



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107635701 A

(43)申请公布日 2018.01.26

(21)申请号 201680027240.8

阿瑟·A·克拉克

(22)申请日 2016.03.16

(74)专利代理机构 北京律盟知识产权代理有  
限责任公司 11287

(30)优先权数据

14/712,103 2015.05.14 US

代理人 林斯凯

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2017.11.10

(51)Int.Cl.

B22F 9/08(2006.01)

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2016/022544 2016.03.16

(87)PCT国际申请的公布数据

W02016/182631 EN 2016.11.17

(71)申请人 冶联科技地产有限责任公司

地址 美国俄勒冈州

(72)发明人 罗宾·M·福布斯·琼斯

马修·J·阿诺德

拉梅什·S·米尼桑德拉姆

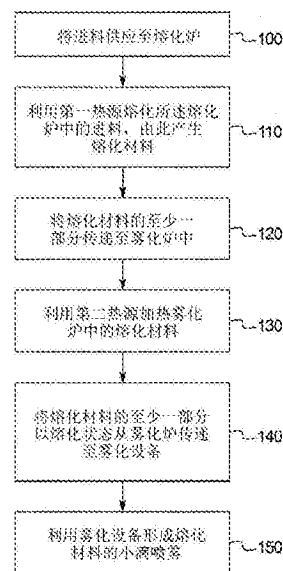
权利要求书3页 说明书8页 附图5页

(54)发明名称

用于制造金属粉末材料的方法和设备

(57)摘要

一种制造金属粉末材料的方法包括:将进料供应至熔化炉;以及利用第一热源熔化所述熔化炉上的所述进料以提供具有所需化学组成的熔化材料。将所述熔化材料的至少一部分从所述熔化炉直接或间接地传递至雾化炉,在所述雾化炉中使用第二热源加热所述熔化材料。将所述熔化材料的至少一部分以熔化状态从所述雾化炉传递至雾化设备,所述雾化设备由所述熔化材料形成小滴喷雾。使所述小滴喷雾的至少一部分凝固以提供金属粉末材料。



1. 一种制造金属粉末材料的方法,所述方法包括:  
将进料供应至熔化炉;  
利用热源熔化所述熔化炉中的所述进料,由此产生熔化材料;  
将所述熔化材料的至少一部分从所述熔化炉直接或间接地传递至雾化炉;  
利用第二热源加热所述雾化炉中的所述熔化材料;  
将所述熔化材料的至少一部分以熔化状态从所述雾化炉传递至雾化喷嘴;以及  
利用所述雾化喷嘴形成所述熔化材料的小滴喷雾,随后使所述小滴喷雾的至少一部分凝固以提供金属粉末材料。
2. 根据权利要求1所述的方法,其中所述熔化材料的所述至少一部分在进入所述雾化炉之前从所述熔化炉传递穿过至少一个另外的炉。
3. 根据权利要求1所述的方法,其中所述第一热源和所述第二热源各自独立地包括以下中的至少一种:等离子体焰炬、电子束发生器、产生电子的加热装置、激光器、电弧装置和感应线圈。
4. 根据权利要求1所述的方法,其中在所述熔化材料传递至所述雾化喷嘴中之前对所述熔化材料进行以下操作中的至少一种:精炼和均质化。
5. 根据权利要求1所述的方法,其还包括:将所述熔化材料的所述至少一部分传递穿过所述雾化喷嘴上游的冷感应引导件。
6. 根据权利要求5所述的方法,其中所述冷感应引导件包括毗邻所述雾化炉的入口和毗邻所述雾化喷嘴的出口,并且其中导电线圈定位于所述入口处且经调适以加热所述熔化材料以引发将所述熔化材料的所述至少一部分从所述雾化炉传递至所述雾化喷嘴。
7. 根据权利要求6所述的方法,其中所述导电线圈经调适以在所述材料的液相线至所述液相线以上500°C的范围内加热所述熔化材料。
8. 根据权利要求5所述的方法,其中所述冷感应引导件包括毗邻所述雾化炉的入口和毗邻所述雾化喷嘴的出口,并且其中导电线圈定位于所述出口处且经调适以可调整地加热所述熔化材料。
9. 根据权利要求8所述的方法,其中所述导电线圈经调适以在所述材料的液相线至所述液相线以上500°C的范围内加热所述熔化材料。
10. 根据权利要求5所述的方法,其中所述冷感应引导件包括毗邻所述雾化炉的入口和毗邻所述雾化喷嘴的出口,其中导电线圈定位于所述出口处且经调适以停止将所述熔化材料传递至所述雾化喷嘴。
11. 根据权利要求1所述的方法,其中所述雾化喷嘴包括形成等离子体射流的多个等离子体雾化焰炬,所述等离子体射流会聚于一点且由所述熔化材料形成所述小滴喷雾。
12. 根据权利要求1所述的方法,其中所述雾化喷嘴形成至少一个气体射流,所述气体射流将所述熔化材料分散成所述小滴喷雾。
13. 根据权利要求1所述的方法,其中所述熔化材料的所述至少一部分连续地传递至所述雾化喷嘴。
14. 根据权利要求1所述的方法,其中所述金属粉末材料的组成选自商业纯钛、钛合金、铝化钛合金、商业纯镍、镍合金、商业纯锆、锆合金、商业纯铌、铌合金、商业纯钽、钽合金、商业纯钨和钨合金。

15. 根据权利要求1所述的方法,其中所述金属粉末材料的组成包含大于10ppm的硼。
16. 根据权利要求1所述的方法,其中所述金属粉末材料的组成按重量计包含约4%的钒、约6%的铝且其余部分为钛和杂质。
17. 根据权利要求1所述的方法,其中所述金属粉末材料平均粒度在10微米至150微米的范围内。
18. 根据权利要求1所述的方法,其中所述金属粉末材料的粒度分布为40微米至120微米。
19. 根据权利要求1所述的方法,其中所述金属粉末材料的粒度分布为15微米至45微米。
20. 一种金属粉末材料,其通过根据权利要求1所述的方法制造。
21. 根据权利要求20所述的金属粉末材料,其中所述金属粉末材料的组成选自商业纯钛、钛合金、铝化钛合金、商业纯镍、镍合金、商业纯锆、锆合金、商业纯铌、铌合金、商业纯钽、钽合金、商业纯钨和钨合金。
22. 根据权利要求20所述的金属粉末材料,其中所述金属粉末材料的组合物按重量计包含约4%的钒、约6%的铝且其余部分为钛和杂质。
23. 根据权利要求20所述的金属粉末材料,其中所述金属粉末材料的平均粒度为10微米至150微米。
24. 根据权利要求20所述的金属粉末材料,其中所述金属粉末材料的粒度分布为40微米至120微米。
25. 根据权利要求20所述的金属粉末材料,其中所述金属粉末材料的粒度分布为15微米至45微米。
26. 根据权利要求20所述的金属粉末材料,其中所述金属粉末材料包含大于10ppm的硼。
27. 一种用于制造金属粉末材料的设备,所述设备包括:
  - 熔化炉,其经调适以接纳进料;
  - 第一热源,其经调适以熔化所述进料以提供熔化材料;
  - 雾化炉,其经安置以从所述熔化炉直接或间接地接纳所述熔化材料的至少一部分;
  - 第二热源,其经调适以加热所述雾化炉中的熔化材料;
  - 雾化喷嘴,其经调适以由所述熔化材料形成小滴喷雾;
  - 传送单元,其耦接至所述雾化炉和所述雾化喷嘴,其中所述传送单元经调适以将熔化材料以熔化状态从所述雾化炉传递至所述雾化喷嘴;以及
  - 收集器,其经调适以接纳所述小滴喷雾。
28. 根据权利要求27所述的设备,其还包括在所述熔化炉与所述雾化炉中间且与所述熔化炉和所述雾化炉连通的至少一个另外的炉。
29. 根据权利要求28所述的设备,其中所述熔化炉、所述雾化炉和所述至少一个另外的炉定位成一条线。
30. 根据权利要求28所述的设备,其中所述熔化炉、所述雾化炉和所述至少一个另外的炉以选自锯齿形配置、L形配置和C形配置的图案偏移配置定位。
31. 根据权利要求28所述的设备,其中所述熔化炉、所述雾化炉和所述至少一个另外的

