



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 111727095 A

(43) 申请公布日 2020.09.29

(21) 申请号 201980013688.8

(74) 专利代理机构 北京市中伦律师事务所
11410

(22) 申请日 2019.02.12

代理人 杨黎峰 王丽

(30) 优先权数据

62/631,286 2018.02.15 US

(51) Int.Cl.

B22F 9/08 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2020.08.14

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/CA2019/050176 2019.02.12

(87) PCT国际申请的公布数据

W02019/157594 EN 2019.08.22

(71) 申请人 伍恩加有限公司

地址 加拿大魁北克

(72) 发明人 S·圣劳伦特 S·陈 H·李

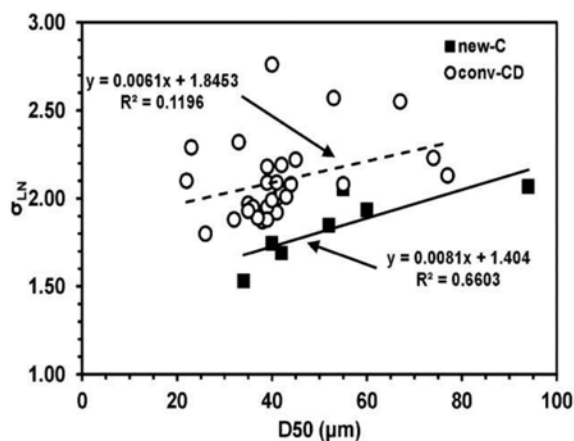
权利要求书4页 说明书13页 附图7页

(54) 发明名称

高熔点金属或合金粉末雾化制造方法

(57) 摘要

提供了高熔点金属或合金粉末雾化制造方法,包括:通过进料管提供高熔点金属或合金的熔体;使熔体相对于进料管的中心轴线以转向角转向以获得转向的熔体;将转向的熔体引至雾化区域;以及向雾化区域提供至少一种雾化气流。可以在用于雾化过程的雾化室内在水的存在下进行雾化过程。



1. 一种高熔点金属或合金粉末雾化制造方法,包括:
通过进料管提供所述高熔点金属或合金的熔体;
使所述熔体相对于进料管的中心轴线以转向角转向以获得转向的熔体;
将所述转向的熔体引至雾化区域;和
向所述雾化区域提供至少一种雾化气流,
在用于雾化过程的雾化室内在水的存在下进行所述雾化过程。
2. 一种高熔点金属或合金粉末雾化制造方法,包括:
通过进料管提供所述高熔点金属或合金的熔体;
通过转向器将所述熔体输送至雾化区域;
向所述雾化区域提供至少一种雾化气流;
将水输送到用于雾化过程的雾化室中,其中,在将所述熔体输送至所述雾化区域之前,
使所述熔体相对于所述进料管的中心轴线以转向角在所述转向器中转向。
3. 一种高熔点金属或合金粉末雾化制造方法,包括:
通过进料管提供所述高熔点金属或合金的熔体;
将所述熔体引至雾化区域;以及向所述雾化区域提供至少一种平均气体速度为至少
300m/s的雾化气流,其中在所述雾化区域中,雾化气体与所述高熔点金属的比例为约
5000cm³气体/cm³待雾化金属至约40000cm³气体/cm³待雾化金属,从而提供平均粒径小于50
微米且几何标准偏差低于约2.2的粉末分布。
4. 一种高熔点金属或合金粉末雾化制造方法,包括:
通过进料管提供所述高熔点金属或合金的熔体;
任选地使所述熔体相对于所述进料管的中心轴线以转向角转向,以获得任选地转向的
熔体;
将所述任选地转向的熔体引至雾化区域;和
向所述雾化区域提供至少一种具有至少300m/s的速度的雾化气流,其中在所述雾化区
域中,雾化气体与所述高熔点金属的比例为约5000cm³气体/cm³待雾化金属至约40000cm³气
体/cm³待雾化金属,从而提供几何标准偏差低于约2.2的粉末粒径分布。
5. 根据权利要求1、2或4中任一项所述的方法,其中,所述转向角(90-β)为约30度至约
70度。
6. 根据权利要求1、2或4中任一项所述的方法,其中所述转向角为约10度至约90度。
7. 根据权利要求1至4中任一项所述的方法,其中,所述雾化气体与所述熔体之间形成
的角度为约10度至约90度。
8. 根据权利要求1至4中任一项所述的方法,其中,所述雾化气体与所述熔体之间形成
的角度为约40度至约90度。
9. 根据权利要求1至8中任一项所述的方法,其中,所述方法包括提供高熔点金属。
10. 根据权利要求9的方法,其中所述高熔点金属的熔点为约500℃至约1800℃。
11. 根据权利要求8至10中任一项所述的方法,其中,在所述雾化区域中,所述雾化气体
与所述高熔点金属的比例为约15000cm³气体/cm³待雾化金属至约30000cm³气体/cm³待雾化
金属。
12. 根据权利要求8至10中任一项所述的方法,其中,在所述雾化区域中,所述雾化气体

与所述高熔点金属的比例为约 5000cm^3 气体/ cm^3 待雾化金属至约 40000cm^3 气体/ cm^3 待雾化金属。

13. 根据权利要求1至12中任一项所述的方法,其中所述高熔点金属是选自Al、Fe、Ni、Co、Cr、Mn、Si、Ti、Ag、Cu、Mo、Pt、Pd和Au中的元素。

14. 根据权利要求1至12中任一项所述的方法,其中所述高熔点金属是选自Al、Fe、Ni、Co、Cr、Mn、Si、Ti、Ag、Cu、Mo、Pt、Pd、Au和Sn中的元素。

15. 根据权利要求1至12中任一项所述的方法,其中所述高熔点金属是Cu。

16. 根据权利要求1至8中任一项所述的方法,其中,所述方法包括提供高熔点合金。

17. 根据权利要求16所述的方法,其中所述高熔点合金的液相线为约 500°C 至约 1800°C 。

18. 根据权利要求16所述的方法,其中所述高熔点合金的液相线为约 500°C 至约 1500°C 。

19. 根据权利要求13至18中任一项所述的方法,其中雾化气体与所述高熔点合金的比例为约 15000cm^3 气体/ cm^3 金属至约 30000cm^3 气体/ cm^3 金属。

20. 根据权利要求13至18中任一项所述的方法,其中雾化气体与所述高熔点合金的比例为约 5000cm^3 气体/ cm^3 金属至约 40000cm^3 气体/ cm^3 金属。

21. 根据权利要求16至20中任一项所述的方法,其中所述高熔点合金包含选自Al、Fe、Ni、Co、Cr、Mn、Si、Ti、Ag、Cu、Mo、Pt、Pd和Au中的至少一种元素。

