

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

F01D 5/18 (2006.01)

B23H 3/02 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200310124769.6

[45] 授权公告日 2007 年 7 月 11 日

[11] 授权公告号 CN 1325760C

[22] 申请日 2003.10.15

[21] 申请号 200310124769.6

[30] 优先权

[32] 2002.10.15 [33] US [31] 10/271, 098

[73] 专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

[72] 发明人 韦恩·C·哈兹 内西姆·阿布亚夫
罗伯特·A·詹森 李经邦

[56] 参考文献

US - 4154293A 1979.5.15

EP - 1050663A2 2000.11.8

US - 4101691A 1978.7.18

US - 5213590A 1993.5.25

US - 4023249A 1977.5.17

US - 4689242A 1987.8.25

审查员 韩 宇

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

代理人 贾静环 宋 莉

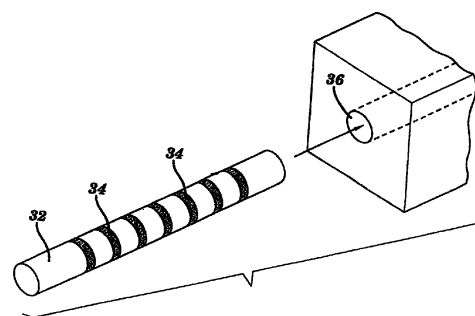
权利要求书 4 页 说明书 12 页 附图 5 页

[54] 发明名称

在工件中孔的内表面上提供紊流结构的方法和
和相关工件

[57] 摘要

本发明中描述了一种在通道孔(36)(例如涡轮冷却孔)的内表面(40)上提供紊流结构的方法。首先将紊流结构(12)施加到能最后插入到通道孔中基体(10)上。基体(10)通常是由牺牲材料形成的棒或管。当紊流结构施加到基体上之后,将基体插入到通道孔(36)中。然后利用传统的加热技术使紊流结构材料熔合在内表面上。之后可利用多种技术从孔(36)中除去牺牲基体(10)。本发明中也描述了相关的工件。



1. 一种在通道孔(36)的内表面(40)上提供紊流结构(38)的方法, 包括以下步骤:

(a) 将紊流结构材料(34)施加到基体(32)上;

(b) 将基体(32)插入到通道孔(36)中, 使基体邻近于通道孔的内表面(40); 和

(c) 使紊流结构材料(34)熔合到通道孔(36)的内表面(40)上。

2. 如权利要求1所述的方法, 其中紊流结构材料(34)包括金属合金。

3. 如权利要求2所述的方法, 其中金属合金包括选自镍、钴、铝、铬、硅、铁和铜中的至少一种元素。

4. 如权利要求2所述的方法, 其中金属合金包括MCrAl(X), M是选自Ni, Co, Fe中的元素及其组合; X是选自Y, Ta, Si, Hf, Ti, Zr, B, C中的元素及其组合。

5. 如权利要求1所述的方法, 其中基体(32)是棒。

6. 如权利要求5所述的方法, 其中接合剂也施加到棒(32)上。

7. 如权利要求6所述的方法, 其中接合剂包括钎焊合金。

8. 如权利要求7所述的方法, 其中钎焊合金包括选自镍、钴、铁、贵金属中的至少一种金属和包括至少一种前述金属的混合物。

9. 如权利要求8所述的方法, 其中钎焊合金包括至少约40wt%的镍, 以及选自硅、铬、硼和铁中的至少一种附加元素。

10. 如权利要求6所述的方法, 其中接合剂是板(14)的形式

11. 如权利要求10所述的方法, 其中板(14)包括生焊料带。

12. 如权利要求10所述的方法, 其中板(14)包括金属箔。

13. 如权利要求6所述的方法, 其中紊流结构材料(12)包括不连续的金属合金颗粒的颗粒相, 其平均粒径在约125微米至约4000微米范围内。

14. 如权利要求6所述的方法, 其中在应用接合剂(14)之前, 紊流结构材料(12)直接施加到棒(10)的表面。

15. 如权利要求14所述的方法, 其中粘结剂材料用来使紊流结构(12)暂时粘着在棒(10)上。

16. 如权利要求14所述的方法, 其中紊流结构材料和粘结剂是直接施加

到棒(10)表面的浆料的形式。

17.如权利要求14所述的方法,其中接合剂(14)以层的形式施加在紊流结构材料(12)上。

18.如权利要求17所述的方法,其中接合剂(14)层包裹在棒(10)上,以便覆盖不连续的金属合金颗粒(12)。

19.如权利要求18所述的方法,其中接合剂(14)包括钎焊合金。

20.如权利要求18所述的方法,其中棒(10)是圆柱形。

21.如权利要求18所述的方法,其中棒(10)包括在紊流结构材料(12/38)熔合到通道孔的内表面上后从通道孔(36)除去的牺牲材料。

22.如权利要求21所述的方法,其中牺牲材料选自金属氧化物、金属盐、金属卤化物、金属硼酸盐、金属硫酸盐、金属铝酸盐、碳基材料和它们的组合。

23.如权利要求21所述的方法,其中牺牲材料通过从下面的组中选择的技术及这些技术的组合从通道孔(36)除去,该组由水洗,化学沥滤,真空萃取,蚀刻,超声处理,燃烧组成。

24.如权利要求5所述的方法,其中棒(32)的表面包含凹槽(30)图案,每个凹槽的尺寸与通道孔(36)内表面(40)上的相应的所要求的紊流结构位置的尺寸相对应。

25.如权利要求24所述的方法,其中在棒(32)插入到通道孔(36)之前,凹槽(30)中填充有包括接合剂和紊流结构材料的组合物。

26.如权利要求25所述的方法,其中组合物还包括粘结剂。

27.如权利要求25所述的方法,其中接合剂是钎焊材料。

28.如权利要求27所述的方法,其中钎焊材料包括选自镍、钴、铁、贵金属中的至少一种金属和包括至少一种前述金属的混合物。

29.如权利要求27所述的方法,其中在棒插入到通道孔(36)之前,在凹槽(30)中填充有组合物(34)之后,至少有一层焊料带包裹在棒(32)周围。

30.如权利要求24所述的方法,其中棒(32)包括在紊流结构材料(38)熔合到通道孔(36)的内表面(40)上后从通道孔(36)除去的牺牲材料。

31.如权利要求5所述的方法,其中在步骤(b)之前,紊流结构材料与接合剂组合形成紊流结构-接合剂组合物的多个环(50);然后环(50)套在棒(52)上,使得环围绕着棒;其中环(50)以预定的图案相互间隔,该预定图案限定

