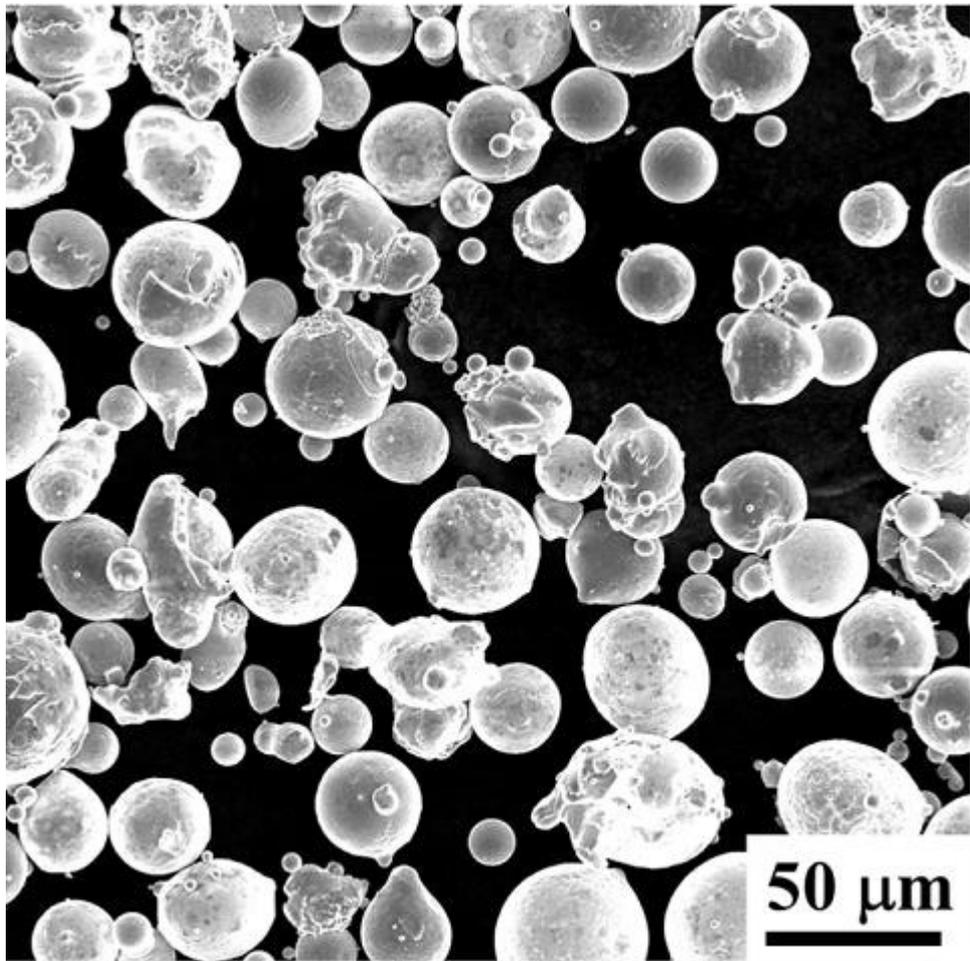


图1