22. 根据权利要求16至20中任一项所述的方法,其中,所述高熔点合金包含选自Al、Fe、Ni、Co、Cr、Mn、Si、Ti、Ag、Cu、Mo、Pt、Pd、Au和Sn中的至少一种元素。

23. 根据权利要求16至20中任一项所述的方法,其中,所述高熔点合金包含Cu和Sn。

24. 根据权利要求16至20中任一项所述的方法,其中,所述高熔点合金包含Cu。

25. 根据权利要求16至20中任一项所述的方法,其中,所述高熔点合金包含Sn。

26. 根据权利要求16至20中任一项所述的方法,其中,所述高熔点合金基本上由Cu和Sn组成。

27. 根据权利要求16至20中任一项所述的方法,其中,所述高熔点合金由Cu和Sn组成。

28. 根据权利要求1至27中任一项所述的方法,其中,所述雾化气流的速度为约 300m/s 至约 700m/s 。

29. 根据权利要求1至27中任一项所述的方法,其中,所述雾化气流的速度为约 450m/s 至约 600m/s 。

30. 根据权利要求1至27中任一项所述的方法,其中,所述雾化气流具有超音速。

31. 根据权利要求1至30中任一项所述的方法,其中,所述雾化气体通过至少一个相对于雾化头以非垂直方式定向的进气口被输送至所述雾化头,所述进气口在所述气体离开之前在所述雾化头中提供涡旋运动。

32. 根据权利要求1至30中任一项所述的方法,其中,通向所述雾化头的至少两个进气口相对于所述进料管的所述中心轴线偏移,从而在所述雾化区域中围绕所述中心轴线产生动态旋转效应。

33. 根据权利要求1至32中任一项所述的方法,从而提供几何标准偏差低于2.2或为约2.2的粉末粒径分布。

34. 根据权利要求1至32中任一项所述的方法,从而提供几何标准偏差为约1.5至约2.0的粉末粒径分布。

35. 根据权利要求1至34中任一项所述的方法,其中所述雾化室包含约0%至约20%的氧气。

36. 根据权利要求1至30中任一项所述的方法,其中所述水包含至少一种添加剂以降低所述水的氧化还原电势。

37. 根据权利要求1至36中任一项所述的方法,其中在雾化之前已经降低了所述水的氧化还原电势。

38. 根据权利要求1至36中任一项所述的方法,其中降低在所述雾化室中使用的所述水的温度,以减少所述雾化过程中的粉末氧化。

39. 根据权利要求1至38中任一项所述的方法,其中,通过至少一个熔体转向通道使所述高熔点金属的所述熔体转向,并且在所述进料管的所述中心轴线与所述至少一个熔体转向通道之间形成所述转向角。

40. 根据权利要求1至38中任一项所述的方法,其中,通过至少两个熔体转向通道使所述合金熔体转向,并且在所述进料管的所述中心轴线与所述至少两个熔体转向通道之间形成所述转向角。

41. 根据权利要求1至40中任一项所述的方法,其中将至少一股水射流喷射到所述雾化室中。

42. 根据权利要求41中任一项所述的方法,其中将所述至少一股水射流喷射在所述雾化室的至少一个壁上。

43. 根据权利要求1至42中任一项所述的方法,从而提供平均粒径小于约 $50\mu\text{m}$ 的粉末。

44. 根据权利要求1至42中任一项所述的方法,从而提供平均粒径小于约 $35\mu\text{m}$ 的粉末。

45. 根据权利要求1至42中任一项所述的方法,从而提供平均粒径为约 $10\mu\text{m}$ 至约 $50\mu\text{m}$ 的粉末。

46. 根据权利要求1至42中任一项所述的方法,从而提供一种粉末,其中至少约70%的所述粉末的平均粒径小于约 $50\mu\text{m}$ 。

47. 根据权利要求1至42中任一项所述的方法,从而提供一种粉末,其中至少约80%的所述粉末的平均粒径小于约 $50\mu\text{m}$ 。

48. 根据权利要求1至42中任一项所述的方法,从而提供一种粉末,其中至少约85%的所述粉末的粒径小于约 $50\mu\text{m}$ 。

49. 根据权利要求1至42中任一项所述的方法,从而提供一种粉末,其中至少约70%的所述粉末具有约 $1\mu\text{m}$ 至约 $40\mu\text{m}$ 的粒径。

50. 根据权利要求1至42中任一项所述的方法,从而提供一种粉末,其中至少约75%的所述粉末具有约 $1\mu\text{m}$ 至约 $40\mu\text{m}$ 的平均粒径。

51. 根据权利要求1至42中任一项所述的方法,从而提供一种粉末,其中至少约80%的所述粉末具有约 $1\mu\text{m}$ 至约 $40\mu\text{m}$ 的平均粒径。

52. 根据权利要求1至51中任一项所述的方法,其中将所产生的粉末真空干燥以避免粉末氧化。

53. 根据权利要求1至52中任一项所述的方法,其中,在干燥阶段之前,将所产生的粉末

用有机溶剂洗涤以除去大部分水。

54. 一种用于制造高熔点金属或合金粉末的雾化装置,所述装置包括:

进料管,所述进料管用于提供所述高熔点金属或合金的熔体;

转向器,所述转向器与所述进料管流体流动连通,用于使所述熔体相对于所述进料管的中心轴线以转向角转向以获得转向的熔体,并将所述转向的熔体引至所述雾化装置的雾化区域;

至少一个雾化气体喷射器,所述至少一个雾化气体喷射器用于向位于所述雾化室内部的所述雾化区域提供至少一种雾化气流;和

至少一个进水口,所述至少一个进水口用于在所述雾化装置的雾化室内提供水。

55. 根据权利要求54所述的雾化装置,其中,所述转向器包括熔体转向导管,所述熔体转向导管相对于所述进料管的中心轴线以转向角定向。

56. 根据权利要求54所述的雾化装置,其中,所述转向器包括至少两个熔体转向导管,所述至少两个熔体转向导管中的每个相对于所述进料管的中心轴线以转向角定向。

57. 根据权利要求54至56中任一项所述的雾化装置,还包括至少一个进气口,所述至少一个进气口不垂直于雾化头,以在所述雾化头中提供涡旋运动并在所述雾化区域和所述雾化室中提供动态旋转运动。

58. 根据权利要求54至56中任一项所述的雾化装置,其中,至少一个非垂直的进气口在所述雾化头中产生循环流动,从而在所述雾化区域和所述雾化室中导致气体的动态旋转运动。

59. 根据权利要求54至56中任一项所述的雾化装置,其中,至少两个进气口不垂直于所述雾化头,从而在所述雾化头中产生涡旋效应,并且在所述雾化区域和所述雾化室中产生动态旋转效应。

