



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104302426 A

(43) 申请公布日 2015. 01. 21

(21) 申请号 201380023676. 6

代理人 邓琪

(22) 申请日 2013. 03. 08

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

61/608, 853 2012. 03. 09 US

B22F 3/115 (2006. 01)

B22F 5/02 (2006. 01)

B22F 9/08 (2006. 01)

C22C 33/02 (2006. 01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2014. 11. 05

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2013/029792 2013. 03. 08

(87) PCT国际申请的公布数据

W02013/134606 EN 2013. 09. 12

(71) 申请人 费德罗 - 莫格尔公司

地址 美国密歇根州 48033 南菲尔德西北公
路 26555

(72) 发明人 小丹尼斯·B·克里斯托夫森

吉勒斯·埃斯佩兰斯 杰里米·科思

(74) 专利代理机构 上海智信专利代理有限公司

31002

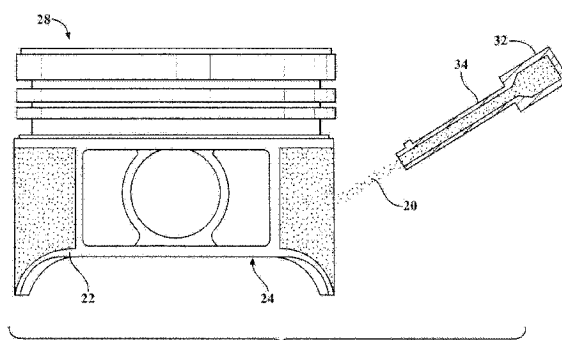
权利要求书2页 说明书7页 附图3页

(54) 发明名称

采用铁基合金粉末的热喷涂应用

(57) 摘要

本发明提供一种用在热喷涂技术中的热喷涂粉末 (20), 该热喷涂技术如火焰喷涂, 等离子喷涂, 冷喷涂, 以及高速氧燃料喷涂 (HVOF)。该热喷涂粉末 (20) 通过水雾化或气雾化形成, 且该热喷涂粉末包括: 3.0-7.0 重量% 的碳, 10.0-25.0 重量% 的铬, 1.0-5.0 重量% 的钨, 3.5-7.0 重量% 的钒, 1.0-5.0 重量% 的钼, 不超过 0.5 重量% 的氧, 以及至少 40.0 重量% 的铁, 基于热喷涂粉末 (20) 的总重量。该热喷涂粉末 (20) 可以应用到金属本体 (如活塞或活塞环) 上以形成涂层。该热喷涂粉末 (20) 也可以提供喷涂形成部分。



1. 一种用在热喷涂技术中的粉末金属材料,其特征在于,该粉末金属材料包括:3.0-7.0 重量%的碳,10.0-25.0 重量%的铬,1.0-5.0 重量%的钨,3.5-7.0 重量%的钒,1.0-5.0 重量%的钼,不超过 0.5 重量%的氧,以及至少 40.0 重量%的铁,基于粉末金属材料的总重量。

2. 根据权利要求 1 所述的粉末金属材料,其特征在于,该粉末金属材料包括:3.5 至 4.0 重量%的碳,11.0-15.0 重量%的铬,1.5-3.5 重量%的钨,4.0-6.5 重量%的钒,1.0-3.0 重量%的钼,不超过 0.3 重量%的氧,以及 50.0-81.5 重量%的铁。

3. 根据权利要求 2 所述的粉末金属材料,其特征在于,该粉末金属材料由以下组分组成:3.8 重量%的碳,13.0 重量%的铬,2.5 重量%的钨,6.0 重量%的钒,1.5 重量%的钼,0.2 重量%的氧,70.0 至 80.0 重量%的铁,以及不超过 2.0 重量%的杂质。

4. 根据权利要求 1 所述的粉末金属材料,其特征在于,该粉末金属材料包括:钴,铌,钛,锰,硫,硅,磷,锆和钽中的至少一种。

5. 根据权利要求 1 所述的粉末金属材料,其特征在于,该粉末金属材料包括基于粉末金属材料的总体积为至少 15.0 体积%的金属碳化物。

6. 根据权利要求 5 所述的粉末金属材料,其特征在于,金属碳化物选自: M_8C_7 , M_7C_3 , M_6C , 其中, M 为至少一种金属原子, C 为碳。

7. 根据权利要求 6 所述的粉末金属材料,其特征在于, M_8C_7 是 $(V_{63}Fe_{37})_8C_7$; M_7C_3 选自: $(Cr_{34}Fe_{66})_7C_3$, $Cr_{3.5}Fe_{3.5}C_3$, 以及 $Cr_4Fe_3C_3$; 而 M_6C 选自: Mo_3Fe_3C , Mo_2Fe_4C , W_3Fe_3C , 以及 W_2Fe_4C 。

8. 一种形成用在热喷涂技术中的粉末金属材料的方法,其特征在于,该方法包括以下步骤:

提供熔化的铁基合金,该铁基合金包括:3.0-7.0 重量%的碳,10.0-25.0 重量%的铬,1.0-5.0 重量%的钨,3.5-7.0 重量%的钒,1.0-5.0 重量%的钼,不超过 0.5 重量%的氧,以及至少 40.0 重量%的铁,基于熔化的铁基合金的总重量;以及

雾化该熔化的铁基合金以提供该铁基合金的雾化液滴。

9. 根据权利要求 8 所述的方法,其特征在于,该方法包括研磨该雾化液滴。

10. 根据权利要求 8 所述的方法,其特征在于,该雾化步骤包括:在铁基合金中形成基于铁基合金的总体积为至少 15.0 体积%的金属碳化物。

11. 根据权利要求 10 所述的方法,其特征在于,金属碳化物选自: M_8C_7 , M_7C_3 , M_6C , 其中, M 为至少一种金属原子, C 为碳。