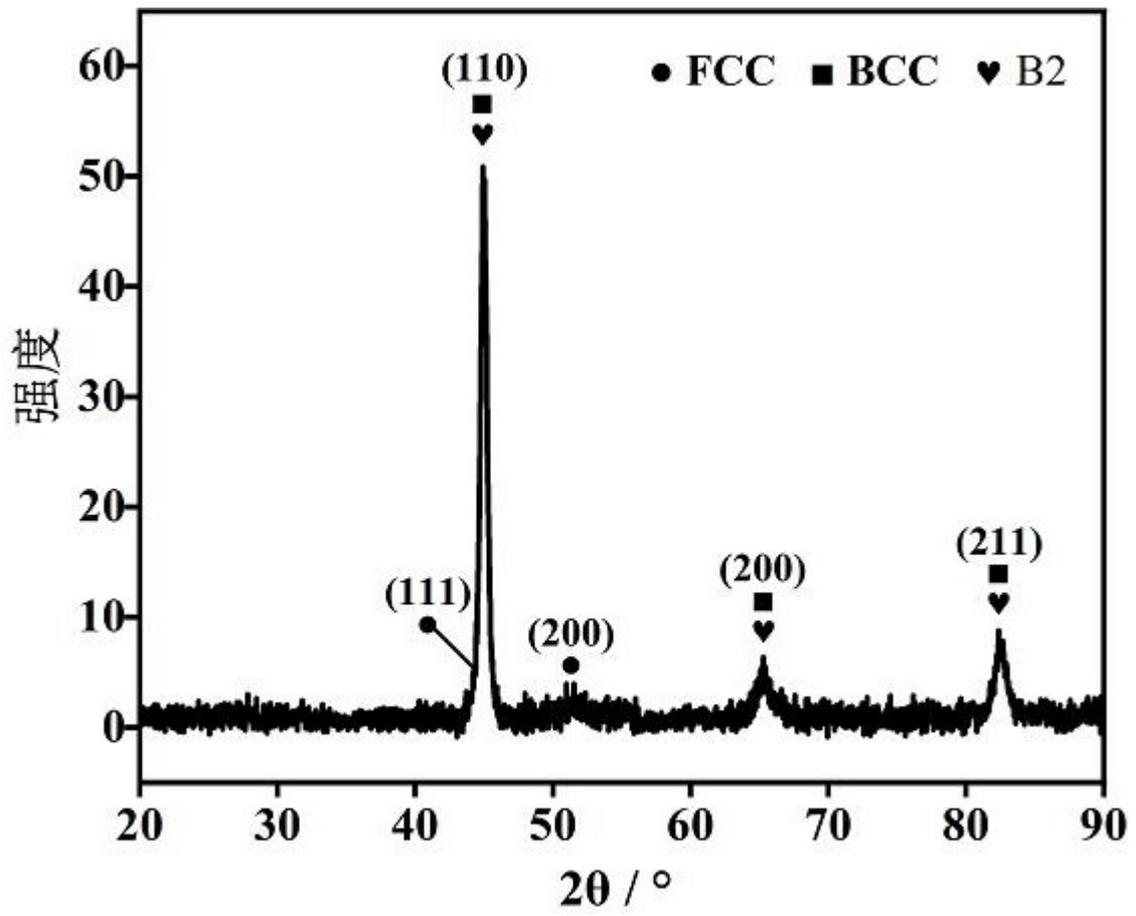


图2

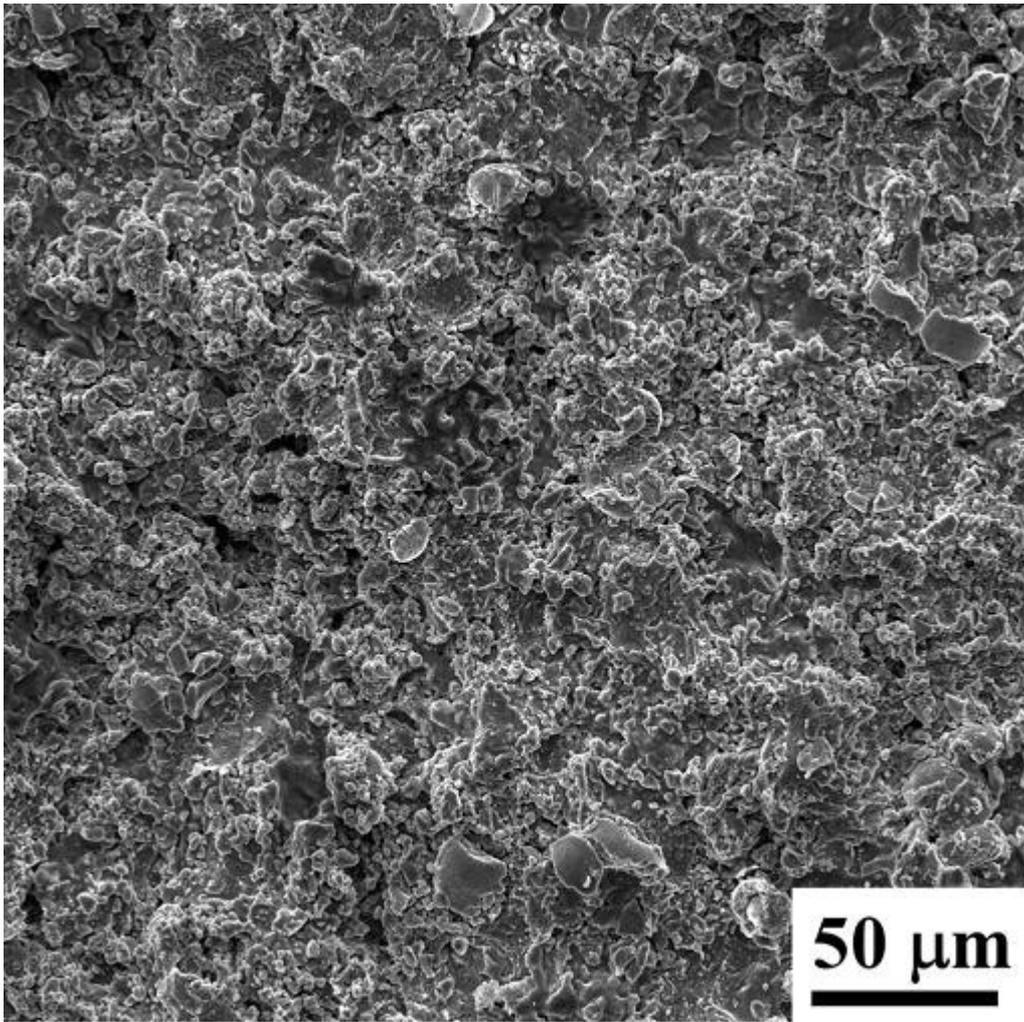