60. 根据权利要求54至56中任一项所述的雾化装置,其中,所述至少一个进水口位于所述雾化室内部。

61. 根据权利要求54至60中任一项所述的雾化装置,其中,所述至少一个进水口适于提供用于冷却所述粉末的水。

62. 根据权利要求54至60中任一项所述的雾化装置,其中,所述至少一个进水口适于提供用于将所述粉末输送至筛分/干燥区域的水。

63. 根据权利要求54至60中任一项所述的雾化装置,其中,所述至少一个进水口适于提供用于促进所述粉末的分选/筛分的水。

高熔点金属或合金粉末雾化制造方法

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于2018年2月15日提交的美国临时申请No. 62/631,286的优先权。该文献通过引用以其整体合并于此。

技术领域

[0003] 本公开的领域涉及应用于电子工业、金属注射成型、热喷涂、热喷涂焊接、3D打印和催化剂材料的细金属粉末的生产。

背景技术

[0004] 可以合成许多具有优异的物理和化学性质的新材料,但仍然难以通过常规方法(铸造/加工)以工业规模经济地进行生产。这些材料中的一些是通过以下可替代技术合成或沉积而成的:例如金属注射成型、3D打印、热喷涂以及其它要求粉末具有特定尺寸分布、球形度和物理性质的技术。电子器件和部件在尺寸方面也已被显著减小,并且它们还在用于应用含有金属粉的导电材料的焊锡膏或油墨的配方中需要细金属粉。简而言之,技术正在进步,并且为了能够实现更多创新型散料、涂层、导电层、金属化应用和金属成形应用,对尺寸分布相对细和尺寸分布相对紧密的金属粉末的需求日益增长。在其中也使用了选定的贵金属或具有多种氧化态的金属的催化材料中还可可见细粉的其它一些应用。在该后一种情况下,可以生产金属细粉并将其分散在介质上,以一起用作催化材料。对于此类应用,常见的是需要或要求的粒径分布大多小于50微米甚至小于20微米。

[0005] 细金属粉末还有多种其它应用,例如金属注射成型、热喷涂、热喷涂焊接、3D打印等。

[0006] 常规技术(雾化、离心崩解、水雾化…)可以生产细粉,但是用这些技术难以从金属或合金中获得颗粒的较小的粒径、关于尺寸分布的低标准偏差和球形。根据这些技术,这通常导致具有限定的尺寸分数的所生产的粉末的低回收率。

发明内容

[0007] 本公开描述了一种具有高熔点的金属粉末的新生产方法。该方法生产粒径标准偏差小的细球形粉末。

[0008] 在第一方面,提供了一种高熔点金属或合金粉末的雾化制造方法,包括:

[0009] 通过进料管提供所述高熔点金属或合金的熔体;

[0010] 使所述熔体相对于进料管的中心轴线以转向角转向以获得转向的熔体;

[0011] 将转向的熔体引至雾化区域;以及

[0012] 向雾化区域提供至少一种雾化气流,

[0013] 可以在用于雾化过程的雾化室内在水的存在下进行所述雾化过程。

[0014] 在第二方面,提供了一种高熔点金属或合金粉末的雾化制造方法,包括:

[0015] 通过进料管提供所述高熔点金属或合金的熔体;

- [0016] 通过转向器将所述熔体输送至雾化区域；
- [0017] 向雾化区域提供至少一种雾化气流；
- [0018] 将水输送到用于所述雾化过程的雾化室中，其中，在将熔体输送到雾化区域之前，使所述熔体相对于进料管的中心轴线以转向角在转向器中转向。
- [0019] 第三方面，提供了一种高熔点金属或合金粉末的雾化制造方法，包括：
- [0020] 通过进料管提供所述高熔点金属或合金的熔体；
- [0021] 将熔体引至雾化区域；以及向所述雾化区域提供至少一种平均气体速度为至少300m/s的雾化气流，其中在所述雾化区域中，雾化气体与高熔点金属的比例为约5000cm³气体/cm³待雾化金属至约40000cm³气体/cm³待雾化金属，从而提供平均粒径小于50微米且几何标准偏差低于约2.2的粉末分布。
- [0022] 在第四方面，提供了一种高熔点金属或合金粉末的雾化制造方法，包括：
- [0023] 通过进料管提供所述高熔点金属或合金的熔体；
- [0024] 任选地使所述熔体相对于进料管的中心轴线以转向角转向，以获得任选地转向的熔体；
- [0025] 将任选地转向的熔体引至雾化区域；和
- [0026] 向雾化区域提供至少一种具有至少300m/s的速度的雾化气流，其中在雾化区域中，雾化气体与高熔点金属的比例为约5000cm³气体/cm³待雾化金属至约40000cm³气体/cm³待雾化金属，从而提供几何标准偏差低于约2.2的粉末粒径分布。

附图说明

- [0027] 为了更好地理解本文所述的各种实施方式，并且为了更清楚地示出这些各种实施方式如何可以被实施生效，将以示例的方式参考示出了至少一个示例性实施方式的附图，其中：
- [0028] 图1是示出根据至少一个实施方式的在雾化过程中涉及的步骤的框图；
- [0029] 图2示出了根据至少一个实施方式的、具有带有用于在雾化区域中提供熔体的转向通道的进料管的雾化喷嘴的示意性侧视图；
- [0030] 图3示出了根据至少一个实施方式的雾化室的立体图，其示出了在进气口上的切向入气口；
- [0031] 图4A和图4B示出了在实施例2中获得的粉末的扫描电子显微镜 (SEM) 图片，其中图4A是指5型粉末 (15 μ m-25 μ m)，图4B是指小于7 μ m的粉末的比例；和
- [0032] 图5A和图5B示出了与参考常规“会聚-发散 (conv-CD)”雾化器相比，新雾化技术 (new-C) 的益处，其中，图5A表明新技术的尺寸分布方面的较低标准偏差，图5B表明在规定的粒径范围内具有较高的收率。

具体实施方式

- [0033] 以非限制性方式提供以下示例。
- [0034] 如本文所用，表述“高熔点金属”是指具有约500℃至约1800℃的熔点温度的金属。
- [0035] 如本文所用，表述“高熔点合金”是指液相线温度为约500℃至约1800℃的合金。
- [0036] 如本文中所使用，程度术语，诸如“约”和“大约”，是指使得最终结果不会显著改变