炉中的至少一种经调适以进行以下操作中的至少一种：精炼所述熔化材料和均质化所述熔化材料。

32. 根据权利要求27所述的设备，其中第一热源与所述熔化炉相关联且第二热源与所述雾化炉相关联。

33. 根据权利要求32所述的设备，其中所述第一热源和所述第二热源各自独立地包括等离子体焰炬、电子束发生器、产生电子的加热装置、激光器、电弧装置和感应线圈中的至少一种。

34. 根据权利要求28所述的设备，其中另外的热源与所述至少一个另外的炉相关联，并且其中所述另外的热源包括以下中的至少一种：等离子体焰炬、电子束发生器、产生电子的加热装置、激光器、电弧装置和感应线圈。

35. 根据权利要求27所述的设备，其中所述传送单元包括冷感应引导件。

36. 根据权利要求35所述的设备，其中所述冷感应引导件包括毗邻所述雾化炉的入口和毗邻所述雾化喷嘴的出口，并且其中导电线圈定位于所述入口处且经调适以加热所述熔化材料以引发将所述熔化材料的所述至少一部分传递至所述雾化喷嘴。

37. 根据权利要求36所述的设备，其中所述导电线圈经调适以在所述材料的液相线至所述液相线以上500℃的范围内加热所述熔化材料。

38. 根据权利要求35所述的设备，其中所述冷感应引导件包括毗邻所述雾化炉的入口和毗邻所述雾化喷嘴的出口，并且其中导电线圈定位于所述出口处且经调适以可调整地加热所述熔化材料。

39. 根据权利要求38所述的设备，其中所述导电线圈经调适以在所述材料的液相线至所述液相线以上500℃的范围内加热所述熔化材料。

40. 根据权利要求38所述的设备，其中所述冷感应引导件包括毗邻所述雾化炉的入口和毗邻所述雾化喷嘴的出口，并且其中导电线圈定位于所述出口处且经调适以停止将所述熔化材料传递至所述雾化喷嘴。

41. 根据权利要求27所述的设备，其中所述雾化喷嘴包括形成等离子体射流的多个等离子体雾化焰炬，所述等离子体射流会聚于一点且形成所述熔化材料的所述小滴喷雾。

42. 根据权利要求27所述的设备，其中所述雾化喷嘴形成至少一个气体射流，所述气体射流将所述熔化材料分散成所述小滴喷雾。

43. 根据权利要求27所述的设备，其中所述收集器相对于所述雾化喷嘴的位置是可调整的。

44. 根据权利要求27所述的设备，其中所述收集器选自室、模具和旋转心轴。

## 用于制造金属粉末材料的方法和设备

### 技术领域

[0001] 本公开涉及用于制造金属粉末材料的方法和设备。具体地讲,本公开的某些非限制性方面涉及使用包含以下的设备来制造金属粉末材料的方法:熔化炉,其经调适以接纳进料;和雾化炉,其经安置以从熔化炉接纳熔化材料的至少一部分。在本公开的方法的某些非限制性实施例中,所述方法包括:将熔化材料的至少一部分以熔化状态从雾化炉传递至雾化设备,所述雾化设备可以包括雾化喷嘴。本公开还涉及通过本发明的方法和设备制造的金属粉末材料和制品。

### 背景技术

[0002] 气体雾化和热等静压(也称为“HIPing”)通常用于由金属粉末材料形成金属制品。在这些过程中,制备具有所需化学组成的熔体,且将熔化组合物传递穿过雾化设备,在雾化设备中气体射流将熔化组合物分散成小滴,小滴被淬火。这些经淬火的小滴形成松散粉末。可对金属粉末材料进行热等静压以形成金属制品。

[0003] 制造金属制品的另一种常规方法是成核铸造。成核铸造利用气体雾化来制造沉积至模具中的半液态小滴的喷雾。常见的是,小滴喷雾的某部分(即,过量喷雾)可蓄积在模具的顶部表面上。在多方面类似于成核铸造,喷雾成形为由半液态小滴喷雾形成金属制品但不使用模具的常规技术。

[0004] 在常规的成核铸造、喷雾成形和气体雾化/HIPing工序中,重新熔化先前已熔化成具有所需化学组成的凝固材料,以将熔化材料提供给雾化设备。在一个实例中,具有所需化学组成的凝固材料以热机械方式加工成线材,随后重新熔化以用于雾化。在另一个实例中,将冷壁感应炉用于在雾化过程之前熔化且均质化之前经凝固的材料。当材料在重新熔化和雾化之前凝固时,材料可能诸如在热机械加工和处理期间受到污染。固体材料中的污染物可变得夹带于提供给雾化设备的熔化金属料流中。重新熔化经凝固的材料以用于雾化还可能限制控制工艺参数(诸如熔化金属过热和流量)的能力,可能需要控制这些参数以确保一致的雾化。另外,使用经凝固的材料以重新熔化和雾化可增加与雾化金属粉末的制造相关的成本。

### 发明内容

[0005] 本公开部分地涉及解决制造金属粉末材料的常规方法的某些限制的方法和设备。本公开的一个非限制性方面涉及一种制造金属粉末材料的方法,所述方法包括:将进料供应至熔化炉;利用第一热源熔化所述熔化炉中的进料,由此产生具有所需组成的熔化材料;将熔化材料的至少一部分传递至雾化炉;利用第二热源加热雾化炉中的熔化材料;将熔化材料的至少一部分以熔化状态从雾化炉直接或间接地传递至雾化设备;以及利用雾化设备形成熔化材料的小滴喷雾。使小滴喷雾的至少一部分凝固以提供金属粉末材料。在所述方法的某些非限制性实施例中,熔化材料的至少一部分连续地传递至雾化设备。在所述方法的某些非限制性实施例中,熔化材料从熔化炉穿过至少一个另外的炉传递至雾化炉。

