



# (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110799664 B

(45) 授权公告日 2022. 11. 01

(21) 申请号 201880040593.0  
 (22) 申请日 2018.06.11  
 (65) 同一申请的已公布的文献号  
 申请公布号 CN 110799664 A  
 (43) 申请公布日 2020.02.14  
 (30) 优先权数据  
 62/521708 2017.06.19 US  
 16/003278 2018.06.08 US  
 (85) PCT国际申请进入国家阶段日  
 2019.12.18  
 (86) PCT国际申请的申请数据  
 PCT/US2018/036861 2018.06.11  
 (87) PCT国际申请的公布数据  
 W02018/236609 EN 2018.12.27  
 (73) 专利权人 普莱克斯S.T.技术有限公司  
 地址 美国康涅狄格州  
 (72) 发明人 A·S·克里曼 D·王 K·休斯

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001  
 专利代理师 张萍 林毅斌

(51) Int.Cl.  
 C23C 4/06 (2016.01)  
 C23C 4/123 (2016.01)  
 C22C 29/08 (2006.01)  
 B22F 10/20 (2021.01)  
 B22F 5/00 (2006.01)  
 B21B 27/00 (2006.01)  
 B32B 3/30 (2006.01)  
 B33Y 10/00 (2015.01)  
 B33Y 80/00 (2015.01)

(56) 对比文件  
 US 4787837 A, 1988.11.29  
 US 2002150687 A1, 2002.10.17  
 US 5622753 A, 1997.04.22

审查员 王蔚  
 权利要求书2页 说明书5页 附图2页

## (54) 发明名称

源于增材叠层工艺的完全均匀覆盖非光滑表面的薄且纹理化的膜

## (57) 摘要

本发明涉及可施加到非光滑表面上以改善所述表面的硬度、耐腐蚀性和耐磨性同时保持所述非光滑表面的基础轮廓的薄且纹理化的膜。可采用增材叠层工艺在所述非光滑表面上产生所述薄且纹理化的膜，而基本上不改变或降解所述非光滑表面的所述基础表面纹理或轮廓，以便充分保留所述基础表面纹理或轮廓。所述薄且纹理化的膜以均匀的方式完全覆盖所述非光滑表面并且保持所述表面轮廓。

