



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103717344 B

(45) 授权公告日 2016.01.20

(21) 申请号 201280022285.8

代理人 李涛 严志军

(22) 申请日 2012.03.01

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

B23K 26/06(2014.01)

11165427.3 2011.05.10 EP

B23K 26/0622(2014.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

B23K 26/14(2014.01)

2013.11.08

B23K 26/34(2014.01)

(86) PCT国际申请的申请数据

(56) 对比文件

PCT/EP2012/053542 2012.03.01

US 5453329 A, 1995.09.26,

(87) PCT国际申请的公布数据

EP 0558870 A1, 1993.09.08,

W02012/152461 EN 2012.11.15

CN 1837406 A, 2006.09.27,

(73) 专利权人 苏舍涡轮服务芬洛有限公司

CN 101235499 A, 2008.08.06,

地址 荷兰洛姆

CN 101228295 A, 2008.07.23,

(72) 发明人 J.H.G. 马特伊

FR 2642690 A1, 1990.08.10,

审查员 杨涛

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
72001

权利要求书3页 说明书13页 附图7页

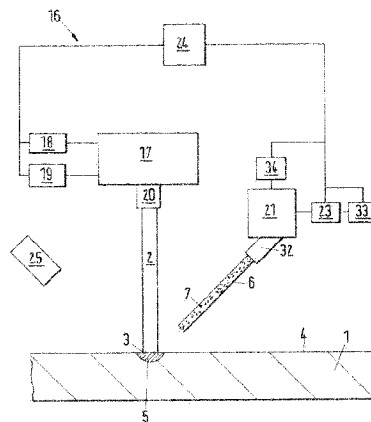
(54) 发明名称

用于包覆基板的工艺

化、熔合或者形状改变得到避免。本发明还涉及用于实施所述工艺的设备(16)。本发明还涉及所述工艺或者设备(16)在包覆涡轮部件中的用途以及能够通过所述工艺获得的包覆基板。

(57) 摘要

公开了一种用于包覆基板(1)的工艺。该工艺包括以下步骤:(i)将能量束(2)引导到所述基板(1)的表面(4)的区域(3)上,以在所述表面(4)的所述区域(3)处生成熔融材料池(5);(ii)朝向所述熔融材料池(5)引导颗粒(7)的物质流(6),以便所述颗粒(7)的至少第一部分进入所述熔融材料池(5);(iii)使所述熔融材料池(5)冷却并固化,从而将所述颗粒(7)的第二部分俘获在固化的材料池(8)中,以形成被俘获颗粒(71),其中,在所述表面(4)的所述区域(3)处被引导的所述能量束(2)呈能量脉冲的形式,并且颗粒(7)的物质流(6)呈颗粒(7)的脉冲的形式,其中在所述颗粒(7)进入所述能量束(2)的路径前以及在所述颗粒(7)进入所述熔融材料池(5)前结束所述能量脉冲或者重新定向所述能量束(2)或者使所述能量束(2)在功率上降低,并且其中所述能量脉冲的结束或者所述能量束(2)的重新定向或者所述能量束(2)在功率上的降低被实施成使得所述颗粒(7)通过所述能量束(2)发生的实质熔



1. 一种用于包覆基板 (1) 的工艺,包括以下步骤:

(i) 将能量束 (2) 引导到所述基板 (1) 的表面 (4) 的区域 (3) 上,以在所述表面 (4) 的所述区域 (3) 处生成熔融材料池 (5),

(ii) 朝向所述熔融材料池 (5) 引导颗粒 (7) 的物质流 (6),以便所述颗粒 (7) 的至少第一部分进入所述熔融材料池 (5),

(iii) 使所述熔融材料池 (5) 冷却并固化,从而将所述颗粒 (7) 的第二部分俘获在固化的材料池 (8) 中,以形成被俘获颗粒 (71),其特征在于,

在所述表面 (4) 的所述区域 (3) 处被引导的所述能量束 (2) 呈能量脉冲的形式,并且颗粒 (7) 的物质流 (6) 呈颗粒 (7) 的脉冲的形式,其中在所述颗粒 (7) 进入所述能量束 (2) 的路径前以及在所述颗粒 (7) 进入所述熔融材料池 (5) 前结束所述能量脉冲或者重新定向所述能量束 (2) 或者使所述能量束 (2) 在功率上降低,并且其中所述能量脉冲的结束或者所述能量束 (2) 的重新定向或者所述能量束 (2) 在功率上的降低被实施成使得所述颗粒 (7) 通过所述能量束 (2) 发生的实质熔化、熔合或者形状改变得到避免。

2. 如权利要求 1 所述的工艺,其中,在所述步骤 (i) ~ (iii) 已经在所述区域 (3) 上完成后,将所述能量束 (2) 引导到所述表面 (4) 的实质不同的区域上,并且在所述实质不同的区域上重复步骤 (i) ~ (iii)。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的工艺,其中,在形成所述被俘获颗粒 (71) 后,清洁所述基板 (1) 的所述表面 (4),以去除所述表面上的第三部分的未被俘获颗粒 (72)。

4. 如权利要求 3 所述的工艺,其中,将被去除的第三部分的未被俘获颗粒 (72) 用于制备颗粒 (7) 的另一脉冲。

5. 如权利要求 1 所述的工艺,其中,将颗粒 (7) 的脉冲设定为 1ms ~ 100ms 的持续时间。

6. 如权利要求 1 所述的工艺,其中,将颗粒 (7) 的脉冲设定为 5ms ~ 50ms 的持续时间。

7. 如权利要求 1 所述的工艺,其中,将颗粒 (7) 的脉冲设定为 20ms ~ 30ms 的持续时间。

8. 如权利要求 1 所述的工艺,其中,将颗粒 (7) 的物质流 (6) 设定为 5m/s ~ 50m/s 的速度。

9. 如权利要求 1 所述的工艺,其中,将颗粒 (7) 的物质流 (6) 设定为 10m/s ~ 30m/s 的速度。

10. 如权利要求 1 所述的工艺,其中,将颗粒 (7) 的物质流 (6) 设定为 20m/s 的速度。

11. 如权利要求 1 所述的工艺,其中,以 30 度 ~ 60 度的角度 (14) 相对于所述表面 (4) 的所述区域 (3) 的平面 (15) 引导颗粒 (7) 的物质流 (6)。

12. 如权利要求 1 所述的工艺,其中,以 40 度 ~ 50 度的角度 (14) 相对于所述表面 (4) 的所述区域 (3) 的平面 (15) 引导颗粒 (7) 的物质流 (6)。

13. 如权利要求 1 所述的工艺,其中,所述颗粒 (7) 是包含碳化硅、立方氮化硼或者金刚石的涂覆或者未涂覆的颗粒。

14. 如权利要求 1 所述的工艺,其中,所述能量束 (2) 是激光束、电子束、等离子流或者电弧。

15. 一种用于实施如权利要求 1 ~ 14 中任一项所述的工艺的设备,包括:

用于生成能量束 (2) 的能量束源 (17),
用于控制所述能量束 (2) 的功率的能量束功率控制单元 (18),
用于生成能量脉冲的能量脉冲单元 (19),
用于向基板 (1) 的表面 (4) 的区域 (3) 上引导所述能量束 (2) 的能量束引导单元 (20),
用于生成颗粒 (7) 的物质流 (6) 的颗粒物质流源 (21),
用于向所述基板 (1) 的所述表面 (4) 的所述区域 (3) 上引导颗粒物质流的颗粒物质流引导单元 (22),

用于生成颗粒 (7) 的脉冲的颗粒物质流脉冲单元 (23), 其特征在于,

所述设备 (16) 包括脉冲定时加定序控制单元 (24), 所述脉冲定时加定序控制单元 (24) 被实施成使得所述能量脉冲在所述颗粒 (7) 到达所述基板 (1) 的所述表面 (4) 的所述区域 (3) 之前或在所述表面 (4) 的所述区域 (3) 处产生熔融材料池 (5), 并且在所述颗粒 (7) 进入所述能量束 (2) 的路径前以及在所述颗粒 (7) 进入所述熔融材料池 (5) 前, 使所述能量脉冲结束、转向或者在功率上降低。

16. 如权利要求 15 所述的设备, 还包括用于去除未被俘获颗粒 (72) 的表面清洁装置 (25)。

17. 如权利要求 15 或 16 所述的设备, 其中, 所述颗粒物质流源 (21) 具有粉末供给颗粒加速单元 (26), 所述粉末供给颗粒加速单元 (26) 包括: 粉末供给单元 (27); 气体供给单元 (28); 具有入口 (291) 和出口 (292) 的粉末供给管 (29); 具有入口 (301) 和出口 (302) 和内径 (d1) 的气体供给管 (30); 和具有入口 (311)、出口 (312)、内径 (d2) 和长度 (314) 的颗粒加速管 (31); 和具有入口 (321) 和出口 (322) 的扩散喷嘴 (32), 其中所述粉末供给管 (29) 的入口 (291) 与所述粉末供给单元 (27) 连通, 其中所述气体供给管 (30) 的入口 (301) 与所述气体供给单元 (28) 连通, 其中所述粉末供给管 (29) 的出口 (292) 和气体供给管 (30) 的出口 (302) 连接至所述颗粒加速管 (31) 的入口 (311), 其中所述颗粒加速管 (31) 的出口 (312) 连接至所述扩散喷嘴 (32) 的入口 (321)。

18. 如权利要求 17 所述的设备, 其中, 所述气体供给管 (30) 具有 0.3mm ~ 1.2mm 的内径 (d1)。

19. 如权利要求 17 所述的设备, 其中, 所述气体供给管 (30) 具有 0.4mm ~ 1.0mm 的内径 (d1)。

20. 如权利要求 17 所述的设备, 其中, 所述气体供给管 (30) 具有 0.5mm ~ 0.8mm 的内径 (d1)。

21. 如权利要求 17 所述的设备, 其中, 所述颗粒加速管 (31) 具有 1mm ~ 4mm 的内径 (d2)。

22. 如权利要求 17 所述的设备, 其中, 所述颗粒加速管 (31) 具有 1.5mm ~ 3mm 的内径 (d2)。

23. 如权利要求 17 所述的设备, 其中, 所述颗粒加速管 (31) 具有 1.8mm ~ 2.4mm 的内径 (d2)。

24. 如权利要求 17 所述的设备, 其中, 所述颗粒加速管 (31) 具有 2cm ~ 25cm 的长度 (314)。

25. 如权利要求 17 所述的设备, 其中, 所述颗粒加速管 (31) 具有 10cm ~ 15cm 的长度

(314)。

26. 如权利要求 17 所述的设备,其中,所述颗粒加速管 (31) 具有 12cm 的长度 (314)。

27. 如权利要求 15 所述的设备,具有:用于生成持续时间可预设的颗粒 (7) 的脉冲的颗粒脉冲持续时间控制单元 (33);和用于生成速度可预设的颗粒 (7) 的物质流 (6) 的颗粒物质流速度控制单元 (34)。

28. 如权利要求 1 ~ 14 中任一项所述的工艺或者如权利要求 15 ~ 27 中任一项所述的设备 (16) 在包覆涡轮部件中的用途。

29. 一种能够根据如权利要求 1 ~ 14 中任一项所述的工艺获得的包覆基板,包括:

第一金属层 (35),

和第二金属层 (36),所述第二金属层 (36) 包括金属基体 (361) 和分散于金属基体中的被俘获颗粒 (71),其中所述被俘获颗粒 (71) 是包含碳化硅、立方氮化硼或者金刚石的涂覆或者未涂覆的颗粒,其特征在于,

所述金属基体 (361) 基本没有处于所述金属基体 (361) 的成分与所述被俘获颗粒 (71) 的成分之间的混合成分的相。

用于包覆基板的工艺

技术领域

[0001] 本发明涉及用于包覆基板的工艺。本发明还涉及用于实施该工艺的设备、能够通过所述工艺获得的包覆基板以及所述工艺或者设备在包覆涡轮部件中的用途。

背景技术

[0002] 在基板表面中嵌入颗粒对于例如在金属表面上生产有磨蚀作用的涂层而言是有用的,所述金属表面比如为在航空器发动机或者工业燃气轮机中使用的涡轮的金属表面。这些有磨蚀作用的涂层通常包含硬质研磨或者切削颗粒,以允许涡轮叶片的尖端在它们前几小时的操作期间一路切入围绕壳体的可磨蚀陶瓷密封件中。作为这种磨蚀的结果,涡轮叶片的尖端与壳体之间的间隙被保持得尽可能小。该狭小的间隙具有以下好处:使经过叶片尖端的空气和其它气体的旁通流最少化,这于是使因这种高能量气体的损失而导致的涡轮的能量和效率损失最小化。典型的有磨蚀作用的硬质颗粒由立方氮化硼(cBN)或者碳化硅(SiC)构成。这些硬质颗粒常常被涂覆,以改善它们的氧化稳定性、与特定合金接触时的热力学稳定性,或者改善它们与基板的结合。

[0003] 用于制备在其中嵌入有颗粒的这种基板表面的工艺是公知的。例如,US 5,935,407公开了借助于电镀技术向金属基体中嵌入颗粒的方法。然而,所公开的方法是相当复杂和费力的,并且需要数种专用设备和步骤来首先通过低压等离子喷涂沉积基层,接下来通过粘性电镀(tack electroplating)将颗粒锚定至基层,接着通过高频逆向脉冲捕获电镀将颗粒嵌入金属基体中,最后通过高温热处理使颗粒成分的一部分扩散到金属基体中以生成致密基体。此外,US '407的方法还需要使用体积相对较大的专用且常常具有毒性的化学试剂,比如表面活性剂和过渡金属盐电镀溶液。另外,还有必要在使用后循环回收和/或处理掉溶液。所希望的是具有用于嵌入颗粒的其它更简单的方法,其不需要如此多不同类型的技术、设备和化学试剂,特别是溶液。

[0004] 嵌入颗粒的另一可供选择的方法已从美国专利申请 US2007/009011A1 公知,该美国专利申请公开了:首先通过环氧粘结剂将 SiC 颗粒固定至载体金属板,然后在物理气相沉积(PVD)工艺中用金属基体涂覆颗粒,接下来将载体板翻转至基板之上,并将金属基体硬钎焊至基板,使得颗粒的“脚”被嵌入硬钎焊金属基体层中。最后,通过弯曲、剥离或者研磨去除载体板。然而,该方法也需要若干不同类型的工艺以及使用不可轻松地回收利用的载体板和环氧粘结剂。此外,基板的表面及其附着颗粒可能在去除载体板的工艺中被损坏。

[0005] 应指出的是,将粉末激光包覆或者焊接至基板也是公知的,并且例如在 US 5,245,155 中公开。在这些方法中,基板的表面的一部分被激光束熔化,粉末填料经由激光束的路径被添加到熔融的表面材料中。粉末通过激光束并且在熔融表面材料中的熔化给予基本由填料形成的焊珠(焊道),其然后随着激光的移动离开而固化,以在基板的表面上形成基本上由填料形成的焊缝沉积区。然而,这种方法不适用于形成有磨蚀作用的表面。这是因为磨蚀功能取决于具有带尖锐小面的切削刃边的有磨蚀作用的细小颗粒的随机分布。这些颗粒性能和磨蚀功能在通过 US '155 的方法制备的表面中是缺乏的,因为所有的颗粒

都已经熔化并结团,从而已经失去了它们的尖锐特征。应指出的是,DE 41 29 239 A1 也公开了具有相似缺点的相似工艺。

[0006] US 5, 453, 329 尝试在其所公开的用于在基板中嵌入磨蚀颗粒的激光包覆方法中克服该方面。在该方法中,激光被聚集在超级合金基板上,以形成过热熔融基板材料的小池。细小金属粉末和涂覆有非反应性封装热绝缘层的细小磨蚀微粒的基体共混物借助于粉末供给器被注入受到照射的熔池中。对熔池和分散基体共混物的照射一直继续,直到金属粉末和绝缘层的至少表面发生熔化并与池中的超级合金混合从而形成合金混合物为止。然后通过停止照射熔池,来使合金混合物最后固化。

[0007] 然而,US ‘329 的该激光包覆方法很难控制,并且具有若干缺点。如 US ‘329 的表 1 中所公开的,许多磨蚀颗粒具有比由激光生成的过热熔池温度(其超过 3,000°C)低数百度的熔点。如 US ‘329 中所公开的,由激光生成的颗粒的过热经由熔化和结团过程损坏磨蚀颗粒和它们的磨蚀效果。这些过程将分布和形态从小的均匀分布的颗粒(具有带许多尖锐小面的切削刃边)改变成大的随机结团的团块(具有圆形特征)。这种熔化和结团过程降低所得激光包覆表面的磨蚀性能。激光对颗粒的直接冲击直接地加热颗粒,并且可能损坏它们或者改变它们的性能。例如,通过激光烧蚀对比如金属碳化物和氧化物等磨蚀材料的切锯是用于使这种材料微结构化的众所周知的技术。

[0008] US ‘329 的方法尝试通过使颗粒涂覆一薄层的熔点大于大约 1,000°C 的涂料来限制激光包覆期间的这种损坏。于是有必要在照射熔池的时间长短之间维持一种微秒的平衡,即:照射含有涂覆颗粒的熔池足够长,以使涂层的一部分熔化,以便它与熔池中的熔融超级合金混合,从而在固化之前形成合金混合物;但又不能照射熔池过长而使涂层下方的颗粒也被熔化和/或损坏。该平衡很难实现,因为供给流和熔池中的各种颗粒对激光损坏的防护程度广泛不同。例如,最靠近激光与粉末流首先相交的界面的粉末流区域中的颗粒对激光损坏的防护程度相对较低。相比之下,位于粉末流的与该界面相反的一侧的颗粒将只暴露于通过介于中间的细小金属粉末和涂覆微粒得到明显衰减的激光能量。此外,熔池中的颗粒将被浸没至各种程度,并且处于各种取向。因此,一些颗粒通过介于中间的熔池对激光的防护程度相对较强,而另一些颗粒的防护程度较低或者完全没有。该平衡在 US ‘329 的连续操作中当然更难以实现和维持,因为入射的激光束、粉末供给和熔池以相对较高的速度行进横跨基板表面,并且粉末也以相对较高的速率被连续地供给至移动的熔池。

[0009] US ‘329 的工艺的另一缺点是:公开了表面变得相当不均匀,原因是熔化的涂层在熔池中的充分混合未发生,并且以各种程度富含涂料的局部区域得以形成。这些区域相对于基板的那些区域来说可能具有非常不同的且相对较弱的性能,并且表面的所得不均匀性质可能负面地影响其强度、粘着力和耐热耐蚀性能。

[0010] US ‘329 的工艺的再一缺点是:具有必要的热绝缘层的磨蚀颗粒的涂层增加了用于原料的额外成本以及额外的处理步骤。此外,对颗粒的涂覆可能负面地改变它们的所需尖锐几何特征和其它性能。US ‘329 的工艺所需的又一附加原料是其基体共混物的细小金属粉末组分。总之,希望的是具有这样一种包覆工艺,其比 US ‘329 的工艺更容易控制,并且不会导致颗粒损坏而且不需要颗粒涂层和细小的金属粉末。

[0011] US 5, 997, 248 公开了另一种用于在基板中嵌入磨蚀颗粒的激光包覆方法。然而,所公开的方法只适用于覆盖有至少一层氮化铝的碳化硅细粒。所公开的唯一示例实际上涉

及覆盖有氮化铝层以及 NiCrAl 包覆合金层的碳化硅颗粒。在所公开的方法中,激光束在叶片尖端表面上生成激光光斑以产生熔池,并且包覆 SiC 颗粒被重力供给至相邻于激光光斑的区域。没有提供以这种方法供给颗粒的动机,并且不清楚在该方法中颗粒实际上是否会免受激光损坏。例如,它记载了激光至少部分地将包覆合金熔化到尖端合金中。这于是暗示了 US '248 的方法与 US '329 的方法的类似之处在于:颗粒需要专用的涂层,并且激光会直接入射到颗粒上以至少部分地熔化它们。

[0012] 即使试图以防止激光直接入射到颗粒上并损坏它们的方式来使用 US '248 的方法,这种工艺也是极难控制的。例如,熔池一般不那么大,例如直径大约为 2mm,并且相对于激光光斑来说确实不太大。因此,与激光光斑相邻的熔池的熔融“彗尾”在面积和体积上是相对比较小的。另外,激光包覆所固有的冷却速率公知是极高的,例如在 106°C /s 的程度。熔池的较浅的未被照射的彗尾将冷却得更快,以致只有大约 1ms 或更少的时间周期来试图向快速冷却的彗尾中注射颗粒。在 US '248 的方法中,进一步使用于供给的极小面积和短时间这些颗粒供给问题复杂化的是以下事实:熔池及其彗尾、激光光斑和颗粒供给正以高速行进横跨基板的表面。总之,希望的是具有这样一种包覆工艺,其比 US '248 的工艺更容易控制,并且不会导致颗粒损坏而且不需要专用的颗粒成分和的涂层。

发明内容

[0013] 从本领域的现有技术状况出发,本发明的一个目的是提供一种用于包覆基板的工艺,其不遭受在前文中提及的缺点,特别是以下这些缺点:缺乏对颗粒遭受入射激光的损坏的充分保护;缺乏以未涂覆形式或者以各种成分处理颗粒的能力;和缺乏用于热敏感颗粒的激光包覆的牢靠且可轻松控制的工艺。本发明的其它目的包括提供适合于在所述工艺中使用的设备、能够通过所述工艺获得的包覆基板、和所述工艺或者设备在包覆涡轮部件中的用途。

[0014] 根据本发明,这些目的通过一种用于包覆基板的工艺得以实现,所述工艺包括以下步骤:将能量束引导到基板的表面的区域上,以在所述表面的所述区域处生成熔融材料池;朝向所述熔融材料池引导颗粒物质流,以便所述颗粒的至少第一部分进入所述熔融材料池;使所述熔融材料池冷却并固化,从而将所述颗粒的第二部分俘获在固化的材料池中,以形成被俘获颗粒,其中,在所述表面的所述区域处被引导的所述能量束呈能量脉冲的形式,并且颗粒物质流呈颗粒的脉冲的形式,并且其中在所述颗粒进入所述能量束的路径前以及在所述颗粒进入所述熔融材料池前结束所述能量脉冲或者重新定向所述能量束或者使所述能量束在功率上降低,并且其中所述能量脉冲的结束或者所述能量束的重新定向或者所述能量束在功率上的降低被实施成使得所述颗粒通过所述能量束发生的实质熔化、熔合或者形状改变得到避免。