了所要求的通道孔表面的紊流结构图案。

32.如权利要求31所述的方法，其中在步骤(b)之前，在间隔地套有紊流结构-接合剂环(50)的棒(52)上套上包括牺牲材料的牺牲环(54)，以便填充存在于紊流结构-接合剂环之间的空间，从而保持紊流结构-接合剂环(50)之间的所要求的间隔。

33.如权利要求32所述的方法，其中在插入通道孔中后除去棒(52)，而紊流结构-接合剂环和牺牲环保留在通道孔中的位置上。

34.如权利要求33所述的方法，其中在紊流结构材料熔合通道孔的内表面上之后，从通道孔中除去牺牲环(54)。

35.如权利要求34所述的方法，其中通过从下面的组中选择的技术及这些技术的组合除去牺牲环(54)，该组由水洗，化学沥滤，真空萃取，蚀刻，超声处理，燃烧组成。

36.如权利要求31所述的方法，其中接合剂是钎焊组合物。

37.如权利要求5所述的方法，其中棒(80)是包括金属箔的管，其具有第一表面(82)和相对的第二表面(84)。

38.如权利要求37所述的方法，其中金属箔具有足以覆盖其上需要紊流结构的通道孔的内表面的一部分的表面积。

39.如权利要求37所述的方法，其中金属箔包括钎焊材料，并且紊流结构材料设置在金属箔的第一表面上。

40.如权利要求39所述的方法，其中金属箔卷成基本上与通道孔的形状相同的形状(80)并插入到通道孔中，使得第二表面(84)靠近或接触到通道孔的内表面，在熔合步骤之后，在金属箔第一表面(82)上的紊流结构(86)附着到通道孔的表面上。

41.如权利要求40所述的方法，其中在熔合步骤之前，通过紧固技术使金属箔暂时保持在通道孔中的位置处。

42.一种向由超耐热合金材料形成的涡轮机叶片中的至少一个径向冷却孔的内表面上提供紊流结构(12)的方法，包括以下步骤：

(i)向由牺牲材料形成的圆柱棒(10)上施加紊流结构材料(12)，所述紊流结构材料能够被熔合到孔的内表面上；

(ii)将一层(14)钎焊材料包裹在棒周围，覆盖紊流结构材料(12)；

(iii)将棒插入到孔(36)中；

(iv)施加足够的热量以用钎焊材料使紊流结构材料(12)焊接到孔(36)的内表面(40); 然后

(v)利用适于清除牺牲材料的技术除去圆柱棒(10)。

43.一种根据权利要求1-42中任一项的方法制备的工件, 包括:

(I)包含至少一个通道孔(36)的基体, 其中通道孔包括内表面(40);

(II)通过接合剂连接到通道孔的至少一部分内表面(40)上的紊流结构材料(38)。

44.如权利要求43所述的工件, 其中紊流结构材料(38)延伸在通道孔的内表面(40)之外, 形成众多突起。

45.如权利要求44所述的工件, 其中突起(38)设置成所选的图案。

46.如权利要求44所述的工件, 其中接合剂包括钎焊合金。

47.如权利要求44所述的工件, 其中紊流结构材料包括金属合金。

48.如权利要求47所述的工件, 其中金属合金包括选自镍、钴、铝、铬、硅、铁和铜中的至少一种元素。

49.如权利要求44所述的工件, 其中基体包括超耐热合金材料。

50.如权利要求44所述的工件, 其中基体是涡轮机零件。

在工件中孔的内表面上提供紊流结构的方法和相关工件

发明背景

概括地说，本发明涉及在高温零件中提高冷却效率的方法。在某些更具体的实施方案中，本发明旨在向涡轮机零件(turbine engine components)中冷却孔的内表面上提供粗糙部分。

当前有多种技术可用于保持涡轮机零件的温度低于临界值。例如，来自发动机压缩机的冷却空气通常沿着一个或多个零件表面直接通过零件。而且，较长的径向冷却孔通常钻通涡轮机叶片，以用作冷却空气的导管。

径向冷却孔通常是由“异型管电解加工”或“STEM钻孔”工艺形成的。STEM工艺是一种电化学加工技术，该技术尤其适用于钻具有大深径比的小孔。这种工艺的一个重要优点是，它可用于向冷却孔的内表面上提供粗糙部分。该粗糙部分极大地提高了通过该孔的传热。在各种参考文献中都提到了STEM钻孔，例如在US专利5,927,946和5,820,744。

简要地说，STEM系统经常使用一个或多个带负电荷的钛管，酸电解液和带正电荷的基体或工件(article)。电解液被泵送到基体中，并能溶解冷却孔预先选定的通道中的金属。为了在孔中产生粗糙部分，电解液的喷射，随着孔深度的增加，而间歇地停止。这种间歇式行为导致沿着冷却孔的孔深的方向形成突起。这些突起提供了提高传热所需要的粗糙部分和表面区域。

尽管STEM钻孔在许多方面是有用的技术，但它也有一些缺点。例如，该工艺非常慢。因此，当要钻大量的孔时，所需要的大量时间导致高加工成本。所需要的设备也是非常昂贵的。而且，STEM钻孔能产生蚀刻碎屑，如没有适时地清除，这些碎屑能降低孔内的传热效率。而且，STEM钻孔有时在通道孔表面上产生不一致的粗糙图案，这也对传热效率有不好的影响。

因此，在该领域中，向工件的通道孔表面上提供紊流结构的新方法受到欢迎。该方法应能够将紊流结构固定到孔壁的任意选择的区域上。而且，该方法应允许操作者改变所要求的紊流结构的形状、尺寸和图案及其组成。该方法还可以与任何其它在工件中使用的工艺相配合，而不会给其制造增

加额外的成本。

发明内容

本发明的一个实施方案提出一种向至少一个通道孔的内表面上提供紊流结构的方法。通道孔可位于各种不同的工件中。一个重要的例子是涡轮机零件中某些部分的冷却孔的布置方式，例如延伸穿过涡轮机叶片的径向冷却孔。(此处，“孔”包括工件中的各种内部区域或间隙，包括凹槽和空心区域)。涡轮机零件通常是由镍基或钴基超耐热合金材料形成的。