的所修饰术语的合理偏差量。在该偏差不否定其所修饰的用语的含义的情况下,这些程度术语应被解释为包括至少5%或至少10%的偏差。

[0037] 在理解本公开的范围时,如本文中所使用,术语“包括”及其派生词旨在是开放式术语,其指定了所陈述的特征、元素、组分、基团、整体和/或步骤的存在,但不排除存在其它未陈述的功能、元素、组分、基团、整体和/或步骤。前述内容也适用于具有类似含义的用语,例如术语“包含”、“具有”及其派生词。如本文所用,术语“由...组成”及其派生词旨在是封闭式术语,其指定存在所陈述的特征、元素、组分、基团、整体和/或步骤,但排除存在其它未陈述的功能、元素、组分、基团、整体和/或步骤。如本文所用,术语“基本上由...组成”旨在指定存在所陈述的特征、元素、组分、基团、整体和/或步骤,以及不会实质性影响所述特征、元素、组分、基团、整体和/或步骤的基本和新颖特征那些特征、元素、组分、基团、整体和/或步骤。

[0038] 在细金属粉末的生产中,有多个参数会影响产品质量。用于表征粉末的参数中的一些可以包括平均尺寸分布、尺寸分布的标准偏差、超过/小于预定尺寸的较粗颗粒和较细颗粒的比例、粉末的球形度、金属杂质含量和含氧量。

[0039] 在至少一个实施方式中,转向角($90-\beta$)可以为约30度至约70度。

[0040] 在至少一个实施方式中,转向角可以为约10度至约90度。

[0041] 在至少一个实施方式中,雾化气体与熔体之间形成的角度可以为约10度至约90度。

[0042] 在至少一个实施方式中,雾化气体与熔体之间形成的角度可以为约40度至约90度。

[0043] 在至少一个实施方式中,该方法可以包括提供高熔点金属。

[0044] 在至少一个实施方式中,高熔点金属的熔点可以为约500°C至约1800°C。

[0045] 在至少一个实施方式中,在雾化区域中,雾化气体与高熔点金属的比例可以为约15000cm³气体/cm³待雾化金属至约30000cm³气体/cm³待雾化金属。

[0046] 在至少一个实施方式中,在雾化区域中,雾化气体与高熔点金属的比例可以为约5000cm³气体/cm³待雾化金属至约40000cm³气体/cm³待雾化金属。

[0047] 在至少一个实施方式中,高熔点金属可以是选自Al、Fe、Ni、Co、Cr、Mn、Si、Ti、Ag、Cu、Mo、Pt、Pd、Au的元素。

[0048] 在至少一个实施方式中,高熔点金属可以是选自Al、Fe、Ni、Co、Cr、Mn、Si、Ti、Ag、Cu、Mo、Pt、Pd、Au和Sn的元素。

[0049] 在至少一个实施方式中,高熔点金属是Cu。

[0050] 在至少一个实施方式中,高熔点金属是Sn。

[0051] 在至少一个实施方式中,该方法可以包括提供高熔点合金。

[0052] 在至少一个实施方式中,高熔点合金的液相线可以为约500°C至约1800°C。

[0053] 在至少一个实施方式中,高熔点合金的液相线可以为约500°C至约1500°C。

[0054] 在至少一个实施方式中,雾化气体与高熔点合金的比例可以为约15000cm³气体/cm³金属至约30000cm³气体/cm³金属。

[0055] 在至少一个实施方式中,雾化气体与高熔点合金的比例可以为约5000cm³气体/cm³金属至约40000cm³气体/cm³金属。

- [0056] 在至少一个实施方式中,高熔点合金可包含选自Al、Fe、Ni、Co、Cr、Mn、Si、Ti、Ag、Cu、Mo、Pt、Pd、Au中的至少一种元素。
- [0057] 在至少一个实施方式中,高熔点合金可包含选自Al、Fe、Ni、Co、Cr、Mn、Si、Ti、Ag、Cu、Mo、Pt、Pd、Au和Sn的至少一种元素。
- [0058] 在至少一个实施方式中,高熔点合金包含Cu。
- [0059] 在至少一个实施方式中,高熔点合金包含Sn。
- [0060] 在至少一个实施方式中,高熔点合金包含Cu和Sn。
- [0061] 在至少一个实施方式中,高熔点合金基本上由Cu和Sn组成。
- [0062] 在至少一个实施方式中,高熔点合金由Cu和Sn组成。
- [0063] 在至少一个实施方式中,雾化气流的速度可以为约300m/s至约700m/s。
- [0064] 在至少一个实施方式中,雾化气流的速度可以为约450m/s至约600m/s。
- [0065] 在至少一个实施方式中,雾化气流可以具有超音速。
- [0066] 在至少一个实施方式中,雾化气体可以通过相对于雾化头以非垂直方式定向的至少一个进气口被输送到雾化头,该进气口在气体离开之前在雾化头中提供涡旋运动。
- [0067] 在至少一个实施方式中,至少两个气体喷射器可以相对于进料管的中心轴线偏移,从而在雾化区域中围绕中心轴线产生动态旋转效果。
- [0068] 在至少一个实施方式中,该方法可以因此提供几何标准偏差小于2.2或为约2.2的粉末粒径分布。
- [0069] 在至少一个实施方式中,该方法可以因此提供具有约1.5至约2.0的几何标准偏差的粉末粒径分布。
- [0070] 在至少一个实施方式中,雾化室可包含约0%至约20%的氧气。
- [0071] 在至少一个实施方式中,水可以包含至少一种添加剂以降低水的氧化还原电势。
- [0072] 在至少一个实施方式中,在雾化之前已经降低了水的氧化还原电势。
- [0073] 在至少一个实施方式中,降低雾化室中使用的水的温度,以减少雾化过程中的粉末氧化。
- [0074] 在至少一个实施方式中,该方法可以因此提供直径为约10微米至约50微米的粉末平均粒径。
- [0075] 在至少一个实施方式中,所述高熔点金属的熔体可以通过至少一个熔体转向通道转向,并且可以在进料管的中心轴线和至少一个熔体转向通道之间形成转向角。
- [0076] 在至少一个实施方式中,合金熔体可以通过至少两个熔体转向通道转向,并且可以在进料管的中心轴线和至少两个熔体转向通道之间形成转向角。
- [0077] 在至少一个实施方式中,可以将至少一股水射流喷射到雾化室中。
- [0078] 在至少一个实施方式中,可将至少一股水射流喷射在雾化室的至少一个壁上。
- [0079] 在至少一个实施方式中,该方法因此可以提供平均粒径小于约50微米的粉末。
- [0080] 在至少一个实施方式中,该方法因此可以提供平均粒径小于约35微米的粉末。
- [0081] 在至少一个实施方式中,可以将所生产的粉末进行真空干燥以避免粉末氧化。
- [0082] 在至少一个实施方式中,可以在干燥阶段之前用有机溶剂洗涤所生产的粉末以除去大部分水。
- [0083] 在第五方面,提供了一种用于制造高熔点金属或合金粉末的雾化装置。该装置可