[0015] 根据本发明,这些其它目的首先通过一种设备得以实现,所述设备包括:用于生成能量束的能量束源;用于控制所述能量束的功率的能量束功率控制单元;用于生成能量脉冲的能量脉冲单元;用于向基板的表面的区域上引导所述能量束的能量束引导单元;用于生成颗粒物质流的颗粒物质流源;用于向所述基板的所述表面的所述区域上引导颗粒物质流的颗粒物质流引导单元;用于生成颗粒的脉冲的颗粒物质流脉冲单元,其中,所述设备包括脉冲定时加定序控制单元,所述脉冲定时加定序控制单元被实施成使得所述能量脉冲在

所述颗粒到达所述表面的所述区域之前在所述表面的所述区域处产生熔融材料池,并且在所述颗粒进入所述能量束的路径前以及在所述颗粒进入所述熔融材料池前,使所述能量脉冲结束、转向或者在功率上降低。所述设备依据本发明被用于包覆基板,优选是涡轮部件。

[0016] 本发明借助于以下方案实现这些目的并提供解决该问题的方案:在所述表面的所述区域处被引导的所述能量束呈能量脉冲的形式,并且颗粒物质流呈颗粒脉冲的形式,其中在所述颗粒进入所述能量束的路径前以及在所述颗粒进入所述熔融材料池前结束所述能量脉冲、重新定向所述能量束或者使所述能量束在功率上降低,并且其中所述能量脉冲的结束、所述能量束的重新定向或者所述能量束在功率上的降低被实施成使得所述颗粒通过所述能量束发生的实质熔化、熔合或者形状改变得到避免。作为结果,温度敏感的颗粒在包覆工艺期间不会被能量束损坏,于是它们将以相对完好的状态被固化的熔池俘获。因此,希望的颗粒性能,比如磨蚀颗粒的带许多尖锐小面的切削刃边,在包覆工艺期间不会受到毁坏,并且颗粒还会作为许多小的被俘获颗粒均匀地且离散地分布在所得包覆表面之上。通过本发明的方法达成颗粒的这种所需分布和形态于是允许轻松且牢靠地制备具有高度磨蚀作用的表面。

[0017] 这些结果于是意外地得以实现,而不必需要在激光包覆工艺中使用的磨蚀颗粒的任何专用涂层。这是相当意外的,原因是 US '248 和 US '329 两者都公开了它们的磨蚀颗粒的涂层是它们所要求的发明的本质方面。具体说,US '329 强调了其专用的热障颗粒涂层在处理期间负责保护磨蚀颗粒免受激光损坏,并且其专用的热障涂层正是允许其磨蚀颗粒得到满意激光沉积的关键所在。

[0018] 此外,这些结果还意外地得以实现,而不必尝试在包覆工艺中对颗粒进行严格受控的部分熔化,其中只有颗粒的薄表面涂层而不是下方的颗粒发生熔化。

[0019] 在一优选实施例中,本工艺包括附加的后续步骤,其中将能量束引导到表面的实质不同的区域上,并且在所述实质不同的区域上重复在先步骤。在实质不同的区域上重复步骤允许基板的表面的较大区域在若干重复步骤中得到包覆,并且不会损坏已经包覆了的区域。

[0020] 根据另一优选实施例,本工艺包括附加的步骤,其中,在被俘获颗粒形成后,清洁基板的表面,以去除表面上的第三部分的未被俘获颗粒。同样,在本设备的一优选实施例中,本设备附加地包括用于去除作为未被俘获颗粒的颗粒的表面清洁装置。去除未被俘获颗粒确保了表面是清洁的,以便能够在不受表面上的颗粒污染物阻碍的情况下,实施对表面的其它区域的包覆和其它处理。例如,未被去除的未被俘获颗粒可能为附近熔池的制备带来恶影响。此外,这些颗粒自身是有价值的原料,因此在经济上是值得回收和再次使用它们的。因此,在一个特别优选的实施例中,去除颗粒被用于制备颗粒的其它脉冲。

[0021] 根据本工艺的另一优选实施例,颗粒的脉冲被设定为 1ms ~ 100ms 的持续时间,优选被设定为 5ms ~ 20ms 的持续时间,最优选被设定为 20ms ~ 30ms 的持续时间。同样,在本设备的另一优选实施例中,本设备附加地包括用于生成持续时间可预设的颗粒脉冲的颗粒脉冲持续时间控制单元。只有在熔池固化前到达的颗粒可能变成被俘获颗粒。因此,颗粒脉冲的较长持续时间将生成较大量的无效的未被俘获颗粒,这些未被俘获颗粒于是将优选有必要被去除并且被可选地再生或者回收。因此,在典型工艺中,只有大约前 30ms 的颗粒脉冲是有效的,之后到达的颗粒将不会通过固化熔池的俘获而得以在表面处并入。

[0022] 在本工艺的又一优选实施例中,颗粒的物质流被设定为 5m/s ~ 50m/s 的速度,优选为 10m/s ~ 30m/s,最优选为大约 20m/s。同样,在本设备的又一优选实施例中,本设备附加地包括用于生成速度可预设的颗粒物质流的颗粒物质流速度控制单元。具有至少大约 5m/s 的速度有助于使工艺更容易控制且牢靠,原因是颗粒必须在熔池固化前的非常短的时间内到达熔池。因此,较高的速度还能够使颗粒在熔池中的较高密度得以实现。此外,颗粒的较大速度以及由此得到的较大动能有助于颗粒穿刺到熔池中,并用于生成、加速和引导颗粒物质流的设备中的堵塞问题最小化。另一方面,过高的速度可能起相反作用。颗粒物质流一般由气体的喷流推进,而使用较高的气体速度来生成较高的颗粒速度将趋向于明显地增大熔池的冷却速率,从而使得能够供颗粒进入熔池的时间窗口减小。此外,过高的气体速度甚至还可能发生作用,以从表面吹走熔池。另外,具有高动能的颗粒可能由于它们回弹或者反弹出熔融材料池,而在工艺中被损失和浪费。

[0023] 在本工艺的再一优选实施例中,相对于所述表面的所述区域的平面,以 30 度 ~ 60 度、优选为 40 度 ~ 50 度的角度来引导颗粒物质流。一般地,将待包覆的基板的表面在其取向上保持大致水平,从而使得生成的熔池不会流走,并且使得颗粒在其到达表面时不会滚走。因此,相对于一般大致上水平的表面的平面具有至少大约 30 度的角度将使得更容易朝向熔池引导颗粒物质流,原因是对于较大角度来说,垂直于进入颗粒物质流的方向的熔池的截面积将较大。然而,能量束源一般是位于基板上方,并且许多常规能量束源比如电子束源被设计成在大致垂直于被能量束照射的在下表面区域的平面的垂直路径上向下引导它们的束。因此,以高得多的角度例如靠近 90 度取向的角度来引导颗粒物质流还将趋于增大能量束路径与颗粒物质流路径之间的重叠程度。此外,能量束路径与颗粒物质流路径之间的首次重叠将发生在与熔池距离较大处,因为颗粒物质流的入射角接近能量束的入射角。在这种情况下,将有必要在颗粒仍然更远离基板的熔池时,更早地结束能量脉冲或者转向能量束或者在功率上降低能量束。这于是使工艺更难以实施和控制,原因是在颗粒较远时中断对熔池的照射会进一步缩短能够供颗粒进入熔池的相对较短的时间周期。

[0024] 在本工艺的又一优选实施例中,颗粒是包括碳化硅、立方氮化硼或者金刚石的涂覆或者未涂覆过的颗粒。这些颗粒成分特别有利于制备有磨蚀作用的表面。另外,这些颗粒是相当热敏感的,并且易于被能量束损坏。因此,这些颗粒极大地受益于本发明的工艺。

[0025] 在本工艺的另一优选实施例中,能量束是激光束、电子束、等离子流或者电弧。同样,在本设备的另一优选实施例中,能量束源是激光束、电子束、等离子流或者电弧源。这种能量束可轻松地获得在典型基板表面上生成熔融材料池所必需的功率。就生成具有规定持续时间的脉冲而言,以及就偏转或者结束能量束或者降低它们的功率而言,这些能量束也是可轻松地控制的。此外,这些能量束具有对本工艺来说优选的必要快速反应时间。在一特别优选的工艺中,能量束是激光束。相似地,在一特别优选的设备中,能量束源是激光束源。在本发明的工艺中,激光束特别易于控制和引导。

[0026] 在本设备的另一优选实施例中,所述颗粒物质流源具有粉末供给颗粒加速单元,所述粉末供给颗粒加速单元包括:粉末供给单元;气体供给单元;具有入口和出口的粉末供给管;具有入口和出口和内径的气体供给管;和具有入口、出口和内径的颗粒加速管;和具有入口和出口的扩散喷嘴,其中所述粉末供给管的入口与所述粉末供给单元连通,其中所述气体供给管的入口与所述气体供给单元连通,其中所述粉末供给管的出口和气体供给

管的出口连接至所述颗粒加速管的入口,其中所述颗粒加速管的出口连接至所述扩散喷嘴的入口,其中所述气体供给管优选具有 0.3mm ~ 1.2mm、更优选为 0.4mm ~ 1.0mm、最优选为 0.5mm ~ 0.8mm 的内径,其中所述颗粒加速管优选具有 1mm ~ 4mm、更优选为 1.5mm ~ 3mm、最优选为 1.8mm ~ 2.4mm 的内径,并且其中所述颗粒加速管优选具有 2cm ~ 25cm、更优选为 10cm ~ 15cm、最优选为大约 12cm 的长度。这种粉末供给颗粒加速单元易于使用典型的粉末供给单元来供给,并且它轻松地提供可轻松地控制的脉冲式颗粒物质流,所述可轻松地控制的脉冲式颗粒物质流就脉冲的持续时间、颗粒的速度和颗粒物质流的角度来说具有有用的性能。

[0027] 本发明的另一方面涉及能够通过本发明的用于包覆基板的工艺获得的相关产物。一个优选实施例是通过本发明的用于包覆基板的工艺获得的包覆基板。本发明的相关产物的另一优选实施例是能够通过本发明的工艺获得的包覆基板,所述包覆基板包括:第一金属层;和第二金属层,所述第二金属层包括金属基体和分散于其中的被俘获颗粒,其中被俘获颗粒是包括碳化硅、立方氮化硼或者金刚石的涂覆或者未涂覆过的颗粒,并且其中金属基体基本没有介于金属基体的成分与被俘获颗粒的成分之间的混合成分的相 (phases)。

[0028] 本发明的另一些方面包括本发明的工艺或者设备在用于包覆基板优选是涡轮部件的本工艺中的用途。这种用途于是受益于本发明的工艺和设备的前述优点。在一优选实施例中,本设备和 / 或工艺的用途在于包覆涡轮部件。在另一优选实施例中,本设备和 / 或工艺的用途在于用磨蚀涂层包覆金属表面。在特别优选的实施例中,本设备和 / 或工艺的用途在于用磨蚀涂层包覆涡轮部件的表面。如先前所论述的,磨蚀涂层的制备特别受益于本工艺,原因是磨蚀颗粒往往是相当热敏感的,并且磨蚀涂层在生成狭小间隙上为涡轮表面提供优点。

