



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110891717 A

(43)申请公布日 2020.03.17

(21)申请号 201880046160.6

布莱恩·莱斯利·亨德森

(22)申请日 2018.08.02

(74)专利代理机构 北京同立钧成知识产权代理有限公司 11205

(30)优先权数据

代理人 马爽 岚建明

15/670,520 2017.08.07 US

(51)Int.Cl.

B22F 7/06(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

C22C 19/05(2006.01)

2020.01.10

B23K 35/02(2006.01)

(86)PCT国际申请的申请数据

F01D 5/00(2006.01)

PCT/US2018/044953 2018.08.02

B23P 6/04(2006.01)

(87)PCT国际申请的公布数据

W02019/032364 EN 2019.02.14

(71)申请人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72)发明人 崔燕

斯里坎特·钱德拉杜·科蒂林加姆

布赖恩·李·托利森

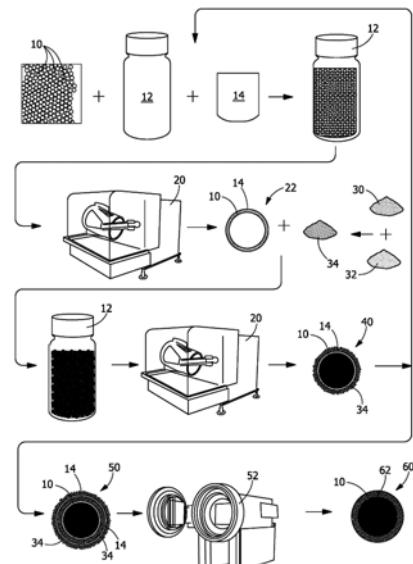
权利要求书2页 说明书7页 附图2页

(54)发明名称

混合预烧结的预成型件、生坯预成型件以及方法

(57)摘要

本公开提供了一种方法，该方法包括将芯合金的至少一个芯与钎焊粘结剂一起搅拌以形成包括涂覆有钎焊粘结剂的第一层的至少一个芯的至少一个涂覆的芯。该方法还包括将至少一个涂覆的芯与包括第一合金的第一金属粉末和第二合金的第二金属粉末的粉末组合物一起搅拌以形成具有第一合金和第二合金的第一粉末组合物层的生坯预成型件。该方法还包括烧结生坯预成型件以形成至少一个混合预烧结的预成型件。生坯预成型件包括芯；钎焊粘结剂的第一层，该第一层涂覆在芯上；以及粉末组合物，该粉末组合物涂覆在第一层上。混合预烧结的预成型件包括芯；以及第一层，该第一层被烧结到芯。



1.一种方法,包括:

将芯合金的至少一个芯与钎焊粘结剂一起搅拌以形成包括涂覆有所述钎焊粘结剂的第一层的所述至少一个芯的至少一个涂覆的芯;

将所述至少一个涂覆的芯与包括第一合金的第一金属粉末和第二合金的第二金属粉末的粉末组合物一起搅拌以形成具有所述第一合金和所述第二合金的第一粉末组合物层的生坯预成型件;以及

烧结所述生坯预成型件以形成至少一个混合预烧结的预成型件(PSP)。

2.根据权利要求1所述的方法,其中所述第一合金具有至少约2400°F的第一熔点,并且所述第二合金具有低于约2350°F的第二熔点。

3.根据权利要求1所述的方法,其中所述钎焊粘结剂是钎焊粘结剂凝胶。

4.根据权利要求1所述的方法,还包括将所述生坯预成型件与所述钎焊粘结剂一起搅拌以形成涂覆钎焊粘结剂的生坯预成型件,以及将所述涂覆钎焊粘结剂的生坯预成型件与所述第一金属粉末和所述第二金属粉末一起搅拌以形成涂覆粉末的生坯预成型件,其中所述烧结是对所述涂覆粉末的生坯预成型件进行的。

5.根据权利要求1所述的方法,其中所述至少一个芯是球形的。

6.根据权利要求1所述的方法,其中所述芯合金包括按重量计在约8%与约10%之间的钼、在约20.5%与约23%之间的铬、在约17%与约20%之间的铁、在约0.2%与约1%之间的钨、在约0.5%与约2.5%之间的钴、在约0.05%与约0.15%之间的碳、至多约1%的硅、至多约1%的锰、至多约0.01%的硼、至多约0.04%的磷、至多约0.03的硫、附带杂质和余量的镍的组合物。

7.根据权利要求1所述的方法,其中所述第一合金包括按重量计在约9.3%与约9.7%之间的钨、在约9.0%与约9.5%之间的钴、在约8.0%与约8.5%之间的铬、在约5.4%与约5.7%之间的铝、约3.2%的钽、约1.4%的铪、至多约0.25%的硅、至多约0.1%的锰、在约0.06%与约0.09%之间的碳、附带杂质和余量的镍的组合物。

8.根据权利要求1所述的方法,其中所述第二合金包括按重量计约14%的铬、约10%的钴、约3.5%的铝、约2.5%的钽、约2.75%的硼、约0.05%的钇、附带杂质和余量的镍的组合物。