12. 根据权利要求 11 所述的方法,其特征在于, M_8C_7 是 $(V_{63}Fe_{37})_8C_7$; M_7C_3 选自: $(Cr_{34}Fe_{66})_7C_3$, $Cr_{3.5}Fe_{3.5}C_3$, 以及 $Cr_4Fe_3C_3$; 而 M_6C 选自: Mo_3Fe_3C , Mo_2Fe_4C , W_3Fe_3C , 以及 W_2Fe_4C 。

13. 一种耐磨部件,包括:热喷涂的粉末金属材料,其中,该热喷涂的粉末金属材料包括 3.0-7.0 重量%的碳,10.0-25.0 重量%的铬,1.0-5.0 重量%的钨,3.5-7.0 重量%的钒,1.0-5.0 重量%的钼,不超过 0.5 重量%的氧,以及至少 40.0 重量%的铁,基于该热喷涂的粉末金属材料的总重量。

14. 根据权利要求 13 所述的耐磨部件,其特征在于,该耐磨部件还包括一具有外表面的本体,热喷涂的粉末金属材料被设置于所述外表面上。

15. 根据权利要求 14 所述的耐磨部件,其特征在于,本体是具有内表面和外表面的活塞环,该内表面围绕中心轴设置,该外表面与该内表面相对设置,热喷涂的粉末金属材料在

外表面上形成涂层。

16. 根据权利要求 14 所述的耐磨部件,其特征在于,本体是具有外表面的活塞,热喷涂的粉末金属材料在外表面上形成涂层。

17. 根据权利要求 13 所述的耐磨部件,其特征在于,耐磨部件由热喷涂的粉末金属材料组成。

18. 根据权利要求 17 所述的耐磨部件,其特征在于,耐磨部件是活塞环。

19. 根据权利要求 13 所述的耐磨部件,其特征在于,包括与热喷涂的粉末金属材料混合的第二粉末金属材料。

20. 一种形成耐磨部件的方法,其特征在于,该方法包括以下步骤:喷涂粉末金属材料,其中,该粉末金属材料包括 3.0-7.0 重量%的碳,10.0-25.0 重量%的铬,1.0-5.0 重量%的钨,3.5-7.0 重量%的钒,1.0-5.0 重量%的钼,不超过 0.5 重量%的氧,以及至少 40.0 重量%的铁,基于粉末金属材料的总重量。

21. 根据权利要求 20 所述的方法,其特征在于,喷涂步骤选自以下热喷涂技术:粉末火焰喷涂,等离子喷涂,冷喷涂,以及高速氧燃料喷涂(HVOF)。

22. 根据权利要求 20 所述的方法,其特征在于,该方法包括在喷涂步骤之前加热粉末金属材料,该粉末金属材料在喷涂步骤中被加热。

23. 根据权利要求 20 所述的方法,其特征在于,热喷涂技术包括:提供含燃料和氧气的混合物的燃烧室;点燃燃料和氧气的混合物;以及在点燃步骤后将粉末金属材料供应进燃烧室以加速该粉末金属材料。

24. 根据权利要求 23 所述的方法,其特征在于,点燃步骤包括在燃烧室中产生压力,并将粉末金属材料加速到超音速的速度。

25. 根据权利要求 20 所述的方法,其特征在于,该方法包括提供本体,喷涂步骤包括将粉末金属材料喷涂到本体上。

26. 根据权利要求 20 所述的方法,其特征在于,喷涂步骤形成耐磨部件,该耐磨部件是具有内表面和外表面的活塞环,该内表面围绕中心轴设置,该外表面与该内表面相对设置。

采用铁基合金粉末的热喷涂应用

相关申请的交叉引用

[0001] 本申请要求于 2012 年 3 月 9 日提交的序列号为 No. 61/608,853 的临时申请的权益,其通过引用整体合并于此。

技术领域

[0002] 本发明大致涉及耐磨的热喷涂粉末,形成其的方法以及其应用。

背景技术

[0003] 热喷涂技术被用于在汽车发动机部件(如活塞和活塞环)上应用耐磨涂层。该涂层可在活塞沿气缸滑动时保护活塞环的表面避免磨损。该涂层还可以减少由于暴露于发动机的燃烧室中的极端温度和污染物中而造成的活塞的腐蚀和氧化。这种耐磨涂层已知由各种陶瓷材料,铬基粉末,以及钼基粉末形成。热喷涂技术的实例包括燃烧,放电,冷喷涂,以及激光。

发明内容

[0004] 本发明的一个方面提供一种用在热喷涂技术中的粉末金属材料,包括:3.0-7.0 重量%的碳,10.0-25.0 重量%的铬,1.0-5.0 重量%的钨,3.5-7.0 重量%的钒,1.0-5.0 重量%的钼,不超过 0.5 重量%的氧,以及至少 40.0 重量%的铁,基于粉末金属材料的总重量。

[0005] 本发明的另一个方面提供形成用在热喷涂技术中的粉末金属材料的方法,包括以下步骤:提供熔化的铁基合金,包括 3.0-7.0 重量%的碳,10.0-25.0 重量%的铬,1.0-5.0 重量%的钨,3.5-7.0 重量%的钒,1.0-5.0 重量%的钼,不超过 0.5 重量%的氧,以及至少 40.0 重量%的铁,基于熔化的铁基合金的总重量;以及雾化该熔化的铁基合金以提供该铁基合金的水雾化液滴。

[0006] 本发明的另一个方面提供耐磨部件,包括:热喷涂的粉末金属材料,其中,该热喷涂的粉末金属材料包括 3.0-7.0 重量%的碳,10.0-25.0 重量%的铬,1.0-5.0 重量%的钨,3.5-7.0 重量%的钒,1.0-5.0 重量%的钼,不超过 0.5 重量%的氧,以及至少 40.0 重量%的铁,基于该热喷涂的粉末金属材料的总重量。