首先将紊流结构施加到最后能插入通道孔中的基体(substrate)上。在多个实施方案中，基体或“芯轴”是由牺牲材料形成的棒或杆，如下所述。(棒可以是实心或空心的，在后者的情况下，有时叫做“管”)。通常包括镍基或钴基金属合金的紊流结构材料能以各种形式施加到基体上。例如，以粉末的形式自由地施加，或作为浆料、金属箔或带(例如生焊料带(green braze tape))的部分。

紊流结构施加到基体上后，基体能插入到通道孔中。将基体插入足够的程度以使紊流结构邻近于孔内表面的所选的区域。然后用下述的多种加热技术将紊流结构材料熔合到内表面上。之后，可用多种技术从孔中除去牺牲基体。

其它将紊流结构施加到基体上的方法也是构成本发明的一部分。例如，可向基体的表面提供凹槽，凹槽的尺寸与通道孔所需的紊流结构相对应。凹槽中填充有接合剂(bonding agent)-紊流结构组合物，然后将基体插入通道孔中。在熔合步骤和消除基体之后，紊流结构通过接合剂保持附着在孔表面上。

此外，较细的基体(通常是棒或杆)可用作多个环的支撑体。这些环围绕着棒，其中每个环由接合剂-紊流结构组合形成。由牺牲材料所形成的环沿着基体的长度方向与接合剂-紊流结构环交替排列。将基体-环组件插入通道孔后，可抽出基体，同时含有紊流结构的环可熔合到孔壁上。如下所述，可从通道孔中除去牺牲环。

此外，基体本身就是由接合剂材料形成的金属箔。紊流结构能施加到箔片上，箔片可切割成足够的尺寸以装配到通道孔中。然后可将箔片卷成管，紊流结构设置在该管的内表面上。之后将管插入通道孔中，并熔合在

其上,从而使紊流结构接合在孔壁上。

另一个实施方案旨在一种工件,包括:

- (I)包含至少一个通道孔的基体,其中通道孔包括内表面;
- (II)通过接合剂连接到通道孔内表面上的紊流结构材料。本文中所述的工件通常是含有多个包含紊流结构的径向冷却孔的涡轮机零件。

说明书的余下部分将对本发明的各种特点作更详细的介绍。

附图说明

图1是已经施加紊流结构的圆筒形金属芯轴的示意图。

图2是施加接合剂后,图1的圆筒形芯轴的横截面图(端视图)。

图3是有凹槽的圆筒芯轴的侧视图。

图4是图3中芯轴的右视图。

图5是凹槽中填充有金属粘结剂(binder)材料后图3的芯轴的示意图。

图6是插入通道孔中的图5的芯轴的示意图。

图7示意了除去芯轴后的图6的通道孔。

图8是定位在芯轴上的一组紊流结构形成环的示意图。

图9是图8的右视图。

图10是圆筒形芯轴的侧视图。

图11是图10的右视图。

图12是定位在芯轴上的一组牺牲环(Sacrificial rings)的示意图。

图13是图12的右视图。

图14是芯轴上已经组装有若干组环的图10的芯轴的示意图。

图15是图14的右视图。

图16示意了图14中的环组件,在除去芯轴后,环组件将出现在通道孔中。

图17是图16的右视图。

图18示意了本发明的另一个实施方案,其中紊流结构(turbulation)已经施加到由金属箔形成的圆筒形空心芯轴的内表面上。

图19是已经施加紊流结构的超耐热合金管(superalloy tube)的断面照片。

图20包含紊流结构的钎焊板(brazing sheet)的部分截面。

具体实施方式

本发明书中所描述的通道孔能形成在任何金属材料或合金中。通常(但不总是),金属材料是为诸如超过1000°C的高温环境所设计的耐热合金。正如本文中所定义的,“基于金属”指主要由金属或金属合金形成,但也可以包含一些非金属材料的材料。

一些耐热合金是“超耐热合金”,包括钴基、镍基和铁基合金。在一个实施方案中,超耐热合金是由一种其中镍或钴为单一重量比最大的元素所组成的材料。例举性的镍基合金包括至少40wt%的Ni和选自钴、铬、铝、钨、钼、钛和铁中的至少一个组分。例举性的钴基合金包括至少30wt%的Co和选自镍、铬、铝、钨、钼、钛和铁中的至少一种。尽管含有通道孔工件的种类有多种多样,但通常是涡轮机部件的形式,如燃烧室内衬、燃烧室圆顶盖、叶片或轮叶、喷嘴或翼。

紊流结构可由任何材料形成。所述材料刚一熔合在通道孔表面,就形成延伸在表面之外的若干突起。该若干突起表现为粗糙表面。通常,紊流结构材料包括粘结在通道孔表面上的不连续微粒的颗粒相。不连续微粒的颗粒相可以由下面要详细描述粗粉形成。在1999年5月3日提交的未审查U.S.专利申请S.N. 09/304,276 (代理号RD-25910)(W. Hasz等)中,也概括地描述了紊流结构材料,本文中引用该申请作为参考。

紊流结构材料通常由类似于与含有通道孔的工件的材料而形成。通常,紊流结构粉末包括选自镍、钴、铝、铬、硅、铁和铜中的至少一种。该粉末可由用于热障涂层(TBC)系统的超耐热合金粘结涂敷组合物形成。例如,可以是分子式为 $M\text{CrAl}(X)$ 的超耐热合金组合物,其中M是选自Ni, Co, Fe中的一种元素及其组合物;X是选自Y, Ta, Si, Hf, Ti, Zr, B, C组成的组中的一种元素及其组合物。该 $M\text{CrAl}(X)$ 材料的成分范围通常为约17.0-23.0%的铬,约4.5-12.5%的铝和约0.1-1.2%钇,及余量的M。在一些实施方案中,紊流结构粉末微粒的平均粒径在约125微米至4000微米的范围内。在一些优选实施方案中,平均尺寸在180微米至600微米范围内。