[0006] 本发明的另一个非限制性方面涉及一种用于制造金属粉末材料的设备。所述设备包括：熔化炉，其经调适以接纳进料；第一热源，其经调适以熔化所述熔化炉中的进料且产生具有所需组成的熔化材料；雾化炉，其经安置以从熔化炉直接或间接地接纳熔化材料的至少一部分；第二热源，其经调适以加热雾化炉中的熔化材料；雾化设备，其经调适以形成熔化材料的小滴喷雾；传送单元，其耦接至雾化炉和雾化设备；以及收集器，其经调适以从雾化设备接纳小滴喷雾。传送单元经调适以将熔化材料以熔化状态从雾化炉传递至雾化设备。

### 附图说明

[0007] 可通过参考附图来更好地理解本文所述的方法和合金制品的特征和优点，在这些附图中：

[0008] 图1是根据本公开的制造金属粉末材料的方法的非限制性实施例的流程图；

[0009] 图2是根据本公开的图解说明制造金属粉末材料的设备的非限制性实施例的示意性剖面侧视图；

[0010] 图3是图1的设备的示意性平面图；

[0011] 图4是根据本公开的制造金属粉末材料的设备的另一个非限制性实施例的示意性平面图；

[0012] 图5是图1的设备的放大部分剖面侧视图；以及

[0013] 图6是根据本公开的图解说明制造金属粉末材料的设备的另一个非限制性实施例的示意性剖面侧视图。

[0014] 应当理解，本发明在其应用上并不限于上述附图中所图解说明的实施例。读者将在考虑到对根据本公开的方法和设备的某些非限制性实施例的以下详细说明后领会到前述细节和其他细节。读者也可在使用本文所述的方法和设备后理解此类另外细节中的某些细节。

### 具体实施方式

[0015] 除了的操作实施例中或在另有指示的情况下，否则在非限制性实施例的本说明中以及在权利要求书中，所有表述成分和产品的量或特性、处理条件等的数字均应被理解为在所有实例中均由术语“约”修饰。因此，除非指示相反的情况，否则以下说明和随附权利要求书中所陈述的任何数字参数均为可取决于在根据本公开的方法和设备中力图获得的所需特性而变化的近似值。最低限度地，且并非试图将等同原则的应用限制于权利要求书的范围，每个数字参数均应根据所报告的有效数字的位数且通过应用普通的四舍五入技术来解释。

[0016] 本公开部分地涉及解决制造金属粉末材料的常规方法的某些限制的方法和设备。参考图1，图解说明制造金属粉末材料的方法的非限制性实施例。所述方法包括：将进料供应至熔化炉（方框100）；利用第一热源熔化所述熔化炉中的进料，由此产生具有所需化学组成的熔化材料（方框110）；将熔化材料的至少一部分直接或间接地传递至雾化炉中（方框120）；利用第二热源加热雾化炉中的熔化材料（方框130）；将熔化材料的至少一部分以熔化状态从雾化炉传递至雾化设备（方框140）；以及利用雾化设备形成熔化材料的小滴喷雾（方

框150)。使小滴喷雾的至少一部分凝固以提供具有所需组成的金属粉末材料。

[0017] 参考图2-3,图解说明的制造金属粉末材料的设备200的非限制性实施例包括熔体室210和熔化炉220以及定位于熔体室210中的第一热源230。熔体室210被构造成维持其中的氛围。所述氛围可具有低于大气压力、超过大气压力或处于大气压力的压力。根据某些非限制性实施例,熔体室210中的气体氛围可相对于在熔体室210中加热的材料为化学惰性的。根据某些非限制性实施例,熔体室210内的气体氛围可为氦气、氩气、氦气与氩气的共混物或者另一惰性气体或气体混合物。根据其他非限制性实施例,其他气体或气体共混物在熔体室210中的氛围内,前提条件是所述气体或气体共混物不会不可接受地污染熔体室210内的熔化材料。

[0018] 熔化炉220经调适以接纳进料240。根据某些非限制性实施例,进料240为纯净原材料。根据其他非限制性实施例,进料240包含以下物质或由以下物质组成:废料、返料、回收材料和/或母合金。根据某些非限制性实施例,进料240包含颗粒材料。根据其他非限制性实施例,进料240包含呈经制作或之前经熔化的电极的形式材料(比如呈圆柱体或矩形棱柱形状的之前经熔化的材料)或由这些材料组成。在任何情况下,在根据本公开的方法中,通过将进料选择性添加至熔化炉210而将在熔化炉220中产生的熔化材料的化学组成调整至所需的组成。

[0019] 根据某些非限制性实施例,进料240主要包括钛材料。根据某些非限制性实施例,进料240经选择以提供具有以下中的一种的化学组成的熔化材料:商业纯钛、钛合金(例如,Ti-6Al-4V合金,其具有UNS R56400中所规定的组成)和铝化钛合金(例如,Ti-48Al-2Nb-2Cr合金)。根据另一个非限制性实施例,进料240经选择以提供按重量计包含约4%的钒、约6%的铝且其余部分为钛和杂质的熔化材料。(除非另有指示,否则本文中的所有百分比均为重量百分比。)根据又一个非限制性实施例,进料240经选择以提供具有以下中的一种的化学组成的熔化材料:商业纯镍、镍合金(例如,合金718,其具有UNS N07718中所规定的组成)、商业纯锆、锆合金(例如,Zr 704合金,其具有UNS R60704中所规定的组成)、商业纯铌、铌合金(例如,ATI Nb1Zr™合金(3型和4型),其具有UNS R04261中所规定的组成)、商业纯钽、钽合金(例如,钽-10%钨合金,其具有UNS 20255中所规定的组成)、商业纯钨和钨合金(例如,90-7-3钨合金)。将理解的是,本文所述的方法和设备并不限于制造具有前述化学组成的材料。反而,可选择原材料以便提供具有所需化学组成和其他所需性质的熔化组合物。在本文中的方法和设备中雾化熔化材料,由此提供雾化成粉末的具有熔化材料化学组成的金属粉末材料。

[0020] 根据某些非限制性实施例,进料240经由进料机构(比如进料槽250)进给到熔化炉220中。根据某些非限制性实施例,进料机构包括振动给料器、斜槽和推送器中的至少一种。在其他非限制性实施例中,进料机构包括可将进料240合适地引到熔化炉220上的任何其他机构。

[0021] 根据某些非限制性实施例,与熔化炉220相关联的第一热源230包括选自以下的至少一种加热装置:等离子体焰炬、电子束发生器、产生电子的另一加热装置、激光器、电弧装置和感应线圈。在一个实例中,第一热源230经调适以使用等离子体焰炬来熔化熔化炉220中的进料240,以由此产生具有所需化学组成的熔化材料260。第一热源230经调适且经定位以将熔化炉220中的进料加热至与进料240的熔化温度(液相线)至少同样高的温度且将那