[0007] 本发明的另一个方面提供形成耐磨部件的方法,包括以下步骤:喷涂粉末金属材料,其中,该粉末金属材料包括 3.0-7.0 重量%的碳,10.0-25.0 重量%的铬,1.0-5.0 重量%的钨,3.5-7.0 重量%的钒,1.0-5.0 重量%的钼,不超过 0.5 重量%的氧,以及至少 40.0 重量%的铁,基于粉末金属材料的总重量。

[0008] 与热喷涂技术中使用的其它材料相比,该热喷涂粉末成本低廉地提供优异的耐磨性能。该热喷涂粉末还具有较低的熔点,因此在热喷涂技术中节约能源地仅需要较低的温度。该热喷涂粉末也可以被应用到金属本体(如活塞或活塞环)上而不会对本体造成损害。此外,与热喷涂技术中使用的其它铁基材料相比,该热喷涂粉末在热喷涂技术中可以提

供改善的抗氧化性能。

附图说明

[0009] 结合附图参考以下详细描述,本发明的其他优点将更为容易领会和理解,其中:

[0010] 图 1 示出了根据本发明的一个实施例的高速氧燃料喷涂 (HVOF) 腔室枪将热喷涂粉末喷涂到活塞的外表面上;

[0011] 图 2 示出了根据本发明的另一个实施例的 HVOF 腔室枪将热喷涂粉末喷涂到活塞环的外表面上;

[0012] 图 3 是沿着图 2 的活塞环的线 3 的截面图;

[0013] 图 4 示出了根据本发明的另一个实施例的 HVOF 腔室枪喷涂热喷涂粉末以形成喷涂形成部分;以及

[0014] 图 5 是用于形成热喷涂粉末的示例性过程的示意图。

具体实施方式

[0015] 本发明的一个方面提供一种用在热喷涂技术(也称为热喷涂工艺或应用)中的耐磨的粉末金属材料。该粉末金属材料(也称为热喷涂粉末 20)通过雾化熔化的铁基合金形成,该铁基合金包括碳(C),铬(Cr),钨(W),钒(V),钼(Mo),以及铁(Fe)。该热喷涂粉末 20 是铁基合金,且任选地包括其它组分,如钴(Co),铌(Nb),钛(Ti),锰(Mn),硫(S),硅(Si),磷(P),锆(Zr),以及钽(Ta)。

[0016] 与其他热喷涂材料相比,该热喷涂粉末 20 包括含量足以成本低廉地提供优异的耐磨性能的铬,钨,钒和钼。这些元素的含量足以形成金属碳化物。在一个实施例中,该热喷涂粉末 20 包括 10.0 至 25.0 重量%的铬,优选 11.0-15.0 重量%的铬,以及最优选 13.0 重量%的铬;1.0-5.0 重量%的钨,优选 1.5-3.5 重量%的钨,以及最优选 2.5 重量%的钨;3.5-7.0 重量%的钒,优选 4.0-6.5 重量%的钒,以及最优选 6.0%重量%的钒;1.0-5.0 重量%的钼,优选 1.0-3.0 重量%的钼,以及最优选 1.5 重量%的钼。

[0017] 热喷涂粉末 20 包括碳,其含量足以提供基于热喷涂粉末 20 的总体积的大于 15 体积%的金属碳化物。在一个实施例中,该热喷涂粉末 20 包括至少 3.0 重量%的碳,或 3.0-7.0 重量%的碳,以及最优选约 3.8 重量%的碳,基于该热喷涂粉末 20 的总重量。随着热喷涂粉末 20 中的碳的量的增加,热喷涂粉末 20 的硬度增大。这是因为在雾化步骤中,较大的碳形成了更大的碳化物,从而增加了硬度。热喷涂粉末 20 中的碳的量被称为碳总量(C_{tot})。

[0018] 该热喷涂粉末 20 还包括碳的化学计算量(C_{stoich}),它代表了被结合在合金碳化物中的平衡状态下的总碳含量。碳化物的类型和组成根据碳含量和合金元素含量而变化。

[0019] 在雾化过程中形成所需量的金属碳化物所必要的碳的化学计算量取决于热喷涂粉末 20 中的碳化物形成元素的量。用于特定组成的碳的化学计算量通过各碳化物形成元素的量乘以各元素的乘系数而获得。对于一个特定的碳化物形成元素,其乘系数等于沉淀该特定的碳化物形成元素的 1 重量%所需的碳的量。根据所形成的沉淀物的类型,碳的量,以及各合金元素的量,乘系数有所不同。根据碳的量和各合金元素的量,特定的碳化物的乘系数也会有所不同。

[0020] 例如,为了在热喷涂粉末 20 中形成 $(\text{Cr}_{23.5}\text{Fe}_{7.3}\text{V}_{63.1}\text{Mo}_{3.2}\text{W}_{2.9})_8\text{C}_7$ (也称为 M_8C_7) 的沉淀物,碳化物形成元素的乘系数计算如下。首先, M_8C_7 碳化物的原子比为:1.88 原子铬,0.58 原子铁,5.05 原子钒,0.26 原子钼,0.23 原子钨,以及 7 原子碳。接下来,每摩尔的 M_8C_7 碳化物的各元素质量为:钒 = 257.15 克,铬 = 97.76 克,铁 = 32.62 克,钼 = 24.56 克,钨 = 42.65 克,以及碳 = 84.07 克。各碳化物形成元素的重量比为:钒 = 47.73 重量%,铬 = 18.14 重量%,铁 = 6.05 重量%,钼 = 4.56 重量%,钨 = 7.92 重量%,以及碳 = 15.60 重量%。该重量比表示 47.73 克的钒与 15.60 克的碳发生反应,这意味着 1 克的钒与 0.33 克的碳反应。为了在 M_8C_7 碳化物中沉淀 1.0 重量%的钒需要 0.33 重量%的碳,因此,钒的乘系数为 0.33。同样的方法获得的乘系数为:铬 = 0.29,钼 = 0.06,以及钨 = 0.03。