在本发明中,紊流结构施加到预形成的通道孔上。在大多数情况下,这些通道孔最初含有光滑的表面(然而,该工艺能将紊流结构涂敷到已具有粗糙表面或部分粗糙表面的孔上)。通道孔形成的技术在本领域中众所周知。例如,可以通过铸造将孔设置在多种工件中。而且,STEM技术能用来制备

光滑腔孔,即以“连续”模式实施该工艺。对于某些类型的工件,可以通过其它类型的钻孔技术形成孔,例如激光钻孔,放电加工(ECM)和枪管钻孔技术。所述孔的长度通常为约1英寸(2.5cm)至约25英寸(63.5cm)。而且,它们的长径比在约20:1至100:1的范围内。

如上所述,首先将紊流结构材料施加到基体上,例如芯轴或其它类型的可除去支撑体上。为此可使用多种不同类型的基体。基体的尺寸和形状可以有多种多样,只要它能插入通道孔中。它还必须能将紊流结构保持在其表面上,然后在随后的热处理步骤中将紊流结构“释放”或传输到通道孔的表面上。

在一实施方案中,如图1所示,基体是棒10。该棒具有足够的长度以包括所要求的通道孔长度的紊流结构12。该棒的形状由孔的形状所决定。通常基本上为圆筒形,如图中所示。

在一些优选实施方案中,棒由牺牲材料形成。换句话说,在紊流结构融合到孔表面上之后,能从通道孔除去这种材料。可以使用多种牺牲材料。在2002年5月7日提交的未审查U.S.专利申请S.N.10/139,659(代理号RD-26,739, W. Hasz等)中描述了这些材料,本文中引用该申请作为参考。本领域的技术人员能为所选工件和(如下文所述的)接合剂的种类确定最合适的材料。牺牲材料应当能被不费力地从孔中除去。清除条件(例如热条件)应当对孔或其周围区域没有不利影响。

非限定性的牺牲材料的例子包括金属氧化物、金属盐、金属卤化物、金属硼酸盐、金属硫酸盐、金属铝酸盐和它们的组合物。一些具体的例子是氯化钠、硼酸钾、氯化镍、硫酸镁、氟化镍、铝酸钠和铝酸钠与铝硅酸钠的混合物。当以浆料的形式进行使用时,这些化合物大多与粘结剂和/或溶剂混合。非限定性的粘结剂的例子是水基凝胶,例如Vitta Gel™和聚乙烯氧化物。溶剂性粘结剂体系的例子是基于聚乙烯醇缩丁醛的那些溶剂。具体的溶剂的选择取决于所使用的粘结剂的类型。典型的例子包括水、乙醇、丙酮、氢氧化钠溶液和氢氧化钾溶液。本领域的技术人员熟悉将这些材料形成为各种基体形状的技术,例如圆筒棒的技术。

在一些优选实施方案中,碳基材料可用来形成基体。其例子包括石墨以及包含石墨的混合物。石墨基基体能容易地模铸成所要求的形状。而且,当需要时,容易从通道孔中除去石墨,如通过燃烧技术。

有多种方法可以将紊流结构施加到棒10。前面引用的专利申请中概括地讨论了其中一些方法。一种情况是，紊流结构颗粒可自由地施加到或“喷洒”到棒上。通常，首先将棒涂敷上(例如通过喷雾或浸蘸)任何类型的粘结剂，以便为紊流结构颗粒提供临时粘结。粘结剂是基于象水或有机溶剂一样的液体介质。传统的粘结剂可包括有机材料，例如聚乙烯氧化物和各种丙烯酸衍生物。(也可使用溶剂性粘结剂)。

当紊流结构材料施加到棒上后，接合剂可施加到材料表面。在多个优选实施方案中，接合剂是钎焊材料。在本领域中，这种材料是众所周知的，经常包括选自镍、钴、铁、贵金属中的至少一种金属和包括至少一种前述金属的混合物。在“Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology”第3版，第21卷第342页及之后中描述了一些焊料组合物。钎焊合金组合物优选地与具有孔的工件的组成相似。例如，如果工件由镍基超耐热合金形成，钎焊合金可由类似的镍基超耐热合金组合物(通常包含至少约40wt%镍)形成。钎焊合金组合物也可包含硅和/或硼，它们用作熔点抑制剂。

下面提供了示范性的镍基钎焊合金组合物。组分用重量百分比表示：

- 1)4.5Si, 14.5Cr, 3.3B, 4.5Fe, 余量Ni;
- 2)15Cr, 3.5B, 余量Ni;
- 3)4.5Si, 3B, 余量Ni;
- 4)4.2Si, 7Cr, 3B, 3Fe, 余量Ni;
- 5)10Si, 19Cr, 余量Ni;
- 6)3.5Si, 22Co, 2.8B, 余量Ni;
- 7)3.5Si, 1.8B, 余量Ni;
- 8)4.5Si, 14Cr, 3B, 4.5Fe, 余量Ni;
- 9)17Cr, 9Si, 0.1B, 余量Ni;
- 10)2.6Si, 2Cr, 2B, 1Fe, 余量Ni;
- 11)15Cr, 8Si, 余量Ni;
- 12)10.1Si, 19.0Cr, 余量Ni;
- 13)4.5Fe, 4.5Si, 14.0Cr, 3.1B, 0.75C, 余量Ni;
- 14)4.5Fe, 4.5Si, 14.0Cr, 3.1B, 余量Ni;
- 15)4.5Si, 3.1B, 余量Ni;
- 16)11.0P, 余量Ni;

17)10.1P, 14.0Cr, 余量Ni;

18)19Cr, 7.3Si, 1.5B, 余量Ni;

本发明的一些优选的, 镍基钎焊合金组合物包括硅、铬、硼和铁中的至少一种, 及余量的镍。硅的含量有时优选地比硼的含量多。有时也使用硅和硼的混合物。作为一个具体而非限定性的例子, 这些组合物包括约5wt%至15wt%的硅或硼, 约15wt%至25wt%的铬, 及余量的镍。

示范性的钴基钎焊合金组合物包括:

1)8Si, 19Cr, 17Ni, 4W, 0.8B, 余量Co;

2)17.0Ni, 1.0Fe, 8.0Si, 19.0Cr, 0.8B, 0.4C, 余量Co。

也可使用其它类型的钎焊合金。非限定性的例子包括含有银、金和/或铂的贵金属组合物与其它例如铜、镁、镍、铬、硅和硼的金属的组合。这些混合物也可以包括至少一种钎焊合金元素。多种金属钎焊组合物可从Praxair表面技术公司购得。