[0029] 本领域的技术人员将明白的是,在本发明中有可能没有限制地组合本发明的各种实施例的主题。例如,可以使上述优选实施例之一的主题无限制地与上述其它优选实施例中的一个或多个的主题组合。通过一个示例来说,根据本工艺的一特别优选的实施例,颗粒是包括碳化硅、立方氮化硼或者金刚石的涂覆或者未涂覆过的颗粒,并且能量束是激光束、电子束、等离子流或者电弧。通过另一示例来说,根据另一特别优选的实施例,本工艺包括附加的步骤,其中能量束被引导到表面的实质不同的区域上,并且在实质不同的区域上重复在先步骤,并且其中在被俘获颗粒形成后,清洁基板的表面,以去除未被俘获颗粒的处于表面上的第三部分的颗粒。通过又一示例来说,根据另一特别优选的实施例,包覆涡轮部件是能够通过本工艺获得的,并且具有:第一金属层;第二金属层,所述第二金属层包括金属基体和分散于其中的被俘获颗粒,其中被俘获颗粒是包括碳化硅、立方氮化硼或者金刚石的涂覆或者未涂覆过的颗粒,并且其中金属基体基本没有介于金属基体的成分与被俘获颗粒的成分之间的混合成分的相。

附图说明

[0030] 下面将参考本发明的多个实施例以及附图来更详细地说明本发明。这些示意性附图示出了:

[0031] 图 1 示出了处于包覆基板的工艺之前的根据本发明的设备的实施例的示意图。

[0032] 图 2 示出了处于包覆基板的工艺中的图 1 的实施例的示意图,其中熔融材料池已

通过能量束产生,并且颗粒物流已朝向所述池被引导。

[0033] 图 3 示出了处于包覆基板的工艺中的图 1 的实施例的示意图,其中第一部分的颗粒进入了熔融材料池,并且已在颗粒进入能量束的路径前以及颗粒进入所述池前结束了能量束的能量脉冲。

[0034] 图 4 示出了处于包覆基板的工艺中的图 1 的实施例的示意图,其中第二部分的颗粒被俘获在固化的材料池中,并且颗粒的脉冲已结束。

[0035] 图 5 示出了根据本发明的粉末供给颗粒加速单元的一种实施例的示意图。

[0036] 图 6 示出了使用根据图 1 ~ 图 4 的工艺包覆的基板的一种实施例的示意图。

[0037] 图 7 示出了使用根据图 1 ~ 图 4 的工艺包覆的一特定基板的显微照片。

具体实施方式

[0038] 图 1 ~ 4 示出了根据本发明的工艺的不同阶段。图 1 示出了根据本发明的设备的一实施例的示意图,所述设备作为整体以附图标记 16 标出。在图 1 中,示出的是在包覆基板 (1) 的工艺之前的设备。对于形态、形状或者成分而言,基板 (1) 不受特别限制。基板 (1) 可以由一个或多个层构成,并且可选地可以被涂覆。在一个优选实施例中,基板是涡轮部件,而在另一优选实施例中,它是金属性的:金属合金或者金属超级合金。

[0039] 设备 (16) 包括用于生成能量束 (2) 的能量束源 (17) (图 2)。能量束源 (17) 和能量束 (2) 可以是常规的能量束源和能量束,只要它们具有足够的功率以在基板 (1) 的表面 (4) 的区域 (3) 处形成熔融材料池 (5) 即可。在一个实施例中,能量束源 (17) 是激光束源、电子束源、等离子流源或者电弧源,而能量束 (2) 是激光束、电子束、等离子流或者电弧。这类能量束源 (17) 可轻松地获得必要的功率,并且它们是相对较强烈和集中的,以便能够在不过度地加热基板 (1) 的其余部分的情况下产生熔融材料池 (5)。本领域的技术人员将明白的是,也可以使用其它可供选择的能量束源,只要它们能够产生熔融材料池 (5) 并且相对于粉末颗粒向熔融材料池 (5) 中的后续注射能够受控并被同步即可。例如,在另一实施例中,能量束源 (17) 是氧-乙炔燃烧器,而能量束 (2) 是氧-乙炔火焰。然而,氧-乙炔燃烧器的使用将需要注意以避免过多加热基板,并且需要响应控制系统来使氧-乙炔火焰与粉末颗粒的注射同步。

[0040] 通过能量束 (2) 对基板 (1) 的其余部分的过多加热可能损坏它,或者可能使熔融材料池 (5) 需要过长的时间来冷却和固化以形成材料的固化池 (8) (图 4)。因此,在根据图 1 的实施例中,设备 (16) 包括:用于控制能量束 (2) 的功率的能量束功率控制单元 (18);用于生成能量脉冲的能量脉冲单元 (19);和用于将能量束 (2) 引导到基板 (1) 的表面 (4) 的区域 (3) 上的能量束引导单元 (20)。

[0041] 能量束功率控制单元 (18) 可以是适合于供给前述能量束源 (17) 的功率要求的任意单元。因此,根据能量束源 (17) 的要求,可以使用常规的功率供给单元,比如交流、直流和固定或者便携式电源等。应该明白的是,功率可以在非常大的范围内变化,以制备具有大范围的潜在直径和用于各种潜在基板 (1) 的熔融材料池 (5)。一般而言,使用较高的功率将准许生成较大直径的池。典型的池直径实际上将在大约 1mm ~ 大约 4mm 的程度,因此典型的最小功率将在大约 500W 的程度。功率的范围一般将在实际上大约 1kW ~ 大约 4kW 变化,但是也可以使用甚至更高的功率。用于工业焊接激光器的优选功率为大约 1kW 或者更大,

更优选为大约 1.5kW ~ 大约 4kW。更高的功率将允许基板 (1) 的表面 (4) 的更大区域 (3) 得到处理 ;然而,将需要谨慎,以避免过多地加热和 / 或损坏基板 (1)。

[0042] 能量脉冲单元 (19) 可以是适合于停止、在功率上降低、移动或者切断能量以产生能量脉冲形式的能量束 (2) 的任意可控单元。能量脉冲单元 (19) 允许能量束 (2) 的脉冲得到生成,从而使得能量束 (2) 及其使熔融材料池 (5) 的生成能够在本发明的包覆工艺的各步骤中与颗粒 (7) 的物质流 (6) 一起被轻松地同步。在一个实施例中,能量脉冲单元 (19) 是用于接通和断开能量束 (2) 的功率的单元。这种开关装置可轻松地获得并且可轻松地受控。在另一实施例中,能量脉冲单元 (19) 包括开闭器或者衰减器机构,用于封闭或者衰减能量束 (2)。在一个优选实施例中,能量脉冲单元 (19) 和能量束功率控制单元 (18) 可以优选地被一起一体形成到单个单元中,该单个单元具有控制功率和产生能量脉冲 (19) 的功能。

[0043] 能量束引导单元 (20) 将是适合于将能量束 (2) 引导向基板 (1) 的表面 (4) 的不同区域 (3) 的任意可控单元。该单元 (20) 允许能量束 (2) 在表面 (4) 的各区域 (3) 处产生熔融材料池 (5)。在一个优选实施例中,能量束引导单元 (20) 是用于能量束源 (17)、喷枪或者束偏转器的载物台 (stage)。在另一优选实施例中,能量束引导单元 (20) 包括用于引导激光束的反射镜。此外,能量束引导单元 (20) 还可以通过在颗粒 (7) 进入能量束 (2) 的路径或者由能量束 (2) 产生的熔融材料池 (5) 之前使能量束 (2) 重新定向,来保护颗粒 (7) 不被能量束 (2) 损坏。能量束引导单元 (20) 还可以被有利地使用来产生能量脉冲,方法是首先将能量束 (2) 引导向表面 (4) 的区域 (3),然后将能量束 (2) 引导离开表面 (4) 的区域 (3)。在一个优选实施例中,能量束引导单元 (20) 和能量脉冲单元 (19) 可以优选地被一起一体形成到单个单元中,该单个单元具有引导能量束 (2) 和产生能量脉冲 (19) 的功能。

[0044] 能量束 (2) 相对于表面的区域 (3) 的平面 (15) 的宽范围入射角可以被适当地使用。典型角度将在正交于平面 (15) 的线的大约 45 度内变化,就激光束而言一般是在大约 20 度内变化。

[0045] 为了简明起见为了简明起见,在以下描述中只提及颗粒 (7) 的一个物质流 (6) 和一个颗粒物质流源 (21) 等,但是应想到的是在本发明中可以使用两个或更多的物质流 (6) 或者源 (21) 等。

[0046] 如图 1 所示实施例所例示的,设备 (16) 还包括 :用于生成颗粒 (7) 的物质流 (6) 的颗粒物质流源 (21) ;用于将颗粒 (7) 的物质流 (6) 引导到基板 (1) 的表面 (4) 的区域 (3) 上的颗粒物质流引导单元 (22) ;和用于生成颗粒 (7) 的脉冲的颗粒物质流脉冲单元 (23)。颗粒物质流源 (21) 供给颗粒 (7) 至工艺,尤其是用于生成颗粒 (7) 的脉冲,并且它可以包括颗粒 (7) 的物质流 (6) 的任意适当的源,比如类似重力控制颗粒料斗的常规粉末供给器或者振动粉末供给器等。另一种可选方式是,可以通过比如机械方式、气动方式等其它适当的常规手段或者通过基于压力差的泵送,来输送颗粒 (7)。颗粒物质流源 (21) 具有生成颗粒 (7) 的物质流 (6) 的功能,并且颗粒物质流引导单元 (22) 和颗粒物质流脉冲单元 (23) 可以各自可选地作为一体形成零部件被直接并入颗粒物质流源 (21) 中。应该明白的是,颗粒物质流源 (21) 需要被实施成使得当颗粒 (7) 的脉冲被触发时,具有足够速度的颗粒 (7) 的充分致密的物质流 (6) 被产生得足够快,从而使得颗粒 (7) 的至少第一部分进入熔融材

料池 (5)。如果物质流 (6) 的密度和 / 或速度不足, 则池 (5) 会在有用数量的颗粒 (7) 进入熔融材料池 (5) 前固化。

[0047] 颗粒物质流引导单元 (22) 可以是适合于引导颗粒 (7) 的物质流 (6) 的流动的任意单元。该单元具有以下功能: 朝向位于基板 (1) 的表面 (4) 的区域 (3) 处或者可选地位于实质不同的区域处的熔融材料池 (5) 引导颗粒 (7) 的物质流 (6)。例如, 它可以呈喷枪或者喷嘴的形式, 或者它可以仅仅呈从颗粒物质流源 (21) 延伸出的管子的形式。在一替代实施例中, 代替引导来自于颗粒物质流源的颗粒 (7) 的物质流 (6) 的流动, 颗粒物质流引导单元 (22) 可以呈相对于基板 (1) 的表面 (4) 的区域 (3) 改变和控制颗粒物质流源 (21) 的取向的载物台的形式。应该明白的是, 颗粒物质流引导单元 (22) 的内表面将优选是光滑的, 以使颗粒在单元中的被俘获量最少化, 从而防止单元的堵塞。