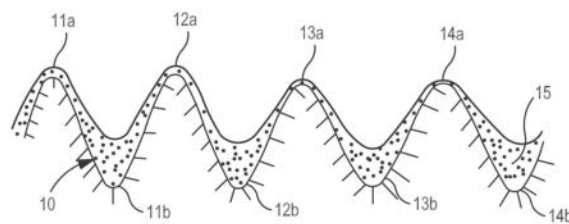


图1a

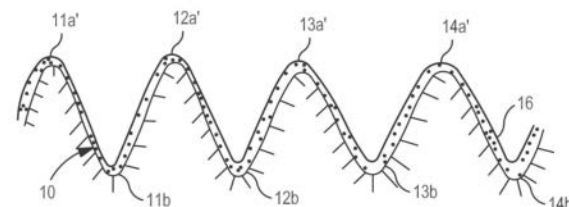


图1b

1. 一种纹理化且薄的膜,包括:  
基底,所述基底包括以图案为特征的非光滑表面,所述图案具有预先确定数量的峰和谷;  
所述纹理化且薄的膜沿整个所述非光滑表面连续地延伸,所述纹理化薄膜源于通过增材叠层装置喂入的颗粒的液体原料,所述颗粒具有不大于5微米的有效直径;  
所述纹理化且薄的涂层具有最小厚度和不大于25微米的最大厚度,使得所述最小厚度与所述最大厚度的比率在0.6至1.0的范围内,从而产生基本上适形于所述非光滑表面的所述图案的膜纹理。
2. 根据权利要求1所述的纹理化且薄的膜,其中所述非光滑表面选自工作辊、压花辊、雕刻辊、蚀刻辊、滚花辊、夹送辊、压延辊、压块辊、瓦楞辊、计量辊、牵引辊、导丝辊和槽纹辊。
3. 根据权利要求1所述的纹理化且薄的膜,其中所述膜具有在5微米至25微米范围内的厚度。
4. 根据权利要求1所述的纹理化且薄的膜,其中所述颗粒的有效直径在0.1微米至5.0微米的范围内。
5. 根据权利要求1所述的纹理化且薄的膜,还具有小于1.5微米的表面粗糙度(Ra)。
6. 根据权利要求1所述的纹理化且薄的膜,还具有在900-1400范围内的显微硬度HV<sub>300</sub>。
7. 根据权利要求1所述的纹理化且薄的膜,其中所述膜包括选自WC-CoCr、WC-Co、WC-Ni和CrC-NiCr的组合物。
8. 根据权利要求1所述的纹理化且薄的膜,其中所述图案具有被限定为基本上波状的起伏轮廓。
9. 根据权利要求1所述的纹理化且薄的膜,其中所述图案为基本上正弦的或基本上方状的。
10. 根据权利要求1所述的纹理化且薄的膜,其中基础图案的结构完整性被充分地保持。
11. 根据权利要求1所述的纹理化且薄的膜,其中所述纹理化薄膜基本上不改变或降解基础图案。
12. 一种纹理化且薄的膜,包括:  
基底,所述基底包括以图案为特征的非光滑表面,所述图案的特征在于由预先确定数量的峰和谷限定的起伏轮廓;  
所述纹理化且薄的膜沿整个所述非光滑表面连续地延伸,以产生(i)经涂覆的峰,每个经涂覆的峰适形于非光滑表面的对应峰的所述起伏轮廓,以及(iii)经涂覆的谷,每个经涂覆的谷适形于所述非光滑表面的对应谷的所述起伏轮廓;  
所述纹理化且薄的膜源于通过增材叠层装置喂入的液体原料颗粒;  
所述纹理化且薄的膜具有最小厚度和不大于25微米的最大厚度,使得所述最小厚度与所述最大厚度的比率在0.6至1.0的范围内。
13. 根据权利要求12所述的纹理化且薄的膜,所述颗粒具有不大于5微米的有效直径。
14. 根据权利要求12所述的纹理化且薄的膜,其中所述颗粒是纳米级的以形成单层膜。
15. 一种用于形成沿基底的外表面的完全覆盖的基底而基本上不改变或降解所述基底

的外表面的纹理轮廓的方法,所述方法包括以下步骤:

提供具有所述外表面的所述基底,所述外表面具有图案,所述图案的特征如由所述纹理轮廓所限定的那样是非光滑的;

提供增材叠层装置,所述增材叠层装置包括燃烧室和喷嘴;

生成热气体流出物;

将颗粒的液体原料喂入所述热气体流出物中,所述颗粒具有0.1微米至5微米范围内的尺寸;

产生熔融的颗粒流出物;以及

将所述熔融的颗粒流出物引导到所述非光滑纹理轮廓上以产生基本上适形于所述非光滑表面的所述图案的纹理化膜。

16. 根据权利要求15所述的方法,还包括:

将所述熔融的颗粒流出物冲击到所述基底上,以便以连续的方式沿所述基底延伸。

17. 根据权利要求15所述的方法,还包括将所述颗粒流出物积聚到所述基底上至不大于25微米的厚度。

18. 根据权利要求15所述的方法,其中所述基底选自工作辊、压花辊、雕刻辊、蚀刻辊、滚花辊、夹送辊、压延辊、压块辊、瓦楞辊、计量辊、牵引辊、导丝辊和槽纹辊。

19. 根据权利要求15所述的方法,还包括相对于所述基底成角度地将所述熔融的粉末颗粒流出物引导到所述非光滑纹理轮廓上。

## 源于增材叠层工艺的完全均匀覆盖非光滑表面的薄且纹理化的膜

### 技术领域

[0001] 本发明涉及施加到非光滑表面上以用于多种应用的连续的薄且纹理化的膜,由此该膜充分地保持被叠置在基础表面纹理上的非光滑表面的基础表面纹理。

### 背景技术

[0002] 许多涂覆基底表面需要涂层,以保持或不会显著降解基底表面的基础表面纹理或图案。应当理解,术语“纹理”、“表面纹理”和“图案”旨在具有与此处和全文所用的相同的含义。如此处和全文所用,术语“基底”是指以某种无规或非无规表面图案或纹理化轮廓为特征的任何非光滑表面。基底包括任何合适类型的材料,包括金属表面和合金表面。

