



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101553359 B

(45) 授权公告日 2014. 04. 16

(21) 申请号 200780042736. 3

(22) 申请日 2007. 10. 18

(30) 优先权数据

60/852, 931 2006. 10. 19 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2009. 05. 18

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2007/022220 2007. 10. 18

(87) PCT国际申请的公布数据

W02008/051433 EN 2008. 05. 02

(73) 专利权人 阿肯色大学董事会

地址 美国亚利桑那州

专利权人 纳米技术有限公司

(72) 发明人 阿贾伊·P·麦欧辛 江文平

贾斯廷·B·劳里

(74) 专利代理机构 北京华夏正合知识产权代理

事务所(普通合伙) 11017

代理人 韩登营

(51) Int. Cl.

B32B 9/00(2006. 01)

(56) 对比文件

US 6406738 B1, 2002. 06. 18,

US 2003/0025014 A1, 2003. 02. 06, 说明书第
0030 段和附图 3.

US 6276618 B1, 2001. 08. 21,

审查员 吴志敏

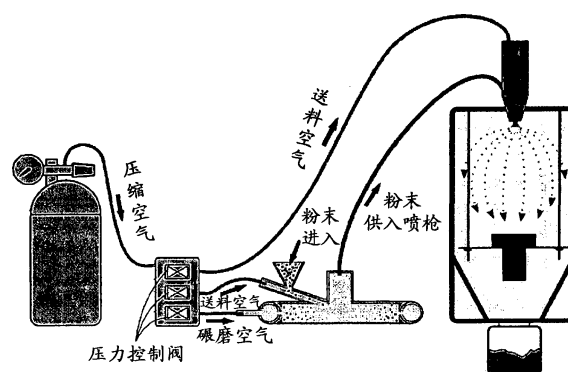
权利要求书2页 说明书8页 附图7页

(54) 发明名称

用静电喷涂法制作涂层的方法及装置

(57) 摘要

本发明提供了用于制造由单一材料或多种材料混合物构成的涂层的方法,先用 ESC 沉积出基层,然后再使用除 CVI 之外的用于粘结步骤的其他方法。此外,对于某些材料和应用来说,需要在沉积之前对涂层材料进行一些预加工或预处理,以便得到满意的涂层。本申请公开了用于在 ESC 沉积之前对材料进行预处理的方法。此外,本发明公开了用于提供涂层附加功能或工作特性的后处理的方法。最后,本发明还公开了用于实现本发明所述方法的某些装置和设备。



1. 一种用沉积材料对基体进行涂层的方法,包括:

(a) 对沉积材料实施预沉积处理,所述预沉积处理步骤包括对沉积材料进行防团聚处理步骤;

(b) 将沉积材料从静电喷枪中导向到基体上,其中,本步骤包括在通过位于所述喷枪的喷嘴气流流通路径周围的多个粉末进料口的流通路径上游的加压空气进口将主供气导入静电喷枪喷嘴的流通路径内的同时通过所述粉末进料口将沉积材料导入静电喷枪喷嘴的流通路径中的步骤;其中,所述粉末进料口与从静电喷枪流出的气流的方向形成有夹角;所述将沉积材料导向到基体上的步骤进一步包括通过多个位于所述粉末进料口流通方向下游的涡流空气进口沿切向将空气导入静电喷枪内的步骤,以此在喷枪内产生涡流;所述涡流空气进口于所述喷嘴的切线方向上与所述喷嘴连接;

(c) 对基体实施原位处理或沉积后处理,从而将沉积材料结合在基体上。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述将沉积材料导向基体的步骤进一步包括操作所述基体的步骤,其中所述操作基体的步骤包括在工作台上转动所述基体的步骤。

3. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述沉积材料包括碳化物、氮化物、碳氮化物、硼化物、氧化物、硫化物和硅化物中的至少一种。

4. 根据权利要求3所述的方法,其特征在于,所述沉积材料包括氮化硼。

5. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述实施原位处理步骤包括紫外光照、电热台激光烧结和红外烧结中的至少一种。

6. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述实施沉积后处理步骤包括化学气相渗透。

7. 根据权利要求6所述的方法,其特征在于,所述化学气相渗透步骤包括在基体上实施氮化钛的步骤。

8. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述实施沉积后处理步骤包括烧结。

9. 根据权利要求8所述的方法,其特征在于,所述烧结步骤包括微波烧结、激光烧结和红外烧结中的至少一种。

10. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述预沉积处理步骤包括将沉积材料流化的步骤。

11. 根据权利要求10所述的方法,其特征在于,所述预沉积处理步骤包括利用空气动力学将沉积材料流化的步骤。

12. 根据权利要求11所述的方法,其特征在于,所述流化步骤进一步包括使振动沉积材料的步骤。

13. 根据权利要求11所述的方法,其特征在于,所述流化步骤包括筛选沉积材料的步骤。

14. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,借助于气流磨方法完成所述防团聚步骤。

15. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,借助于在分散液中分散沉积材料的方法完成所述防团聚步骤。

16. 根据权利要求15所述的方法,其特征在于,所述防团聚步骤进一步包括对分散液

实施超声处理的步骤。

17. 根据权利要求 15 所述的方法,其特征在于,所述防团聚步骤进一步包括对分散液进行雾化的步骤。

18. 根据权利要求 15 所述的方法,其特征在于,进一步包括对分散液实施超声波振动的步骤。

19. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述预沉积步骤包括使沉积材料功能化的步骤。

20. 根据权利要求 19 所述的方法,其特征在于,所述功能化步骤包括在基体上再涂一层的步骤。

21. 根据权利要求 19 所述的方法,其特征在于,所述功能化步骤包括在由液体和表面活性剂组成的混合物中使沉积材料散开的步骤。

22. 根据权利要求 21 所述的方法,其特征在于,进一步包括对混合物实施超声处理的步骤。

23. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述沉积材料包括微米级颗粒。

24. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述沉积材料包括纳米级颗粒。

25. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,在完成所述对基体实施沉积后处理步骤之后,还进一步包括将制剂材料导向到基体的步骤。