以包括进料管,其用于提供所述高熔点金属或合金的熔体;以及转向器,其与所述进料管流体流动连通,用于使熔体相对于所述进料管的中心轴线以转向角转向以获得转向的熔体,并将转向的熔体引导至雾化装置的雾化区域;至少一个雾化气体喷射器,用于向位于雾化室内部的雾化区域提供至少一种雾化气流;和至少一个进水口,用于在所述雾化装置的雾化室内提供水。

[0084] 在至少一个实施方式中,转向器可以包括熔体转向导管,该转向导管相对于进料管的中心轴线以转向角定向。

[0085] 在至少一个实施方式中,转向器可包括至少两个熔体转向导管,至少两个熔体转向导管中的每一个均相对于进料管的中心轴线以转向角定向。

[0086] 在至少一个实施方式中,该装置可以包括至少一个进气口,该至少一个进气口不垂直于雾化头,以在雾化头中提供涡旋运动并在雾化区域和雾化室中提供动态旋转运动。

[0087] 在至少一个实施方式中,至少一个非垂直进气口可以在雾化头中产生循环流动,从而在雾化区域和雾化室中导致气体的动态旋转运动。

[0088] 在至少一个实施方式中,至少两个进气口可以不垂直于雾化头,从而在雾化头中产生涡旋效应,并在雾化区域和雾化室中产生动态旋转效应。

[0089] 在至少一个实施方式中,至少一个进水口可以位于雾化室内部。

[0090] 在至少一个实施方式中,至少一个进水口可以适于提供用于冷却所述粉末的水。

[0091] 在至少一个实施方式中,至少一个进水口可以适于提供用于将所述粉末运送到筛分/干燥区域的水。

[0092] 在至少一个实施方式中,至少一个进水口可以适于提供用于促进所述粉末的分选/筛分的水。

[0093] 所描述的方法基于已知的概念、雾化,但是具有许多特定的改进。这些改进包括改变雾化头的工作参数、改变雾化室的构造以及对在包装最终产品之前对粉末进行后处理的手段(收集、筛分和干燥)的改变。该方法旨在达到先进的产品质量和较高的工艺性能。

[0094] 图1示出了根据至少一个实施方式的在雾化方法中所涉及的装置和步骤的框图100。图1示出了熔化炉102、雾化喷嘴200、雾化室108、粉末收集系统112和筛分系统114。

[0095] 用该方法生产的大多数高熔点合金和/或高熔点金属对氧化敏感,因此雾化气体可以有利的惰性气体。通常可以将系统保持在接近惰性条件下,使得雾化室108中的氧气含量远低于21%。为了节省操作成本,可以在该方法中净化/再循环该气体。

[0096] 在至少一个实施方式中,雾化制造方法可以由雾化喷嘴200进行,其中雾化气体在本文所述的特定条件下与金属流碰撞。图1所示还示出了雾化喷嘴200的示意性侧视图,其中熔融金属可以在雾化区域中接触雾化气体。

[0097] 一旦金属已经固化成细粉末,就将其筛分并包装。

[0098] 参考图1,可以通过侧喷嘴120和122在雾化室108中添加一些水,以帮助收集粉末并将粉末和水的液体混合物带到筛分区域114。这些添加水的侧喷嘴120和122可朝向雾化室壁定向或可位于雾化区域中,以帮助冷却粉末并避免颗粒在雾化室壁上的粘附/变形。也可以添加水以使粉末易于收集和筛分。然后将生产的粉末筛分并干燥。在从液体流中收集大量粉末之后,大量粉末进入压滤机116,以在水再循环/处置之前回收悬浮液中的所有剩余粉末。

[0099] 在优化制造方法中产生的粉末的尺寸分布会受到雾化气体撞击金属的速度的影响。在这方面,较高的雾化气体速度导致较低的粉末尺寸分布。如果雾化喷嘴200的设计不适当,则在所需的条件(雾化气体的速度和体积)下,较小的一部分金属将碰撞雾化气体,并且可以观察到所生产的粉末的尺寸和形状的较大变化。高熔点金属/合金与雾化气体之间的紧密接触也很重要。

[0100] 图2示出了雾化喷嘴200的示意性侧视图。雾化喷嘴200具有带有转向通道216的进料管210,以在雾化区域230中提供熔体。

[0101] 如图2所示,本文所述的雾化喷嘴包括位于熔融炉102与雾化区域230之间的进料管210,该进料管配备有转向器216(在本文中也称为转向通道216)。该转向器216的作用是在雾化区230中在金属和气体之间提供更好的接触。

[0102] 金属被雾化气流以定义为 $\gamma = 90 - \beta + \alpha$ 的绝对角 γ 撞击。该方法提供了用于改善雾化过程的其它参数: β 角以及转向器通道216的直径和数量。

[0103] 在至少一个实施方式中,可以使金属在雾化区域230中以约20度至约60度的 β 角转向。例如,可以约20度至约35度的 α 角将雾化气体提供到雾化区域230中。

[0104] 例如,如果绝对角 γ 为约90度,或至少约60°至约120°,则可以通过增强的气体与金属的接触和更高的绝对能量来改善雾化。

[0105] 熔体转向角在本文中也定义为 $90 - \beta$ 。

[0106] 可以相对于进料管210提供雾化气体的 α 角也可以具有其它限制。例如,如果角度 α 大于60度,则雾化气体接近直接投射到雾化室壁上可能需要更大的雾化室直径。

[0107] 例如, α 角可以低至约20°至约45°。

[0108] 例如, α 角可以小于约20°至约45°。

[0109] 在至少一个实施方式中, α 角可以为约0°至约90°;约10°至约50°;约15°至约50°;约20°至约50°。

[0110] 在至少一个实施方式中, α 角可以为约20°至约45°,其中 2α 可以为约40°至约90°。在至少一个实施方式中, α 角可以为约20°至约40°;约30°至约45°。

[0111] 一旦金属/合金被雾化气体撞击,则形成小颗粒。这些颗粒之间的碰撞可能产生卫星簇(satellite)(许多粒子连接在一起),并且也可能产生非球形金属颗粒,需要避免和/或减少或防止这两种粒子。这可以通过修改 α 角和 β 角以及平均雾化气体速度和分散因子来部分完成。

[0112] 为了避免在固化之前发生碰撞,需要将雾化气体中的颗粒密度控制在适当的范围内。例如,如果将1立方厘米(cc)的金属在 1M^3 的雾化气体中雾化成直径为10微米的球形颗粒,则羽流中的颗粒密度为1900万/ M^3 。每立方厘米金属使用 5M^3 气体将使该密度降低5倍。因此,每金属体积的最佳气体体积范围对于避免碰撞以及提供纯粹的能量来将金属粉碎成小液滴以及还提供适当的换热机制以快速固化液滴至关重要。发现对于每立方厘米金属/合金使用 5000cm^3 至 40000cm^3 的雾化气体适于生产高熔点金属/合金的细粉(小于50微米)。