些材料以熔化状态维持在熔化炉220中。在某些非限制性实施例中,第一热源230加热在熔化炉220中形成的熔化材料以至少部分地精炼所述熔化材料。根据某些非限制性实施例,第一热源230可定位于熔化炉220的上表面以上约100mm至约250mm处。根据其他非限制性实施例,第一热源230包括第一等离子体焰炬,所述第一等离子体焰炬相对于熔化炉220中的熔化材料的顶部表面定位于某一高度处使得由所述第一等离子体焰炬产生的热等离子体羽的边缘合适地加热所述材料。根据某些非限制性实施例,第一热源230的功率级、相对于熔化炉220的位置和其他参数经选择以将熔化炉220中的熔化材料260加热至包含所述材料的液相线直至所述材料的熔点以上约500°C的温度范围。根据另外的实施例,第一热源230的功率级、位置和其他参数经优化以将熔化炉220中的材料过热至包含所述材料的液相线以上约50°C直至所述材料的所述液相线以上约300°C的温度的温度范围。根据其他实施例,第一热源230的功率级、位置和其他参数经优化以使材料过热至超出所述材料的液相线任何合适度数的温度,只要第一热源230不使所述材料蒸发和/或使所述熔化材料的化学性质以不期望的方式变化即可。

[0022] 根据某些非限制性实施例,雾化炉270经安置以从熔化炉220直接或间接地接纳熔化材料260的至少一部分。一旦熔化且合适地加热,熔化炉220中的熔化材料260便可从熔化炉220排出并直接或间接地传递(例如,穿过至少一个另外的炉)至雾化炉270。雾化炉270从雾化炉270直接或间接地收集熔化材料260,且可在熔化材料260从雾化炉270传递且传递至雾化设备310的雾化喷嘴时容纳熔化材料260的至少一部分,如在下文中进一步阐释。就此而言,雾化炉270充当调节熔化材料260至雾化设备310的流动的用于熔化材料260的“喘振缓冲器”。根据某些非限制性实施例,雾化炉270与熔化炉220安置在熔体室210中。根据其他实施例,雾化炉270不与熔化炉220处于单个室中,而是可位于另一室(诸如邻接室)中。

[0023] 根据各种非限制性实施例,至少一个另外的炉安置于熔化炉220与雾化炉260中间,且熔化材料从熔化炉260传递、穿过所述至少一个另外的炉并进入雾化炉270。这种配置在本文中被描述为涉及熔化材料从熔化炉间接地传递至雾化炉。

[0024] 根据某些非限制性实施例且参考图5,熔化炉220和雾化炉270均为水冷式铜炉。如果存在,则存在于各种非限制性实施例中的一个或多个另外的炉也可以为水冷式铜炉。根据其他非限制性实施例,熔化炉220、雾化炉270和一个或多个另外的炉(若存在)中的至少一种由任何其他合适的材料和部件构成且经冷却或以其他方式调适以防止炉在加热炉中的材料时熔化。根据某些非限制性实施例,熔化材料260的一部分接触熔化炉220的冷却壁且可凝固以形成第一凝壳280,所述第一凝壳防止熔化材料260的剩余部分接触熔化炉220的壁,由此将熔化炉220的壁与熔化材料260隔离。此外,在某些实施例中,熔化材料260的一部分在熔化材料260从熔化炉220流入雾化炉270中时接触雾化炉270的冷却壁且可在所述壁上凝固以形成第二凝壳290,所述第二凝壳防止熔化材料260的剩余部分接触雾化炉270的壁,由此将雾化炉270的壁与熔化材料260隔离。在某些非限制性实施例中,一个或多个另外的炉(若存在)可以按类似方式操作以防止熔化材料与炉壁的不期望接触。

[0025] 取决于特定方法或设备200的使用要求或偏好,可在加热熔化炉220、雾化炉270和一个或多个另外的炉(若存在)上的材料时精炼和/或均质化所述材料。例如,在精炼熔化材料时,熔化材料中的高密度固体夹杂物和其他固体污染物可下沉至特定炉中的熔化材料的底部且变得夹带于炉壁上的凝壳中。某些低密度固体夹杂物或其他固体污染物可漂浮于特



定炉中的熔化材料的表面上且通过相关联的热源蒸发。其他低密度固体夹杂物或其他固体污染物可以具平衡浮力并稍微低于熔化材料的表面而悬浮,且溶于炉中的熔化材料中。以此方式,精炼熔化材料260,这是因为固体夹杂物和其他固体污染物从熔化材料260中移除或溶于熔化材料260中。

[0026] 另参考图4,根据图解说明的非限制性实施例,至少一个另外的炉292定位于熔化炉220与雾化炉270之间。熔化炉220上的熔化材料260的至少一部分在传递至雾化炉270之前传递穿过一个或多个另外的炉292。在某些非限制性实施例中,另外的炉292可用于以下操作中的至少一种:精炼熔化材料260和均质化熔化材料260。“精炼”和“均质化”是技术术语且将容易被金属粉末材料制造领域的普通技术人员理解。一般而言,与炉部件相关,精炼可涉及移除、溶解或捕获来自炉中的熔化材料的杂质或不期望成分,并防止杂质或不期望成分进入下游。均质化可涉及混合或共混熔化材料使得所述材料具有更均匀的组成。根据某些非限制性实施例,一个或多个另外的炉292与熔化炉220和雾化炉270串联定位,以提供呈大体直线或呈选自大体锯齿形路径、大体L形路径和大体C形路径的替代形状的熔化材料260流动路径。根据某些非限制性实施例,另外的热源(未示出)与另外的炉292中的一个或多个相关联。根据某些非限制性实施例,另外的热源包含选自以下的一种或多种加热装置:等离子体焰炬、电子束发生器、产生电子的另一加热装置、激光器、电弧装置和感应线圈。

[0027] 根据某些非限制性实施例,第二热源300经调适以加热雾化炉270中的熔化材料260。根据某些非限制性实施例,第二热源300包括选自以下的至少一个热源:等离子体焰炬、电子枪、产生电子的加热装置、激光器、电弧和感应线圈。第二热源300经定位以将雾化炉270中的熔化材料的顶部表面加热至与所述材料的熔化温度(液相线)至少同样高的温度。根据某些非限制性实施例,第二热源300可定位于雾化炉270以上约100mm至约250mm处。根据某些非限制性实施例,第二热源300包括等离子体焰炬,所述离子体焰炬相对于雾化炉270上的熔化材料的顶部表面定位于某一高度处使得热等离子体羽的边缘合适地加热所述材料。根据某些非限制性实施例,第二热源300的功率级、相对于雾化炉270的位置和其他参数经选择以使雾化炉270上的材料过热至所述材料的液相线以上约50°C至所述材料的液相线以上约400°C的温度范围。根据另外的实施例,第二热源300的功率级、位置和其他参数经优化以使雾化炉270上的材料过热至所述材料的液相线以上约100°C至所述材料的所述液相线以上约200°C的温度范围。根据其他实施例,第二热源300的功率级、位置和其他参数经优化以使材料过热至超过液相线任何合适度数的温度,只要第二热源300不使所述材料蒸发和/或使所述熔化材料的化学性质以不期望的方式变化即可。

[0028] 根据某些非限制性实施例,雾化设备310包括经调适以形成熔化材料260的小滴喷雾的雾化喷嘴,且传送单元320在雾化设备310的上游。例如,传送单元320可将熔化材料直接传递至雾化喷嘴。传送单元320耦接至雾化炉270和雾化设备310。第二热源300被设计成使流入传送单元320中的熔化材料260保持在熔化状态,且传送单元320经调适以将熔化材料260的至少一部分以熔化状态从雾化炉270传递至雾化设备310。虽然在图解说明的设备200中仅包括单个传送单元与单个雾化设备的组合,但是预期,包括多个雾化设备(诸如多个雾化喷嘴)的实施例可能是有利的。例如,在采用在雾化炉270下游的多个传送单元320和一个或多个雾化喷嘴或其他雾化设备310的设备中,可增加过程速率且可降低材料制造成