9.根据权利要求1所述的方法,其中所述第一金属粉末和所述第二金属粉末在所述粉末组合物中的存在比例为按重量计在90:10至45:55的范围内。

10.根据权利要求1所述的方法,还包括将所述至少一个混合PSP中的一者钎焊在通路中以密封所述通路。

11.根据权利要求10所述的方法,其中所述通路是气体涡轮动叶的动叶球槽。

12.根据权利要求1所述的方法,其中所述将芯合金的至少一个芯与钎焊粘结剂一起搅拌用所述至少一个芯和所述钎焊粘结剂在塑料容器中进行。

13.根据权利要求1所述的方法,其中所述将芯合金的至少一个芯与钎焊粘结剂一起搅拌以及所述将芯合金的至少一个芯与由第一合金的第一金属粉末和第二合金的第二金属粉末组成的粉末组合物一起搅拌通过三维摇动混合器执行。

14.一种生坯预成型件,包括:

芯合金的芯;

钎焊粘结剂的第一层,所述第一层涂覆在所述芯上;和

粉末组合物,所述粉末组合物包括第一合金的第一金属粉末和第二合金的第二金属粉末,所述粉末组合物涂覆在所述第一层上,所述第一合金具有至少约2400°F的第一熔点,并且所述第二合金具有低于约2350°F的第二熔点。

15.根据权利要求14所述的生坯预成型件,还包括:

所述钎焊粘结剂的第二层,所述第二层涂覆在所述第一金属粉末和所述第二金属粉末的所述粉末组合物上;和

所述第一合金的所述第一金属粉末和所述第二合金的所述第二金属粉末的所述粉末组合物,所述粉末组合物涂覆在所述第二层上。

16.一种混合预烧结的预成型件 (PSP),包括:

芯合金的芯;和

第一层,所述第一层被烧结到所述芯,所述第一层是烧结的粉末组合物,所述粉末组合物包括来自第一金属粉末的第一合金和来自第二金属粉末的第二合金,所述第一合金具有至少约2400°F的第一熔点,并且所述第二合金具有低于约2350°F的第二熔点。

17.根据权利要求16所述的混合PSP,还包括第二层,所述第二层被烧结到所述第一层,所述第二层具有所述第一合金和所述第二合金的所述烧结的粉末组合物。

18.根据权利要求16所述的混合PSP,其中所述芯是球形的。

19.根据权利要求16所述的混合PSP,其中:

所述芯合金包括按重量计在约8%与约10%之间的钼、在约20.5%与约23%之间的铬、在约17%与约20%之间的铁、在约0.2%与约1%之间的钨、在约0.5%与约2.5%之间的钴、在约0.05%与约0.15%之间的碳、至多约1%的硅、至多约1%的锰、至多约0.01%的硼、至多约0.04%的磷、至多约0.03的硫、附带杂质和余量的镍的组合物;

所述第一合金包括按重量计在约9.3%与约9.7%之间的钨、在约9.0%与约9.5%之间的钴、在约8.0%与约8.5%之间的铬、在约5.4%与约5.7%之间的铝、约3.2%的钼、约1.4%的铪、至多约0.25%的硅、至多约0.1%的锰、在约0.06%与约0.09%之间的碳、附带杂质和余量的镍的组合物;并且

所述第二合金包括按重量计约14%的铬、约10%的钴、约3.5%的铝、约2.5%的钼、约2.75%的硼、约0.05%的钇、附带杂质和余量的镍的组合物。

20.根据权利要求16所述的混合PSP,其中所述第一合金和所述第二合金在所述烧结的粉末组合物中的存在比例为按重量计在90:10至45:55的范围内。

混合预烧结的预成型件、生坯预成型件以及方法

技术领域

[0001] 本发明实施方案涉及生坯预成型件、预烧结的预成型件以及形成和使用预烧结的预成型件的方法。更具体地，本发明实施方案涉及具有第一合金的芯和在芯上的粉末组合物的混合生坯预成型件、具有第一合金的芯和在芯的表面上的预烧结的预成型件的混合预烧结的预成型件以及形成和使用此类预成型件的方法。

背景技术

[0002] 钎焊是将两个部件或材料连结在一起的有用方法。然而，钎焊方法可取决于专门材料，诸如钎焊膏。钎焊膏本身可能具有短的保质期，并且可能难以控制例如钎焊膏的稠度、数量和位置，尤其是如果钎焊膏进入钎焊位置受到限制的话。如果施加了很少量的钎焊膏，那么可能需要重新加工零件。如果施加了太大量的钎焊膏，那么钎焊膏可能流到零件的非期望的区域。此外，钎焊膏的使用可能造成钎焊方法中的不一致，从而造成制造或修理不均匀的部件。

[0003] 更具体地，涡轮部件通常被制造有开口或通路，在某些情况下，在制造之后不再需要这些开口或通路或有利地将其密封或阻塞。气体涡轮系统中的示例包括尖塞、充气孔和球槽。这些开口可能难以进入以进行密封或阻塞。常规地，通过将预烧结的预成型件球或超合金（诸如Hastelloy X）的金属球与钎焊膏一起钎焊来密封或阻塞此类开口。预烧结的预成型件供应商的数量是有限的，并且从供应商获得预烧结的预成型件，特别是经定制的预烧结的预成型件可能花费时间并且成本很高。

发明内容

[0004] 在一个实施方案中，方法包括将芯合金的至少一个芯与钎焊粘结剂一起搅拌以形成包括涂覆有钎焊粘结剂的第一层的至少一个芯的至少一个涂覆的芯。该方法还包括将至少一个涂覆的芯与包括第一合金的第一金属粉末和第二合金的第二金属粉末的粉末组合物一起搅拌以形成具有第一合金和第二合金的第一粉末组合物层的生坯预成型件。该方法还包括烧结生坯预成型件以形成至少一个混合预烧结的预成型件。