[0021] 接下来,热喷涂粉末 20 中的碳的化学计算量通过由各碳化物形成元素的量乘以各相关的乘系数,然后将各值加起来。例如,如果热喷涂粉末 20 包括 4.0 重量%的钒,13.0 重量%的铬,1.5 重量%的钼,以及 2.5 重量%的钨,那么碳的化学计算量 = $(4.0 \times 0.33) + (13.0 \times 0.29) + (1.5 \times 0.06) + (2.5 \times 0.03) = 5.26$ 重量%。

[0022] 此外,该热喷涂粉末 20 包括的 $C_{\text{tot}}/C_{\text{stoich}}$ 小于 1.1。因此,当热喷涂粉末 20 包括上限为 7.0 重量%的碳时, C_{stoich} 是 6.36 重量%的碳 (7.0%重量的碳 / 1.1)。

[0023] 下表提供一些实例,包括在热喷涂粉末 20 中可找到的其他碳化物类型,以及铬,钒,钼和钨的通用碳化物的化学计算量的乘系数。然而,在表中所列的各碳化物的金属原子可以部分地被其它原子代替,乘系数相应变化。

元素	碳化物类型	化学计算量的实例	乘系数 f_M (w%/w%)
Cr	M_7C_3	$\text{Cr}_{3.5}\text{Fe}_{3.5}\text{C}_3$	0.20
		$\text{Cr}_4\text{Fe}_3\text{C}_3$	0.17
		$(\text{Cr}_{34}\text{Fe}_{66})_7\text{C}_3$	0.29
V	M_8C_7	$(\text{V}_{63}\text{Fe}_{37})_8\text{C}_7$	0.33
Mo	M_6C	$\text{Mo}_3\text{Fe}_3\text{C}$	0.04
		$\text{Mo}_2\text{Fe}_4\text{C}$	0.06
W	M_6C	$\text{W}_3\text{Fe}_3\text{C}$	0.02
		$\text{W}_2\text{Fe}_4\text{C}$	0.03

[0024] 金属碳化物在雾化过程中形成,并且其量为至少 15.0 体积%,优选 40.0-60.0 体积%,或 47.0-52.0 体积%,通常为约 50.0 体积%。在一个实施例中,热喷涂粉末 20 包括总量约为 50.0 体积%的富含铬的碳化物,富含钼的碳化物,富含钨的碳化物和富含钒的碳化物。

[0025] 金属碳化物具有纳米微观结构。在一个实施例中,该金属碳化物具有 1-400 纳米的直径。细小的纳米碳化物结构可以提高热喷涂粉末 20 到金属本体 24,124 的外表面 22,122 的粘附力。因此,该热喷涂粉末 20 形成的耐磨涂层不容易剥落,碎裂和脱层。与具有较粗的碳化物的微观结构的热喷涂材料相比,该细小的碳化物结构还可以提供更均匀的微观结构,从而提供改善的抗冲击和耐疲劳性能。如上面提到的,碳化物可以是各种类型,包

括： M_8C_7 ， M_7C_3 ， MC ， M_6C ， $M_{23}C_6$ ，以及 M_3C ，其中， M 为至少一个金属原子，如铁，铬，钒，钼，和 / 或钨， C 为碳。在一个实施例中，该金属碳化物选自： M_8C_7 ， M_7C_3 ， M_6C ；其中， M_8C_7 是 $(V_{63}Fe_{37})_8C_7$ ； M_7C_3 选自： $(Cr_{34}Fe_{66})_7C_3$ ， $Cr_{3.5}Fe_{3.5}C_3$ ，以及 $Cr_4Fe_3C_3$ ；而 M_6C 选自： Mo_3Fe_3C ， Mo_2Fe_4C ， W_3Fe_3C ，以及 W_2Fe_4C 。

[0026] 热喷涂粉末 20 的微观结构还包括纳米级的奥氏体，并且可包括纳米级的马氏体，与纳米级的碳化物一起。碳的量足以限制热喷涂粉末 20 在热喷涂过程中的氧化。在热喷涂工艺中，如果气氛控制不当，清洁度和温度不够都可以导致氧化。

[0027] 热喷涂粉末 20 可任选地包括其它元素，这也有助于提高耐磨性能或者增强其它材料特性。在一个实施例中，该热喷涂粉末 20 包括钴，铌，钛，锰，硫，硅，磷，锆和钽中的至少一种。在一个实施例中，该热喷涂粉末 20 具有 4.0 至 15.0 重量%的钴；高达 7.0 重量%的铌；高达 7.0 重量%的钛；高达 2.0 重量%的锰；高达 1.15 重量%的硫；高达 2.0 重量%的硅；高达 2.0 重量%的磷；高达 2.0 重量%的锆；以及高达 2.0 重量%的钽中的至少一种。在一个实施例中，热喷涂粉末 20 包括预合金化的硫以在粉末中形成硫化物或含硫化合物。硫化物（如 MnS ， CrS ）已知用来改善可加工性并可对耐磨性有利。

[0028] 热喷涂粉末 20 的组成的余量是铁。在一个实施例中，该热喷涂粉末 20 包括至少 40.0 重量%的铁，或 50.0 至 81.5 重量%的铁，优选 70.0 至 80.0 重量%的铁。该热喷涂粉末 20 通常具有 800–1500 Hv_{50} 的显微硬度。高硬度有助于耐磨涂层 26 的优异的耐磨性，而细小的结构可提高韧性。热喷涂粉末 20 的显微硬度随着碳量的增加而提高。

[0029] 在一个示例性实施例中，热喷涂粉末 20 包括 3.8 重量%的碳，13.0 重量%的铬，2.5 重量%的钨，4.0–6.0 重量%的钒，1.5 重量%的钼，0.2 重量%的氧，70.0 至 80.0 重量%的铁，并且不超过 2.0 重量%的杂质。

