



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117568737 A

(43) 申请公布日 2024. 02. 20

(21) 申请号 202410045889.9

(22) 申请日 2024.01.12

(71) 申请人 北矿新材科技有限公司

地址 102200 北京市昌平区沙河镇沙阳路
富生路5号

(72) 发明人 庞小肖 原慷 彭浩然 张鑫
颜正 周琦

(74) 专利代理机构 北京超凡宏宇知识产权代理
有限公司 11463

专利代理师 王闯

(51) Int. Cl.

G23C 4/134 (2016.01)

G23C 4/10 (2016.01)

F01D 5/28 (2006.01)

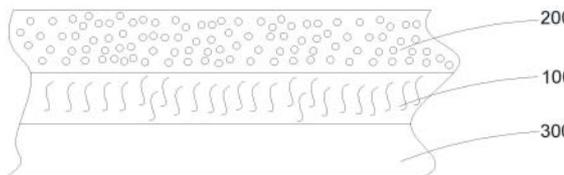
权利要求书1页 说明书6页 附图1页

(54) 发明名称

具有高抗热震和高磨耗性的涂层及其制备方法、发动机和飞行器

(57) 摘要

本申请提供一种具有高抗热震和高磨耗性的涂层及其制备方法、发动机和飞行器,涉及涂层领域。具有高抗热震和高磨耗性的涂层,由具有垂直裂纹的内层和具有多孔结构的耐磨耗面层组成;内层的原料为氧化钽-氧化钇-氧化镱-氧化锆复合粉末,耐磨耗面层的原料为氧化镉改性氧化锆多孔球形粉末。制备方法包括:采用等离子喷涂工艺将氧化钽-氧化钇-氧化镱-氧化锆复合粉末喷涂至预热后的基体的表面,得到内层;等离子喷涂工艺执行如下喷涂制度:每喷涂2-20遍后冷却一次;采用等离子喷涂工艺将氧化镉改性氧化锆多孔球形粉末喷涂至所述内层表面,得到耐磨耗面层。本申请提供的涂层,双层结构能够兼备高结合性、高抗热震性、高可磨耗性。



1. 一种具有高抗热震和高磨耗性的涂层,其特征在于,由具有垂直裂纹的内层和具有多孔结构的耐磨耗面层组成;

所述内层的原料为氧化钷-氧化钇-氧化镱-氧化铈复合粉末,所述垂直裂纹沿所述内层的延展方向的密度为1-10条/厘米;

所述耐磨耗面层的原料为氧化镉改性氧化铈多孔球形粉末,所述耐磨耗面层的孔隙率为15-40%。

2. 根据权利要求1所述的具有高抗热震和高磨耗性的涂层,其特征在于,所述内层的厚度为50-150 μm ,所述耐磨耗面层的厚度为300-1000 μm 。

3. 根据权利要求1或2所述的具有高抗热震和高磨耗性的涂层,其特征在于,所述高抗热震和高磨耗性涂层的应用环境温度为1200-1500 $^{\circ}\text{C}$;

所述具有高抗热震和高磨耗性的涂层的IDR不大于30%。

4. 一种权利要求1-3任一项所述的具有高抗热震和高磨耗性的涂层的制备方法,其特征在于,包括:

采用第一等离子喷涂工艺将所述氧化钷-氧化钇-氧化镱-氧化铈复合粉末喷涂至预热后的基体的表面,得到所述内层;所述第一等离子喷涂工艺执行如下喷涂制度:每喷涂2-20遍后冷却一次,直至达到目标厚度;

采用第二等离子喷涂工艺将所述氧化镉改性氧化铈多孔球形粉末喷涂至所述内层表面,得到所述耐磨耗面层。

5. 根据权利要求4所述的具有高抗热震和高磨耗性的涂层的制备方法,其特征在于,所述预热的温度为300-800 $^{\circ}\text{C}$ 。

6. 根据权利要求4所述的具有高抗热震和高磨耗性的涂层的制备方法,其特征在于,所述第一等离子喷涂工艺的参数包括:

喷涂距离为90-120mm,功率为 45-50kw,送粉速率为180-270g/min。

7. 根据权利要求4所述的具有高抗热震和高磨耗性的涂层的制备方法,其特征在于,所述第二等离子喷涂工艺的参数包括:

喷涂距离为140-160mm,功率为 45-50kw,送粉速率为180-270g/min。

8. 根据权利要求4-7任一项所述的具有高抗热震和高磨耗性的涂层的制备方法,其特征在于,所述冷却采用风冷方式,冷却速率为50-100 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 。

9. 一种发动机,其特征在于,其叶片表面设置有权利要求1-3任一项所述的具有高抗热震和高磨耗性的涂层。

10. 一种飞行器,其特征在于,包括权利要求9所述的发动机。

具有高抗热震和高磨耗性的涂层及其制备方法、发动机和飞行器

技术领域

[0001] 本申请涉及涂层领域,尤其涉及一种具有高抗热震和高磨耗性的涂层及其制备方法、发动机和飞行器。

背景技术

[0002] 发动机叶片的工况温度很高,因此对叶片的耐高温性能要求也很高。除此之外,发动机叶片通常在一定进给速率下启动和工作,表面涂层需要具备较好的可磨耗性能。

[0003] 现有技术中一般通过制备复合涂层的方式来满足上述要求,但是存在以下问题:

1. 多层涂层之间往往需要粘结层,而粘结层的存在往往会导致涂层整体的耐高温性能和可磨耗性能下降;

2. 多层涂层各自独立发挥作用,相互之间无法形成有效的协同,导致涂层整体的稳定性较差且各项性能都有待提高。

[0004] 因此,需要针对性的开发一种结构简单、不使用粘结层、耐高温性能和可磨耗性能优异、稳定性好的涂层,以满足发动机叶片涂层的需求。

发明内容

[0005] 本申请的目的在于提供一种具有高抗热震和高磨耗性的涂层及其制备方法、发动机和飞行器,以解决上述问题。

[0006] 为实现以上目的,本申请采用以下技术方案:

一种具有高抗热震和高磨耗性的涂层,由具有垂直裂纹的内层和具有多孔结构的耐磨耗面层组成;

所述内层的原料为氧化钷-氧化钇-氧化镱-氧化铈复合粉末,所述垂直裂纹沿所述内层的延展方向的密度为1-10条/厘米;

所述耐磨耗面层的原料为氧化镉改性氧化铈多孔球形粉末,所述耐磨耗面层的孔隙率为15-40%。

[0007] 优选地,所述内层的厚度为50-150 μm ,所述耐磨耗面层的厚度为300-1000 μm 。

[0008] 优选地,所述高抗热震和高磨耗性涂层的应用环境温度为1200-1500 $^{\circ}\text{C}$;

所述具有高抗热震和高磨耗性的涂层的IDR不大于30%。

[0009] 本申请还提供一种所述的具有高抗热震和高磨耗性的涂层的制备方法,包括:

采用第一等离子喷涂工艺将所述氧化钷-氧化钇-氧化镱-氧化铈复合粉末喷涂至预热后的基体的表面,得到所述内层;所述第一等离子喷涂工艺执行如下喷涂制度:每喷涂2-20遍后冷却一次,直至达到目标厚度;