[0048] 用于生成颗粒 (7) 的脉冲的颗粒物质流脉冲单元 (23) 可以是适合于生成颗粒 (7) 的脉冲的任意单元。通过在本发明的工艺中以颗粒 (7) 的脉冲形式供给颗粒 (7), 能够轻松地实现: 相对于能量脉冲的结束或者能量束 (2) 的重新定向或者能量束 (2) 在功率上的降低来说, 颗粒 (7) 进入能量束 (2) 的路径中和进入熔融材料池 (5) 中的时机和同步化, 从而避免能量束 (2) 对颗粒 (7) 造成损坏。如先前论述的, 重要的是颗粒 (7) 的脉冲 (1) 中的颗粒 (7) 的物质流 (6) 的密度和速度是足够的, 以便颗粒 (7) 的至少第一部分进入熔融材料池 (5)。颗粒 (7) 的脉冲在颗粒 (7) 的第一部分进入熔融材料池 (5) 后结束使得能量束 (2) 能够被引导到表面 (4) 的实质不同的区域上, 以制备熔融材料 (5) 的另一个池。另外, 使用尽可能短的颗粒 (7) 的脉冲使颗粒在工艺中的浪费最少化, 该浪费是因颗粒 (7) 在池 (5) 已经固化后到达池 (5) 而引起的。优选地, 单元 (23) 应包括用于生成脉冲的可控上游气体或者空气阀, 因为这种可控阀能够轻松地获得所需的快速反应时间和可控性。此外, 这类阀可以是以电子方式可控的, 从而与设备 (16) 的其它单元 (比如脉冲定时加定序控制单元 (24) 等) 轻松地交接和同步。

[0049] 如图 1 中示出的特定实施例所例示的, 设备 (16) 还可以具有颗粒脉冲持续时间控制单元 (33), 用于生成持续时间可预设的颗粒 (7) 的脉冲。生成持续时间可预设的脉冲能够增强或者简化对工艺中各步骤的时机的控制, 并且将持续时间限制至使得脉冲中的所有颗粒 (7) 进入熔融材料池 (5) 所需的最小长度会使工艺中颗粒原料的不必要浪费最少化。

[0050] 如在前文中提及的, 可以想到的是, 在本发明的工艺中可以使用颗粒 (7) 的两个或更多的物质流 (6), 因此在本发明的设备中可以使用两个或更多的颗粒物质流源 (21) 等。在工艺的一个实施例中, 存在两个或更多个同时操作的颗粒 (7) 的物质流 (6), 优选地这些物质流 (6) 彼此相对, 从而使得熔融材料池 (5) 在物质流 (6) 的整个平衡区域中被保持相对较平静。在设备的一个实施例中, 存在两个或更多个同时操作的颗粒物质流源 (21) 和它们的相关单元, 优选实施成使得所生成的颗粒 (7) 的物质流 (6) 彼此相对, 以便熔融材料池 (5) 在物质流 (6) 的整个平衡区域中被保持相对较平静。

[0051] 如图 1 中示出的特定实施例所例示的, 设备 (16) 还可以具有颗粒物质流速度控制单元 (34), 用于生成速度可预设的颗粒 (7) 的物质流 (6)。如先前所论述的, 将速度预设至一定范围能够增强或者简化对工艺中各步骤的时机的控制, 以及所得包覆基板 (1') 的再生性和质量。例如, 速度直接影响颗粒 (7) 在熔融材料池 (5) 中的可获得密度。

[0052] 如图 1 中示出的实施例所例示的, 设备 (16) 还包括脉冲定时加定序控制单元

(24), 其实施成使得能量脉冲在颗粒 (7) 到达表面 (4) 的区域 (3) 之前在表面 (4) 的区域 (3) 处产生熔融材料池 (5), 并且在颗粒 (7) 进入能量束 (2) 的路径前以及在颗粒 (7) 进入熔融材料池 (5) 前, 使能量脉冲结束、转向或者在功率上降低。该单元允许包覆工艺在颗粒 (7) 不被损坏的情况下实施, 从而避免颗粒 (7) 通过能量束 (2) 的充分熔化、熔合或者形状改变。该单元 (24) 可以使用提供可控时序的各种器件来起作用。优选地, 单元 (24) 能够以 1ms 或者更好的精度来控制时序。在一个优选实施例中, 单元 (24) 以电子方式起作用, 并包括可编程逻辑控制器 (PLC) 和 / 或个人计算机 (PC)。

[0053] 如图 2 所示, 本发明的用于包覆基板的工艺包括以下步骤: 将能量束 (2) 引导到基板 (1) 的表面 (4) 的区域 (3) 上, 以在表面 (4) 的区域 (3) 处产生熔融材料池 (5)。待包覆的基板 (1) 没有特别限制, 例如, 可以是金属或金属合金或者超级合金, 可选地涂覆有单个或者多个金属性涂层。基板 (1) 可以包括比如涡轮或者涡轮部件等各种适当制品的零部件。

[0054] 如先前所论述的, 熔融材料池 (5) 的一般实用的直径应在大约 1mm ~ 大约 4mm 的程度, 然而也可以使用更大的直径, 以便更快速地处理表面 (4) 的更大区域。典型直径可以便利地在大约 0.1mm ~ 大约 12mm 之间, 优选在大约 0.5mm ~ 大约 4mm 之间, 更优选在大约 1.5mm ~ 大约 3mm 之间改变。熔融材料池 (5) 优选应足够大以便充分数量的颗粒 (7) 能够进入它, 并且应该足够深以便颗粒 (7) 能够基本浸没在池中。然而, 熔融材料 (5) 的非常大的池可能需要花费长时间来冷却和固化。长冷却时间可能不利地使颗粒 (7) 在熔融材料池 (5) 中长期暴露于高温, 从而可能导致颗粒 (7) 的熔化或者其它热降解。一般地, 熔融材料池 (5) 应在小于大约 1s、优选小于大约 0.8s、更优选小于大约 0.6s 的时长中固化。

[0055] 如图 3 中示出的实施例所例示的, 本发明的工艺包括以下步骤: 朝向熔融材料池 (5) 引导颗粒 (7) 的物质流 (6), 以便颗粒 (7) 的至少第一部分进入熔融材料池 (5)。如在图 3 中示出的实施例所例示的, 能量束 (2) 的能量脉冲已在颗粒 (7) 进入能量束 (2) 的路径前以及在颗粒 (7) 进入熔融材料 (5) 的所述池前被结束。在替代实施例中, 在颗粒 (7) 进入能量束 (2) 的路径前以及在颗粒 (7) 进入熔融材料 (5) 的所述池前, 能量束 (2) 是被重新定向或者在功率上被降低。在这些各种替代实施例中, 能量束 (2) 的能量脉冲的结束或者重新定向或者在功率上的降低被实施成使得颗粒 (7) 通过能量束 (2) 发生的充分熔化、熔合或者形状改变得到避免。

[0056] 在包覆工艺期间在接近、等于或高于颗粒 (7) 的熔点的温度通过能量束 (2) 对颗粒 (7) 的任意充分加热都可能导致颗粒 (7) 的充分熔化、熔合或者形状改变。这种被热损坏了的颗粒于是在工艺中在很大程度上被浪费, 因为它们不会给予基板 (1) 以未损坏的颗粒 (7) 的所需性能, 比如磨损性(磨蚀性)。

[0057] 本领域中公知的各种方法都可以用于确定或者监测颗粒 (7) 在包覆工艺期间的温度。例如, 红外线摄影和拍摄可以用于确定颗粒 (7) 在它们在颗粒 (7) 的脉冲中向熔融材料池 (5) 飞行的期间的温度。替代地, 颗粒的加热从而颗粒的温度可以基于工艺的各种具体参数基于公知的计算方法计算出, 所述各种具体参数包括: 能量束 (2) 的能量密度; 颗粒 (7) 向能量束 (2) 的暴露时间, 其可以进而从它们的速度和轨迹确定; 和颗粒能量吸收量, 其可以进而例如从它们的尺寸、质量、能量吸收系数和比热容量确定。

[0058] 颗粒 (7) 的物质流 (6) 的相对取向没有特别限制。在一个实施例中, 它相对于表

面 (4) 的区域 (3) 的平面 (15) 以 30 度~60 度的角度 (14) 被引导。在一个优选实施例中,它是 40 度~50 度。如先前所论述的,所述角度的使用将使得更容易朝向熔池引导颗粒物质流,原因是对于较大角度来说,垂直于进入颗粒物质流的方向的熔池的截面积将较大,同时仍然使物质流 (6) 的路径与能量束 (2) 的路径 (其一般将与平面 (15) 大致正交) 的重叠程度最小化。

[0059] 颗粒 (7) 的物质流 (6) 的速度没有特别限制。在一个实施例中,它被设定为 5m/s ~ 50m/s 的速度。在另一实施例中,它优选为 10m/s ~ 30m/s,并且在第三实施例中,它最优选为大约 20m/s。如先前所论述的,这种速度范围使工艺变得容易控制且牢靠,同时允许更高密度的颗粒 (7) 进入熔融材料池 (5),并随后形成被俘获颗粒 (71),而不会引起熔融材料池 (5) 的实质冷却或者高能颗粒因它们回弹或者反弹出熔融材料池 (5) 而发生的损失。

[0060] 颗粒 (7) 可以具有适用于设备 (16) 和包覆工艺的各种尺寸。典型的颗粒尺寸因此可以在大约 0.050mm ~ 大约 2mm 之间,优选在大约 0.08mm ~ 大约 0.4mm 之间,更优选在大约 0.15mm ~ 大约 0.40mm 之间变化。可以便利地使用典型的在商业上可获得的颗粒尺寸,比如用于热喷涂的那些颗粒尺寸。根据其成分和应该给予基板 (1) 的所需性能,最佳的颗粒尺寸可以变化。较大的颗粒尺寸可以具有以下优点:在熔融材料池 (5) 中的熔化耐力更强,因为它们起散热器作用的能力更强。较窄的颗粒尺寸分布能够有利地改善它们的可加工性和包覆基板的性能。例如,较窄的颗粒尺寸分布能够增大处理期间颗粒的耐热性能的均匀性,以及包覆基板 (1') 的所得表面性质。

[0061] 颗粒 (7) 的形状也没有特别限制。大致等轴或者圆形的形状具有以下优点:它们能够轻松地被均匀地传送,并且不易被俘获或者堵塞在设备 (16) 中。根据其成分和应该给予基板 (1) 的所需性能,最佳的颗粒形状可以变化。

[0062] 颗粒 (7) 的成分也没有特别限制,可以包括无机和 / 或有机材料。热敏感的并且可能受益于向高温暴露最少的任意颗粒成分都可以被使用,以在本发明的工艺中达到显著的优点。根据应该给予基板 (1) 的所需性能,颗粒 (7) 的最佳成分可以变化。为了生产有磨蚀作用的涂层,颗粒 (7) 是包括碳化硅、立方氮化硼或者金刚石的优选涂覆或者未涂覆的颗粒。在一特别优选的实施例中,颗粒 (7) 是碳化硅、立方氮化硼或者金刚石形成的涂覆或者未涂覆的颗粒。这些成分轻松地为颗粒 (7) 提供所需的磨蚀和硬度性能。涂覆颗粒的涂层也没有特别限制,可以优选地包括用于改善磨损性能的铬。在一个优选实施例中,涂覆颗粒包括碳化硅芯和铬涂层。另外,与现有技术中一样,涂覆颗粒可以可选地涂覆有粘合涂层或者隔热涂层;然而,这类涂层不是必需的。