[0005] 在另一个实施方案中，生坯预成型件包括：芯合金的芯；钎焊粘结剂的第一层，该第一层涂覆在芯上；以及粉末组合物，该粉末组合物包括第一合金的第一金属粉末和第二合金的第二金属粉末，该粉末组合物涂覆在第一层上。第一合金具有至少约2400°F的第一熔点，并且第二合金具有低于约2350°F的第二熔点。

[0006] 在又一个实施方案中，混合预烧结的预成型件包括：芯合金的芯；以及第一层，该第一层被烧结到芯。第一层是包括来自第一金属粉末的第一合金和来自第二金属粉末的第二合金的烧结的粉末组合物。第一合金具有至少约2400°F的第一熔点，并且第二合金具有低于约2350°F的第二熔点。

[0007] 从以下结合以示例的方式示出本发明的原理的附图进行的更详细的描述中，本发明的其他特征和优点将显而易见。

附图说明

- [0008] 图1示意性地示出了形成混合预烧结的预成型件的方法。
- [0009] 图2示意性地示出了钎焊混合预烧结的预成型件的方法。
- [0010] 在所有附图中,将尽可能地使用相同的参考标号表示相同的部分。

具体实施方式

[0011] 本文提供了具有第一合金的芯和在芯上的粉末组合物的混合生坯预成型件、具有第一合金的芯和在芯的表面上的预烧结的预成型件的混合预烧结的预成型件(PSP)以及形成和使用此类预成型件的方法。

[0012] 例如,与未能包括本文公开的特征中的一个或多个特征的概念相比,本公开的实施方案提供混合PSP、提供混合PSP球、提供成本显著地较低的混合PSP、提供成本显著地较低的混合PSP球、提供对混合PSP的生产的更容易的控制、提供对混合PSP球的生产的更容易的控制、允许在车间生产混合PSP、允许在车间生产混合PSP球、提供混合PSP球以用于封闭涡轮动叶球槽、提供混合PSP球以用于密封尖塞、提供混合PSP球以用于阻塞充气孔,或者它们的组合。

[0013] 如本文所用,“B93”是指包括按重量计在约13.7%与约14.3%之间的铬(Cr)、在约9.0%与约10.0%之间的钴(Co)、在4.6%与约5.0%之间的钛(Ti)、在约4.5%与约4.8%之间的硅(Si)、在约3.7%与约4.3%之间的钼(Mo)、在约3.7%与约4.0%之间的钨(W)、在约2.8%与约3.2%之间的铝(Al)、在约0.50%与约0.80%之间的硼(B)、在约0.13%与约0.19%之间的碳(C)、附带杂质和余量的镍(Ni)的组合物的合金。B93是可从例如瑞士普费菲孔的欧瑞康美科公司(Oerlikon Metco, Pfäffikon, Switzerland)商购获得的。

[0014] 如本文所用,“BNi-2”是指包括按重量计约7%的Cr、约4.5%的Si、约3%的B、约3%的铁(Fe)、附带杂质和余量的Ni的组合物的合金。BNi-2是可从例如威斯康星州卡达希的鲁科斯米哈特有限公司(Lucas-Milhaupt, Inc., Cudahy, WI)商购获得的。

[0015] 如本文所用,“BNi-3”是指包括按重量计约4.5%的Si、约3%的B、附带杂质和余量的Ni的组合物的合金。BNi-3是可从例如鲁科斯米哈特有限公司商购获得的。

[0016] 如本文所用,“BNi-5”是指包括按重量计约19%的Cr、约10%的Si、附带杂质和余量的Ni的组合物的合金。BNi-5是可从例如鲁科斯米哈特有限公司商购获得的。

[0017] 如本文所用,“BNi-6”是指包括按重量计约11%的磷(P)、附带杂质和余量的Ni的组合物的合金。BNi-6是可从例如鲁科斯米哈特有限公司商购获得的。

[0018] 如本文所用,“BNi-7”是指包括按重量计约14%的Cr、约10%的P、附带杂质和余量的Ni的组合物的合金。BNi-7是可从例如鲁科斯米哈特有限公司商购获得的。

[0019] 如本文所用,“BNi-9”是指包括按重量计约15%的Cr、约3%的B、附带杂质和余量的Ni的组合物的合金。BNi-9是可从例如鲁科斯米哈特有限公司商购获得的。

[0020] 如本文所用,“BNi-10”是指包括按重量计约16%的W、约11.5%的Cr、约3.5%的Si、约3.5%的Fe、约2.5%的B、约0.5%的C、附带杂质和余量的Ni的组合物的合金。BNi-10是可从例如中国合肥的安徽华中焊接制造有限公司(Huazhong Welding Manufacturing Co., Ltd., Hefei, China)商购获得的。

[0021] 如本文所用,“BRB”是指包括按重量计在约13.0%与约14.0%之间的Cr、在约

9.0%与约10.0%之间的Co、在约3.5%与约3.8%之间的Al、在约2.25%与约2.75%之间的B、附带杂质和余量的Ni的组合物的合金。BRB是可从例如欧瑞康美科公司商购获得的。