采用第二等离子喷涂工艺将所述氧化镉改性氧化铈多孔球形粉末喷涂至所述内层表面,得到所述耐磨耗面层。

[0010] 优选地,所述预热的温度为300-800 $^{\circ}\text{C}$ 。

- [0011] 优选地,所述第一等离子喷涂工艺的参数包括:
喷涂距离为90-120mm,功率为 45-50kw,送粉速率为180-270g/min。
- [0012] 优选地,所述第二等离子喷涂工艺的参数包括:
喷涂距离为140-160mm,功率为 45-50kw,送粉速率为180-270g/min。
- [0013] 优选地,所述冷却采用风冷方式,冷却速率为50-100℃/min。
- [0014] 本申请还提供一种发动机,其叶片表面设置有所述的具有高抗热震和高磨耗性的涂层。
- [0015] 本申请还提供一种飞行器,包括所述的发动机。
- [0016] 与现有技术相比,本申请的有益效果包括:
本申请提供的具有高抗热震和高磨耗性的涂层,由具有垂直裂纹的内层和具有多孔结构的耐磨耗面层组成,结构简单,无需使用粘结层;采用氧化钆-氧化钇-氧化镱-氧化锆复合粉末作为内层原料,控制垂直裂纹沿内层的延展方向的密度为1-10条/厘米,利用垂直裂纹的导热性能提高涂层的使用温度,起到热障涂层的作用;耐磨耗面层采用氧化镱改性氧化锆多孔球形粉末作为原料,控制耐磨耗面层的孔隙率为15-40%,在高使用温度下通过多孔结构提升涂层的可磨耗性能,避免基体的损伤。此外,具有垂直裂纹的内层在1200-1500℃高温下能够释放涂层的部分应力,防止耐磨耗面层在高使用温度下从内层表面脱落。该涂层兼备和金属基体的高结合性、高抗热震性、高可磨耗性,综合寿命大幅提升20-40%。
- [0017] 本申请提供的具有高抗热震和高磨耗性的涂层的制备方法,采用等离子喷涂工艺制备内层和耐磨耗面层,可以在不使用粘结层的情况下获得高温稳定性良好的涂层;通过控制第一等离子喷涂工艺执行如下喷涂制度实现对垂直裂纹的开裂程度、走向和密度的控制,获得符合要求的内层;采用第二等离子喷涂工艺将氧化镱改性氧化锆多孔球形粉末喷涂至内层表面,得到具有多孔结构和特定孔隙率的耐磨耗面层,从而获得耐高温性能和可磨耗性能优异、稳定性好的涂层。

附图说明

- [0018] 为了更清楚地说明本申请实施例的技术方案,下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍,应当理解,以下附图仅示出了本申请的某些实施例,因此不应被看作是对本申请范围的限定。
- [0019] 图1为本申请提供的具有高抗热震和高磨耗性的涂层的结构示意图。
- [0020] 附图标记:
100-内层;200-耐磨耗面层;300-基体。

具体实施方式

- [0021] 为了更好的阐释本申请提供的技术方案,在实施例之前,先对技术方案做整体陈述,具体如下:
一种具有高抗热震和高磨耗性的涂层,由具有垂直裂纹的内层和具有多孔结构的耐磨耗面层组成;
所述内层的原料为氧化钆-氧化钇-氧化镱-氧化锆复合粉末,所述垂直裂纹沿所

述内层的延展方向的密度为1-10条/厘米；

所述耐磨耗面层的原料为氧化镉改性氧化锆多孔球形粉末，所述耐磨耗面层的孔隙率为15-40%。

[0022] 需要特别说明的是，内层和耐磨耗面层的位置不能互换。

[0023] 此外，所谓“延展方向”是指垂直于内层厚度方向。

[0024] 此外，氧化钷-氧化钇-氧化铈-氧化锆复合粉末是由氧化钷、氧化钇、氧化铈、氧化锆混合后喷雾造粒得到；具体例如可以为：按照4-6% : 5-8% : 6-9% : 77-85%的比例，加入总质量3-5%的pva，在出口120-150℃，入口温度280-320℃的工艺条件下进行喷雾造粒制得；

氧化镉改性氧化锆多孔球形粉末是由氧化镉、氧化锆混合后喷雾造粒得到；具体例如可以为按照氧化镉添加量为总质量的6-9%，加入总质量10-15%的pva，在出口120-150℃，入口温度280-320℃的工艺条件下进行喷雾造粒，后经过1300-1500℃高温热处理工艺挥发原粉末中得PVA得到多孔材料。

[0025] 可选的，所述垂直裂纹沿所述内层的延展方向的密度可以为1条/厘米、2条/厘米、3条/厘米、4条/厘米、5条/厘米、6条/厘米、7条/厘米、8条/厘米、9条/厘米、10条/厘米或者1-10条/厘米之间的任一值；所述耐磨耗面层的孔隙率可以为15%、20%、25%、30%、35%、40%或者15-40%之间的任一值。

[0026] 在一个可选的实施方式中，所述内层的厚度为50-150μm，所述耐磨耗面层的厚度为300-1000μm。

[0027] 可选的，所述内层的厚度可以为50μm、100μm、150μm或者50-150μm之间的任一值，所述耐磨耗面层的厚度可以为300μm、400μm、500μm、600μm、700μm、800μm、900μm、1000μm或者300-1000μm之间的任一值。