由钎焊材料所示例的接合剂能以粘结板或层的形式施加到紊流结构表面。例如, 粘结板可以是包裹或卷绕在棒上的生焊料带。生焊料带可从市场上购得。例子包括由Sulzer Metco生产的Amdry line钎焊带。示范性的牌号是Amdry®100。如引用的专利申请S.N.09/304, 276中所描述的一样, 也能通过传统技术制备该带。(另一方面, 粘结板可以为金属箔的形式)。

图2表示图1的圆筒棒(基体)涂敷完接合剂后的横截面图(端视)。棒10包括一层紊流结构12, 而紊流结构12又由钎焊层14覆盖。此时棒能被手动地或机械地插入到通道孔中。(例如, 可用机器人系统来将多个棒各自插入到不同的通道孔中)。将棒插入必要的程度以使紊流结构12邻近于所选择的通道孔的内表面区域。

将棒定位于通道孔中所要求的位置之后, 进行热处理。热处理使紊流结构材料熔融在孔的内表面上。可以改变所使用的特定的热处理, 这部分取决于当前的接合剂类型。(热处理通常是向接合剂、紊流结构材料和通道孔的底层金属提供热能, 以便充分熔化)。在使用钎焊型接合剂的情况下, 可以使用如S.N.09/304,276中所述的传统的钎焊操作。(此处使用的“钎焊”通常意味着包括涉及使用填料金属或合金的连接金属的任何方法)。

钎焊温度部分取决于所使用的钎焊合金的类型, 一般在约525℃至1650℃范围内。在使用镍基钎焊合金的情况下, 钎焊温度通常在约800℃至

1260°C范围内。如有可能,通常在真空炉中进行钎焊。真空度部分地取决于钎焊合金的组分。通常,真空范围为约 10^{-1} 至 10^{-8} 托,通过排空真空室中的空气以达到所要求的程度。本领域的技术人员熟知适于将紊流结构材料熔合在通道孔中的其它加热技术。

加热步骤使接合剂(例如钎焊材料)熔合到通道孔的内表面中。当接合剂冷却时,其形成和孔壁的冶金连接。紊流结构材料机械地保留在粘结层中,例如固化的钎焊基体材料中。从而紊流结构突出到通道中,以实现其功能,例如用于提高传热。

当接合剂熔合到通道孔的表面后,可从孔中除去基体(例如芯轴)。在一些情况下,能简单地完整地从孔中抽出基体。然而,在优选实施方案中,通过分解基体(即牺牲基体)的某种技术除去基体。具体的技术部分取决于基体的组分。该技术应不会对通道孔或包含孔的工件有不良作用。(例如,强酸能除去多种类型的基体,但也能破坏周围的金属组分)。

水洗可用作水溶性基体材料的清除技术。化学沥滤(chemical leach)或真空萃取可用于其它类型的材料。也可以使用例如水、乙醇、丙酮或碱金属氢氧化物的溶剂进行蚀刻。另一种在某些时候合适的技术是超声清除。

如果基体材料是有机的(例如,石墨)或部分是有机的,可使用燃烧方法。例如,工件本身能被加热到足够的高温以挥发或烧掉基体材料。然后剩余的碎屑通过单独吹气或与上述其它技术之一结合除去。

在本发明的另一个实施中,紊流结构材料首先以一种包含接合剂的浆料的形式施加到基体(例如芯轴)上。例如,可通过简单的混合技术制备包含液体介质,钎焊合金粉末,紊流结构粉末的浆料组合物。(浆料可任选地含有粘结剂,并且液体介质可用作粘结剂的溶剂。)如前所述,液体介质可以是水或有机组分或它们的组合物。

可通过各种技术沉积浆料。例如,浆料可以被喷洒、喷涂或直接带铸到基体上。然后干燥浆料,从而蒸发掉所有的挥发材料。另一方面,能够进行传统的加热步骤以加速除去挥发物质。然后,如前所述,可将含有紊流结构和接合剂的基体插入到通道孔中。

作为另一种替换,凹槽的图案能形成在基体的表面内,如图3和4所示。基体32(如圆筒棒)中的每个凹槽30的尺寸与通道孔内表面上的相应的所要求的紊流结构位置的尺寸相对应。制模和形成凹槽的方法在领域中是众所

周知的。例如，为此可使用通常由计算机控制的加工技术。

然后，往凹槽30中填充含有接合剂和紊流结构材料的组合物34，如图5所示。这些组分中的每一个都在前面已做描述。通常含有粘结剂。(然而，熟悉粉末冶金技术的人员知道其它使紊流结构颗粒和接合剂颗粒可靠地相互粘结的技术)。接合剂通常是钎焊材料，可以加入附加的溶剂以调整粘度。该组合物通常具有类似浆糊的粘度。它可以通过任何合适的技术，例如涂抹或注射沉积在凹槽中。作为一种任选的，附加的步骤，可以将一层接合剂包裹或卷绕在棒上，覆盖填充有组合物34的凹槽。如前所述，用于包裹棒的接合层通常是生焊料带。

然后，将基体插入到通道孔36中，如图6所示。当基体定位在所要求的位置后，进行热处理，以用接合剂使紊流结构熔合到孔壁上。多数情况下，接合剂是钎焊料，钎焊技术如前所述。

在熔合步骤之后，可通过上述的一种技术除去基体32。如果基体材料是可燃的，则包括燃烧的清除技术有时是优选的。例如，在用于熔合的真空钎焊步骤之后可以是空气加温步骤，以便氧化并因而去除石墨型基体材料。(要注意控制温度，以避免损坏周围通道孔壁。)在除去基体后，剩余紊流结构38保留熔合到孔36的内壁40上，如图7中横截面图所示。(为了简化，定义紊流结构边缘的图线在该横截面中已被省略了。)

在本发明的另一实施方案中，紊流结构材料能与接合剂一起组合形成材料环或“圈”。(通常也包括粘结剂)。图8和9中的紊流结构-接合剂环50的具体形状取决于所要求的紊流结构的形状。例如，可使用各种矩形而非圆形。也可使用各种不规则形状，这取决于例如冷却剂流动模式。(而且，紊流结构/接合剂材料的各个环可具有不同的形状。)可通过任何合适技术形成环，例如通过模铸。