[0003] 基底的一个示例为压花辊,它具有凹陷或凹槽构造和/或升高的突起构造,以形成特定图案或表面纹理。基底的另一个示例是具有预定义表面纹理的工作辊。例如,可能需要用于金属或金属合金(例如,钢、钛、铜、黄铜和铝)且具有特定表面纹理的工作辊来生产轧制工件和其他产品。如此处和全文所用,“工件”和“产品”是作为轧制方法或最终应用的一部分(例如,热处理、退火等)涂覆基底可接触的任何类型材料的通用说法,包括例如带材、板材或其他轧制片材金属和其他片材产品。热轧机和冷轧机执行的纹理化工作辊具有特定优点,包括能够显著减小穿过工作辊的工件材料的厚度。

[0004] 此外,工作辊表面纹理是所需的,因为其可起到将润滑剂夹带在原本为润滑剂耗尽的辊咬合处(由于与热轧相关的极端温度导致润滑剂耗尽)中的作用,这种润滑剂随后被排出到辊/板材界面,此时其作用是使由于辊表面和板材表面之间的粘附而导致的材料转移基本上最小化,并且使板材表面进入冷轧机架时其上的轧入碎屑和污迹最小化。

[0005] 另外,要求用于生产钢板的大型冷轧机和平整机工作辊具有紧密限定的纹理化表面。然后在钢板穿过辊时,将这种纹理赋予钢板。在随后将钢板形成一些所需的轮廓例如车体外壳时,其拥有的表面纹理最初在压制过程中所需的用油进行润滑时以及随后在对金属外壳进行喷漆时发挥着非常重要的作用。在本领域中已知的是,对于汽车工业以及其他应用而言,在对钢板进行压制加工时需要表面粗糙度和润滑度的某些特质。

[0006] 已经采用了许多涂覆方法,但都未能产生合适的磨损寿命。一个示例就是如今普遍使用的硬铬镀层方法。然而,硬铬镀层方法的主要缺点是其使用六价铬。由于六价铬具有致癌性,根据《化学品注册、评估、授权和限制法规》(REACH),欧盟从2017年9月起禁止未经授权使用Cr(VI)化合物。

[0007] 作为替代方案,已经探索了放电涂覆(EDC),放电涂覆能够形成基础表面的纹理,同时能够将涂层沉积到工件表面上。EDC是一种表面合金化/涂覆方法,用于在金属基底上形成具有放电纹理化表面的硬质耐磨层。已经在放电纹理化过程中使用了生坯和/或烧结的金属碳化物电极,以通过表面合金化来改善辊的耐磨性。在EDC方法中,电流流过电极并且导致电介质在火花间隙中电离。在电离过程中,温度将超过8000K,此时电极和工件表面发生局部熔融和汽化,以形成涂覆的表面。结果往往显示不合格的低水平的沉积在工件表

面上的碳化钨,从而导致耐磨性较差。

[0008] 另外,当前的其他涂覆方法一般不能保留非光滑表面的基础表面纹理或轮廓。如今,当将涂层施加到可例如通过纹理化、压花、雕刻、蚀刻或滚花产生的非光滑表面上时,在其上沉积厚的保护性涂层时非均匀表面会丧失。

[0009] 鉴于当前涂覆方法的缺点,仍需要改进的涂层以及用于产生该涂层的方法,该方法能够以足以赋予保护性耐磨性并且不会使非光滑表面的基础表面纹理或轮廓大幅降解的膜含量涂覆非光滑基底表面,从而充分保留基础表面纹理或轮廓。

### 发明内容

[0010] 在一个方面,提供了一种纹理化且薄的膜,该膜包括:基底,该基底包括以图案为特征的非光滑表面,所述图案具有预先确定数量的峰和谷;该纹理化且薄的膜沿整个非光滑表面连续地延伸,所述纹理化薄膜源于通过增材叠层(additive overlaying)装置喂入的颗粒的液体原料,所述颗粒具有不大于约5微米的有效直径;所述纹理化且薄的涂层具有最小厚度和不大于约25微米的最大厚度,使得最小厚度与最大厚度的比率在约0.6至约1.0的范围内,从而产生基本上适形于非光滑表面的图案的膜纹理。

[0011] 在第二方面,提供了一种纹理化且薄的膜,该膜包括:基底,该基底包括以图案为特征的非光滑表面,所述图案的特征在于由预先确定数量的峰和谷限定的起伏轮廓;该纹理化且薄的膜沿整个非光滑表面连续地延伸,以产生(i)经涂覆的峰,每个经涂覆的峰适形于非光滑表面的所述对应峰的所述起伏轮廓,以及(iii)经涂覆的谷,每个经涂覆的谷适形于非光滑表面的所述对应谷的起伏轮廓,所述纹理化且薄的膜源于通过增材叠层装置喂入的液体原料颗粒;所述纹理化且薄的膜具有最小厚度和不大于约25微米的最大厚度,使得最小厚度与最大厚度的比率在约0.6至约1.0的范围内。