[0028] 在一个可选的实施方式中，所述高抗热震和高磨耗性涂层的应用环境温度为1200-1500℃；

所述具有高抗热震和高磨耗性的涂层的IDR不大于30%。

[0029] 需要说明的是，IDR指的是刮削试验前后的叶片高度变化与总进给深度的比值，通过下式计算：

$$IDR = \begin{cases} \frac{\Delta h}{D} & (\Delta h < 0) \\ \frac{\Delta h}{D + \Delta h} & (\Delta h > 0) \end{cases} ;$$

其中， Δh 为叶片高度变化值，等于刮削前叶片高度与刮削后叶片高度的差值；当刮削试验后，叶片高度增加，即 $\Delta h < 0$ 时，即有涂层材料向叶尖粘附造成叶片高度增加，总进给深度值=刮痕深度的计算值；当刮削试验后，叶片高度减小，即 $\Delta h > 0$ 时，总进给深度值=刮痕深度的计算值+叶片高度变化值，即总的进给深度就是叶尖磨损的深度与涂层被刮削的深度之和。 D 为涂层刮削深度计算值，其计算公式如下：

$$D = R - \sqrt{R^2 - \frac{L^2}{4}} ;$$

其中,R为轮盘半径+叶片高度;L为涂层刮削长度。

[0030] IDR是评价涂层可磨耗性能的定量指标,IDR越小,可磨耗性能越好。通常情况下认为IDR绝对值小于10%时可磨耗性为优,10-20%时可磨耗性为良,20-30%时可磨耗性为可接受,大于30%则认为不可接受。

[0031] 详细试验方法参照企业标准Q/BK908-2014《封严涂层可磨耗性性能试验及评价方法》。

[0032] 可选的,所述高抗热震和高磨耗性涂层的应用环境温度可以为1200℃、1300℃、1400℃、1500℃或者1200-1500℃之间的任一值。

[0033] 1200℃以内要求不高,现有技术中存在陶瓷与金属复合的涂层即可满足需要;大于1500℃陶瓷会发生剧烈烧结,导致垂直裂纹及空隙闭合,涂层失去可磨耗性能。

[0034] 本申请还提供一种所述的具有高抗热震和高磨耗性的涂层的制备方法,包括:

采用第一等离子喷涂工艺将所述氧化钎-氧化钇-氧化铈-氧化锆复合粉末喷涂至预热后的基体的表面,得到所述内层;所述第一等离子喷涂工艺执行如下喷涂制度:每喷涂2-20遍(可以为2遍、5遍、10遍、15遍、20遍或者2-20遍之间的任一值)后冷却一次,直至达到目标厚度;

采用第二等离子喷涂工艺将所述氧化镉改性氧化锆多孔球形粉末喷涂至所述内层表面,得到所述耐磨耗面层。

[0035] 每喷完2-20遍后进行冷却,目的是为了延展裂纹开裂,通过热胀冷缩,保持开裂程度,控制裂纹走向。

[0036] 在一个可选的实施方式中,所述预热的温度为300-800℃。

[0037] 先预热基体到300-800℃,粉末以熔融的状态喷涂在基体上,与基体紧密结合,增强涂层与金属基体结合性。

[0038] 可选的,所述预热的温度可以为300℃、400℃、500℃、600℃、700℃、800℃或者300-800℃之间的任一值。

[0039] 在一个可选的实施方式中,所述第一等离子喷涂工艺的参数包括:

喷涂距离为90-120mm,功率为 45-50kw,送粉速率为180-270g/min。

[0040] 可选的,喷涂距离可以为90mm、100mm、110mm、120mm或者90-120mm之间的任一值,功率可以为45kw、46kw、47kw、48kw、49kw、50kw或者 45-50kw之间的任一值,送粉速率可以为180g/min、190g/min、200g/min、210g/min、220g/min、230g/min、240g/min、250g/min、260g/min、270g/min或者180-270g/min之间的任一值。

[0041] 在一个可选的实施方式中,所述第二等离子喷涂工艺的参数包括:

喷涂距离为140-160mm,功率为 45-50kw,送粉速率为180-270g/min。

[0042] 可选的,喷涂距离可以为140mm、150mm、160mm或者140-160mm之间的任一值,功率可以为45kw、46kw、47kw、48kw、49kw、50kw或者 45-50kw之间的任一值,送粉速率可以为180g/min、190g/min、200g/min、210g/min、220g/min、230g/min、240g/min、250g/min、260g/min、270g/min或者180-270g/min之间的任一值。

[0043] 喷涂距离决定了喷涂粉末在等离子射流中的飞行时间,以及在撞击到沉积表面之前的融化、熔化状态和飞行速度,功率影响喷涂离子的熔化效果,最终影响涂层的微观结构,送粉速率影响生产效率。

[0044] 在一个可选的实施方式中,所述冷却采用风冷方式,冷却速率为50-100℃/min。

[0045] 可选的,冷却速率可以为50℃/min、60℃/min、70℃/min、80℃/min、90℃/min、100℃/min或者50-100℃/min之间的任一值。

[0046] 本申请还提供一种发动机,其叶片表面设置有所述的具有高抗热震和高磨耗性的涂层。

[0047] 下面将结合具体实施例对本申请的实施方案进行详细描述,但是本领域技术人员将会理解,下列实施例仅用于说明本申请,而不应视为限制本申请的范围。实施例中未注明具体条件者,按照常规条件或制造商建议的条件进行。所用试剂或仪器未注明生产厂商者,均为可以通过市售购买获得的常规产品。

[0048] 实施例1

如图1所示,本实施例提供一种具有高抗热震和高磨耗性的涂层,该涂层由具有垂直裂纹的内层100和具有多孔结构的耐磨耗面层200组成;内层100的原料为氧化钷-氧化钷-氧化镱-氧化镱复合粉末,垂直裂纹沿内层100的延展方向的密度为6条/厘米,内层100的厚度为120 μm 。耐磨耗面层200的原料为氧化镱改性氧化镱多孔球形粉末,耐磨耗面层200的孔隙率为30%,耐磨耗面层200的厚度为800 μm 。

[0049] 该具有高抗热震和高磨耗性的涂层的IDR为9%。

[0050] 需要说明的是,图1仅为结构示意图,图中圆圈和曲线仅做多孔结构和垂直裂缝的示意,不代表其大小、数量和厚度。

[0051] 上述具有高抗热震和高磨耗性的涂层的制备方法包括如下步骤:

1.采用第一等离子喷涂工艺将氧化钷-氧化钷-氧化镱-氧化镱复合粉末喷涂到预热至800℃的基体300的表面,得到内层100;第一等离子喷涂工艺执行如下喷涂制度:每喷涂15遍后采用风冷方式冷却一次,冷却速率为60℃/min。

[0052] 直至达到目标厚度;第一等离子喷涂工艺的参数包括:喷涂距离为100mm,功率为45kw,送粉速率为270g/min。

[0053] 2.采用第二等离子喷涂工艺将氧化镱改性氧化镱多孔球形粉末喷涂至内层100表面,得到耐磨耗面层200。第二等离子喷涂工艺的参数包括:喷涂距离为160mm,功率为45kw,送粉速率为270g/min。

[0054] 实施例2

本实施例提供一种具有高抗热震和高磨耗性的涂层,该涂层由具有垂直裂纹的内层100和具有多孔结构的耐磨耗面层200组成;内层100的原料为氧化钷-氧化钷-氧化镱-氧化镱复合粉末,垂直裂纹沿内层100的延展方向的密度为8条/厘米,内层100的厚度为100 μm 。耐磨耗面层200的原料为氧化镱改性氧化镱多孔球形粉末,耐磨耗面层200的孔隙率为35%,耐磨耗面层200的厚度为1000 μm 。

[0055] 该具有高抗热震和高磨耗性的涂层的IDR为7%。

[0056] 上述具有高抗热震和高磨耗性的涂层的制备方法包括如下步骤:

1.采用第一等离子喷涂工艺将氧化钷-氧化钷-氧化镱-氧化镱复合粉末喷涂到预热至800℃的基体300的表面,得到内层100;第一等离子喷涂工艺执行如下喷涂制度:每喷涂20遍后采用风冷方式冷却一次,冷却速率为80℃/min,直至达到目标厚度;第一等离子喷涂工艺的参数包括:喷涂距离为120mm,功率为45kw,送粉速率为180g/min。

[0057] 2.采用第二等离子喷涂工艺将氧化镉改性氧化锆多孔球形粉末喷涂至内层100表面,得到耐磨耗面层200。第二等离子喷涂工艺的参数包括:喷涂距离为140mm,功率为45kw,送粉速率为180g/min。

[0058] 实施例3

本实施例提供一种具有高抗热震和高磨耗性的涂层,该涂层由具有垂直裂纹的内层100和具有多孔结构的耐磨耗面层200组成;内层100的原料为氧化钷-氧化钷-氧化镱-氧化锆复合粉末,垂直裂纹沿内层100的延展方向的密度为4条/厘米,内层100的厚度为50 μm 。耐磨耗面层200的原料为氧化镉改性氧化锆多孔球形粉末,耐磨耗面层200的孔隙率为28%,耐磨耗面层200的厚度为500 μm 。

[0059] 该具有高抗热震和高磨耗性的涂层的IDR为16%。

[0060] 上述具有高抗热震和高磨耗性的涂层的制备方法包括如下步骤:

1.采用第一等离子喷涂工艺将氧化钷-氧化钷-氧化镱-氧化锆复合粉末喷涂到预热至300 $^{\circ}\text{C}$ 的基体300的表面,得到内层100;第一等离子喷涂工艺执行如下喷涂制度:每喷涂5遍后采用风冷方式冷却一次,冷却速率为50 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$,直至达到目标厚度;第一等离子喷涂工艺的参数包括:喷涂距离为90mm,功率为47kw,送粉速率为270g/min。

[0061] 2.采用第二等离子喷涂工艺将氧化镉改性氧化锆多孔球形粉末喷涂至内层100表面,得到耐磨耗面层200。第二等离子喷涂工艺的参数包括:喷涂距离为140mm,功率为47kw,送粉速率为270g/min。

[0062] 对比例1

与实施例1不同的是面层和内层位置互换。

[0063] 该具有高抗热震和高磨耗性的涂层的IDR为58%。

[0064] 对比例2

与实施例1不同的是内层无垂直裂纹。

[0065] 该具有高抗热震和高磨耗性的涂层的IDR为47%。

[0066] 对比例3

与实施例2不同的是耐磨耗面层200的孔隙率为3%。

[0067] 该具有高抗热震和高磨耗性的涂层的IDR为52%。

[0068] 对比例4

与实施例3不同的是内层100的原料为氧化镱稳定氧化锆复合粉末。

[0069] 该具有高抗热震和高磨耗性的涂层的IDR为45%。

[0070] 对比例5

与实施例3不同的是耐磨耗面层200的原料为氧化一稳定氧化锆粉末。

[0071] 该具有高抗热震和高磨耗性的涂层的IDR为37%。

[0072] 最后应说明的是:以上各实施例仅用以说明本申请的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述各实施例对本申请进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分或者全部技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质的本质脱离本申请各实施例技术方案的范围。

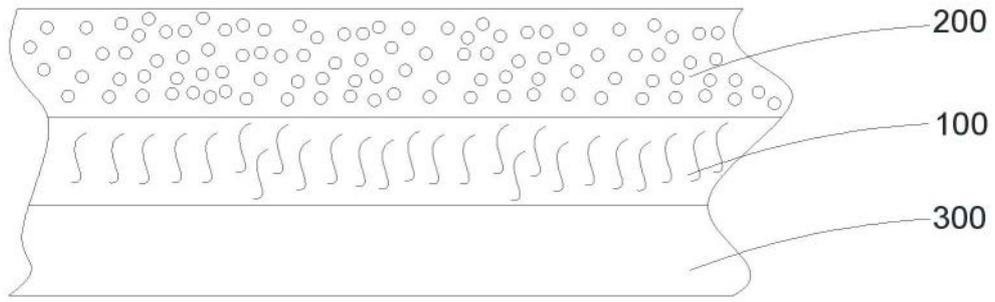


图1