26. 根据权利要求 25 所述的方法,其特征在于,所述制剂材料包括一种活性生物制剂。

27. 根据权利要求 26 所述的方法,其特征在于,所述活性生物制剂包括防腐剂和抗菌剂。

28. 根据权利要求 25 所述的方法,其特征在于,所述制剂材料包括骨形态发生蛋白。

29. 根据权利要求 25 所述的方法,其特征在于,所述制剂材料包括载药剂。

用静电喷涂法制作涂层的方法及装置

技术领域

[0001] 本发明涉及以静电喷涂法作为涂层沉积的核心方法来制作涂层和物品的方法和装置,所述涂层和物品由多种材料混合物制成。

背景技术

[0002] 这种涂层的用途很广泛,例如:刀具和磨损件上用的耐磨涂层、工具和磨损件上用的固体润滑涂层、生物医学种植体上用的环保或防腐涂层、以及微电子学上用的薄膜涂层,等等。采用本文正文中详细描述的方法及装置设计,可以在多种不同的基体材料和具有简单形状或三维几何复杂形状的零件上进行涂层。

[0003] 在 2003 年 8 月 19 日授权的由 Ajay P. Malshe 等人申请的美国第 No. 6,607,782 号专利中公开了一种方法,在该方法中,首先用静电喷涂法(ESC)在基体上沉积出基层或在基体上实施涂层,然后用化学气相渗透法(CVI)引入一种粘结相,从而产生一种易于粘结在初始相颗粒上且与基体上具有很好的粘结性的复合涂层。

发明内容

[0004] 本发明包括用于制作由单一材料或多种材料混合物构成的涂层的另一种方法,先用 ESC 沉积出基层,然后使用除了 CVI 之外的用于粘结步骤的其他方法。在 ESC 之后进行 CVI 已经成功地用于在硬质合金基体上产生由立方氮化硼(cBN)和氮化钛(TiN)构成的复合材料上。然而,由于 CVI 将基体暴露在高温之下,所以并不适用于可能会被高温损坏或其性能可能由于高温而降低的某些材料。而且,由于 CVI 的反应堆的大小受限,所以在进行表面积较大的实施作业时,CVI 作为粘结步骤并不实用。由于存在这些问题以及其他限制,我们设计了在采用 ESC 沉积出的初始待加工涂层上施加第二相的其他方法。在本申请中公开了这种两步涂层法及其效果。

[0005] 此外,对于某些材料和应用而言,为了得到令人满意的涂层,必须在沉积之前对涂层进行一些预加工或预处理。本发明用多种实施方式包括了用于在 ESC 沉积之前进行材料预沉积处理的方法。本发明还用多种实施方式包括了用于在涂层上提供附加的功能化或其他性能特点的后处理方法。

[0006] 最后,本发明还以多种实施方式说明了包括用于实现上述方法的某些装置和设备。

附图说明

[0007] 图 1 说明了包括基层或待加工涂层等初始沉积和随后的沉积后处理步骤的两步涂层处理方法。

[0008] 图 2 表示沉积之前对涂层材料实施预沉积处理(沉积前处理)的情况。

[0009] 图 3 说明了用于分离干燥粉末颗粒、避免产生团聚并优先将超微颗粒供入沉积系统的流化器。

- [0010] 图 4 说明了利用空气动力帮助避免产生团聚的气流磨。
- [0011] 图 5 表示用于防止供入沉积系统的粉末产生团聚的喷雾装置。
- [0012] 图 6 表示用于容纳待沉积材料的沉积室,其避免材料不期望地泄漏到环境中,允许喷枪与基体之间调节并且可以将未使用的材料回收再利用。
- [0013] 图 7 说明了用于确保基体上的涂层具有均匀沉积的旋转工作台。
- [0014] 图 8 表示结合有流化处理的带有腔室的沉积系统。
- [0015] 图 9 表示结合有气流磨的带有腔室的沉积系统。
- [0016] 图 10 说明了一种改进型 ESC 喷枪设计方案,其不仅降低了喷枪内材料产生聚集的可能性,而且提高了流过喷枪的流体的均匀性。

具体实施方式

[0017] 此处公开的是用于在基体上生成涂层的方法和装置,首先用静电喷涂法沉积出基层或待加工涂层。

[0018] [两步涂层处理概述]

[0019] 图 1 说明了在基体上进行涂层的两步处理法。将基体 170 放入沉积系统 200 中。将一种或多种涂层材料 150 导入沉积系统 200。这些涂层材料可以以干粉或液体悬浮的形式存在,并且可以包含纳米颗粒、微米颗粒或两种颗粒的混合物。可将多种材料混合在一起导入或者分别导入该沉积系统 200。可选用多种材料,包括氮化物、碳化物、碳氮化物、硼化物、氧化物、硫化物和硅化物。

[0020] 该沉积系统 200 可以采用在基体上生成初始涂层或基层的多种方法中的任意一种。其中一种方法为静电喷涂法 (ESC),如 WilliamD. Brown 等人在 2003 年 4 月 8 日授权的美国第 6,544,599 号专利中和 Ajay P. Malshe 等人在 2003 年 8 月 19 日授权的美国第 6,607,782 号专利中所述,这种 ESC 沉积方法采用干粉喷涂实施,也可以用在合适的载体液体中将涂层材料分散而制成的液体喷雾实施。

[0021] 完成该初始沉积步骤之后,干燥的涂层材料固体颗粒与基体接触。该带有沉积物的基体 270 从沉积系统 200 中排出,如图 1 所示。

[0022] 然后,使带有基层沉积物的基体 270 进行沉积后处理步骤 300。沉积后处理用于使被沉积干粉颗粒彼此粘结并粘结在基体上。适用的处理方法包括:

[0023] •化学气相渗透 (CVI),它与化学气相沉积 (CVD) 相似,但采用更慢的反应速度,以便粘结剂渗透多孔干粉沉积,从而与基体和干粉颗粒均接触;

[0024] •烧结,采用多种可选择的烧结方法中的一种或将多种方法组合使用进行烧结,烧结方法包括:

[0025] ○微波烧结

[0026] ○激光烧结

[0027] ○红外烧结

[0028] 这些方法均采用一个或多个高能(微波、激光、红外线或高温高压)短脉冲对初始涂层沉积中的颗粒进行烧结,使其彼此粘结并粘结在基体上。

[0029] 另一种粘结方法是用高温-高压 (HT-HP) 的处理方法,该方法通常用于包括构造立方氮化硼聚晶 (PCBN) 固态致密等各种目的。在本发明的一个实施方式中,HT-HP 法被用