[0030] 该示例性实施例中的热喷涂粉末 20 具有约 1235°C (2255° F) 的熔点，并且在该温度下完全熔化。但是，根据碳含量和合金元素的含量，热喷涂粉末 20 的熔点会有所差异。但是，热喷涂粉末 20 在温度低至 1150°C 时可以包括一小部分液相。与具有较高熔点的热喷涂材料相比，低熔点在热喷涂过程中提供多个优点。仅需要很少的能量将热喷涂粉末 20 应用到被涂覆的本体 24 的外表面 22 上。热喷涂粉末 20 可以在较低的温度下被喷涂，这就提供了到被涂覆的本体 24 的较少的热量输入，较低的制造设备磨损，在耐磨涂层 26 中的可能的低孔隙率，以及在喷涂过程中的热喷涂粉末 20 的更少的氧化。较低的熔点还提供使用冷喷涂技术的机会。

[0031] 热喷涂粉末 20 通过水雾化或气雾化熔化的铁基合金制成。采用水雾化形成热喷涂粉末 20 的一个示例性过程如图 5 所示。然而，水雾化步骤可以由气雾化步骤来代替。在一个实施例中，在雾化前提供的铁基合金包括：3.0–7.0 重量%的碳，10.0–25.0 重量%的铬，1.0–5.0 重量%的钨，3.5–7.0 重量%的钒，1.0–5.0 重量%的钼，以及至少 40.0 重量%的铁。铁基合金通常提供为预合金，包括：碳，铬，钨，钒，钼和铁。铁基合金还具有低的氧含量，优选不超过 0.5 重量%。铁基合金中的碳含量足以在熔化和雾化步骤中保护合金免于被氧化。

[0032] 一旦铁基合金被熔化，它被送入水雾化器或气雾化器。铁基合金的高碳含量降低了氧在熔化的铁基合金中的溶解度。在熔化的铁基合金中减少的氧水平具有在熔化和雾化的步骤中防止碳化物形成元素被氧化的好处。相对较高的碳含量允许在该热喷涂粉末 20

的基体中形成奥氏体,或者可能的马氏体,其中碳化物在雾化步骤中沉淀。铁基合金中的碳化物形成合金元素的量的提高也可以增加在雾化步骤中形成在基体中的碳化物的量。

[0033] 在雾化器中,高压水流或气流作用于熔化的铁基合金的流,该高压水流或气流分散和快速地固化该熔化的铁基合金流形成完全合金化的金属液滴。气雾化通常产生圆形的颗粒,而水雾化通常会产生不规则形状的颗粒。优选地,每个液滴具有熔化的金属整体的完全合金化的化学组成,包括:至少 3.0 重量%的碳,10.0-25.0 重量%的铬,1.0-5.0 重量%的钨,3.5-7.0 重量%的钒,1.0-5.0 重量%的钼,以及至少 40.0 重量%的铁。每个液滴最好还包括均匀分布的碳化物。通过粉末中的高碳含量,液滴的主要元素在熔化和雾化步骤中被保护免于氧化。高碳含量和低氧气含量也限制雾化步骤中的氧化。然而,液滴的外表面可被氧化,这可能是由于暴露于水或无保护大气中产生的。相比于水雾化,气雾化可改善一些属性,如更好的流动,表观密度,以及较低的氧含量。

[0034] 接下来,雾化液滴通过干燥机后进入研磨机,在该研磨机中,雾化材料被机械研磨或压碎,然后过筛。液滴的硬的和细小的纳米结构使其易于研磨。球磨机或其它机械尺寸减小装置都可以使用。此外,在研磨液滴之前,该液滴可进行退火,但在研磨液滴前并不需要退火步骤,并且典型地并不进行退火步骤。如果在雾化步骤中的雾化液滴上形成外部的氧化皮,机械研磨使得外部的氧化皮从液滴的主体上撕裂和分离。研磨的液滴随后从氧化皮中分离而得到雾化的热喷涂粉末 20 和氧化物颗粒 30,如图 5 所示。在某些情况下,当使用气雾化时,外部的氧化皮是极小的,可以不经去除直接使用。然而,机械研磨步骤仍可用于撕裂液滴和减小液滴的尺寸。热喷涂粉末 20 可以进一步利用尺寸,形状和与粉末金属相关联的其他特征进行筛选。然后,热喷涂粉末 20 可被用于形成耐磨部件 28,128,228,如活塞或活塞环。

[0035] 图 1 示出了包括热喷涂粉末 20 的耐磨部件 28 的一个例子。在图 1 中,耐磨部件 28 是包括本体 24 的活塞,具体为裙部,其具有外表面 22。热喷涂粉末 20 通过热喷涂技术被应用到本体 24 的外表面 22,以在外表面 22 上形成耐磨涂层。耐磨涂层通常具有 800-1500Hv₅₀ 的显微硬度。图 2 示出了包括热喷涂粉末 20 的耐磨部件 128 的另一例子。耐磨部件 128 包括本体 124,具体为未涂覆的活塞环,具有围绕中心轴 A 的内表面 136 和与该内表面 136 相对设置的外表面 122。热喷涂粉末 20 通过热喷涂技术被应用到外表面 122 上,以在外表面 122 上形成耐磨涂层。

[0036] 热喷涂粉末 20 也可在其他部件(未示出,如涡轮叶片,传动部件,排气系统部件,曲轴,其他汽车部件,浆辊和纸辊,油和石油钻井部件,高尔夫球杆,和手术治疗应用)上形成耐磨涂层。

[0037] 图 4 是耐磨部件 228 的另一个实例,具体为活塞环,其中,耐磨部件 228 完全由热喷涂粉末 20 组成。耐磨部件 228 具有围绕中心轴 A 的内表面 236 与该内表面 236 相对设置的外表面 222。这种耐磨部件 228 被称为喷涂形成部分。该喷涂形成部分通常具有 800-1500Hv₅₀ 的显微硬度。