[0063] 如在图 4 中示出的实施例所例示的,本发明的工艺包括以下步骤:允许熔融材料池 (5) 冷却和固化,从而将颗粒 (7) 的第二部分俘获在材料的固化池 (8) 中,以形成被俘获颗粒 (71)。应该明白的是,优选地,进入熔融材料池 (5) 的所有颗粒 (7) 都将变成被俘获颗粒 (71)。然而,如先前所论述的,具有非常高的动能的一些颗粒可以在进入后回弹到池 (5) 外。这种回弹颗粒于是不会变成被俘获颗粒 (71),它们相反会变成未被俘获颗粒 (72)。未被俘获颗粒 (72) 的其它来源是未恰当地朝向熔融材料池 (5) 定向的或者在池 (5) 已固化后到达的颗粒 (7)。

[0064] 如在图 4 中示出的实施例所例示的,颗粒 (7) 的脉冲已结束。如先前所论述的,在

一个实施例中,颗粒的脉冲被设定为 1ms ~ 100ms 的持续时间,优选被设定为 5ms ~ 20ms 的持续时间,最优选被设定为 20ms ~ 30ms 的持续时间。较短持续时间的颗粒脉冲有利地使颗粒的损耗最少化,否则这些颗粒会在熔融材料池 (5) 已经冷却和固化后到达熔融材料池 (5)。

[0065] 在本工艺的一个实施例中,当前述步骤已经完成后,即被俘获颗粒 (71) 已经形成在区域 (3) 上后,将能量束 (2) 定向到表面 (4) 的实质不同的区域上,然后在该实质不同的区域上重复相同的步骤,以在那里形成被俘获颗粒 (71)。在实质不同的区域上重复这些步骤允许基板 (1) 的更大面积被轻松地包覆。

[0066] 在本工艺的另一实施例中,在形成被俘获颗粒 (71) 后,清洁基板 (5) 的表面 (4),以去除表面上的第三部分的未被俘获颗粒 (72)。未被俘获颗粒 (72) 的典型来源包括:被错误导向的、在熔融材料池 (5) 已经固化后到达的、或者回弹到熔融材料池 (5) 外的颗粒 (7)。去除未被俘获颗粒 (72) 允许基板的其它区域在没有干扰或者妨碍的情况下得到包覆。因此,用于实施本工艺的设备的一个实施例附加地包括用于去除未被俘获颗粒 (72) 的表面清洁装置 (25)。表面清洁装置 (25) 可以是适合于去除未被俘获颗粒 (72) 的任意装置。例如,它可以包括空气流源和用于引导空气流的器件,比如喷嘴等。一般地,基板 (5) 的表面 (4) 的待清洁的区域将暴露于一股压缩空气。

[0067] 应该明白的是,与重复本工艺以在实质不同的区域上形成被俘获颗粒 (71) 并去除第三部分的未被俘获颗粒 (72) 有关的本工艺的这两个前述实施例可以在没有限制的情况下组合在再一些实施例中。例如,可以在实质不同的区域上重复包覆工艺之前去除未被俘获颗粒 (72),以确保该新区域不被颗粒污染,否则所述颗粒将妨碍包覆工艺或者使所得包覆表面的性能退化。

[0068] 在本工艺的再一实施例中,将被去除的第三部分的未被俘获颗粒 (72) 用于制备颗粒 (7) 的另一脉冲。循环颗粒原料会改善原料使用的效率,从而降低工艺的总成本。

[0069] 在一优选实施例中,设备 (16) 的颗粒物质流源 (21) 具有粉末供给颗粒加速单元 (26)。图 5 示出了这种粉末供给颗粒加速单元 (26) 的一种实施例,并且它包括:粉末供给单元 (27);气体供给单元 (28);具有入口 (291) 和出口 (292) 的粉末供给管 (29);具有入口 (301) 和出口 (302) 和内径 (d1) 的气体供给管 (30);和具有入口 (311)、出口 (312)、内径 (d2) 和长度 (314) 的颗粒加速管 (31);和具有入口 (321) 和出口 (322) 的扩散喷嘴 (32)。如图 5 所示,粉末供给管 (29) 的入口 (291) 与粉末供给单元 (27) 连通,气体供给管 (30) 的入口 (301) 与气体供给单元 (28) 连通,粉末供给管 (29) 的出口 (292) 和气体供给管 (30) 的出口 (302) 连接至颗粒加速管 (31) 的入口 (311),而颗粒加速管 (31) 的出口 (312) 连接至扩散喷嘴 (32) 的入口 (321)。如先前所论述的,使用典型的粉末供给单元 (27) 并且使用典型的粉末特别是在热喷涂工艺中使用的那些,这种粉末供给颗粒加速单元 (26) 易于供给。此外,所述粉末供给颗粒加速单元 (26) 轻松地提供易于受控的脉冲颗粒物质流,其就脉冲的持续时间、颗粒的速度和颗粒物质流的角度而言具有有用的性能。

[0070] 在一些实施例中,气体供给管 (30) 优选具有 0.3mm ~ 1.2mm、更优选为 0.4mm ~ 1.0mm、最优选为 0.5mm ~ 0.8mm 的内径 (d1),并且颗粒加速管 (31) 优选具有 1mm ~ 4mm、更优选为 1.5mm ~ 3mm、最优选为 1.8mm ~ 2.4mm 的内径 (d2),并且颗粒加速管 (31) 优选具有 2cm ~ 25cm、更优选为 10cm ~ 15cm、最优选为大约 12cm 的长度 (314)。应该明白的

是,气体供给管(30)和颗粒加速管(31)的优选尺寸的这些多种不同实施例可以在特定实施例中没有限制地组合。这些优选尺寸有助于确保能够以牢靠方式按优选持续时间的脉冲的形式轻松地制得具有优选速度的颗粒(7)的物质流(6)。

[0071] 本发明的其它方面是能够通过本发明的用于包覆基板的工艺获得的相关产物。一个优选实施例是通过本发明的用于包覆基板的工艺获得的包覆基板(1')。

[0072] 更具体地说,图6示意性地示出了能够通过本发明的工艺获得的这种包覆基板(1')的一种实施例。如本实施例所示,包覆基板(1')包括:第一金属层(35);和第二金属层(36),所述第二金属层(36)包括金属基体(361)和分散于其中的被俘获颗粒(71),其中被俘获颗粒(71)是包括碳化硅、立方氮化硼或者金刚石的涂覆或者未涂覆过的颗粒,并且其中金属基体(361)基本没有介于金属基体(361)的成分与被俘获颗粒(71)的成分之间的混合成分的相(phases)。在一个特定实施例中,第一金属层(35)、第二金属层(36)和金属基体(361)的成分从由金属、金属合金和金属超级合金组成的组中选出。在一个优选实施例中,第一金属层(35)和第二金属层(36)的金属基体(361)的成分基本是相同的,更优选地,金属基体(361)是第一金属层(35)的重新固化的成分。在另一特定优选实施例中,第一金属层(35)和第二金属层(36)的金属基体(361)的成分是Ni基超级合金,最优选为IN617。

[0073] 为了生产有磨蚀作用的涂层,被俘获颗粒(71)是包括碳化硅、立方氮化硼或者金刚石的优选涂覆或者未涂覆的颗粒。为了生产有磨蚀作用的涂层,优选的是具有尽可能多的从表面突出的被俘获颗粒(71)。在图6中的远左方或者右方或者在图7所示显微照片中的远左上方可以看见从包覆基板(1')的表面突出的这种被俘获颗粒(71)。在一特别优选的实施例中,被俘获颗粒(71)是碳化硅、立方氮化硼或者金刚石形成的涂覆或者未涂覆的颗粒。这些成分轻松地分散于包覆基板(1')中的被俘获颗粒(71)提供所需的磨蚀性能和硬度性能。

[0074] 图7示出了一特定包覆基板(1')的示例性显微照片。从图7可以看到:在被俘获颗粒(71)(本例中为涂覆碳化硅)与它们周围的金属基体(361)(本例中为IN617)之间看不见混合成分的反应区域或者相,并且未发生被俘获颗粒(71)的实质熔化或者熔合。如先前所论述的,能够通过本发明的工艺获得的这种包覆基板(1')于是在它们的成分和结构上显著不同于现有技术的包覆基板,在现有技术的包覆基板中,颗粒要么被完全熔化,要么至少颗粒或者它们的涂层在包覆工艺中被部分地熔化。因此,在现有技术的包覆基板的显微照片中,由基体材料与颗粒或者它们的涂层的熔化或者熔合所产生的混合相和/或颗粒与它们周围的基体之间的实质反应区域是可见的。