本。

[0029] 参考图5,根据所图解说明的非限制性实施例,传送单元320为冷感应引导件(CIG)。图6图解说明根据本发明的另一个非限制性实施例的设备200'。设备200'的传送单元320包含感应引导件382,所述感应引导件除CIG 388之外任选包括倾注凹槽384和分段感应模具386。在设备200'的图解说明的非限制性实施例中,另外的热源390与倾注凹槽384和分段感应模具386相关联。

[0030] 传送单元320通过保护熔化材料260免受外部环境影响而维持在熔化炉220中产生且从雾化炉270传递至雾化设备310的熔化材料260的纯度。传送单元也可经构造成保护熔化材料免受可因使用常规雾化喷嘴而导致的氧化物的污染。传送单元320也可用于对熔化材料260从雾化炉270至雾化设备310的流动进行计量,如在下文中进一步阐释。普通技术人员在考虑到本说明书后将能够提供能够在雾化炉与雾化设备之间可控地传送熔化材料260(维持在熔化状态)的传送单元和相关设备的各种可能的替代设计,如在本发明的设备和方法的实施例中所采用的。可并入本公开的方法和设备中的所有此类传送单元设计均包括在本发明内。

[0031] 根据某些非限制性实施例,传送单元320包含毗邻雾化炉270的入口330和毗邻雾化设备310的出口340,且一个或多个导电线圈350定位于入口330处。电流源(未示出)与导电线圈350选择性电连接以加热熔化材料260且引发熔化材料260的至少一部分向雾化设备310的流动。根据某些非限制性实施例,导电线圈350经调适以将熔化材料260加热至在所述材料的液相线直至所述液相线以上500°C的范围内的温度。

[0032] 根据某些非限制性实施例,传送单元320包括用于接纳熔化材料260的熔体容器360,且传送单元320的传送区域被构造成包括经构造成从熔体容器360接纳熔化材料260的通路370。通路370的壁由多个液冷式金属段界定。根据某些非限制性实施例,传送单元320包括定位于出口340处的一个或多个导电线圈380。线圈380通过使合适的冷却剂(诸如水或另一导热流体)循环穿过与出口340相关联的导管而冷却。熔化材料260的一部分接触传送单元320的通路370的冷却壁且可凝固以形成凝壳,所述凝壳将壁与熔化材料260的其余部分的接触隔离。炉壁的冷却和凝壳的形成确保熔体不被形成传送单元320的内壁的材料污染。

[0033] 在熔化材料260正从传送单元320的熔体容器360流动穿过通路370的时间期间,电流以足以感应加热熔化材料260且维持其熔化形式的强度传递穿过导电线圈380。线圈380充当感应加热线圈且可调整地加热传递穿过传送单元320的出口340的熔化材料260。根据某些非限制性实施例,导电线圈380经调适以将熔化材料260加热至在所述材料的液相线以上50°C直至所述液相线以上400°C的范围内的温度。在另外的实施例中,导电线圈380经调适以将熔化材料260加热至在所述材料的液相线温度直至所述液相线以上500°C的范围内的温度。根据某些其他非限制性实施例,导电线圈380经调适以选择性地防止熔化材料260传递至雾化设备310。

[0034] 根据某些非限制性实施例,熔化材料260的至少一部分连续地传递至雾化设备310。在此类非限制性实施例中,熔化材料260从熔化炉220连续地流动至雾化炉270、穿过传送单元320、离开传送单元320的出口340,且传递至雾化设备310中。在某些非限制性实施例中,熔化材料260向雾化炉270的流动可以是不连续的(即,具有开始和停止)。在各种非限制

性实施例中,熔化材料260从熔化炉220流动穿过至少一个另外的炉,流向雾化炉270,穿过传送单元320,离开传送单元320的出口340,且传递至雾化设备310中。根据某些非限制性实施例,雾化设备310包括含有多个等离子体雾化焰炬的雾化喷嘴,这些等离子体雾化焰炬会聚于一点且形成熔化材料260的小滴喷雾。根据另外的非限制性实施例,雾化喷嘴包括三个等离子体焰炬,它们均等地分布以界定彼此之间约 $120^\circ$ 的角度。在此类实施例中,等离子体焰炬中的每一个还可以经定位以相对于雾化喷嘴的轴线形成 $30^\circ$ 的角度。根据某些非限制性实施例,雾化设备310包括雾化喷嘴,所述雾化喷嘴包括由在20kW至40kW的功率范围内操作的D.C.枪产生的等离子体射流。根据某些非限制性实施例,雾化设备310包括雾化喷嘴,所述雾化喷嘴形成将熔化材料260分散以形成小滴喷雾的至少一个气体射流。

[0035] 所得的小滴喷雾被引导至收集器400中。根据某些非限制性实施例,收集器400相对于雾化喷嘴或其他雾化设备310的位置是可调整的。雾化点与收集器400之间的距离可控制沉积在收集器400中的材料中的固体分数。因此,当沉积材料时,可调整收集器400相对于雾化喷嘴或其他雾化设备310的位置,使得合适地维持收集器400中的所收集材料的表面与雾化喷嘴或其他雾化设备310之间的距离。根据某些非限制性实施例,收集器400选自室、模具和旋转心轴。例如,在某些非限制性实施例中,当将材料沉积到收集器400中时,收集器400可以旋转以较佳地确保小滴均匀地沉积在收集器400的表面上。

[0036] 虽然对设备200的前述说明将熔化炉220、雾化炉270、雾化设备310、传送单元320和收集器400称为串联设备的相对离散的单元或部件,但是将理解的是,设备200不必以这种方式构造。不是由离散、可断开连接的熔化(和/或熔化/精炼)单元、传送单元、雾化单元和收集器单元构造而成,根据本公开的设备(诸如设备200)也可包括这样的元件或区域:其提供那些单元中的每一种的基本特征,但不能解构成离散和可单独操作的设备或单元。因此,随附权利要求书中对熔化炉、雾化炉、雾化设备、传送单元和收集器的提及不应被解释为意味着此类不同的单元可在不损失可操作性的情况下与所要求保护的设备分离。

[0037] 在某些非限制性实施例中,本文中所公开的根据方法的各种非限制性实施例或通过设备的各种非限制性实施例制造的金属粉末材料包含10微米至150微米的平均粒度。在某些非限制性实施例中,本文中所公开的根据方法的各种非限制性实施例或通过设备的各种非限制性实施例制造的金属粉末材料具有40微米至120微米的粒度分布(即,基本上所有粉末粒子的粒度均在40微米至120微米的范围内)。具有40微米至120微米的粒度分布的金属粉末材料在电子束增材制造应用中是尤其有用的。在某些非限制性实施例中,本文中所公开的根据方法的各种非限制性实施例或通过设备的各种非限制性实施例制造的金属粉末材料具有15微米至45微米的粒度分布(即,基本上所有粉末粒子的粒度均在15微米至45微米的范围内)。具有15微米至45微米的粒度分布的金属粉末材料在激光器增材制造应用中是尤其有用的。根据某些非限制性实施例,金属粉末材料包括球形粒子。在某些其他非限制性实施例中,金属粉末材料的至少一部分具有其他几何形式,包括但不限于薄片、碎屑、针状物及其组合。