于沉积后粘结步骤,将沉积颗粒彼此粘结并且粘结到基体上。

[0030] 有些实施方式中,在完成沉积后处理步骤 300 之后,还实施有附加处理步骤(图中未示出),以在涂层上加入附加相。其中一例是,在完成基层涂层沉积和烧结之后,采用静电喷涂法或超声波喷涂沉积法作为最后步骤,以实现将活性生物制剂施加在基层涂层上的目的。可能带有多孔表面层的牙种植体或其他生物医学装置是比较特殊的情况,这种装置可以先用 ESC 来完成涂层,随后对基层涂层进行微波烧结。然后在附加烧结后沉积步骤中,施加例如防腐剂或抗菌剂等活性剂,而骨形态发生蛋白和传递药物用的载药颗粒等其他活性剂可以在植入之后施加在装置表面。这些仅是如何将后处理步骤用于将附加元素施加到基层涂层上以达到特殊目的的一些例子。

[0031] 在沉积处理之后实施的其他附加处理步骤(图中未示出)可用于增强涂层粘结力,以及降低或消除涂层缺陷和涂层非均匀性。例如,在像刀具等上使用的硬质涂层上进行的适当的处理,这种处理包括高温-高压(HT-HP)和红外烧结(脉冲红外辐射)。也可以采用通过瞬时能源的其他方法来增强基体上最后一层涂层的特性。

[0032] 如图 2 所示,本发明的一些实施方式中包含了任意一种预沉积处理步骤 100。在作为已处理的涂层材料 150 被导入沉积系统 200 之前,先将未处理的涂层材料 50 进行加工处理。预处理可用于防止涂层材料颗粒产生团聚。本文所公开的预处理方法既可用于涂层沉积前对材料进行处理,也可用于独立于任何涂层沉积系统的其他目的。

[0033] 作为沉积之前的预加工步骤,本文公开的预处理方法可以用于下述任意一个目的或多个目的:

[0034] • 流化作用、尺寸区分及分离-流化作用有助于使干粉颗粒保持分离并降低颗粒团聚或结块的情况,并且使其优先供入超微颗粒或尺寸较小的颗粒;也可采用用于区分和优先供出较小颗粒的其他方法。

[0035] • 防团聚-众所周知,超微颗粒、特别是纳米颗粒具有结块或团聚的趋势,形成比基粒尺寸大得多的“簇”或“团”的趋势。使材料不产生团聚有助于减少“簇”的数量和大小,这有利于使纳米颗粒保持有利的特性,并基于所期望的应用目的,可改善最终涂层的均匀性和表面粗糙度。

[0036] • 功能化-为了特殊的目的,可将颗粒进行功能化处理。

[0037] [预沉积处理方法及装置]

[0038] 此处描述了多种用于材料预沉积处理的方法和装置。这些方法和装置可以单独使用,也可以与本文中描述的各种沉积方法/系统结合起来使用。

[0039] <流化方法及装置>

[0040] 在一种实施方式中,利用空气动力对由纳米颗粒、微米颗粒或两者混合物构成的干燥粉末进行流化处理。如图 3 所示。流化床 11 通过一个或多个粉末进料口 7 接收进入的粉末。进入的粉末可以含有粒径不同的颗粒,所有的颗粒均导入流化床内。通过匹配的过滤器 1、流量计 2 和控制阀 3 压缩空气供入流化床进气口 4。该控制阀和流量计用于控制气流速度。所述空气先穿过硅珠层 5,该硅珠层有助于确保穿过流动面积的气流均匀、同时还可以起到干燥剂的作用(珠子定时更换),然后所述空气通过多孔流化板 6,最后进入上述从进料口 7 导入的粉末所处的腔室内。

[0041] 气流速度是可调的,以便空气动力可以使粉末运动处于小颗粒升至流化床 11 顶

端的运动状态。其结果形成沿气流塔 8 高度方向的平均粒径垂直梯度,其中大颗粒位于塔底而小颗粒则位于顶端。设置了多个粉末出口 9,以便可以调整从流化床输出的颗粒的尺寸。在其中一个出口 9 上设有粉末吸管 10,以便将颗粒从该流化床内移出。未使用的端口用盖子盖上。设置多个出口提供了一种可通过调节粉末选吸管的位置(将该粉末吸管从一个出口移至另一个出口)来优先供应超微粉末颗粒的能力。在该方法中,由于超微颗粒的质量流量较低,所以超微的那部分颗粒必须与沉积时间平衡。

[0042] 在一些实施方式中,也可通过在流化床上加设振动器(未示出),从而将振动与空气动力结合使用。来自振动器的振动有助于促使粉末颗粒产生附加运动。振动器可以采用由带有高速旋转偏心块的电机产生的机械振动能,也可以采用声波产生的声能。

[0043] 大量团簇粉末聚集在流化床 11 底部,并可作为批量操作的一部分手工将其去除。对于大规模操作来说,可通过设置粉末去除和循环装置来自动去除。

[0044] <用于选料和供料的其他方法>

[0045] 用于区分颗粒大小并优先提供纳米颗粒或微米颗粒的另一种方法,是用微米筛网来筛选粉末。筛网(带孔平板或筛子)可用于筛除较大颗粒,并基于筛子上的开口大小仅收集并供出较小颗粒。该方法可以作为一种选择用在本文描述的任何一个预沉积处理方法上。

[0046] 还有一些可用于分离且输出特定大小范围内颗粒的方法,包括:利用重力、浮力和/或离心力来分离不同尺寸的颗粒。例 1:在流体流(采用空气、氮气或其他气体)中将颗粒带走,并且使该流体转向以便将较大颗粒甩到外面,在外面这些大颗粒可被除去并循环再利用,而较小颗粒则随着流体的移动方向被运送到沉积系统 200 中。例 2:使夹带在气体中的颗粒产生向上的低速颗粒流,从而浮力趋于使较小颗粒上升,而较大颗粒则由于重力大于浮力而趋于下降。所以较小颗粒会从顶端或侧面移出并供入沉积系统 200 内。

[0047] <防团聚处理>

[0048] 下面说明用于防止颗粒团聚的方法。这些方法可以独立于任何一种沉积系统而单独使用。稍后将结合综合的预处理和沉积方法以及用于实施该预处理和沉积的装置,对其中的一些防团聚处理方法进行描述。