然后将环50套在可去除的基体52(例如图10和11中所示的圆筒形支承棒)上，并按照所要求的紊流结构的位置进行定位。在使用各种技术熔合到通道孔壁上之前，这些环暂时位于基体的适当位置上。例如，环材料暴露于溶剂中，该溶剂部分溶解并塑化接合剂材料中的粘结剂。这种暴露的方法使环结构变形并粘附在基体表面。

该实施方案的优点是，与前面的实施方案相比，能显著减小基体52的厚度或直径。因此，由于能预先除去基体，在紊流结构熔合到孔壁之后必

须除去的基体的体积也减小了。在某些情况下，这体现了重要的加工属性。

在某些情况下，由牺牲材料形成的环或圈也能套在基体的外面。例如，如图12和13所示的牺牲环54，可沿着棒52长度方向插入，并间歇性地插入紊流结构-接合剂环50。如图14所示，牺牲环在单个的紊流结构-接合剂环之间提供了所需要的隔离。牺牲环54通常由一种与基体相似的材料形成，例如氧化物或石墨。因此，当紊流结构已熔合到孔壁上之后，能容易地除去牺牲环(沿着基体)。牺牲环的尺寸很大程度上取决于邻近紊流结构-接合剂环50所需要的位置。(如在前述一实施方案中，接合剂分离层，如生焊料带可任择地包裹或卷绕在棒上覆盖环50和54)。

图14和15描述了包含紊流结构-接合剂环50和牺牲环54的芯轴/基体60。(在本图中这些环交替排列，但也可以排列成任意的图案)。如前所述，组装时，芯轴可被插入到通道孔中。插入后，能抽出基体即内支承棒52，将环50和54留在孔中的合适位置处。图16和17描述了除去支承棒52后的环组件本身。在施加熔化热能之前，可用各种技术将这些环暂时保持在孔中的适当位置上。例如，将部分溶解和塑化环中任何粘结剂的溶剂喷洒在孔中，以使环粘着到孔壁上。

除去内支承棒52显著地减小了要燃烧的材料量，否则要在熔合步骤之后除去。然后用传统的加热步骤(例如钎焊)，使紊流结构熔合到通道孔壁上。然后通过前述一种或多种技术除去牺牲材料，所述技术如蚀刻、化学沥滤或燃烧。(还要注意，在紊流结构材料熔合期间，内支承棒52可保留在通道孔中，然后清除，如通过用清除牺牲环的技术清除)。

在本发明的另一个实施方案中，基体可以是由例如钎焊料的接合剂材料所形成的金属箔。该金属箔的表面积足以覆盖通道孔的一部分内表面，所需要的紊流结构就在这部分表面上。多种技术都能用来制作这样的箔片。前面引用的两篇专利申请S.N.09/304,276和S.N.10/139,659中均有讲授。例如，该金属具有足够的表面以覆盖紊流结构所在的通道孔的内表面的一部分。在带铸后，除去支承板，然后剩余的生料板烧结成“预成形”箔片，例如通过真空热处理。

作为制备金属箔的另一个例子，金属粉末材料首先沉积到支承板上，成为一薄层金属。通常，各种热喷洒技术用于沉积，例如真空等离子沉积，HVOF(高速氧气燃料)，或者空气等离子(AP)喷洒。然后除去支承板，留下

所需要的金属箔。作为另一种选择，如专利申请S.N.09/304,276中所述，非晶金属带技术能用来制备箔片。

然后，粉末形式的紊流结构材料被施加到箔片的第一表面上。(箔片的表面有时预先涂敷有粘合剂，因此紊流结构保持在适当的位置)。而且，如所引用的专利申请中讨论的，紊流结构能在箔片表面上形成图案。将箔片切成足够的尺寸以覆盖通道孔内表面的所需要的部分。

然后将箔片卷起形成基体，例如圆筒管。图18描述了这样的管或杆80，所述管或杆82包括第一表面(其内表面)和第二表面(其外表面)。如管80的切除部分所示，紊流结构86设置在内表面82上。所卷起形成的管的直径足够小以装配在所选择的通道孔的里面。

然后将箔管80插入到通道孔中。一旦箔管位于孔中，金属箔的类弹簧性质使管膨胀并使其接触到孔的内表面。箔管的内表面82的紊流结构86突出到孔道中，同时箔管的外表面最接近孔壁。在熔合步骤前，可用各种技术使金属箔暂时位于适当的位置。示范性的技术包括点焊、平头焊、使用粘结剂和其它类似的技术。然后如前所述，将金属箔和周围区域加热到足够的温度以使紊流结构熔合到孔壁上。

图19是超耐热合金管100的断面照片。利用钎焊剂，紊流结构102已经施加到管100的内表面104和外表面106上。(本发明特别涉及施加到管的内表面上的紊流结构)。紊流结构的完整性，例如，将其粘结到管表面上，与通过现有技术形成或施加的紊流结构的完整性相同。

本发明的另一个实施方案旨在一种包括至少含有一个通道孔的基体的工件。如前所述，该工件可由多种不同类型的零件形成。其通常是涡轮机部件，例如涡轮叶片，并包含多个径向冷却孔(例如，约5-50个孔)。该工件还包括粘结到通道孔的内表面的至少一部分上的紊流结构材料，例如金属合金。紊流结构延伸在孔的内表面之外，即进入孔的通道，并且通常形成众多突起。这些突起可设置成预选择的图案，并可根据需要调整其尺寸和形状。如上面所讨论的，当通道孔用作冷却孔时，这些突起常常用来提高传热。图20提供了包含紊流结构122的钎焊片120的局部截面示意图。如前所述，紊流结构材料机械地保留在固化的钎焊基体材料中。

下面的例子仅仅是说明性，不对所要求保护的发明的范围构成任何限制。除非另外的说明，所有的份数都是重量百分比。

实施例

将紊流结构施加到多个不锈钢管的内表面上。在每种情况下均使用可购得的带铸生焊料带：Amdry®100(组成：10wt%硅；19wt%铬；余量镍)。该带的厚度为约75-125微米，并涂敷一层非常薄的有机粘结剂。使用粗的NiCrAlY粘结涂敷粉末作为紊流结构材料，其近似组成如下：68wt%Ni，22wt%Cr，9wt%Al，1wt%Y。粉末的平均粒径(直径)为50-80目，即180-300微米，粉末手工施加到钎焊带表面。对于一些试样，紊流结构粉末在带表面上形成图案。