[0075] 本发明的再一方面是本发明的工艺或者设备(16)在包覆基板中的用途。一优选的用途是包覆涡轮部件。

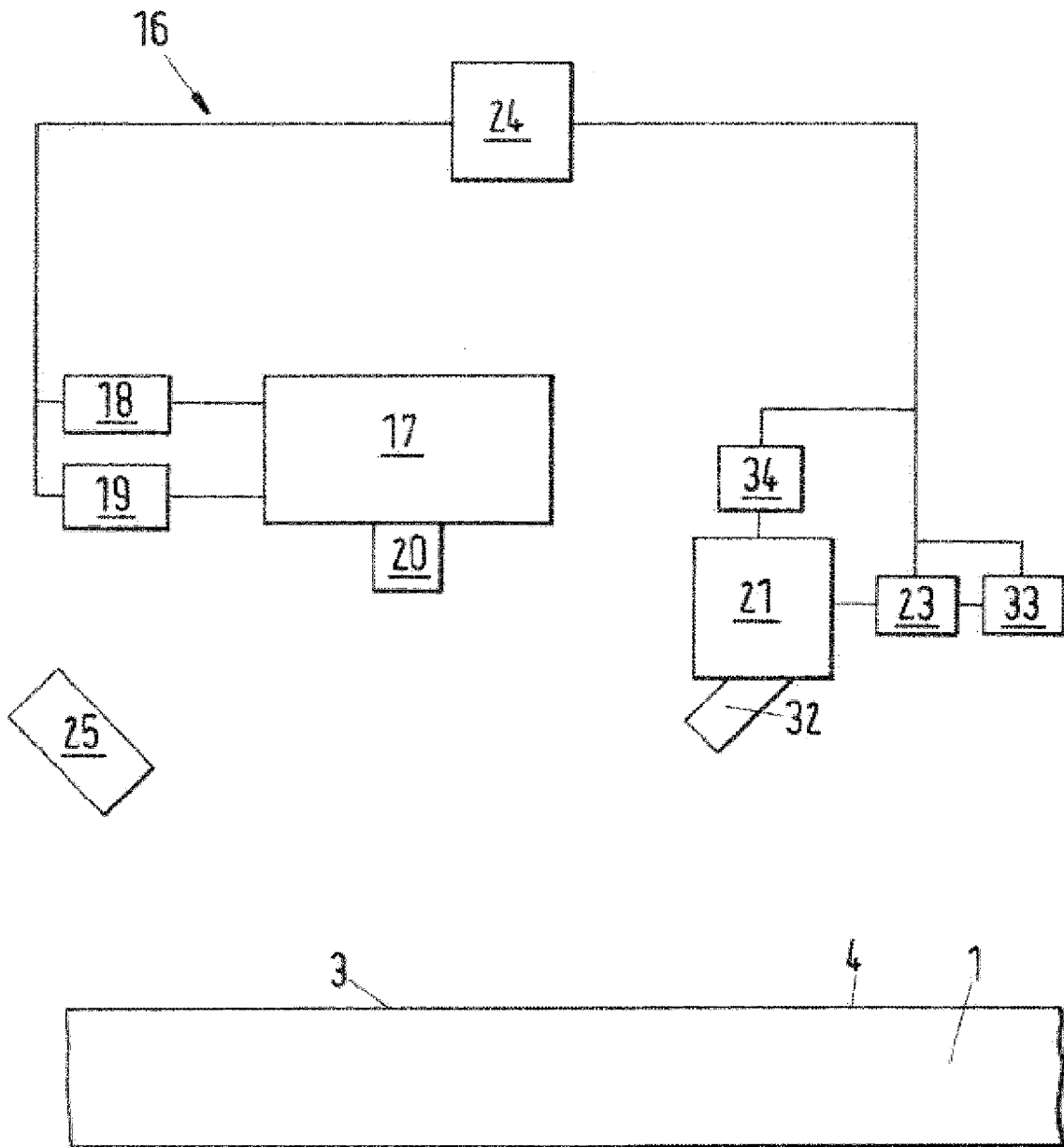


图 1

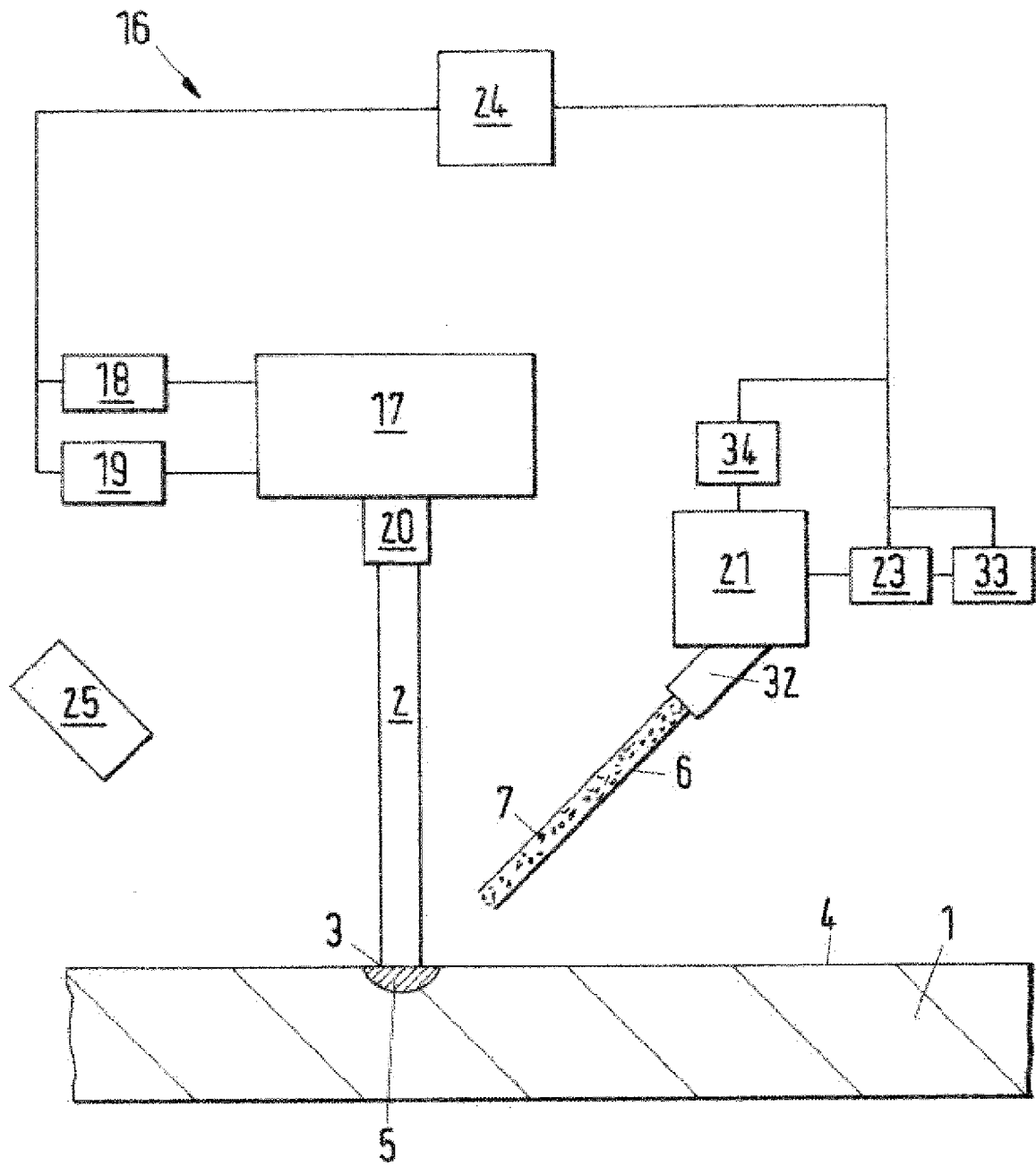


图 2

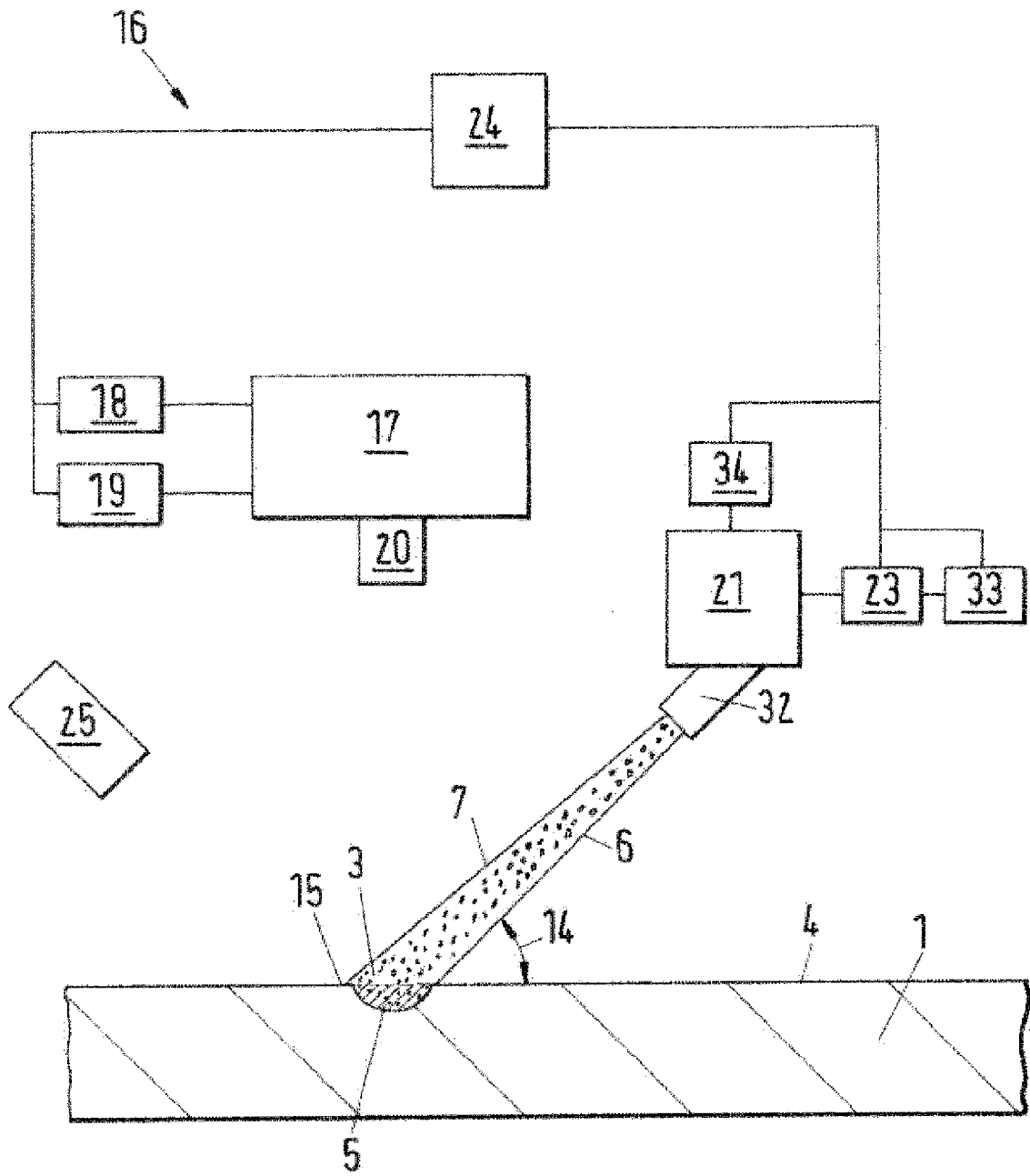