[0049] 第一种防团聚的方法是采用气流磨,通过来自高压气体射流产生的撞击来破坏团聚。该气体可以是空气、氮气或其他多种适用气体中的任意一种。图 4 所示为气流磨。干粉经由送料漏斗 3 进入气流磨。设有两空气(或其他气体)源,一个用作推动空气,另一个用作碾磨空气。推动空气从进料空气入口 2 进入,并将进入的粉末带到碾磨室 6 内。碾磨空气从碾磨空气入口 1 进入,并且借助于碾磨空气集管 7 分散在碾磨室内。由碾磨空气产生的空气动力使得推动空气与粉末颗粒构成的混合物撞在坚硬的侧壁或冲击轴上。这导致团聚被破坏,其结果是使细粒聚集在碾磨室中间。这些细粒由漩涡溢流管 5 加速,然后细小的(或经细化的)粉末颗粒 4 会通过粉末出口从该气流磨排出。

[0050] 第二种防团聚的方法是,在具有某种可促进分散且防团聚特性的液体中将颗粒散开。例如,我们用乙醇等溶剂与中性或两性表面活性剂混合。该液体分散物也可以结合超声处理以帮助形成并保持所期望的液态颗粒分散物。该液体分散物可以直接导入沉积系统(例如对于液体 ESC 来说),或者将其烘干之后再供入沉积系统(例如对于粉体 ESC 来说)。

[0051] 第三种防团聚的方法是,先按照上述方法在液体内将颗粒分散,然后在将干燥粉

未供入沉积系统之前,还采用超声波雾化干燥对颗粒进行防团聚和干燥处理。超声波雾化干燥使用一种超声波雾化喷嘴,该喷嘴可将液体分散物喷成雾状,并且在该过程中借助于超声波振动动作将团聚破坏。雾滴从超声波喷嘴出来之后被烘干(例如用气旋干燥器),蒸发掉载体液体而留下以粉体形式存在的细小颗粒。这些粉末颗粒由气流运送到沉积系统内。除了将颗粒进行防团聚处理之外,超声波雾化还可以通过产生大小均匀的液滴而有助于形成粒径大小均匀的颗粒。

[0052] 第四种防团聚的方法是,产生一种可供入沉积系统 200 的喷雾。图 5 表示用于产生喷雾的一种适当的装置。将粉末分散在液体(参见上述有关分散用适当液体的选项)中,并储存于加压的储液室 6 内。该储液室可以用空气、氮气或其他适用气体的超压力加压。当借助于喷雾喷嘴 5 喷出时,该夹带有颗粒的加压液体会变成喷雾。然后该喷雾被加热线圈 4 加热,从而将液体蒸发掉,而留下粉末喷雾状的干燥颗粒。从该喷雾装置制得的粉末喷雾可直接导入静电沉积用的 ESC 枪 1 的入口。混合物的流量可以通过改变压力和/或喷嘴的流动特性来调节。通过调节加热线圈的功率可以加快或减缓蒸发速度。

[0053] 上述方法也可以组合起来使用。例如,一种防团聚的组合方法是,先在液体内使颗粒分散以破坏紧密结合的团聚(见上面关于理想液体特性的论述),然后去除液体以得到干燥的颗粒(此时颗粒可能趋向于再次团聚,不过是以疏松结合的团簇的形式存在的),最后再用气流磨将干燥过程中和干燥之后形成的每个疏松结合的团聚破坏。我们已经用这种方法在静电喷涂沉积之前成功地对立方氮化硼粉末进行了预沉积处理(见下面关于综合预处理和沉积的论述)。我们所用的方法特别涉及下面几个步骤:

[0054] 1. 将从制造商处得到的 cBN 粉末分散在由乙醇和中性或两性表面活性剂如 Zonyl(杜邦分析法制得)制成的混合溶液中-我们采用的表面活性剂和粉末的质量比约为 0.5 ~ 1.5%。

[0055] 2. 手动搅拌该液体悬浮物,然后用振动或超声波处理,以进一步确保均匀分散。

[0056] 3. 在加热板上对容器内的混合物进行烘干。为了加快干燥速度同时避免湿气侵入,通过设置在开口容器周围的多个喷嘴,施加一种冲洗气体(我们用湿度/露点温度控制在 50-70 摄氏度的氮气)。在干燥过程中,用手搅拌混合溶液以减少结块。如果大规模生产加工,该过程可采用自动操作。

[0057] 4. 用研钵和研杵手动将得到的结块捣碎,从而制成干燥且可倾倒的疏松粉末。

[0058] 5. 将粉末倒入气流磨的漏斗内,对加入的量进行称重以便控制材料沉积量。对于大规模生产加工,可以用粉体测量装置(PMU)进行自动测量。

[0059] 对于这些用液体分散的方法来说,可以将其与超声波处理结合起来使用,从而有助于液体内的颗粒实现和维持理想的分散状态。

[0060] < 功能化处理 >

[0061] 在沉积之前对颗粒进行功能化处理可以使涂层产生特殊的功能,或者可以提高最后得到的涂层在其他方面的特性。典型的功能化处理是通过导入材料的第二相或混合相来实现的。例如,在立方氮化硼(cBN)颗粒上再涂一层氮化钛(TiN)、氮化钛铝(TiAlN)或氧化铝(Al_2O_3),以提高 cBN 颗粒的流动性,和增加涂层的抗氧化性(当涂有 TiAlN 保护层时)。功能化处理也可以加入一种稳定且可以在主体材料颗粒之间提供有效间距的客体材料(例如超微颗粒大小的硅),以降低团聚的几率。这将进一步有助于提高粉末涂层表面的

质量,例如粗糙度。

[0062] 对包括纳米颗粒、微米颗粒及两者的复合物等颗粒进行功能化处理的第一种方法是,在颗粒上再涂一层所选用的具有特殊功能的其他材料。对颗粒进行功能化处理的第二个方法是,使颗粒在含有表面活性剂的液体中散开,此时载流液和表面活性剂用于提供一种稳定分散。该液体分散物可以直接作为液体分散物供入沉积系统 200(例如对于液体 ESC 来说),或者先将该液体分散物烘干,之后再材料供入沉积系统中(例如对于粉体 ESC 来说)。也可将液体分散物结合超声处理,从而有助于液体内的颗粒实现和维持理想的分散状态。

[0063] < 其他预沉积处理方法 >

[0064] 除了单独或组合使用上述方法之外,在沉积之前也可以采用其他的预沉积处理方法对涂层材料进行预处理。例如,可将粉末进行预加热,以帮助去除粉末材料中的湿气。或者用球磨法破坏团聚并调节供入沉积系统的粉末颗粒的尺寸大小。