[0022] 如本文所用，“D15”是指包括按重量计在约14.8%与约15.8%之间的Cr、在约9.5%与约11.0%之间的Co、在约3.2%与约3.7%之间的Al、在约3.0%与约3.8%之间的钽(Ta)、在约2.1%与约2.5%之间的B、附带杂质和余量的Ni的组合物的合金。D15是可从例如欧瑞康美科公司商购获得的。

[0023] 如本文所用，“DF4B”是指包括按重量计在约13.0%与约15%之间的Cr、在约9.0%与约11.0%之间的Co、在约3.25%与约3.75%之间的Al、在约2.25%与约2.75%之间的Ta、在约2.5%与约3.0%之间的B、在约0.01%与约0.10%之间的钇(Y)、附带杂质和余量的Ni的组合物的合金。DF4B是可从例如欧瑞康美科公司商购获得的。

[0024] 如本文所用，“GTD 111”是指包括按重量计在约13.70%与约14.30%之间的Cr、在约9.0%与约10.0%之间的Co、在约4.7%与约5.1%之间的Ti、在约3.5%与约4.1%之间的W、在约2.8%与约3.2%之间的Al、在约2.4%与约3.1%之间的Ta、在约1.4%与约1.7%之间的Mo、约0.35%的Fe、约0.3%的Si、约0.15%的铌(Nb)、在约0.08%与约0.12%之间的C、约0.1%的锰(Mn)、约0.1%的铜(Cu)、约0.04%的锆(Zr)、在约0.005%与约0.020%之间的B、约0.015%的P、约0.005%的硫(S)、附带杂质和余量的Ni的组合物的合金。

[0025] 如本文所用，“GTD 444”是指包括按重量计约9.75%的Cr、约7.5%的Co、约4.2%的Al、约3.5%的Ti、约4.8%的Ta、约6%的W、约1.5%的Mo、至多约0.5%的Nb，至多约0.2%的Fe、至多约0.2%的Si、至多约0.15%的铪(Hf)、至多约0.08%的C、至多约0.009%的Zr、至多约0.009%的B、附带杂质和余量的Ni的组合物的合金。

[0026] 如本文所用，“Hastelloy X”是指包括按重量计在约8%与约10%之间的Mo、在约20.5%与约23%之间的Cr、在约17%与约20%之间的Fe、在约0.2%与约1%之间的W、在约0.5%与约2.5%之间的Co、在约0.05%与约0.15%之间的C、至多约1%的Si、至多约1%的Mn、至多约0.01%的B、至多约0.04%的P、至多约0.03%的S、附带杂质和余量的Ni的组合物的合金。

[0027] 如本文所用，“HAYNES 188”是指包括按重量计在约21%与约23%之间的Cr、在约20%与约24%之间的Ni、在约13%与约15%之间的W、至多约3%的Fe、至多约1.25%的Mn、在约0.2%与约0.5%之间的Si、在约0.05%与约0.15%之间的C、在约0.03%与约0.12%之间的镧(La)、至多约0.02%的P、至多约0.015%的B、至多约0.015%的S、附带杂质和余量的Co的组合物的合金。

[0028] 如本文所用，“HAYNES 230”是指包括按重量计约22%的Cr、约2%的Mo、约0.5%的Mn、约0.4%的Si、约14%的W、约0.3%的Al、约0.1%的C、约0.02%的La、附带杂质和余量的Ni的组合物的合金。

[0029] 如本文所用，“INCONEL 738”是指包括按重量计在约15.7%与约16.3%之间的Cr、在约8.0%与约9.0%之间的Co、在约3.2%与约3.7%之间的Ti、在约3.2%与约3.7%之间的Al、在约2.4%与约2.8%之间的W、在约1.5%与约2.0%之间的Ta、在约1.5%与约2.0%之间的Mo、在约0.6%与约1.1%之间的Nb、至多约0.5%的Fe、至多约0.3%的Si、至多约0.2%的Mn、在约0.15%与约0.20%之间的C、在约0.05%与约0.15%之间的Zr、至多约0.015%的S、在约0.005%与约0.015%之间的B、附带杂质和余量的Ni的组合物的合金。

[0030] 如本文所用,“L605”是指包括按重量计在约19%与约21%之间的Cr、在约14%与约16%之间的W、在约9%与约11%之间的Ni、至多约3%的Fe、在约1%与约2%之间的Mn、在约0.05%与约0.15%之间的C、至多约0.4%的Si、至多约0.04%的P、至多约0.03%的S、附带杂质和余量的Co的组合物的合金。

[0031] 如本文所用,“MarM247”是指包括按重量计在约9.3%与约9.7%之间的W、在约9.0%与约9.5%之间的Co、在约8.0%与约8.5%之间的Cr、在约5.4%与约5.7%之间的Al、任选地约3.2%的Ta、任选地约1.4%的Hf、至多约0.25%的Si、至多约0.1%的Mn、在约0.06%与约0.09%之间的C、附带杂质和余量的Ni的组合物的合金。

[0032] 如本文所用,“MarM509”是指包括按重量计在约22.5%与约24.25%之间的Cr、在约9%与约11%之间的Ni、在约6.5%与约7.5%之间的W、在约3%与约4%之间的Ta、至多约0.3%的Ti(例如,在约0.15%与约0.3%之间的Ti)、至多约0.65%的C(例如,在约0.55%与约0.65%之间的C)、至多约0.55%的Zr(例如,在约0.45%与约0.55%之间的Zr)、附带杂质和余量的Co的组合物的合金。