图3

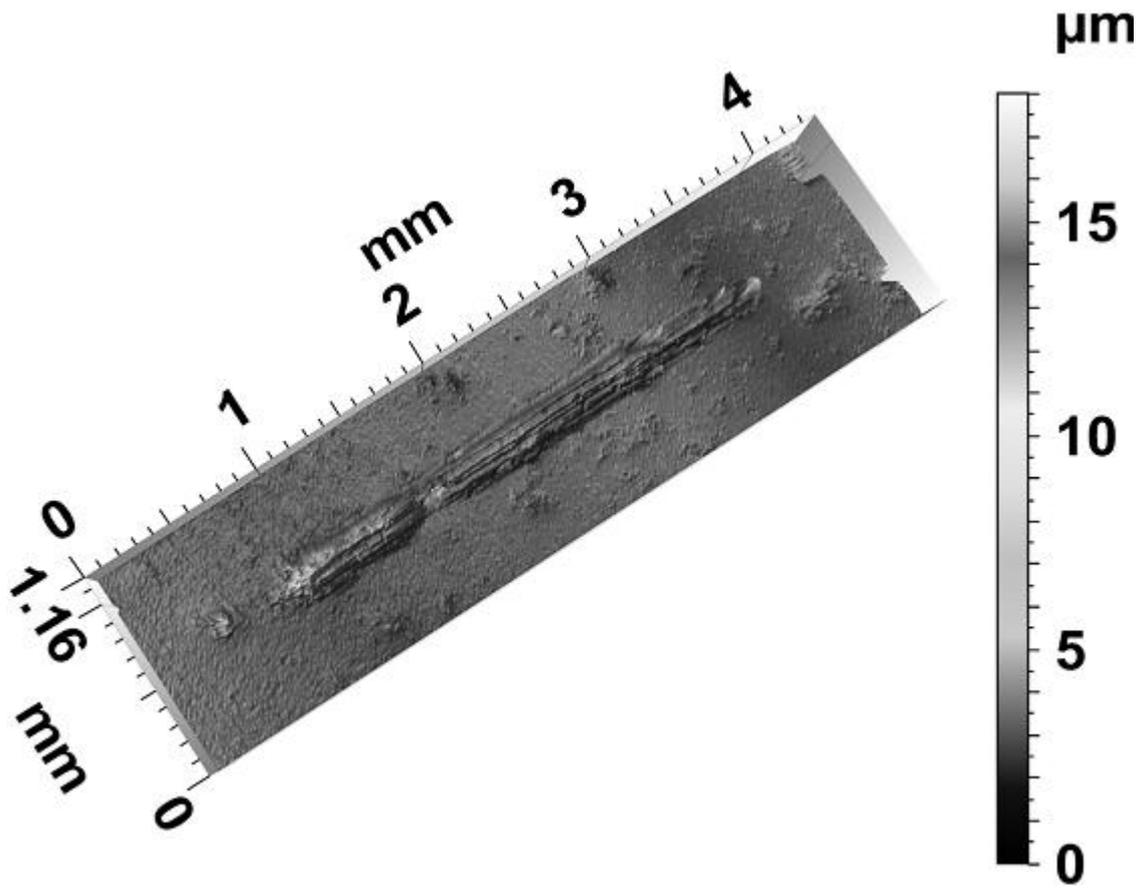


图4