[0065] [涂层沉积的方法及装置]

[0066] 图 6 表示可用于静电喷涂(ESC)和其他喷涂或沉积方法的沉积室。设置有喷嘴组件 1 以便将喷涂材料(干粉或含有颗粒的液体悬浮)喷入涂层室 2 内。该喷嘴组件 1 可采用静电、超声波或静电加超声波沉积方法(装置)。在涂层室 2 内通过台架悬挂组件 3 悬挂有工作台 4,可将待涂层的基体或零件放置在该工作台 4 上。工作台的方向可以固定,也可以像下面将要描述的那样,选用旋转的工作台。工作台与喷嘴之间的距离可以调节。

[0067] 将该涂层室密封,以防止涂层材料漏出或进入污染物。未沉积在基体上的涂料则收集在粉末循环收集器 5 内,从而材料可以循环使用。在该优选实施方式中,通过液体槽或其他过滤装置将未使用的材料排出该密封室,以便可以将该材料收集起来再利用,同时可以避免将材料排放到环境中。

[0068] 在一种优选的实施方式中,通过将工作台悬挂组件延长并使其通过用 O 型圈密封或其他密封装置密封的开口而穿过工作室的顶部,以此将配备在工作台悬挂组件 3 上的调节装置设置于工作室外侧。采用这种设计方法,可以在不打开涂层室的情况下对工作台与喷嘴之间的距离进行调整。

[0069] 图 7 说明了选用旋转工作台时的情况,以便提高在基体表面沉积的均匀性。该旋转工作台可以用在静电喷涂和其他沉积方法上。电机 1 通过减速齿轮 2 驱动该装置,使中心轴 6 旋转。在该中心轴 6 上连接有太阳轮 7,该太阳轮 7 与中心轴一起转动。在该太阳轮 7 上通过行星轴 8 设有多个行星齿轮 5。这些行星齿轮与设置在固定安装底座 3 上的内齿圈 4 相啮合。在图中所示的实施方式中,设有六个行星齿轮。

[0070] 当太阳轮转动时,这些行星齿轮围绕该组件的中心轴转动,同时由于与内齿圈的相互作用,这些行星齿轮也围绕自身的轴线旋转。将基体分别放在行星齿轮工作台上。这种双转向运动通过确保基体表面上的所有位置均匀地暴露在材料喷涂下,提高了基体上的沉积均匀性。

[0071] 行星齿轮和齿圈可以采用传统的齿轮啮合,也可以将行星齿轮做成辊子,该辊子被向外压(例如用弹簧)以致每个辊子的外缘均与内齿圈的表面接触并且产生的摩擦力可以使行星齿轮旋转。

[0072] 对于任何一种静电喷涂来说,为了使放置在行星齿轮上的基体接地,必须将该行

星齿轮接地。这就需要设置一个将行星齿轮与接地元件电连接的装置。在行星齿轮为辊子的实施方式中,压在行星齿轮轴上且维持行星齿轮与内齿圈相抵的弹簧,可用作使行星齿轮和其余已接地的旋转工作台组件电连接的电刷。

[0073] 电机的速度可以调节,以保证待涂层的基体在沉积喷涂方式的所有步骤中都暴露出来,以便得到理想的均匀涂层。该速度可以通过改变直流电机的输入功率(电压)来调节。在图中所示的特殊实施方式中,行星齿轮与整个太阳轮的转速比由齿轮传动比所固定。不过,在其他可选择的实施方式中,也可另外设置一个或更多的电机或其他装置,从而可以独立调节两种速度。

[0074] 也可通过将该工作台固定在一个可沿 X 向或 Y 向水平移动的适当的平台上以使旋转工作台移动,或使其可沿 Z 轴方向(图中垂直方向)向靠近或远离该喷涂源的方向移动。

[0075] [综合的预处理和沉积方法及装置]

[0076] 图 8 表示综合有粉末预处理用的流化器的静电喷涂(ESC)系统。将压缩空气、氮气或其他适用气体送入一组压力控制阀中。这些阀用于控制空气到达流化器内,并将空气导入 ESC 喷枪内。通过将流化处理与 ESC 沉积相结合,可以减少干粉颗粒中的团聚并将超微颗粒优先供入 ESC 喷枪内。该系统一直用于在包括生物医学应用领域中的钛种植体等基体上进行例如羟磷灰石等粉末的均匀沉积处理。该系统也适用在许多其他材料和应用中。

[0077] 图 9 表示综合有用于防止进入的粉末材料产生团聚的气流磨的静电喷涂(ESC)系统。将压缩空气、氮气或其他适用气体供入一组压力控制阀中。这些阀可以控制空气到达 ESC 喷枪内,并且可以将供入空气和碾磨空气送入气流磨中。将干燥粉末供入该气流磨的粉末进料口。气流磨的碾磨动作会破坏团聚,同时通过供入空气将细粉末颗粒送出气流磨并直接运送到 ESC 喷枪内。市售气流磨典型地结合有气旋粉末收集器,该收集器上装有用于捕获被碾碎的粉末的收集袋。在本发明中,去掉了气旋装置和收集袋,而是用一个根据用户需要设计的联接器将气流磨输出口直接连接在 ESC 喷枪的软管接头输入口上。压力控制阀用于调节所施加的总空气压力,以及通过气流磨作用于碾磨和推力(供入空气)上的相对压力。从而可以调整气流磨内的推力和碾磨力之间的平衡,而且当颗粒在 ESC 室内沉积时也可以调整空气动力和静电力之间的平衡。典型的 ESC 喷枪内使用的空气压力比气流磨内使用的空气压力低得多。静电力掌控着颗粒沉积。通过将气流磨直接连接到 ESC 喷枪上,使得空气动力所起的作用更大。我们发现增大空气动力可以使涂层沉积更加均匀。其部分原因可能是,由于基体的表面特性不均匀所以静电场线在基体上不均匀的事实。而空气动力可以通过削弱沉积过程中静电力的影响从而趋向于克制这种不均匀。由于增加了空气动力相对于静电力的大小而显著提高沉积均匀性的结果是未曾预料的。气流磨与 ESC 系统的结合使得输入的粉末颗粒可以防团聚,这本身即可以提高涂层的均匀性,此外通过增加空气动力的影响可以进一步提高颗粒沉积的均匀性。

[0078] 可包含在该系统内的其他可选择的特征有:

[0079] • 若期望具有特殊用途,需对运输气体进行预热处理;

[0080] • 自动将粉末材料供入系统,自动测量粉末质量(例如用粉末测量计单元)和其他重要变量,例如温度、压力等等;以及,基体旋转/移动的自动控制;

[0081] • 也可以用滤网作为筛选和区分颗粒大小的另一种装置,从而可以优先将理想大小的颗粒供入系统内;

[0082] • 设计振动和坡度表面有助于避免进料面上的粉末聚积在一起；

[0083] • 还可以使基体、ESC 喷枪、或两者一起另外产生移动（在 X、Y 和 / 或 Z 方向上），以便沉积的面积更大；

[0084] • 使用多个喷枪，以增大喷涂面积或得到立体喷涂。

[0085] 本文描述的静电喷涂系统可以使用市售 ESC 喷枪。不过，当沉积微米级和纳米大小的颗粒时，这种一般用于喷漆和粉末喷涂的标准喷枪则存在缺陷。特别是，这些喷枪不能使该喷枪内的通道内的流量均匀，结果造成从喷枪输出的流体在有些空间内不均匀。此外，喷枪内有些地方粉末容易堆积，这影响了通过控制送入喷枪的粉末量来控制沉积厚度的能力。

[0086] 图 10 是为了解决上述问题而设计的改进型喷枪。和市售喷枪一样，将加压后的空气或其他气体随粉末进料一起供入该喷枪内。当颗粒从该喷枪排出时，设在该喷嘴出口处的电极 2 对颗粒进行充电，从而产生带电的粉末喷雾 1。然而，由于设有多个粉末进料口 4 并且这些粉末进料口均与气流方向形成角度，所以粉末更容易加入空气流的路线内。此外，通过设置多个进口（图示实施方式中设有 3 个），可以使粉末沿流动路线的圆周更加均匀地分散。

[0087] 此外，还设置了两种独立的进气口。一个是加压空气进口 5，该进气口为产生静电喷雾提供主供气。此外，一个或多个涡流空气进口也供有空气。这些进口的方向使得空气沿切线进入，从而在 ESC 喷枪内产生涡流，这有助于阻止粉末在喷嘴主体 6 的表面聚积，并且有助于使气体和粉末的混合流体保持均匀。该喷嘴主体设计成具有光滑表面而没有可供粉末聚积的缝隙或空穴。