[0038] 根据某些非限制性实施例,金属粉末材料具有无法轻易通过常规铸锭冶金(例如,熔化和铸造技术)产生的组成。也就是说,本文已阐述的方法可以能够利用将极易离析或具有防止其通过常规铸锭冶金而铸造的性质的组合物来制造金属粉末材料。根据某些非限制性实施例,基于总粉末材料重量,金属粉末材料的硼含量大于10ppm。在常规铸锭熔化和铸

造中,10ppm以上的硼含量可产生有害的硼化物。相比而言,本文所述的方法的各种非限制性实施例允许在不表现出不可接受的有害相位或性质的情况下制造硼含量大于10ppm的金属粉末材料。这扩展了可制造金属粉末材料组合物的可能性。

[0039] 根据本发明的方法和设备制成的金属粉末材料可具有使用本发明方法和设备合适地制成的任何组合物。根据某些非限制性实施例,金属粉末材料具有以下中的一种的化学组成:商业纯钛、钛合金(例如,Ti-6Al-4V合金,其具有UNS R56400中所规定的组成)和铝化钛合金(例如,Ti-48Al-2Nb-2Cr合金)。根据另一个非限制性实施例,金属粉末材料具有按重量计包含约4%的钒、约6%的铝且其余部分为钛和杂质的化学组成材料。(除非另有指示,否则本文中所有百分比均为重量百分比。)根据又一个非限制性实施例,金属粉末材料具有以下中的一种的化学组成:商业纯镍、镍合金(例如,合金718,其具有UNS N07718中所规定的组成)、商业纯锆、锆合金(例如,Zr 704合金,其具有UNS R60704中所规定的组成)、商业纯铌、铌合金(例如,ATI Nb1Zr™合金(3型和4型),其具有UNS R04261中所规定的组成)、商业纯钽、钽合金(例如,钽-10%钨合金,其具有UNS 20255中所规定的组成)、商业纯钨和钨合金(例如,90-7-3钨合金)。将理解的是,本文所述的方法和设备并不限于制造具有前述化学组成的金属粉末材料。相反,可选择原材料以便提供具有所需化学组成和其他所需性质的金属粉末材料。

[0040] 可通过用于由冶金粉末形成制品的热等静压技术和其他合适的常规技术将根据本发明方法和/或使用本发明设备制成的金属粉末材料制成金属(例如,金属和金属合金)制品。普通技术人员在考虑到本发明后将容易地了解此类其他合适的技术。

[0041] 虽然前述说明已必要地展示了仅有限数量的实施例,但相关领域的普通技术人员将了解,可由本领域的技术人员对已在本文中阐述并图解说明的实例的方法和设备及其他细节作出各种改变,且所有此类修改将保持在如本文及随附权利要求书中所表述的本发明的原理和范围内。因此,应当理解,本发明并不限于本文所公开或包括的特定实施例,而是意欲涵盖在由权利要求书所界定的本发明的原理和范围内的修改。本领域的技术人员还将理解,可在不背离本发明的宽广发明概念的情况下对以上实施例作出改变。