[0012] 在第三方面,一种用于形成沿基底的外表面的完全覆盖的基底而基本上不改变或降解基底的外表面的纹理轮廓的方法,所述方法包括以下步骤:提供具有外表面的基底,所述外表面具有图案,图案的特征如由纹理轮廓所限定的那样是非光滑的;提供增材叠层装置,所述增材叠层装置包括燃烧室和喷嘴;生成热气体流出物;将颗粒的液体原料喂入所述热气体流出物中,所述颗粒具有0.1微米至5微米范围内的尺寸;产生熔融的颗粒流出物;以及将熔融的颗粒流出物引导到非光滑纹理轮廓上以产生基本上适形于非光滑表面的图案的纹理化膜。

### 附图说明

[0013] 图1a示出了基底的非光滑顶表面,该非光滑顶表面具有沿其的常规热喷涂层,其中沿非光滑表面的峰和谷的涂层厚度是不均匀的,并且基础纹理被降解;

[0014] 图1b示出了图1a的相同基底的非光滑顶表面,该非光滑顶表面具有根据本发明原理的以均匀的覆盖率和厚度沿峰和谷连续延伸的薄且纹理化的膜,其中该薄且纹理化的膜源于增材叠层工艺;

[0015] 图2a示出了基底的非光滑顶表面的另一示例,该非光滑顶表面具有沿其的常规热喷涂层,其中沿非光滑表面的峰和谷的涂层厚度是不均匀的,并且基础纹理被降解;

[0016] 图2b示出了图2a的相同基底的非光滑顶表面,该非光滑顶表面具有根据本发明原

理的以均匀的覆盖率和厚度沿峰和谷连续延伸的薄且纹理化的膜,其中该薄且纹理化的膜源于增材叠层工艺;

[0017] 图3示出了用于增材叠层工艺的系统的相关示意图;并且

[0018] 图4示出了根据本发明原理的以基本上适形于非光滑基底的基础图案的方式覆盖整个非光滑表面的相对薄且纹理化的膜的显微照片。

### 具体实施方式

[0019] 本发明认识到,当将热喷涂层施加到可通过纹理化、压花、雕刻、蚀刻或滚花产生的非光滑表面上时,非均匀表面(即,表面纹理、轮廓或图案)的清晰度丧失或被传统热喷涂层覆盖。本发明提供了一种新颖的解决方案,用于克服对非光滑表面的破坏,同时保持非光滑表面必要的耐磨性。优选地,由颗粒尺寸在约0.1微米至5微米范围内的碳化物原料进行的增材叠层工艺可通过产生薄、纹理化、致密且耐磨的膜来克服常规热喷涂层的缺陷。

[0020] 本发明的一个方面着重于一种膜,该膜通常可产生所需的耐磨性和耐腐蚀性,同时基本上保持非光滑基底表面的所得基础纹理或图案。该薄且纹理化的膜的特征在于不存在铬镀层或EDC,并且是源于通过增材叠层装置喂入的不大于约5微米的颗粒的液体原料。

[0021] 应当理解,本发明可与任何类型的需要保持可采用的非光滑表面的表面纹理或图案的基底一起使用。可采用各种非光滑基底,包括压花辊、雕刻辊、蚀刻辊、滚花辊、夹送辊、压延辊、压块辊、瓦楞辊、计量辊、牵引辊、导丝辊和槽纹辊。在一个优选的实施方案中,基底可以为工作辊,诸如可用于轧制金属合金(例如,钢或铝合金)或其他非金属工件的工艺中的工作辊。