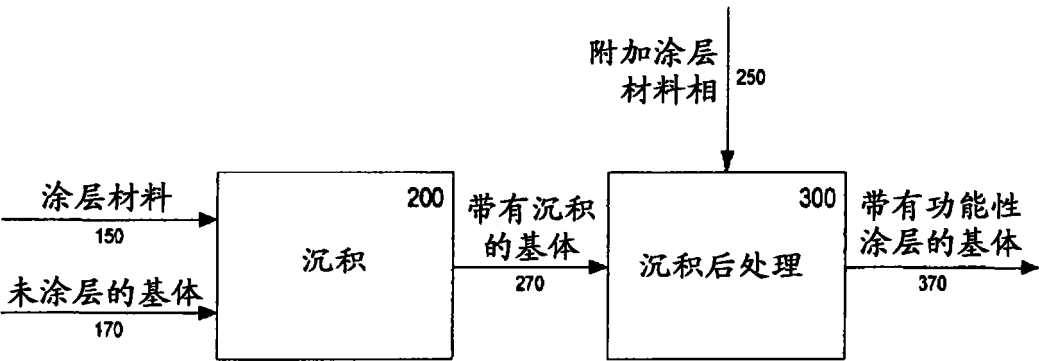


图 1

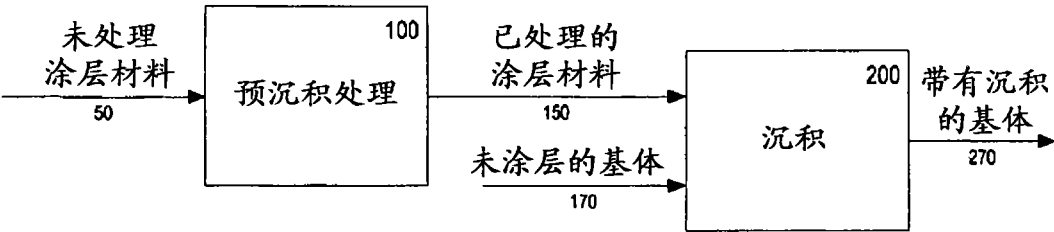


图 2

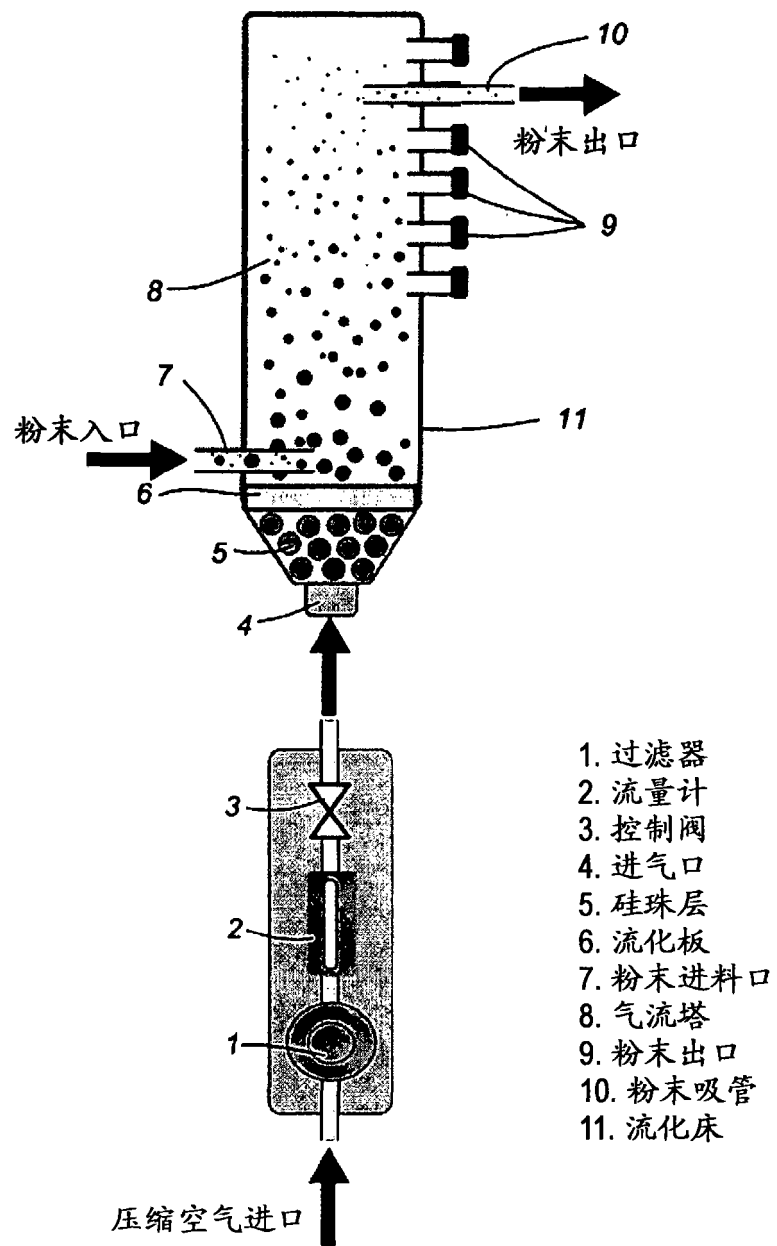


图 3

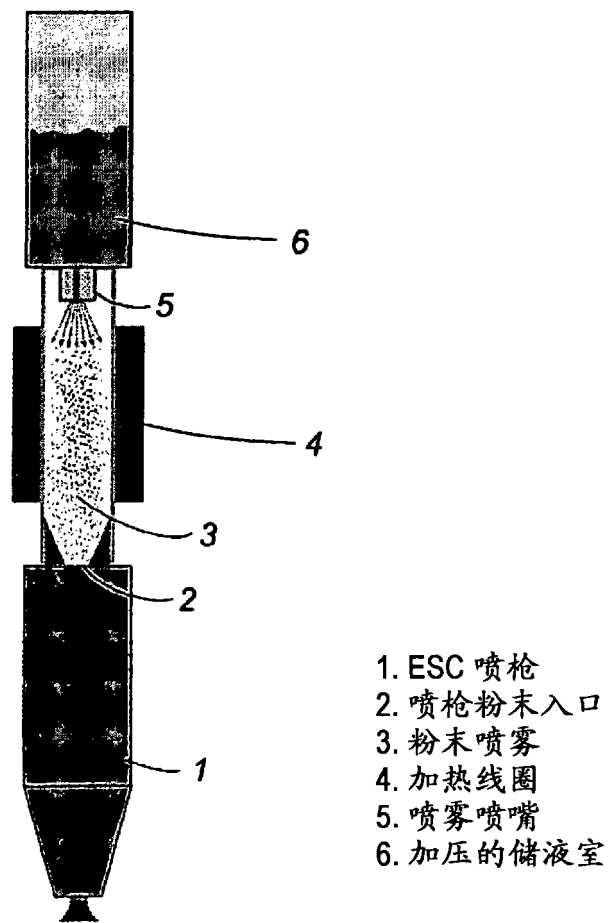


图 5

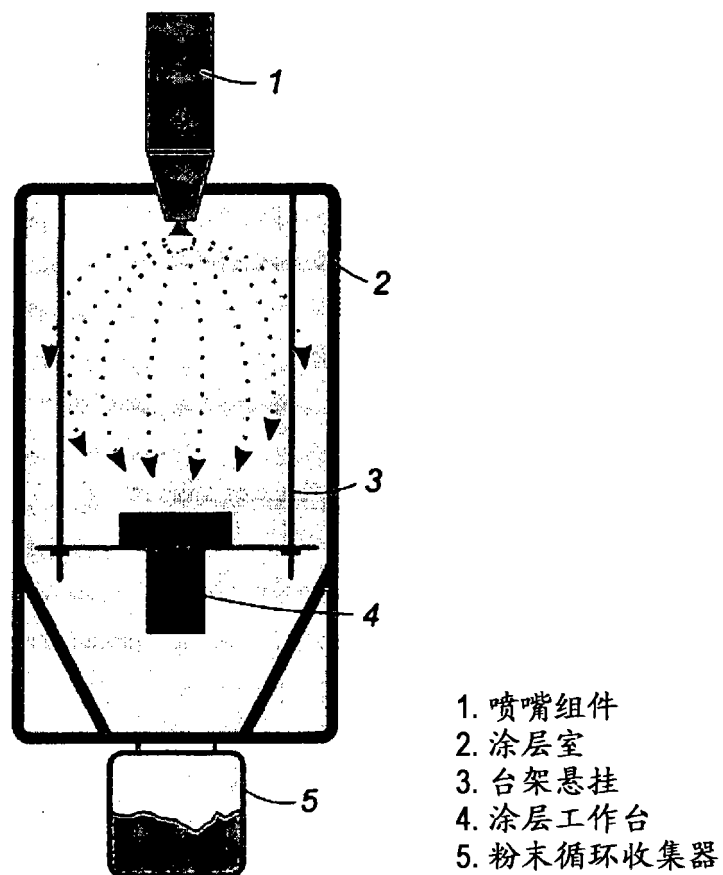