[0113] 在此描述的是,速度和分散度是影响雾化结果(细度和避免卫星簇和非雾化金属/合金)的关键因素。

[0114] 在至少一个实施方式中,雾化装置150可包括相对于气体进料管轴线212的至少一个非垂直的雾化进气口214,从而导致雾化气流240在雾化头222中的旋转运动。在下面描述

的极端示例性实施方式中,进气口214切向地进入雾化头中。

[0115] 图3示出了根据至少一个实施方式的雾化室300的立体图,示出了切向进气口311和314。这种设计可允许绕中心轴线312动态旋转的不对称雾化羽流。与相对于进料管中心轴线312具有垂直入气口的雾化器相比,雾化进气口的这种构造可以提供改进的粒径分布。

[0116] 一些高熔点金属/合金难以固化。如果一些颗粒接触雾化室108的壁并且仍然部分熔融或接近其熔点,则它们可以显著变形以达到片状形态,团聚并形成非球形颗粒或卫星簇(多个颗粒连接在一起)。为了减少这些现象,所描述的雾化技术可以使用水作为冷却介质。可以沿雾化室壁的方向喷射水,以提供载有所生产的粉末的水膜。水膜可以确保将金属粉末或金属液滴冷却到足够的温度,以减少或避免粘性颗粒、卫星簇和/或变形的颗粒。在某些情况下,水可以提供受控水平的表面氧化,这也可以有助于使最终产品中的自由流动粉末具有可接受的氧含量。

[0117] 例如,在雾化室中(在壁上、在雾化室的上部中或在雾化室的底部)添加水也可以改善材料分级。由于细颗粒之间的静电力增强,如果使用干筛分,有时很难分离颗粒。由于许多原因,一些高熔点合金/金属粉末易于团聚在一起。例如,也由于如上所述的静电原因而造成颗粒的熔结或粘附。虽然对于所有生产的高熔点/合金来说,团聚的确切原因尚不完全清楚,但对于多种合金而言,湿筛分系统是有益的。

[0118] 在该过程中使用水可能是违反直觉的,因为一些合金元素/金属在水的存在下理论上可以氧化。例如,在水中不存在溶解氧的情况下,许多元素(例如Fe)甚至可以还原水。例如,当在雾化室中维持低氧水平时,所产生的粉末的氧化可以在可接受的水平之内。除了控制雾化室气氛中的氧气外,还可以控制氧化还原电势和在该过程中使用的水的温度(用于雾化室和用于筛分),从而降低了氧化动力学。

[0119] 由高熔点金属/合金制成的一些金属粉末可能需要受控的氧化以在最终产品中保持自由流动。任选地,可以将过氧化氧或其它湿法冶金氧化剂添加到水中以允许受控水平的氧化。可替代地,可以将粉末在受控温度下留在水中给定的时间段(带搅动或不带搅动)以允许粉末的受控氧化。

[0120] 尽管受控氧化对于某些产品是有益的,但是过高的含量通常可能是有害的。任选地,可以降低引入水的氧化还原作用以限制氧化。这可以通过在雾化过程中所用的水中(在室中或在筛分系统中)添加添加剂以降低最终产品中的氧含量来实现。添加剂可以是还原剂,例如有机添加剂,例如乙醇、甲醇、甲酸、乙酸、甲烷磺酸或无机还原剂。也可以通过多种其它方式降低水中的氧化还原电势,包括但不限于用于处理引入水的电化学系统、降低温度、用反应性金属粉末过滤。

[0121] 在至少一个实施方式中,可以控制引入水中的溶解氧以限制产物中的氧化。在至少一个实施方式中,可以通过用弱酸(HCl、有机酸等)溶解来减少粉末上的金属膜。可以将这些加入水中以减少在粉末表面形成的氧化膜。

[0122] 该方法的最终生产步骤之一是干燥粉末。该步骤可以在大气中、真空下或在惰性气体中进行。真空允许干燥过程在较低的温度进行,从而减少了水的潜在氧化。任选地,在干燥阶段之前,可以使用可溶解水的有机溶剂将水从粉末中置换出来。例如乙醇和甲醇。已除去水后,可以干燥含有一些残留有机液体的粉末,以生产出含氧量低的最终产品。

[0123] 在至少一个实施方式中,高熔点金属或合金粉末雾化制造方法可以包括通过进料

管提供所述高熔点金属或合金的熔体;使所述熔体相对于进料管的中心轴线以转向角转向以获得转向的熔体;将转向的熔体引至雾化区域;向雾化区域提供至少一种雾化气流。在用于雾化过程的雾化室内在水的存在下进行所述雾化过程。

[0124] 在至少一个实施方式中,高熔点金属或合金粉末雾化制造方法可以包括通过进料管提供所述高熔点金属或合金的熔体;通过转向器将所述熔体输送至雾化区域;向雾化区域提供至少一种雾化气流;将水输送到用于所述雾化过程的雾化室中,其中,在将熔体输送到雾化区域之前,将其相对于进料管中心轴线以转向角在转向器中转向。

[0125] 在至少一个实施方式中,高熔点金属或合金粉末雾化制造方法可以包括:通过进料管提供所述高熔点金属或合金的熔体;将熔体引导至雾化区域;向所述雾化区域提供至少一种平均气体速度为至少300m/s的雾化气流,其中在所述雾化区域中,所述雾化气体与所述高熔点金属的比例为约5000cm³气体/cm³待雾化金属至约40000cm³的气体/cm³待雾化金属,从而提供平均粒径小于50微米且几何标准偏差低于约2.0的粉末分布。在至少一个实施方式中,高熔点金属或合金粉末雾化制造方法可以包括:通过进料管提供所述高熔点金属或合金的熔体;将熔体引至雾化区域;以及向所述雾化区域提供至少一种平均气体速度为至少300m/s的雾化气流,其中在所述雾化区域中,所述雾化气体与所述高熔点金属的比例为约5000cm³气体/cm³待雾化金属至约40000cm³气体/cm³待雾化金属,从而提供平均粒径小于435微米且几何标准偏差低于约2.2的粉末分布。