将每一个带插入一个管子(0.25in/0.64cm内直径)中。然后将管子置于真空炉中在约2150°F(1177°C(10^{-5} 托))下保持约30分钟，使带焊接在管中。钎焊用来坚固地将紊流结构熔合到管子的内表面上。

紊流结构向管子的内表面上提供粗糙的结构，其Ra值为约2.7密耳(68.6微米)，Rz值为约13.5密耳(343微米)。该粗糙的外形用来提高通过管的传热。

已经描述了本发明的优选实施方案，对本领域的技术人员来说，在不背离本发明实质的情况下，得出替换实施方案是显而易见的。因此，应当理解本发明的范围仅由权利要求限定。

这里引入上述的全部专利、论文和教科书作为参考。

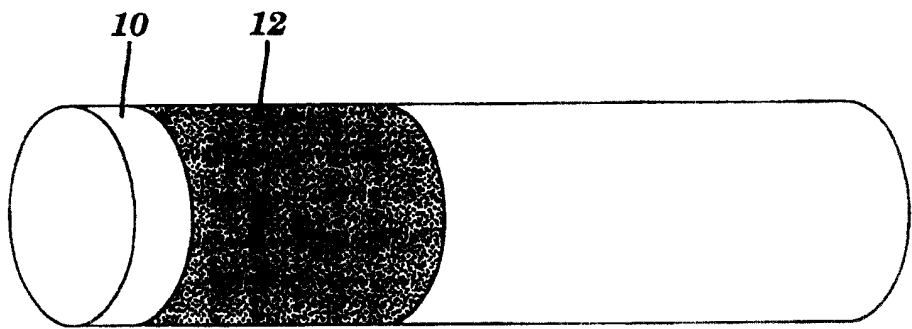


图 1

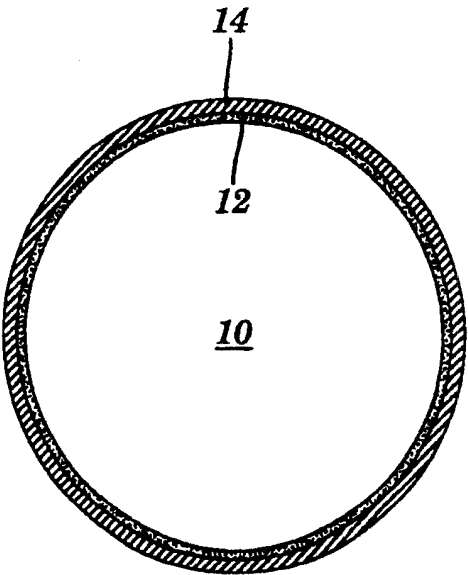


图 2

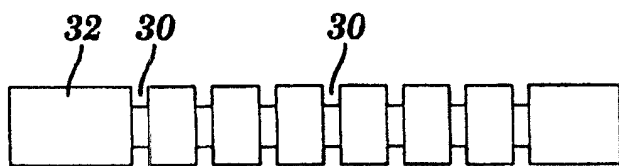


图 3



图 4

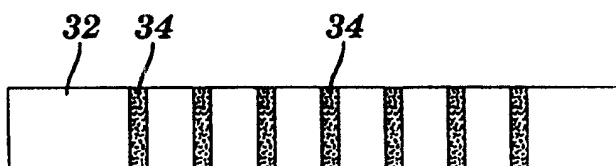