[0022] 本发明认识到利用干粉涂覆非光滑的纹理化表面的预期缺点。具体地,图1a示出了沿非光滑表面10延伸的基于干粉的涂层15。非光滑顶表面10整体被示出为具有代表性的非光滑表面,该非光滑表面的特征在于被定义为一组预先确定数量的峰和谷的图案。非光滑顶表面10的顶部被示出为被表面纹理化为基本上波状的略微起伏的轮廓。应当理解,顶表面10可具有任何其他轮廓构造。为了简单起见,非光滑顶表面10未按比例绘制,并且特意省略了非光滑表面10的其余部分。特意省略了非光滑表面10的其他细节,以更好地阐明本发明的原理。经涂覆的峰表示为11a-14a,对应的经涂覆的谷表示为11b-14b。峰11a-14a中的每一者被示出为具有相等的高度,并且谷11b-14b中的每一者被示出为具有相等的深度。但应当理解,本发明设想了峰和谷的任何构造。

[0023] 本发明认识到,由于必须使用相对较高的颗粒尺寸以避免热喷涂装置内的团聚效应,因此与峰11a、12a、13a、14a相比,倾向于在谷11b、12b、13b和14b内积聚更多的基于干粉的涂层15。因此,由于不能将相对较大尺寸的熔融粉末颗粒的沉积控制在沿峰11a、12a、13a、14a和谷11b、12b、13b和14b获得基本上均匀的覆盖率所需的程度,因此丧失了非光滑表面10的基础图案。基于干粉的涂层15通过使谷11b-14b的特征模糊以破坏非光滑表面10的局部表面纹理来减弱效果或削弱表面轮廓10。因此,基于干粉的涂层15的总体表面纹理不足以用于特定的最终用途应用(例如,压花辊应用)。

[0024] 另选地,并且根据本发明的原理,图1b示出了源于不大于5微米的固体的液体原料的纹理化且薄的膜16。膜16通过增材叠层装置喂入。薄且纹理化的膜16被均匀地沉积以产生经涂覆的峰11a'、12a'、13a'和14a'以及经涂覆的谷11b'、12b'、13b'和14b'。另外,峰和

谷的覆盖率沿非光滑表面10的整个长度基本上是均匀且完整的,使得膜16的特征在于最小厚度与最大厚度的比率为0.6至1.0、优选地0.7至1.0以及更优选地0.8至1.0。图1b示出了基本上适形于非光滑表面10的基础图案的薄且纹理化的膜16。具体地,纹理化且薄的膜16沿整个非光滑表面10连续地延伸,以产生(i)经涂覆的峰11a'、12a'、13a'和14a',每个经涂覆的峰适形于非光滑表面10的对应峰的起伏轮廓,以及(ii)经涂覆的谷11b'、12b'、13b'和14b',每个经涂覆的谷适形于非光滑表面10的对应谷的起伏轮廓。膜16沿非光滑表面10连续地延伸。最终结果是没有峰或谷保持裸露。膜16表现出不大于25微米、优选地5-15微米以及更优选地5-10微米的厚度。

[0025] 尽管该膜可比施加到起伏的非光滑表面上的常规热喷涂层(例如,图1a)显著更薄,但涂层16仍可保持或增加非光滑表面10的耐磨性。当特定的应用需要最大的表面覆盖率以在具有纹理化图案的复杂几何形状上产生最大的耐磨性和耐腐蚀性而不会改变或降解基础纹理化图案时,图1b的膜16是特别有利的。

[0026] 可采用本发明对其他非光滑表面的有益效果。例如,图2b示出了沿其整个长度具有基本上方状波形图案的非光滑表面20。图2b示出了源于通过增材叠层装置喂入的不大于5微米的固体颗粒的液体原料的纹理化且薄的膜18。薄且纹理化的膜18被均匀地沉积,以产生经涂覆的峰21a'、22a'、23a'和24a'以及经涂覆的谷21b'、22b'、23b'和24b'。另外,峰和谷的覆盖率沿非光滑表面20的整个长度基本上是均匀且完整的,使得膜18的特征在于最小厚度与最大厚度的比率为0.6至1.0、优选地0.7至1.0以及更优选地0.8至1.0。

[0027] 图2b示出了基本适形于非光滑表面20的基础图案以保持非光滑表面20的基础纹理的薄且纹理化的膜18。具体地,该纹理化且薄的膜18沿整个非光滑表面20连续地延伸,以产生(i)经涂覆的峰21a'、22a'、23a'和24a',每个经涂覆的峰适形于非光滑表面20的对应峰的起伏轮廓,以及(ii)经涂覆的谷21b'、22b'、23b'和24b',每个经涂覆的谷适形于非光滑表面20的对应谷的起伏轮廓。膜18沿非光滑表面20连续地延伸。最终结果是没有谷或峰裸露在外。膜16表现出不大于25微米、优选地5-15微米以及更优选地5-10微米的厚度。