[0126] 在至少一个实施方式中,高熔点金属或合金粉末雾化制造方法可以包括:通过进料管提供所述高熔点金属或合金的熔体;将熔体引至雾化区域;向所述雾化区域提供至少一种平均气体速度为至少300m/s的雾化气流,其中在所述雾化区域中,所述雾化气体与所述高熔点金属的比例为约5000cm³气体/cm³待雾化金属至约40000cm³气体/cm³待雾化金属,从而提供平均粒径小于350微米且几何标准偏差低于约2.0的粉末分布。在至少一个实施方式中,高熔点金属或合金粉末的雾化制造方法可以包括:通过进料管提供所述高熔点金属或合金的熔体;将熔体引至雾化区域;向所述雾化区域提供至少一种平均气体速度为至少300m/s的雾化气流,其中在所述雾化区域中所述雾化气体与所述高熔点金属的比例为约5000cm³气体/cm³待雾化金属至约40000cm³气体/cm³待雾化金属,从而提供平均粒径小于50微米且几何标准偏差低于约2.2的粉末分布。

[0127] 高熔点金属或合金粉末雾化制造方法可以包括:通过进料管提供所述高熔点金属或合金的熔体;任选地使所述熔体相对于进料管的中心轴线以转向角转向,以获得任选地转向的熔体;将任选地转向的熔体引至雾化区域;向雾化区域提供至少一种速度为至少300m/s的雾化气流,其中在雾化区域中,雾化气体与高熔点金属的比例为约5000cm³气体/cm³待雾化金属至约40000cm³气体/cm³待雾化金属,从而提供具有低于约2.0的几何标准偏差的粉末粒径分布。高熔点金属或合金粉末雾化制造方法可以包括:通过进料管提供所述高熔点金属或合金的熔体;任选地使所述熔体相对于进料管的中心轴线以转向角转向,以获得任选地转向的熔体;将任选地转向的熔体引至雾化区域;并且向雾化区域提供至少一种速度为至少300m/s的雾化气流,其中在雾化区域中雾化气体与高熔点金属的比例为约5000cm³/cm³待雾化金属至约40000cm³气体/cm³待雾化金属,从而提供几何标准偏差低于约2.2的粉末粒径分布。

[0128] 例如,转向角(90-β)可以为约30度至约70度。

- [0129] 例如,转向角可以为约10度至约90度。
- [0130] 例如,雾化气体与熔体之间形成的角度可以为约10度至约90度。例如,雾化气体与熔体之间形成的角度可以为约40度至约90度。
- [0131] 在至少一个实施方式中,该方法还可包括提供高熔点金属。
- [0132] 在至少一个实施方式中,高熔点金属的熔点可以为约500℃至约1800℃。
- [0133] 在至少一个实施方式中,在雾化区域中,雾化气体与高熔点金属的比例可以为约15000气体/cm³待雾化金属至约30000cm³气体/cm³待雾化金属。在至少一个实施方式中,在雾化区域中,雾化气体与高熔点金属的比例可以为约5000气体/cm³待雾化金属至约40000cm³气体/cm³待雾化金属。
- [0134] 在至少一个实施方式中,高熔点金属可以是选自Al、Fe、Ni、Co、Cr、Mn、Si、Ti、Ag、Cu、Mo、Pt、Pd、Au的元素。
- [0135] 在至少一个实施方式中,高熔点金属可以是选自Al、Fe、Ni、Co、Cr、Mn、Si、Ti、Ag、Cu、Mo、Pt、Pd、Au和Sn的元素。
- [0136] 在至少一个实施方式中,高熔点金属是Cu。
- [0137] 在至少一个实施方式中,高熔点金属是Sn。
- [0138] 在至少一个实施方式中,该方法可以包括提供高熔点合金。
- [0139] 在至少一个实施方式中,高熔点合金的液相线可为约500℃至约1800℃。
- [0140] 在至少一个实施方式中,高熔点合金的液相线可以为约500℃至约150000℃。
- [0141] 在至少一个实施方式中,雾化气体与高熔点合金的比例可以是约15000气体/cm³金属至约30000cm³气体/cm³金属。
- [0142] 在至少一个实施方式中,雾化气体与高熔点合金的比例可以是约5000气体/cm³金属至约40000cm³气体/cm³金属。
- [0143] 在至少一个实施方式中,高熔点合金可包含选自Al、Fe、Ni、Co、Cr、Mn、Si、Ti、Ag、Cu、Mo、Pt、Pd、Au和Sn中的至少一种元素。
- [0144] 在至少一个实施方式中,高熔点合金包含Cu和Sn。
- [0145] 在至少一个实施方式中,高熔点合金包含Cu。
- [0146] 在至少一个实施方式中,高熔点合金包含Sn。
- [0147] 在至少一个实施方式中,高熔点合金基本上由Cu和Sn组成。
- [0148] 在至少一个实施方式中,高熔点合金由Cu和Sn组成。
- [0149] 在至少一个实施方式中,雾化气流的速度可以为约300m/s至约700m/s。在至少一个实施方式中,雾化气流的速度可以为约450m/s至约600m/s。在至少一个实施方式中,雾化气流可以具有超音速。
- [0150] 在至少一个实施方式中,可以通过至少一个相对于金属进料管轴线312以非垂直的方式取向的进气口314、311将雾化气体输送到雾化头,从而在气体离开之前提供雾化气流240在雾化头222中的旋转运动。
- [0151] 在至少一个实施方式中,至少两个进气口311、314可以相对于进料管310的中心轴线312是切向的。这种构造可以在雾化室108中在雾化羽流的中心轴线312周围产生动态旋转效果。
- [0152] 在至少一个实施方式中,粉末粒径的分布的几何标准偏差可以低于2.2或为约

2.2.在至少一个实施方式中,粉末粒径的分布的几何标准偏差可以为约1.5至约2.2。

[0153] 在至少一个实施方式中,粉末粒径的分布的几何标准偏差可以低于或为约1.8。在至少一个实施方式中,粉末粒径的分布的几何标准偏差可以为约1.5至约2.0。

[0154] 在至少一个实施方式中,雾化室108可以包含约0%至约20%的氧气。

[0155] 在至少一个实施方式中,水可以包含至少一种添加剂以控制水的氧化还原电势。添加剂的示例包括但不限于乙醇、甲醇、乙酸、HCl、H₂O₂。

[0156] 在至少一个实施方式中,粉末平均粒径的直径可以为约10微米至约50微米。

[0157] 在至少一个实施方式中,高熔点金属的熔体可以通过至少一个熔体转向通道转向,并且在进料管的中心轴线和至少一个熔体转向通道之间形成转向角。

[0158] 在至少一个实施方式中,合金熔体可通过至少两个熔体转向通道(转向器)216转向,并且在进料管210的中心轴线212与至少两个熔体转向通道216之间可以形成转向角(90°-β)。