[0038] 各种热喷涂技术可用来形成耐磨部件 28,128,228。四种典型的热喷涂技术是燃烧,放电,冷喷涂,以及激光。每种热喷涂技术包括在本体 24,124 的外表面 22,122 上喷涂热喷涂粉末 20 以形成耐磨涂层,或在基材 238 上喷涂热喷涂粉末 20 以形成喷涂形成部分。该喷涂步骤包括将热喷涂粉末 20 高速度地加速到高达超音速的速度。一旦热喷涂粉末 20

以高速喷涂形成涂层或喷涂形成部分,它可以被称为热-喷涂粉末或热喷涂涂层。燃烧,放电和激光技术包括在喷涂熔化的粉末之前熔化该热喷涂粉末 20。这些技术包括加热该热喷涂粉末 20,然后在热喷涂粉末 20 被加热时,热喷涂粉末 20 高速度地被加速喷涂到本体 24, 124 的外表面 22, 122 上,或基材 238 上。

[0039] 燃烧技术的一个实例包括火焰喷涂,如粉末火焰喷涂或线材火焰喷涂。燃烧技术的另一个例子是高速氧燃料喷涂 (HVOF),它涉及到氧气和气体燃料 (HVOF-G) 或液体燃料 (HVOF-K)。

[0040] 放电技术可包括等离子喷涂或电弧喷涂。等离子喷涂通常在惰性气体下 (IPS),真空 (VPS),或者在将热喷涂粉末 20 注入等离子体射流 (SPS) 之前通过将热喷涂粉末 20 分散在液体悬浮液中进行。等离子体喷涂也可以包括大气等离子体喷涂 (APS),高压等离子喷涂 (HPPS),水稳定化等离子体喷涂 (WSPS),反应性等离子喷涂 (RPS),或者水下等离子喷涂 (UPS)。如果在等离子体喷涂过程中所用的惰性气体是氮气,有可能形成钒的碳氮化物,从而提高硬度和耐磨性。通过在喷涂过程之前的工艺参数和热喷涂粉末 20 的化学过程控制这种可能性。

[0041] 最优选的热喷涂技术是粉末火焰喷涂,等离子喷涂,冷喷涂和高速氧燃料喷涂 (HVOF)。图 1,图 2 和图 4 示出了 HVOF 工艺的步骤,其中, HVOF 腔室枪将热喷涂粉末 20 喷涂到本体 24, 124 的外表面 22, 122 上,或基材 238 上。该 HVOF 腔室枪包括一个与喷嘴 34 流体连通的加压燃烧室 32。燃烧室 32 包括载气(如氧气)和燃料(如乙炔,氢气,丙烷或丙烯)的混合物。该混合物被点燃以产生高压的火焰并在燃烧室中产生压力。火焰通过喷嘴 34 形成并以高的速度加速载气,其可高达超音速的速度。接下来,热喷涂粉末 20 被轴向送入高压燃烧室 32,或直接通过喷嘴 34 的一侧。载气以高的速度加速热喷涂粉末 20 使其从 HVOF 腔室枪出来。

[0042] 在图 1 和图 2 的实施例中,热喷涂粉末 20 被应用到本体 24, 124 的外表面 22, 122 上以形成耐磨涂层。图 3 示出了应用到图 2 的本体 124 的耐磨涂层的厚度 t 。该厚度取决于所使用的热喷涂技术,本体 124 的设计以及耐磨部件 28 的应用。在一个实施例中,耐磨涂层的厚度为 20 至 200 微米。

[0043] 形成耐磨部件 28 的方法可任选地包括一个后喷涂热处理。在一个实施例中,该方法包括被在应用到本体 24, 124 后或形成喷涂形成部分后的热喷涂粉末 20 的退火。该退火或其它热处理步骤可通过使其更粗糙而对热喷涂粉末 20 的微结构进行修改。如,该金属碳化物可以有至少一微米的直径,而不是 1 和 400 纳米的直径。

[0044] 本发明的另一个方面提供形成耐磨部件 228 的方法,其中,耐磨部件 228 是由热喷涂粉末 20 形成的喷涂形成部分,诸如图 4 中的活塞环。该喷涂形成部分通过在基材 238 上喷涂热喷涂粉末 20 高达 500 毫米的厚度形成。该喷涂形成工艺是一种近净成形的工艺,并且包括将喷涂的粉末固定到移动基材上,如 ASM 手册的第 7 卷所述。此工艺具有多个优点,包括密度大于 98%,细等轴晶粒,无肉眼可见的分离,无先前微粒边界,增强的机械性能,材料/合金化灵活性,而且沉积率较高,如大于 2 千克/每秒。

[0045] 此外,该热喷涂粉末 20 可以与其它粉末被共喷涂以形成耐磨部件 28, 128, 228, 无论是耐磨涂层还是喷涂形成部分。可能与本发明的热喷涂粉末 20 被共喷涂的其它粉末的实例包括金属间化合物,其它硬质相,以及金属合金。与单独由热喷涂粉末 20 提供的微结