图 5

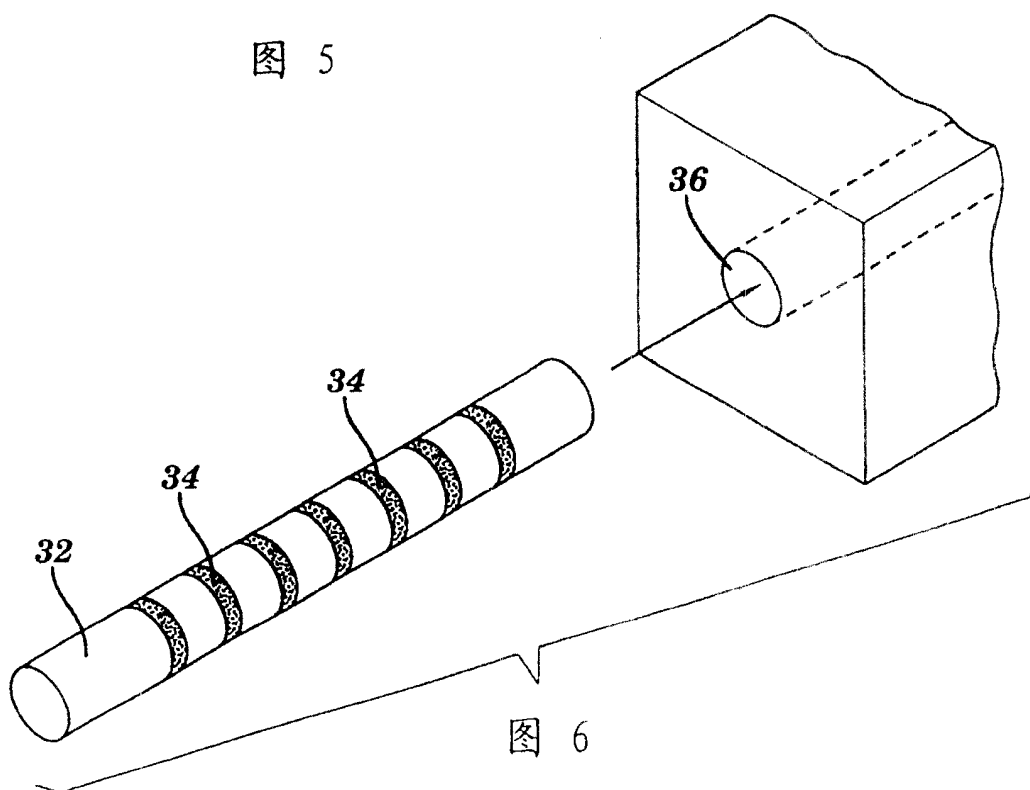


图 6

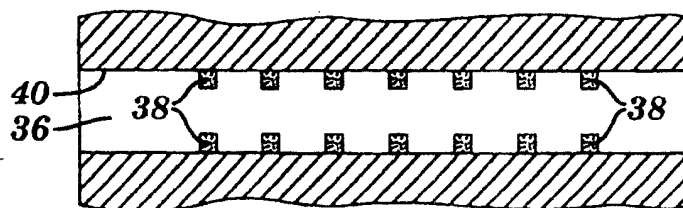


图 7

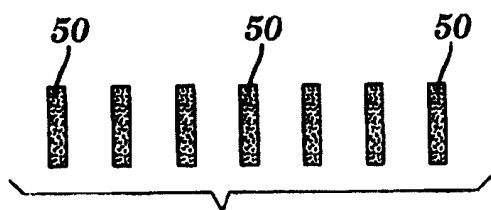


图 8



图 9



图 10



图 11

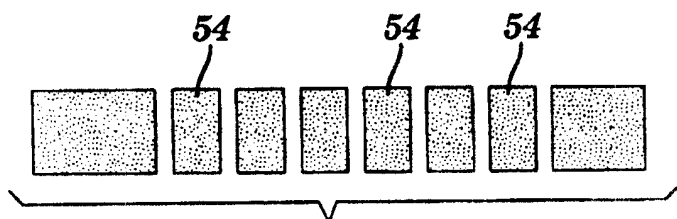


图 12



图 13

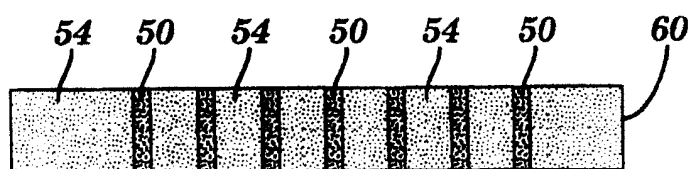


图 14



图 15

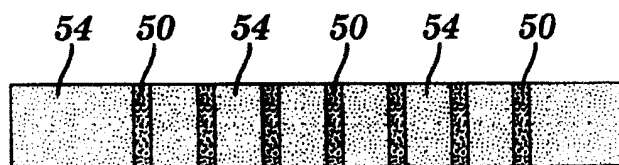


图 16



图 17

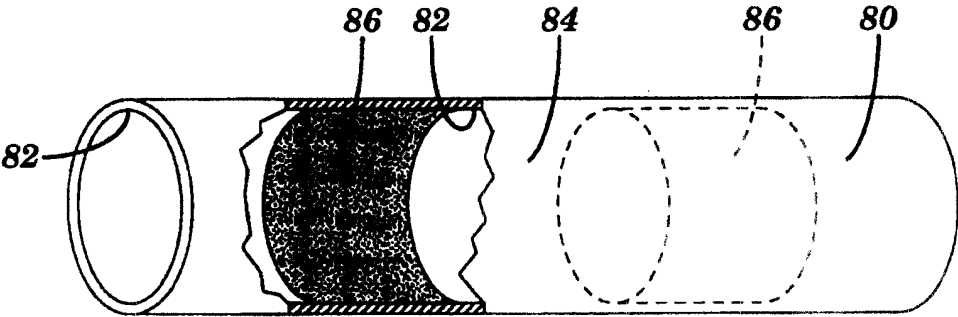


图 18

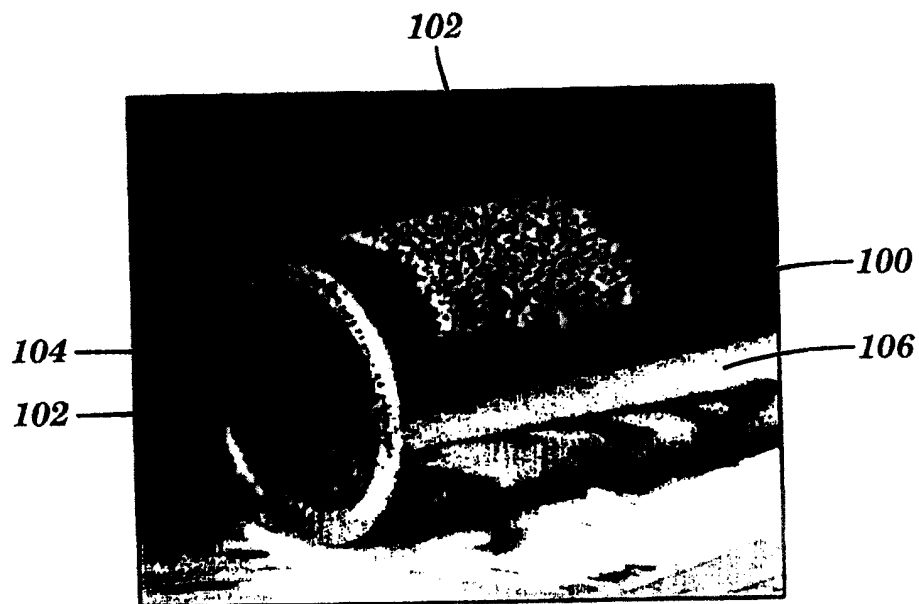


图 19

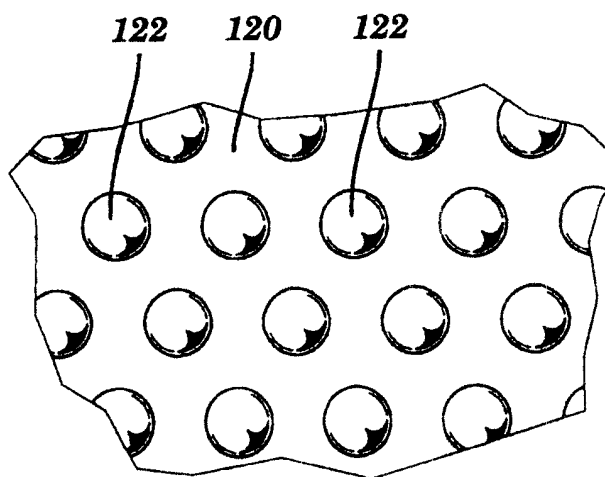


图 20