[0028] 相比之下,图2a示出了预期基于干粉的涂层17沿非光滑表面20产生不均匀的覆盖。类似于图1b,在谷内比在峰内积聚更多的涂层17,使得经涂覆的谷21b、22b和23b的厚度大于经涂覆的峰21、22a、23a和24a的厚度。最终结果是涂层没有被纹理化,并且基本上不适形于非光滑表面20的轮廓,从而改变或降解非光滑表面20的基础图案。

[0029] 在本发明的一个方面,颗粒尺寸(即有效直径)不大于5微米,并且优选地在0.1微米至3微米以及更优选地0.5微米至2.5微米的范围内。在一个优选的实施方案中,涂层厚度可在5微米至25微米的范围内。这些属性的组合可产生纹理化且薄的膜16和20的优选地小于约1.5微米的表面粗糙度(Ra)。

[0030] 令人惊讶地,与热喷涂层相比,图1b和图2b的本发明的膜16和18各自的显著减少量的施加不会降低本发明的硬度、耐磨性或耐腐蚀性。以举例的方式,在一个实施方案中,图1b和图2b的本发明的膜16和18分别具有在900-1400范围内的显微硬度(HV300),该显微硬度等同于或优于典型的硬镀铬表面的显微硬度;以及基于沿非光滑表面沉积的本发明膜的总体积为0.5体积%或更小的最小孔隙率。

[0031] 本发明的薄且纹理化的膜可由含碳化钨的组合物赋予此类特性,以举例而非旨在限制的方式,该含碳化钨的组合物包括WC-CoCr、WC-Co、WC-Ni或CrC-NiCr。含碳化钨的膜沿

非光滑表面延伸,其中碳化物的晶粒尺寸优选地在0.05微米至1微米的范围内。用于碳化钨组合物的对应原料可源于烧结颗粒或喷雾干燥的烧结颗粒;并且原料可包括任何合适的有机或无机溶剂,并且在一个优选的实施方案中为乙醇基液体。应当理解,该薄且纹理化的膜还可具有源于原料液体悬浮材料的其他组合物,这些组合物适于赋予基底的非光滑表面以承受高度侵蚀性环境的耐磨性、耐腐蚀性和显微硬度保护特性。

[0032] 在另一个实施方案中,该膜可源于纳米级粉末颗粒的液体原料,这些颗粒被充分雾化成亚微米颗粒。亚微米颗粒从增材叠层装置以基本上连续且优选单层覆盖的方式沉积在非光滑表面的峰和谷的每一者上,以沿峰和谷的每一者产生纹理化单层膜,该纹理化单层膜可具有比本文先前描述的厚度减小的厚度。单层覆盖降低了接触非光滑表面的颗粒的量,而不会不必要地浪费材料。另外,图1b和图2b的膜16和18的纳米级形式可增强对非光滑表面的基础图案的保持。因此,部分涂覆的基底的整体表面纹理保持基本不变。使用纳米级膜或多个且不连续的层的堆积来选择单层覆盖率以产生薄且纹理化的膜可取决于最终用途的应用,包括期望的负载能力。较高的负载能力可保证多个且不连续的层的堆积以产生薄且纹理化的膜。

[0033] 用于产生本发明的膜的系统和方法使用具有燃烧室的增材叠层装置,该燃烧室产生热气体流出物。图3示出了一种代表性的系统和方法,其中具有粉末颗粒的液体原料被喂入增材叠层装置的燃烧室中,以产生可被引导到非光滑表面上的熔融的颗粒流出物流。将尺寸不大于5微米的液体原料的颗粒喂入热气体中,从而产生流出物,该流出物可以适形于非光滑表面的图案的方式被引导到非光滑表面上。颗粒尺寸不大于5微米,从而使颗粒能够以使得膜沿非光滑基底具有不大于25微米的厚度的方式沉积,从而允许膜基本上适形于基底的基础图案。

#### [0034] 实施例1

[0035] 使用增材叠层装置在具有纹理化轮廓的非光滑金属表面上产生薄且纹理化的膜。使用标称组成为86重量%WC-10重量%Co-4重量%Cr的细颗粒(中值颗粒尺寸(d50)为2.35微米)制备含20重量%固体的乙醇基原料。将液体原料从罐中以70psi的压力和1加仑/小时的流速喂入增材叠层装置中,并使用被喂入到增材叠层装置的燃烧室的可燃混合物以4英寸的喷雾距离将其施加到基底上。