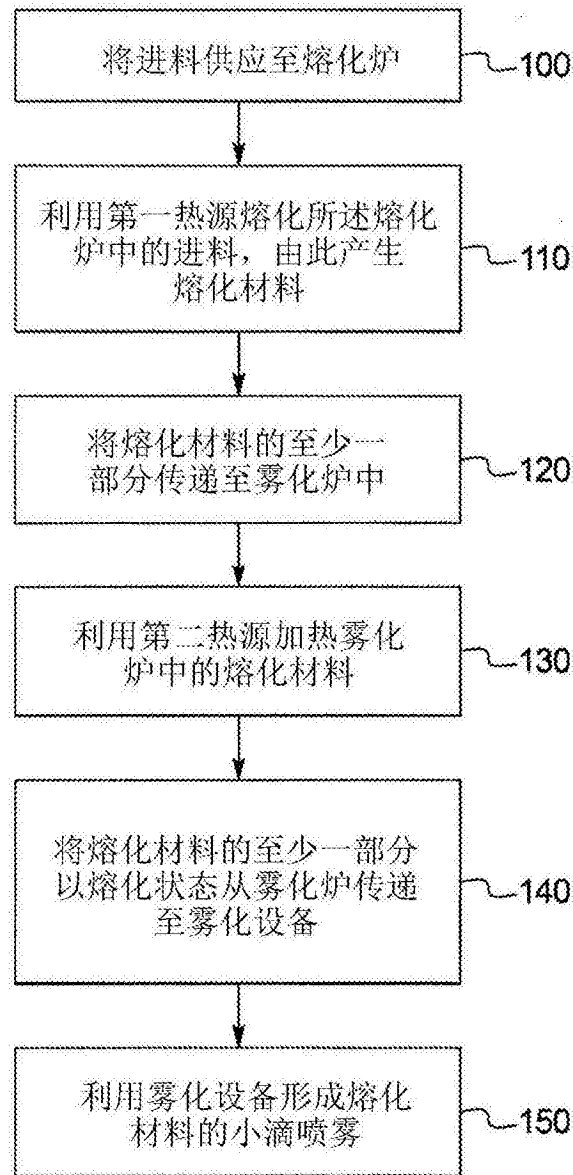


图1

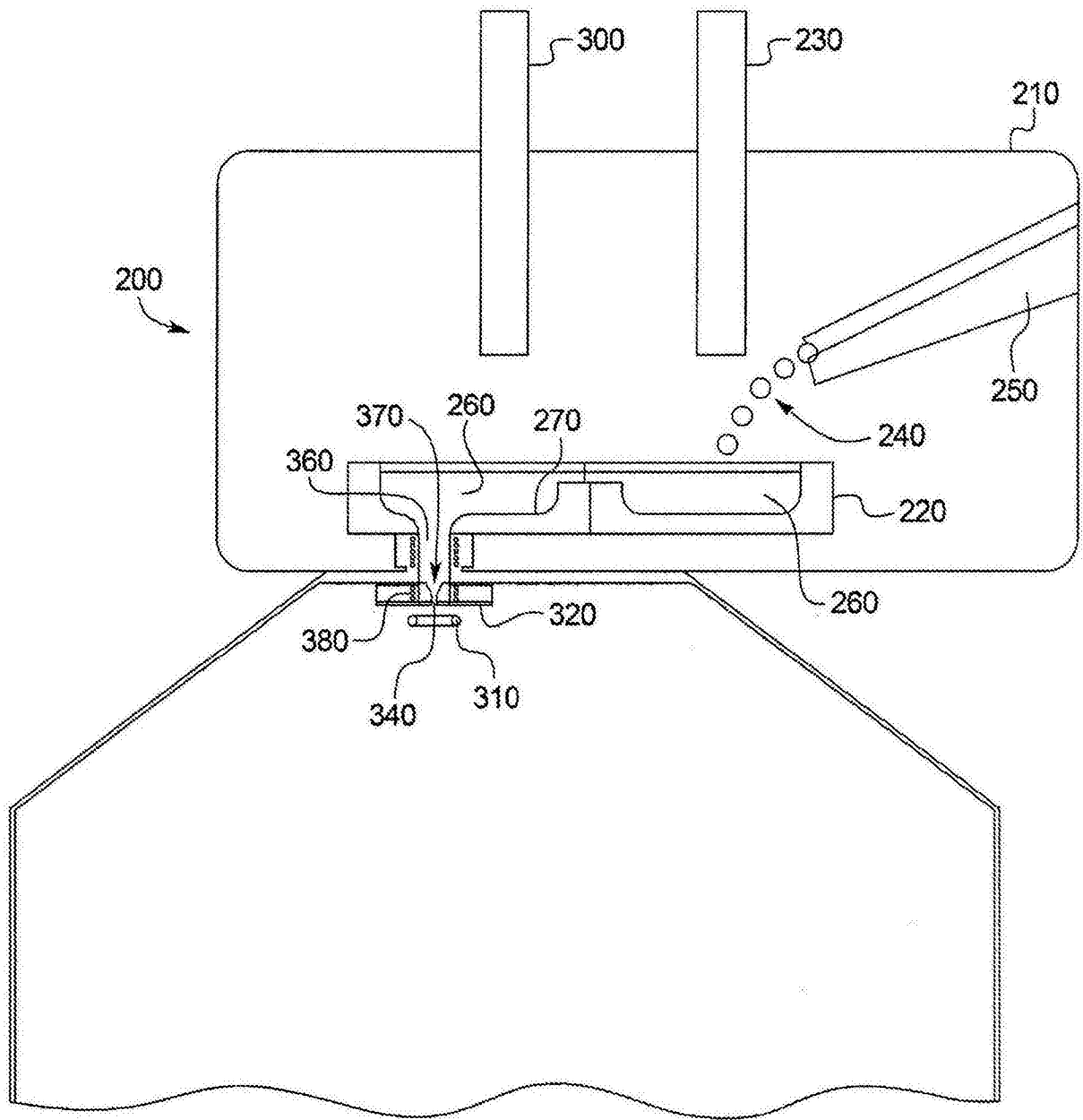


图2

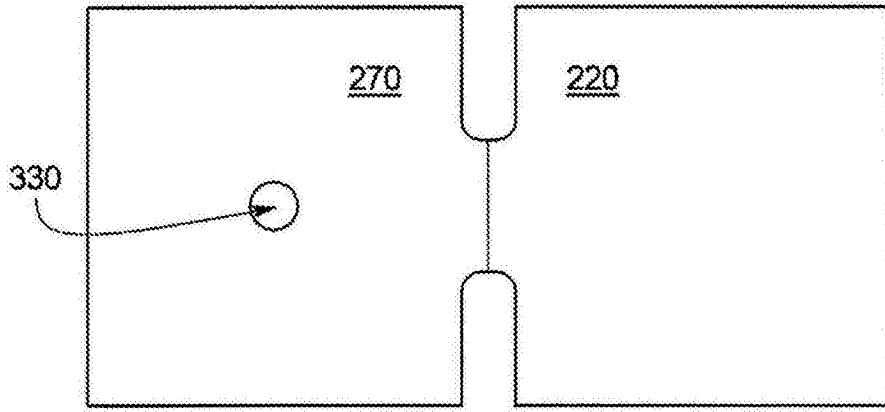


图3