图 3

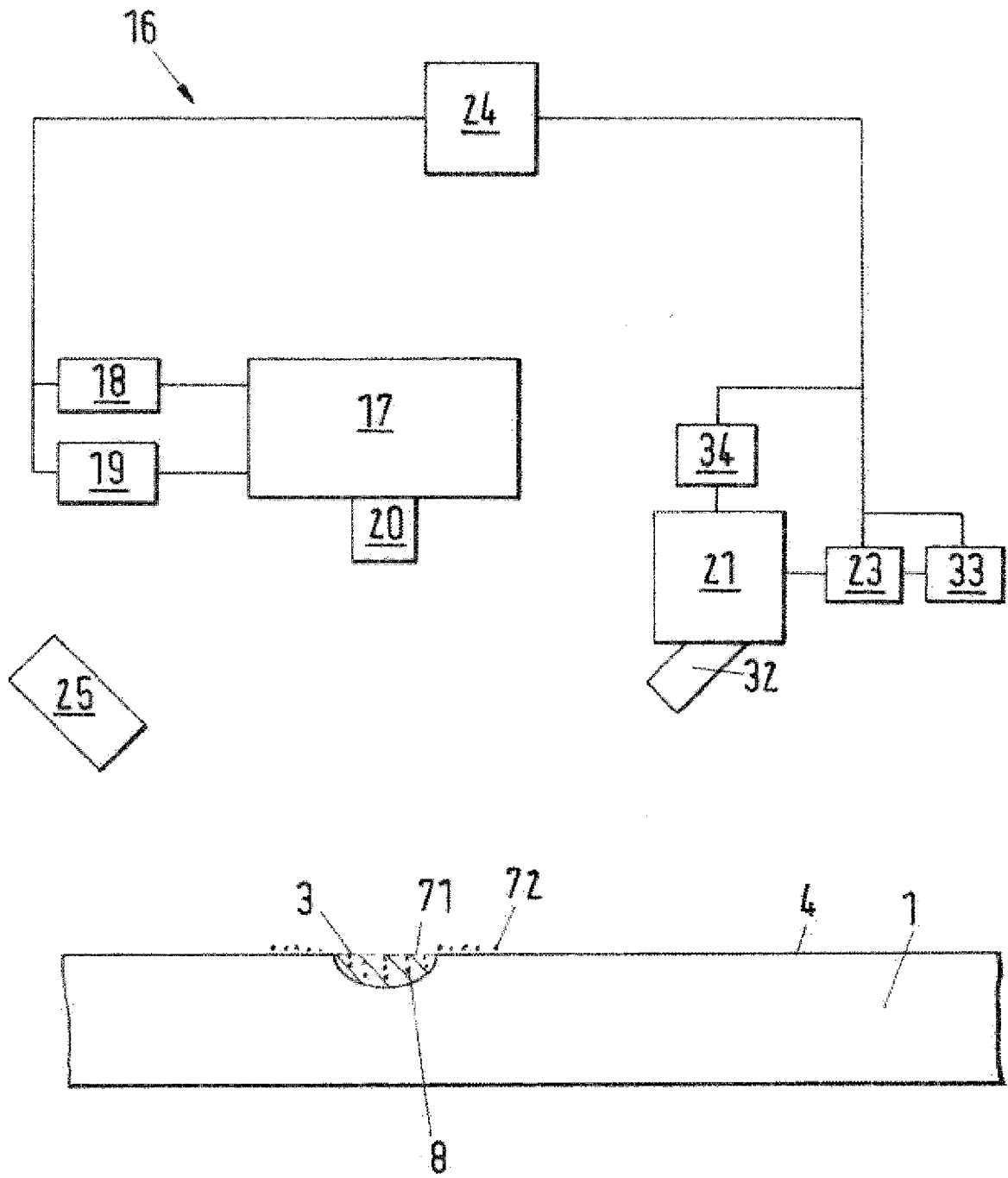


图 4

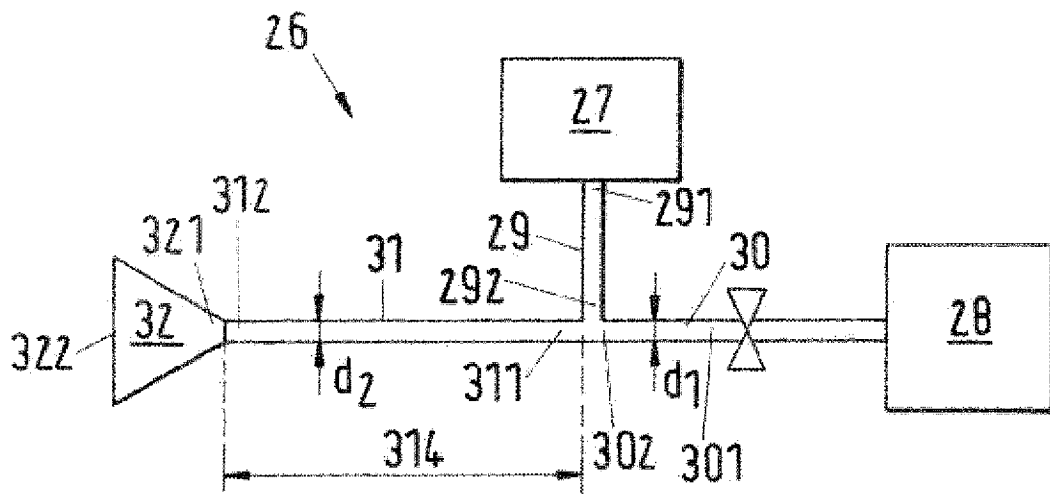


图 5

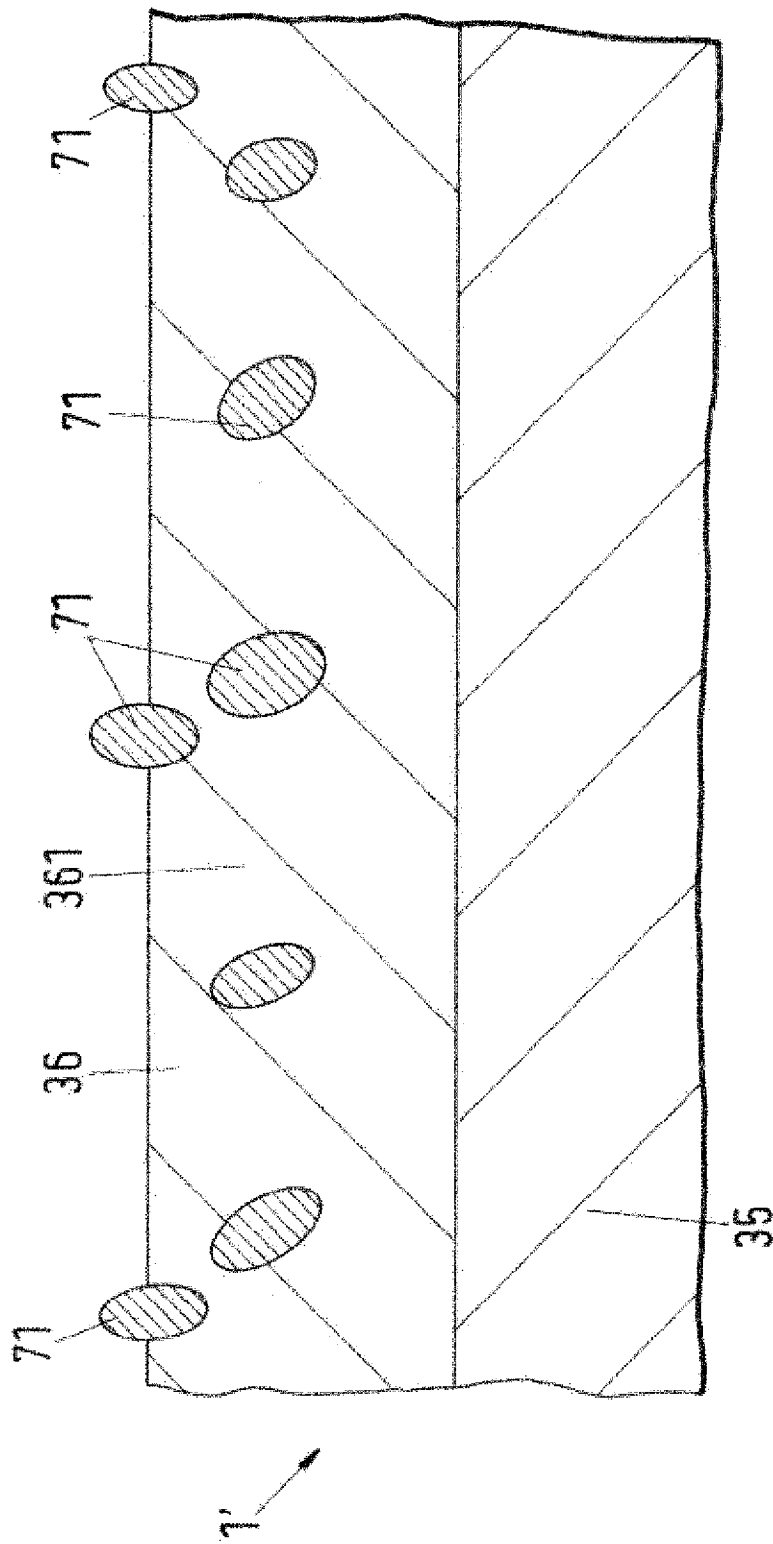


图 6

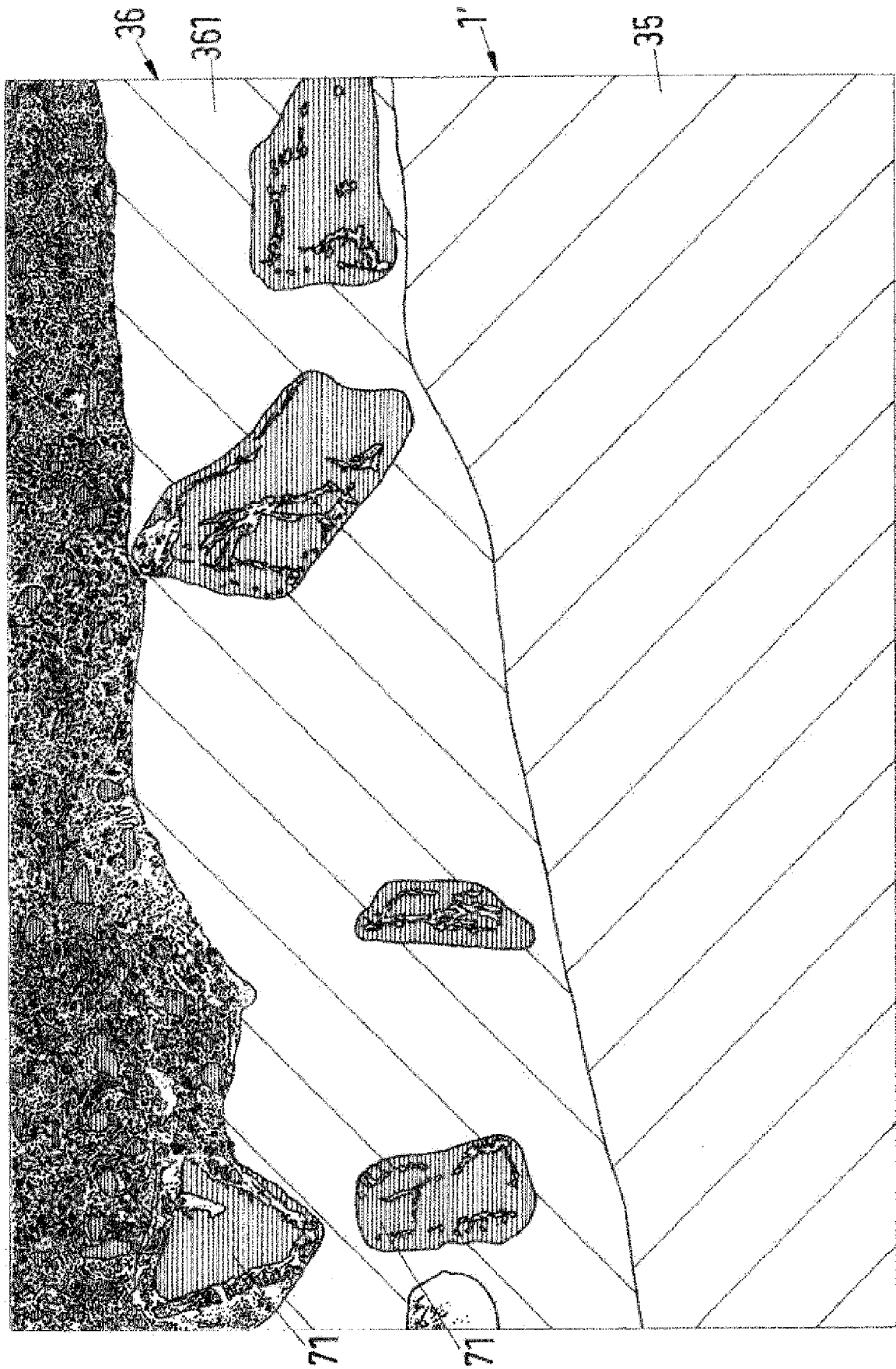


图 7