[0033] 如本文所用,“MarM509B”是指包括按重量计在约22.00%与约24.75%之间的Cr、在约9.0%与约11.0%之间的Ni、在约6.5%与约7.6%之间的W、在约3.0%与约4.0%之间的Ta、在约2.6%与约3.16%之间的B、在约0.55%与约0.64%之间的C、在约0.30%与约0.60%之间的Zr、在约0.15%与约0.30%之间的Ti、至多约1.30%的Fe、至多约0.40%的Si、至多约0.10%的Mn、至多约0.02%的S、附带杂质和余量的Co的组合物的合金。MM509B是可从例如WESGO陶瓷公司(WESGO Ceramics)商购获得的。

[0034] 如本文所用,“René108”是指包括按重量计在约9%与约10%之间的Co、在约9.3%与约9.7%之间的W、在约8.0%与约8.7%之间的Cr、在约5.25%与约5.75%之间的Al、在约2.8%与约3.3%之间的Ta、在约1.3%与约1.7%之间的Hf、至多约0.9%的Ti(例如,在约0.6%与约0.9%之间的Ti)、至多约0.6%的Mo(例如,在约0.4%与约0.6%之间的Mo)、至多约0.2%的Fe、至多约0.12%的Si、至多约0.1%的Mn、至多约0.1%的Cu、至多约0.1%的C(例如,在约0.07%与约0.1%之间的C)、至多约0.1%的Nb、至多约0.02%的Zr(例如,在约0.005%与约0.02%之间的Zr)、至多约0.02%的B(例如,在约0.01%与约0.02%之间的B)、至多约0.01%的P、至多约0.004%的S、附带杂质和余量的Ni的组合物的合金。

[0035] 如本文所用,“René142”是指包括按重量计约12%的Co、约6.8%的Cr、约6.4%的Ta、约6.1%的Al、约4.9%的W、约2.8%的铼(Re)、约1.5%的Mo、约1.5%的Hf、约0.12%的C、约0.02%的Zr、约0.015%的B、附带杂质和余量的Ni的组合物的合金。

[0036] 如本文所用,“René195”是指包括按重量计约7.6%的Cr、约3.1%的Co、约7.8%的Al、约5.5%的Ta、约0.1%的Mo、约3.9%的W、约1.7%的Re、约0.15%的Hf、附带杂质和余量的Ni的组合物的合金。

[0037] 如本文所用,“RenéN2”是指包括按重量计约13%的Cr、约7.5%的Co、约6.6%的Al、约5%的Ta、约3.8%的W、约1.6%的Re、约0.15%的Hf、附带杂质和余量的Ni的组合物的合金。

[0038] 如本文所用,“T800”是指包括按重量计在约27.0%与约30.0%之间的Mo、在约16.5%与约18.5%之间的Cr、在约3.0%与3.8%之间的Si、至多约1.5%的Fe、至多约1.5%的Ni、至多约0.15%的氧(O)、至多约0.08%的C、至多约0.03%的P、至多约0.03%的S、附带

杂质和余量的Co的组合物的合金。T800例如由德罗洛司太立有限公司(Deloro Stellite Inc.)生产，并且是可从例如WESGO陶瓷公司商购获得的。

[0039] 参照图1，方法包括将芯合金的芯10与钎焊粘结剂14一起放置在容器12中。图1中的芯10是球形的。图1中的容器12是带盖塑料瓶。将容器12放置在混合器20中，该混合器摇动容器12以搅拌芯10和钎焊粘结剂14来形成芯10的涂覆的芯22，每个芯都涂覆有钎焊粘结剂14层。

[0040] 仍然参照图1，将第一合金的第一粉末30与第二合金的第二粉末32混合以形成粉末组合物34。第一合金和第二合金具有不同熔融温度。将粉末组合物34和涂覆的芯22放置在容器12中。图1中的用于涂覆的芯22和粉末组合物34的容器12是与用于芯10和钎焊粘结剂14的容器12类似或相同的带盖塑料瓶，但是优选地不是同一个容器12。将容器12放置在混合器20中，该混合器摇动容器12以搅拌涂覆的芯22和粉末组合物34来形成芯10的生坯预成型件40，每个生坯预成型件都涂覆有钎焊粘结剂14层和在未烧结的状态下粘附到钎焊粘结剂14层的粉末组合物34。相同的混合器20或不同的混合器20可以用于两种搅拌。

[0041] 仍然参照图1，施加钎焊粘结剂14层和施加粉末组合物34的交替步骤可以重复任何次数，直到足够量的粉末组合物34已经被施加到芯10以形成涂覆粉末的生坯预成型件50。在图1中，涂覆粉末的生坯预成型件50具有两个钎焊粘结剂14层和两个粉末组合物34层，但是涂覆粉末的生坯预成型件50可以另选地与生坯预成型件40相同或者可以具有来自附加层的附加粉末组合物34。然后，将涂覆粉末的生坯预成型件50在烧结炉52中烧结，以形成芯10的混合预烧结的预成型件60，其涂覆有烧结的粉末组合物62。在一些实施方案中，烧结炉52是真空炉。在一些实施方案中，烧结在真空炉中进行。在一些实施方案中，用于烧结的温度在约1150°C(约2100°F)至约1290°C(约2350°F)的范围内。钎焊粘结剂14在烧结期间被烧掉。