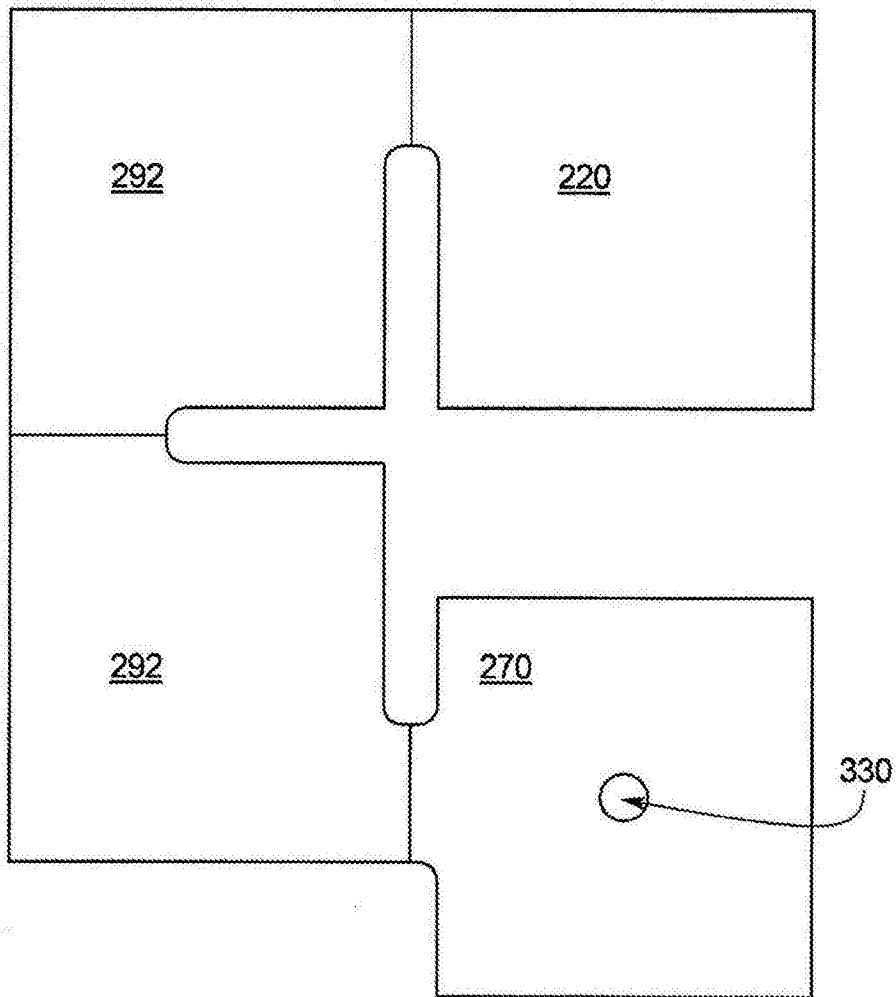


图4

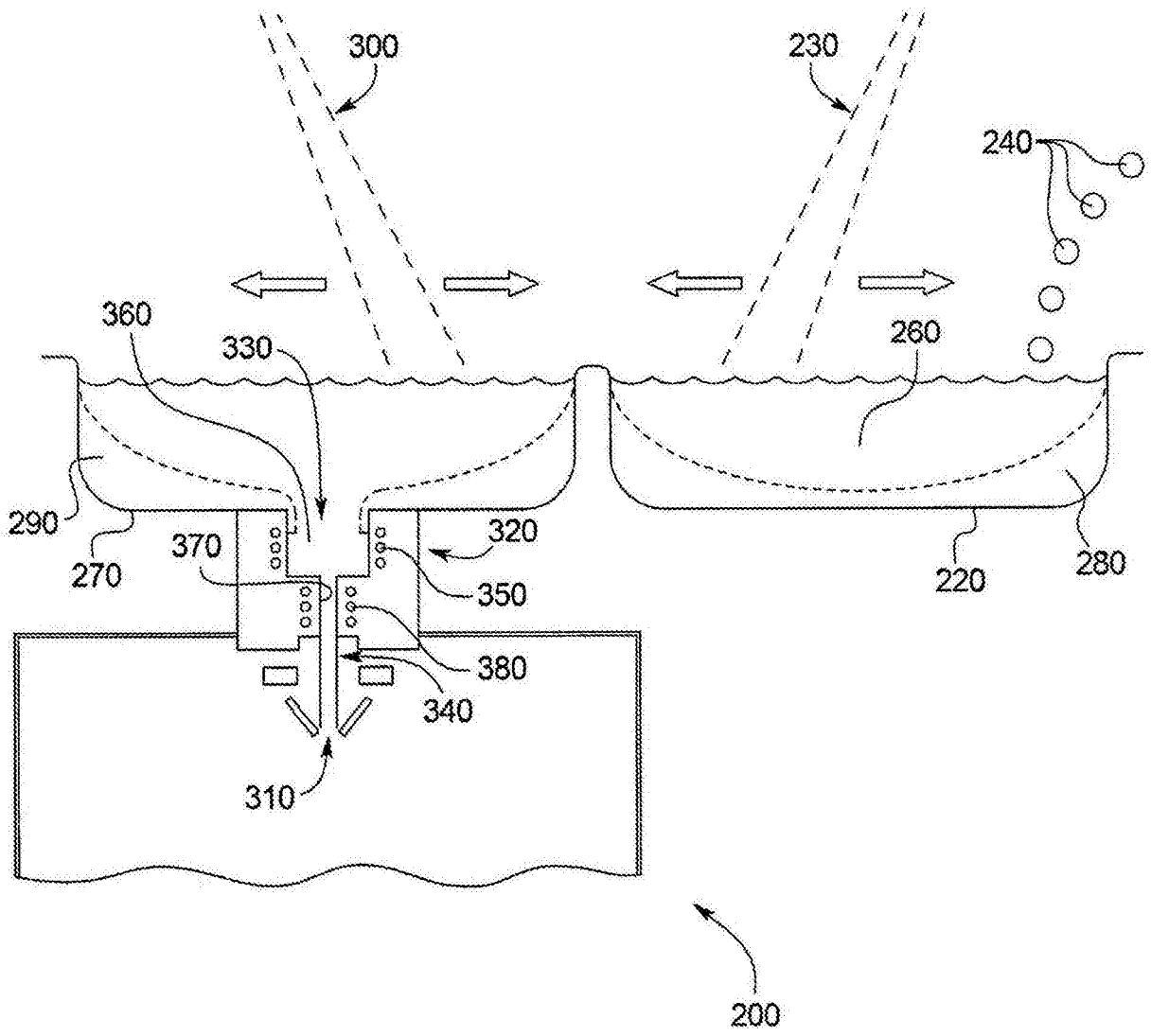


图5



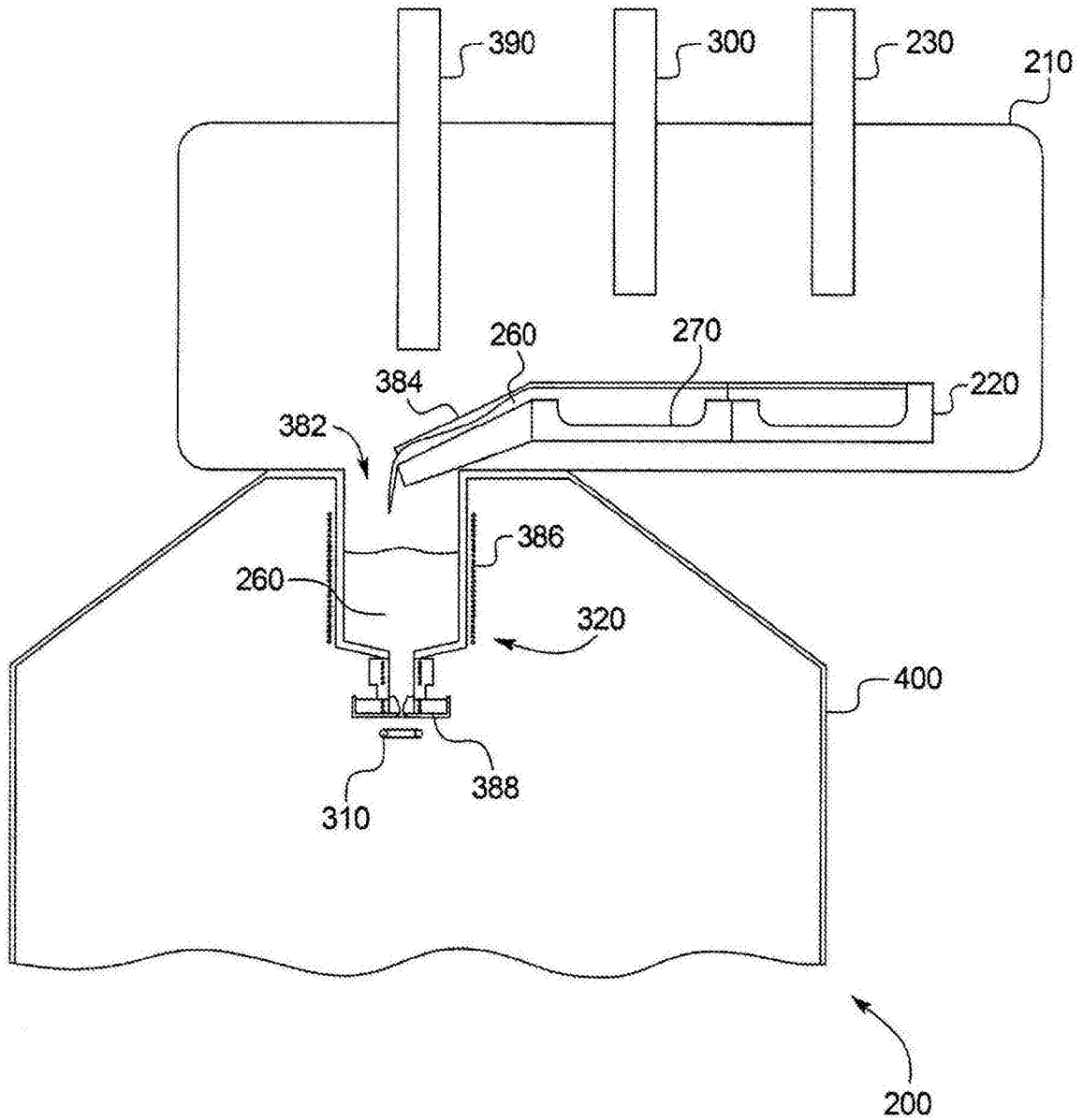


图6