[0036] 图4的显微照片是在500倍的放大率下获得的,根据目视检查示出了在4次处理以产生小于8微米的刚沉积的膜厚度后实现了致密的膜微观结构。该显微照片显示,该膜基本上适形于非光滑金属表面的轮廓。通过目视观察确定整个金属表面均被覆盖。没有检测到裸露点。

[0037] 虽然已经示出和描述了被认为是本发明的优选实施方案的内容,但当然应当理解,在不脱离本发明的实质和范围的前提下,可容易地对形式或细节作出各种修改和改变。例如,如本文所述的增材叠层膜和施加方法可直接或间接地施加到基底的非光滑表面。此外,应当理解,还可以采用除了工作辊以外的任何类型的基底,包括但不旨在限于例如压花辊、雕刻辊、蚀刻辊、滚花辊、夹送辊、压延辊、压块辊、瓦楞辊、计量辊、牵引辊、导丝辊、槽纹辊。因此,意图是本发明并不局限于本文所示和所述的确切形式和细节,也不局限于受后文权利要求保护的本文所公开的本发明整体之内的任何内容。



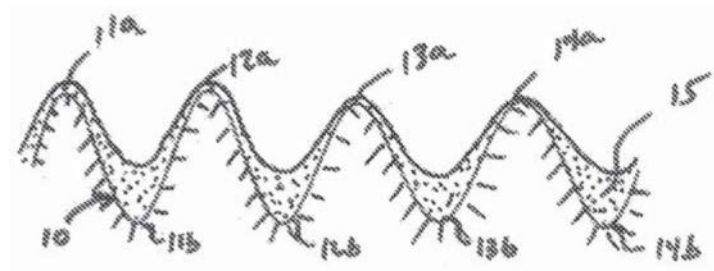


图1a

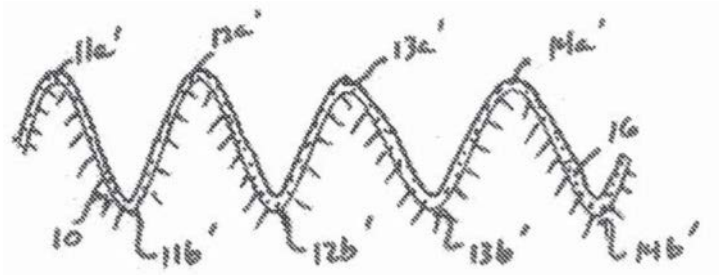


图1b

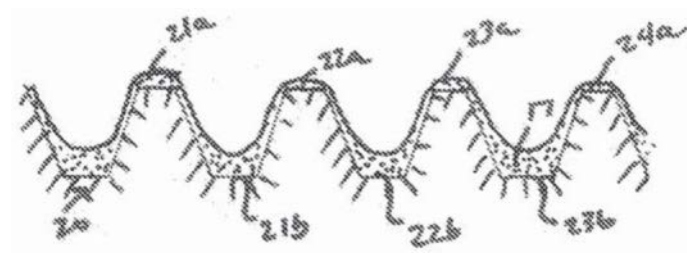


图2a

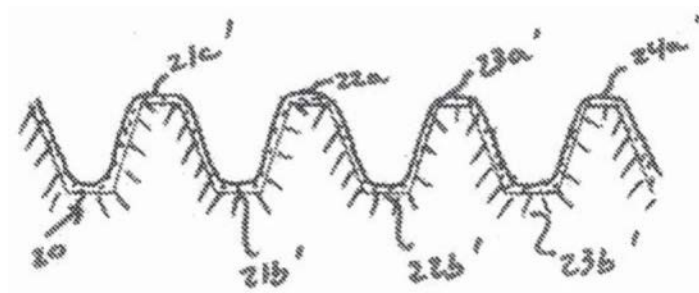


图2b

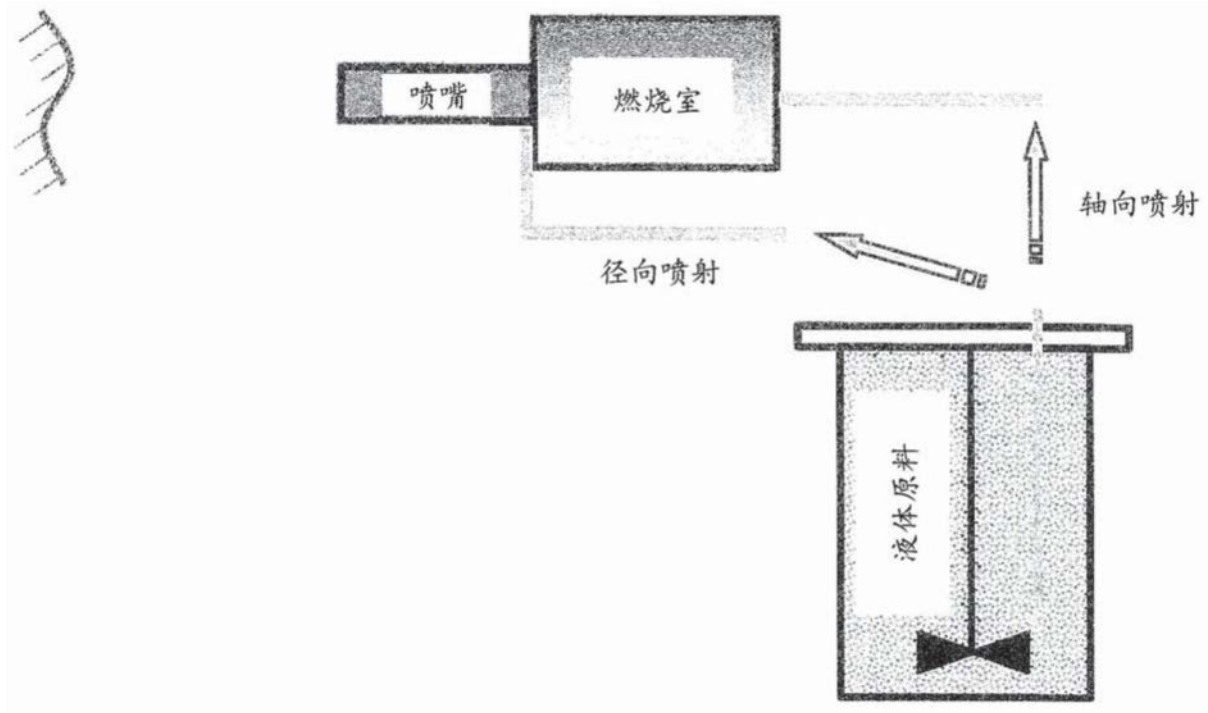


图3

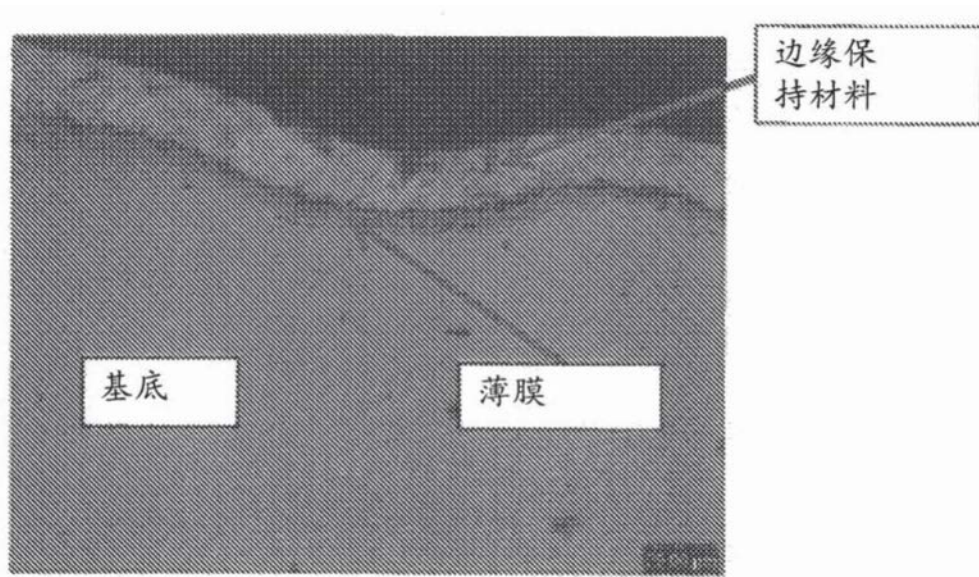


图4