[0042] 在一些实施方案中，混合预烧结的预成型件60准备好在烧结之后直接地进行钎焊，而不需要任何附加的处理步骤。在其他实施方案中，可以在烧结之后但在钎焊或在生产中使用之前将混合预烧结的预成型件60磨削以更改表面纹理或几何形状。在一些实施方案中，磨削在混合预烧结的预成型件60的外表面上产生平滑表面几何形状。在一些实施方案中，磨削可以另选地或附加地在混合预烧结的预成型件60的外表面上产生圆形几何形状。

[0043] 参照图2，方法包括将混合预烧结的预成型件60放置在部件70的通路80中，该混合预烧结的预成型件包括芯10和围绕芯10的烧结的粉末组合物62。然后，将混合预烧结的预成型件60在部件70的通路80中钎焊到该部件。在一些实施方案中，用于钎焊的温度在约1150°C(约2100°F)至约1290°C(约2350°F)的范围内。在一些实施方案中，用于钎焊的时间在约10分钟至约30分钟的范围内。芯10、钎焊接头90、部件70和通路80在图2的最后一个图像中都可见，其中芯10的直径为约5.7mm(约0.23英寸)。

[0044] 芯10可以具有在以下范围内的最大长度尺寸(在球形几何形状的情况下，即，直径)：约2.5mm(约0.1英寸)至约19.1mm(约0.75英寸)、另选地约12.7mm(约0.5英寸)至约19.1mm(约0.75英寸)、另选地约2.5mm(约0.1英寸)至约12.7mm(约0.5英寸)、另选地约3.8mm(约0.15英寸)至约10.2mm(约0.4英寸)、另选地约5.1mm(约0.2英寸)至约7.6mm(约0.3英寸)、另选地约5.1mm(约0.2英寸)至约6.4mm(约0.25英寸)，或者它们之间的任何值、范围或子范围。

[0045] 在一些实施方案中,芯10的芯合金是超合金。芯合金可以包括一种或多种耐火合金、超合金、镍基超合金、钴基超合金、铁基超合金、钛铝超合金、铁基合金、钢合金、不锈钢合金、钴基合金、镍基合金、钛基合金、Hastelloy X、HAYNES 188、HAYNES 230,或者它们的组合。在一些实施方案中,芯合金不是预烧结的预成型件。

[0046] 钎焊粘结剂14可以具有任何粘结剂组合物,其在芯10上形成涂层,在钎焊之前将粉末组合物34保持在芯10上,并且在钎焊步骤期间燃烧掉。钎焊粘结剂14优选地包括在溶剂中的粘结剂组分。在一些实施方案中,钎焊粘结剂14具有凝胶的稠度。在一些实施方案中,钎焊粘结剂14是粘结剂凝胶。在一些实施方案中,粘结剂凝胶是常规的粘结剂凝胶。在一些实施方案中,钎焊粘结剂不包括任何钎焊金属或合金。

[0047] 在一些实施方案中,粉末组合物34包括彼此相混作为不同的相的第一合金和第二合金。第一合金具有比第二合金更高的熔融温度。第一合金是高熔点合金粉末并且可以包括至少约1320°C(约2400°F)的第一熔点,并且第二合金是低熔点合金粉末并且可以包括低于约1290°C(约2350°F)的第二熔点。

[0048] 第一合金可以包括一种或多种耐火合金、超合金、镍基超合金、钴基超合金、铁基超合金、钛铝超合金、铁基合金、钢合金、不锈钢合金、钴基合金、镍基合金、钛基合金、T800、GTD 111、GTD 444、HAYNES188、HAYNES 230、INCONEL 738、L605、MarM247、MarM509、René 108、René142、René195、RenéN2,或者它们的组合。

[0049] 第二合金可以包括一种或多种钎焊合金、铁基合金、钢合金、不锈钢合金、钴基合金、镍基合金、钛基合金、DF4B、D15、MarM509B、B93、BNi-2、BNi-3、BNi-5、BNi-6、BNi-7、BNi-9、BNi-10、BRB,或者它们的组合。

[0050] 在一些实施方案中,粉末组合物34还包含一种或多种陶瓷添加剂,诸如但不限于氧化铝、碳化硅、碳化钨、氮化钛、碳氮化钛、碳化钛,或者它们的组合。

[0051] 在一些实施方案中,粉末组合物34包括如下量的第一合金和第二合金的混合物:按重量计约90%的第一合金和按重量计约10%的第二合金、另选地按重量计约80%的第一合金和按重量计约20%的第二合金、另选地按重量计约70%的第一合金和按重量计约30%的第二合金、另选地按重量计约60%的第一合金和按重量计约40%的第二合金、另选地按重量计约50%的第一合金和按重量计约50%的第二合金、另选地按重量计约45%的第一合金和按重量计约55%的第二合金,或者它们之间的任何值、范围或子范围。在一些实施方案中,第一合金是MarM247。在一些实施方案中,第二合金是DF4B。