构不同,包括共喷涂粉末的耐磨涂层 26 和喷涂形成部分可以提供许多各种不同的微观结构。

[0046] 显然,根据以上教导,本发明的许多修正和变型是可能的。因此,应当理解,在授权权利要求的范围内,本发明可不同于具体描述通过其他方式实施。

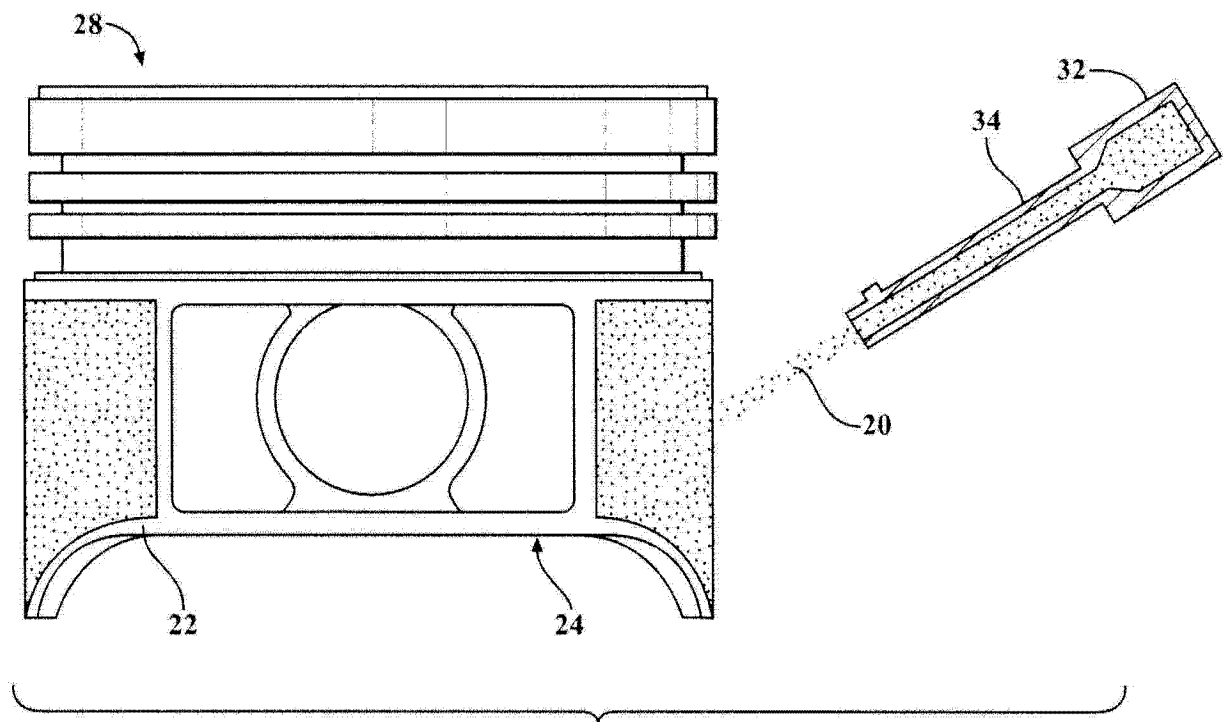


FIG. 1