图 6

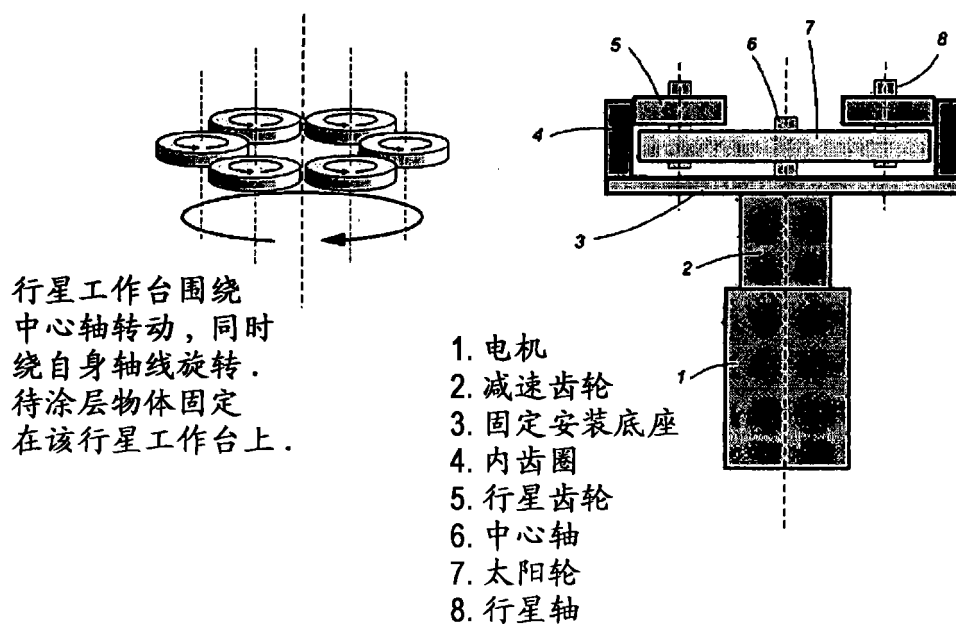


图 7

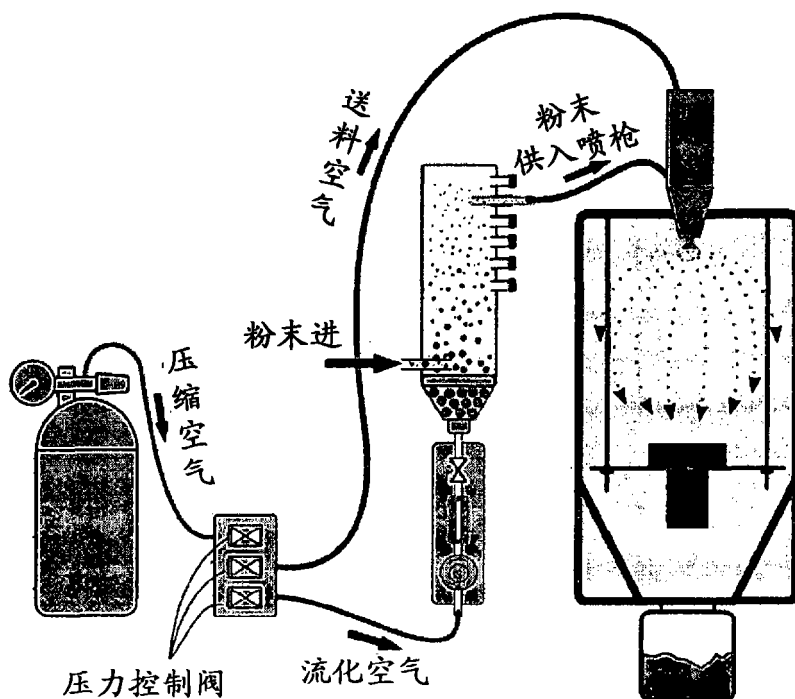


图 8

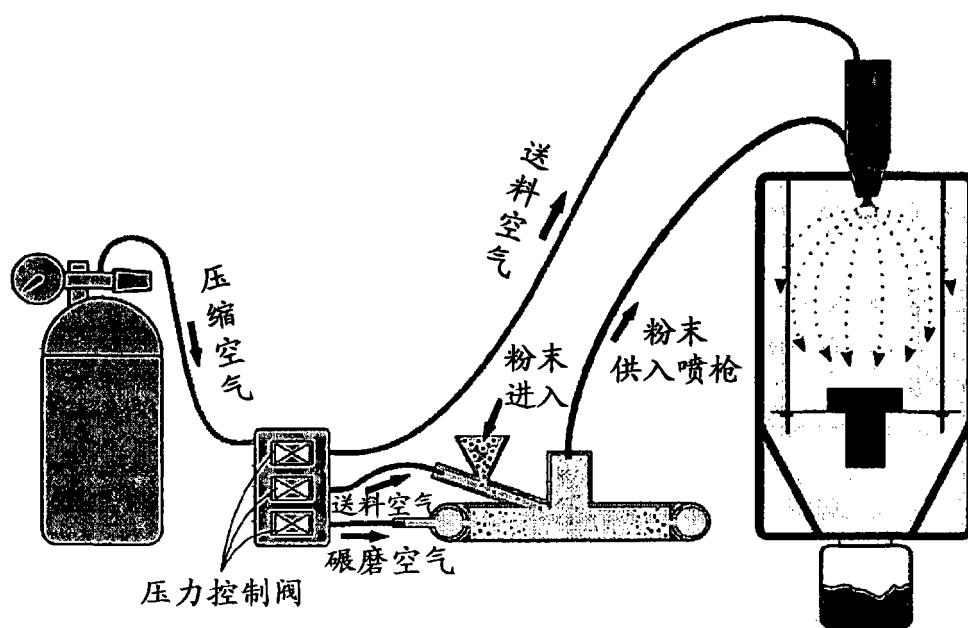


图 9

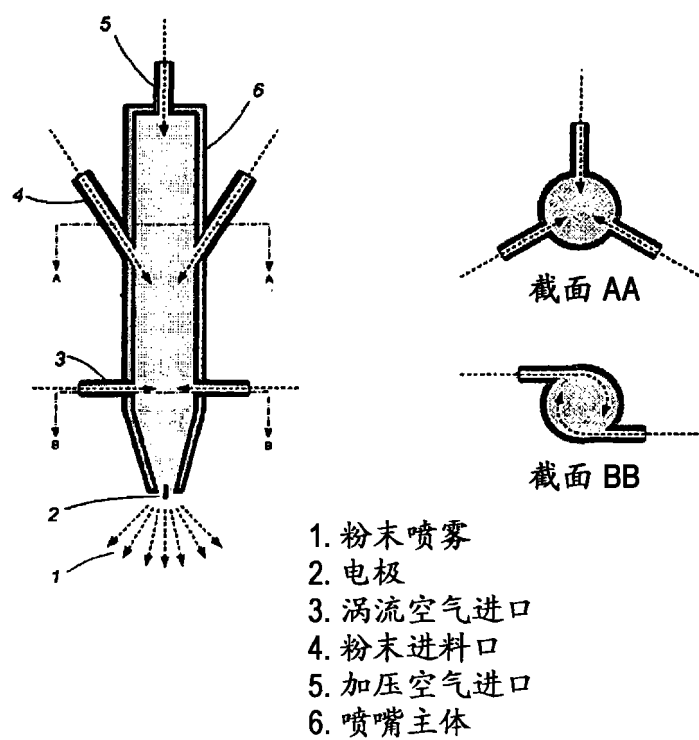


图 10