[0052] 在一些实施方案中,每个钎焊粘结剂14层每隔一个钎焊粘结剂14层具有相同的组成。在一些实施方案中,每个粉末组合物34涂层每隔一个粉末组合物34涂层具有相同的组成。在一些实施方案中,粉末组合物34涂层中的至少一者的组成与粉末组合物34涂层中的至少另一个涂层的组成不同。在一些实施方案中,第一合金或第二合金在涂层中的至少一个涂层中是不同的。在一些实施方案中,第一合金在所有涂层中是相同的,并且第二合金在所有涂层中是相同的,但是第一合金和第二合金的相对量有所变化。在一些实施方案中,涂层从最内涂层到最外涂层提供该涂层中的第一合金和第二合金的相对量的梯度。在一些实施方案中,第一合金与第二合金的比例从最内涂层到最外涂层减小。

[0053] 尽管芯10在附图中被示出为球形的,但是芯10可以具有有助于放置在通路中并密封开口的任何几何形状,包括但不限于球形、卵形、圆柱形、圆锥形、立方形、矩形或锥形。

[0054] 容器12可以具有任何大小和形状，并且可以由在搅拌步骤期间能够容纳芯10和钎焊粘结剂14或粉末组合物34的任何材料制成，使得均匀或基本上均匀的钎焊粘结剂14或粉末组合物34的涂层被施加到芯10的外表面。

[0055] 优选地选择钎焊粘结剂14相对于芯10的比例和量，以通过第一次/奇数次搅拌在芯10上向涂覆的芯22提供均匀或基本上均匀的钎焊粘结剂14层。

[0056] 类似地，优选地选择粉末组合物34相对于涂覆的芯22的比例和量，以通过第二次/偶数次搅拌在生坯预成型件40上向生坯预成型件40提供均匀或基本上均匀的粉末组合物34涂层。

[0057] 搅拌可以手动地进行，但是优选地自动地进行。搅拌可以包括容器12的任何摇动运动，其引起芯10与施加的钎焊粘结剂14或粉末组合物34的混合。在一些实施方案中，搅拌在三维摇动混合器中进行。在一些实施方案中，摇动混合器是TURBULA[®]摇动混合器（瑞士巴塞尔威利A巴霍芬公司(Willy A.Bachofen AG, Basel, Switzerland)）。在一些实施方案中，搅拌在二维摇动台上进行。

[0058] 在烧结之后，混合预烧结的预成型件60可以在钎焊处理器中直接地使用，或者可以在钎焊或在生产中使用之前进行磨削。

[0059] 尽管已经参考一个或多个实施方案描述了本发明，但是本领域的技术人员应当理解，在不脱离本发明的范围的情况下，可以进行各种改变并且可以用等同物代替其要素。此外，在不脱离本发明的基本范围的情况下，可以进行许多修改以使特定情形或材料适应本发明的教导内容。因此，本发明旨在不限于所公开的作为实施本发明设想的最佳模式的具体实施方案，而是本发明将包括落入所附权利要求书的范围内的所有实施方案。此外，具体实施方式中标识的所有数值应当被解释为就像精确值和近似值都被明确地标识那样。