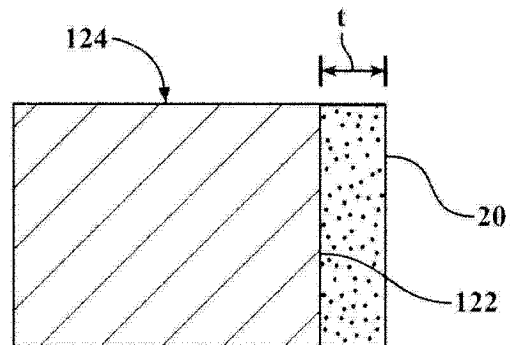


FIG. 3

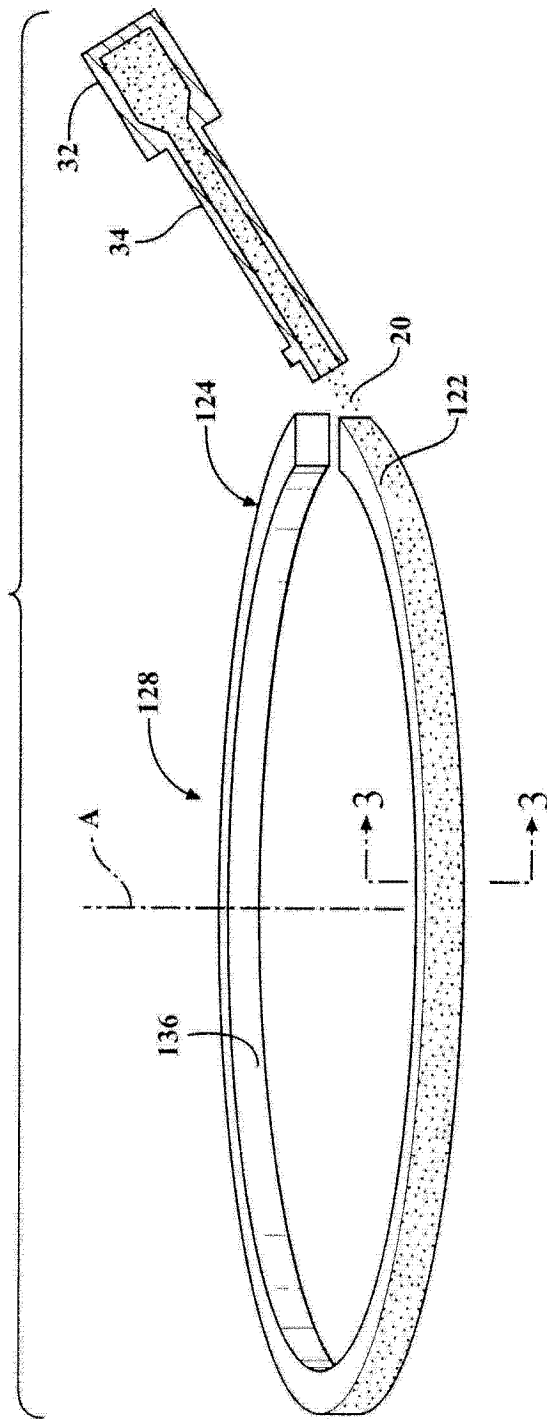


FIG. 2

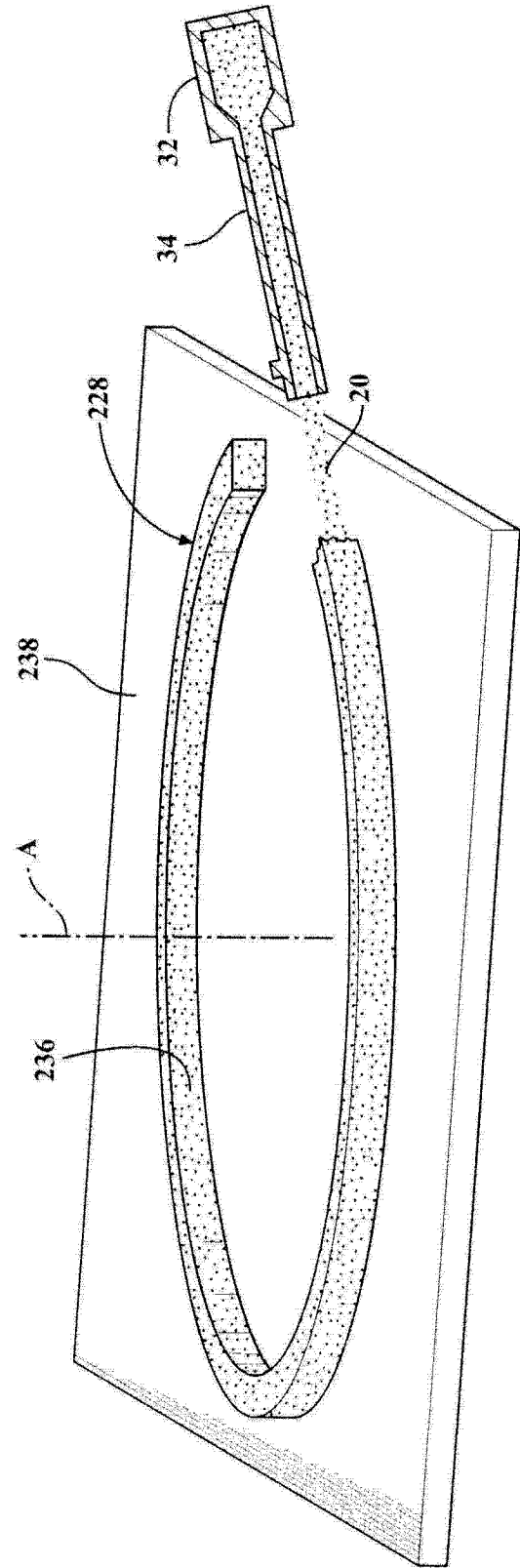


FIG. 4

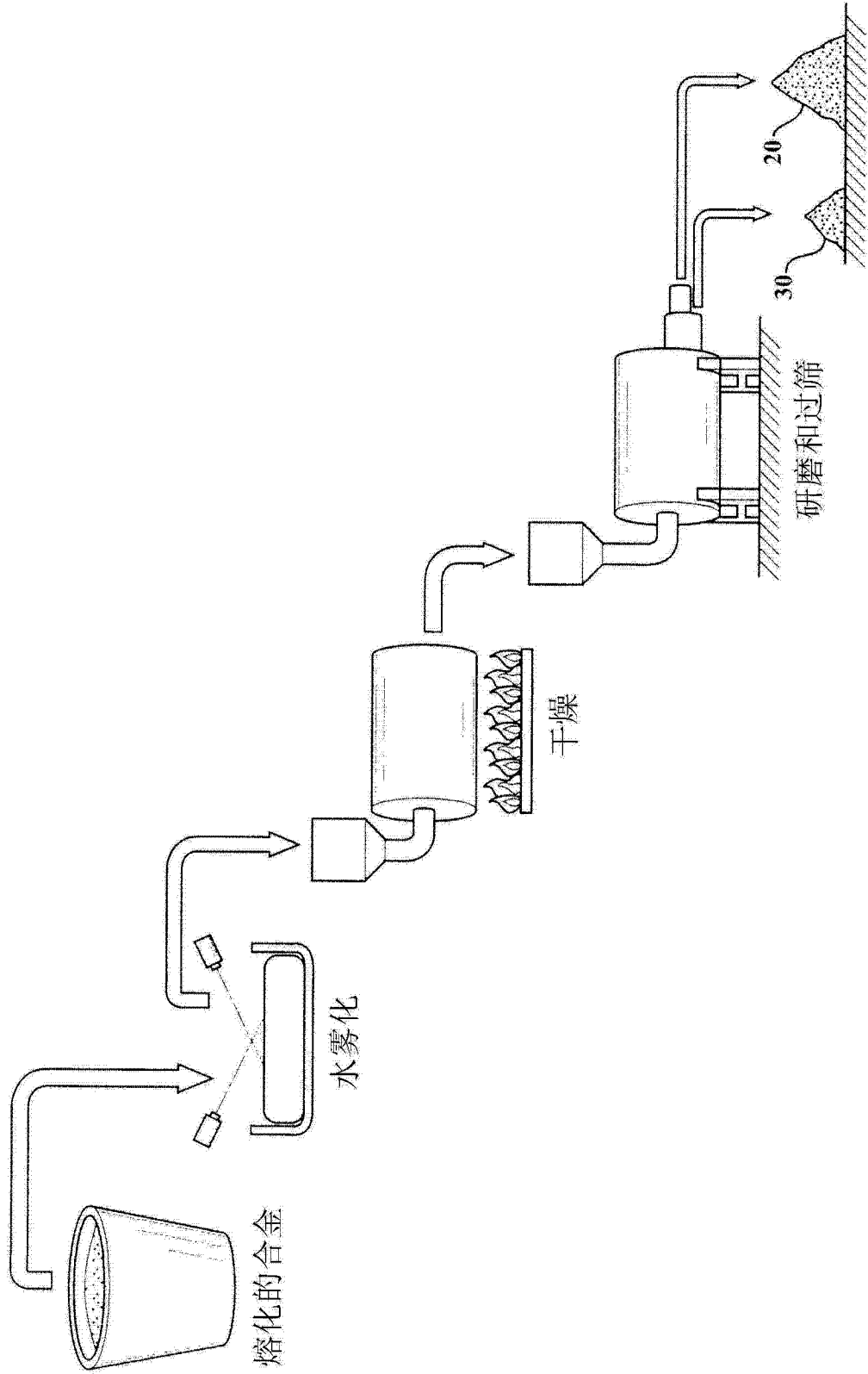


FIG. 5