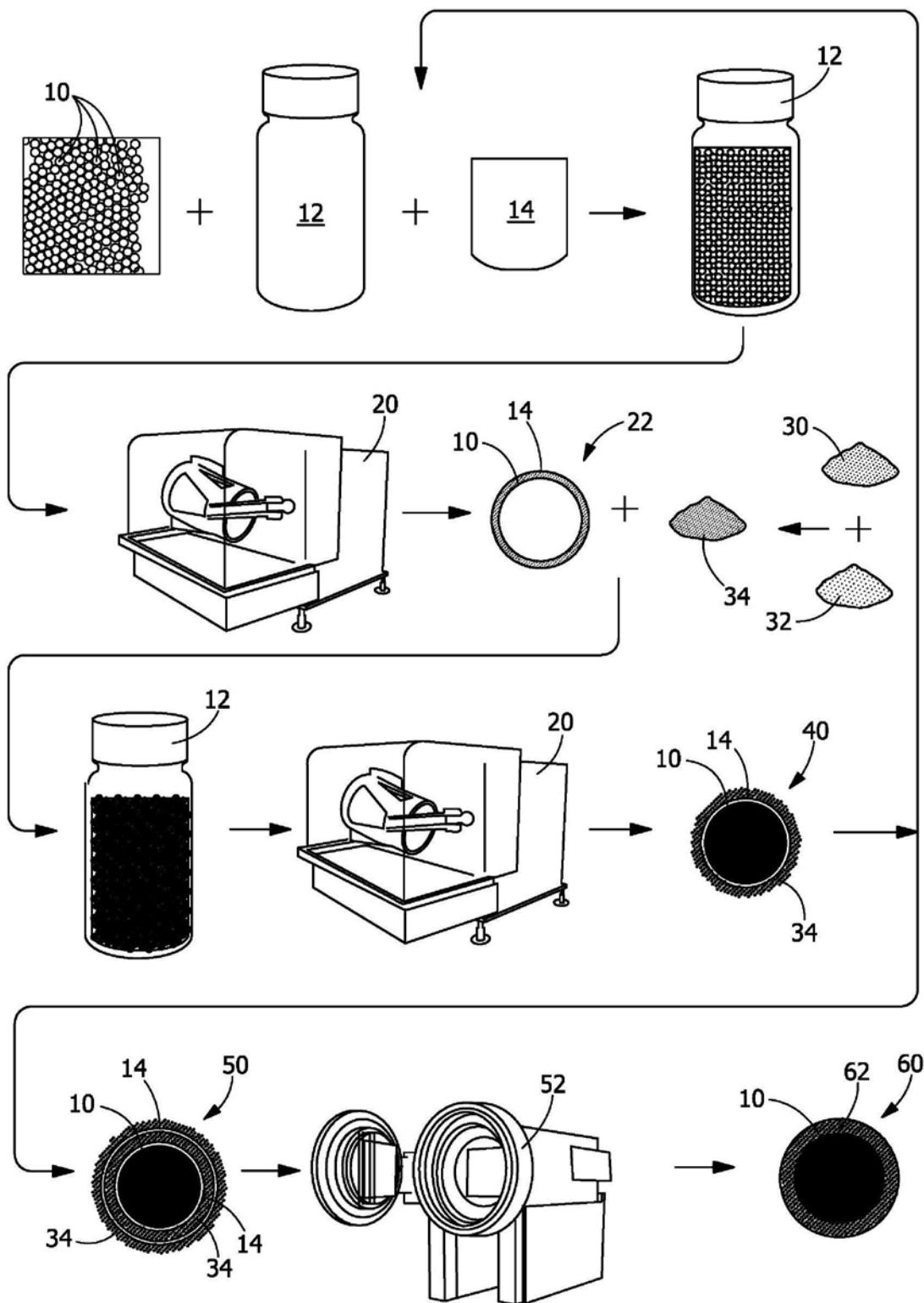


图1

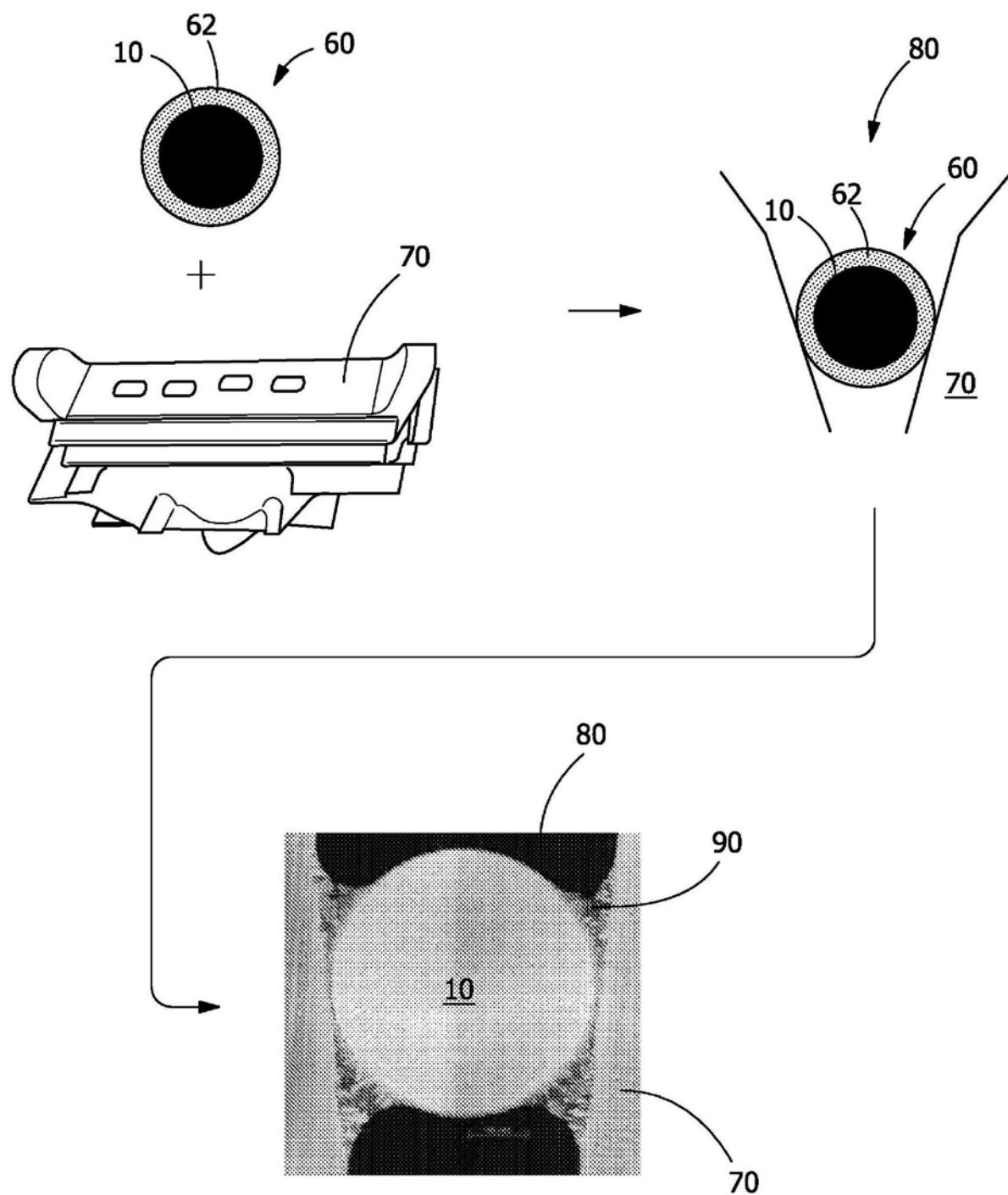


图2