[0159] 在至少一个实施方式中,将至少一股水射流喷射到雾化室108中。

[0160] 在至少一个实施方式中,将至少一股水射流喷射在雾化室108的至少一个壁上。

[0161] 在至少一个实施方式中,粉末可以具有小于约50微米的平均粒径。在至少一个实施方式中,粉末可已具有小于约350微米的平均粒径。

[0162] 在至少一个实施方式中,可以在真空中干燥生产的粉末以避免粉末氧化。

[0163] 在至少一个实施方式中,可以在干燥阶段之前用有机溶剂洗涤产生的粉末以除去大部分水。例如,有机溶剂可以是乙醇或甲醇。

[0164] 在至少一个实施方式中,用于制造高熔点金属或合金粉末的雾化装置150包括:用于提供所述高熔点金属或合金的熔体的进料管210;转向器216,其与所述进料管210流体流动连通,用于使熔体相对于进料管210的中心轴线以转向角转向以获得转向的熔体,并且将转向的熔体引至雾化装置150的雾化区域230;至少一个雾化气体喷射器214,用于向位于雾化室108内部的雾化区域提供至少一种雾化气流240;至少一个进水口122,用于在所述雾化装置150的雾化室108内提供水。

[0165] 在至少一个实施方式中,转向器216可以具有熔体转向导管218,该转向导管218相对于进料管210的中心轴线212以转向角定向。

[0166] 在至少一个实施方式中,转向器216可以具有至少两个熔体转向导管218,至少两个熔体转向导管218中的每一个都相对于进料管210的中心轴线212以转向角定向。

[0167] 在至少一个实施方式中,雾化装置150可以具有至少一个进气口214(或311、314)。雾化装置300的示例性实施方式的至少一个进气口311、314可以与雾化头310相切或至少不垂直,以在雾化头222中提供雾化气流240的涡旋运动并在雾化室108中提供雾化羽流的动态旋转运动。

[0168] 在至少一个实施方式中,相对于雾化歧管310的至少一个非垂直进气口(例如311、314)可以在雾化头222中产生雾化气流240的涡旋运动,从而在雾化室108中导致雾化羽流的动态旋转运动。

[0169] 在至少一个实施方式中,至少两个进气口214可以不垂直于雾化头222,从而在雾化头222中产生涡旋效应,并且在雾化区域230和雾化室108中产生动态旋转效应。

[0170] 在至少一个实施方式中,至少一个进水口(例如,图1上的122或120)可以位于雾化

室108内部。

[0171] 在至少一个实施方式中,至少一个进水口(例如,图1上的122或120)可以适于提供用于冷却所述粉末的水。

[0172] 例如,至少一个进水口(例如,图1上的122或120)可以适于提供用于将所述粉末输送到筛分/干燥区域的水。

[0173] 在至少一个实施方式中,至少一个进水口可以适于提供水以促进粉末的分选/筛分。

[0174] 实施例

[0175] 实施例1:在不同条件下雾化的铜

[0176] 在该测试中,使用如本文所述的雾化制造方法和雾化装置,在批量大小为3Kg的实验室规模的雾化器中进行纯铜的雾化。测试了三种不同条件,以验证雾化装置的有效性和可重复性。

[0177] 表1A示出了用于实施例1的四个测试的雾化条件。

测试编号	气体进料速度, g/s	平均气体速度, m/s	金属进料速度, kg/min	气体与金属的体积比
[0178] AG15-20	74	589	3.4	8518
AG15-22	110	635	1.7	25261
AG15-23	145	667	1.3	44455

[0179] 表1A应用于实施例1的三个测试的雾化条件

[0180] 所得的平均粒径和标准偏差如下所示。在所有情况下, σ 均低于2.0,这与所获得的相对低的D50相结合,导致 $1\mu\text{m}$ 至 $50\mu\text{m}$ 的微粒百分比很高。同样清楚的是,增加气体与金属的体积比以及气体速度会导致D50和 σ 降低。

测试编号	D50, μm	σ	<50 μm , %	>50 μm , %
[0181] AG15-20	52	1.84	47	53
AG15-22	40	1.74	66	34
AG15-23	34	1.53	82	18

[0182] 表1B所得的平均粒径和标准偏差

[0183] 实施例2:铜

[0184] 在该示例性测试中,使用本文所述的雾化制造工艺和雾化装置,在批量大小为15kg的大型雾化器中进行纯铜的雾化。

[0185] 表2A示出了实施例1的测试的雾化条件。

气体进料速度, g/s	平均气体速度	金属进料速度, kg/min	气体与金属的体积比
[0186]			

[0187]	132	560 m/s	1.5	34750
--------	-----	---------	-----	-------

[0188] 表2A在实施例1的测试中应用的雾化条件

[0189] 所得的平均粒径和标准偏差如下所示。考虑到该测试所用的气体与金属的体积比和平均气体速度,D50和 σ 与在不同雾化器中获得的先前结果非常一致。

[0190]	D50, μm	σ
	48	1.8

[0191] 表2B所得的平均粒径和标准偏差

[0192] 图4A和图4B示出了实施例2中获得的粉末的SEM照片。

[0193] 用马尔文形态学设备确定形态。粉末颗粒的圆度在15微米至25微米的粒径级中为约0.992,而在超过25微米的粒径中为0.972(对于理想球体而言,圆度为1)。

[0194] 实施例3:铜雾化

[0195] 在实施例3的测试中,用两个不同的雾化器雾化纯铜,以显示与常规的“会聚-发散”气体雾化器相比,使用新雾化技术的益处。用新系统实现了七次雾化,并与用常规技术的+30雾化进行了比较。结果表明,与常规技术相比,粒径的标准偏差明显更好,从而可以在规定的粒径分布范围内导致高得多的粉末回收率。

[0196] 图5A和图5B示出了与参考常规“会聚-发散(conv-CD)”雾化器相比,新雾化技术(new-C)的益处,其中,图5A表明新技术的尺寸分布的较低标准偏差,图5B表明在规定的粒径范围内新技术具有较高的收率。

[0197] 实施例4:铜-锡合金

[0198] 使用本文所述的雾化制造方法和雾化装置将铜-锡合金雾化。表4A总结了条件:

编号 (ID)	组成	平均气 体速度	供气速度 (g/s)	金属进料速 度(kg/min)	气体与金属 的体积比
[0199] AFA153	90%Cu-10%Sn	568 m/s	125	2.5	19197
AFA173	75%Cu-25%Sn	568 m/s	125	2.8	16352
AFA182	65%Cu-35%Sn	568 m/s	125	2.8	16524

[0200] 表4A在实施例4的三个测试中应用的雾化条件

[0201] 使用表4A中的以上参数雾化的粉末显示对数正态分布,具有表4B中所述的拟合参数

	编号	D50 (μm)	σ
[0202]	AFA153	24	1.7
	AFA173	24	2.1
	AFA182	19	2.2

[0203] 表4B所得的平均粒径和标准偏差

[0204] 以本公开中的这种方式呈现了本公开的段落[0012]至[00175]的实施方式,从而证明在适用时可以作出实施方式的每种组合。因此,已经在说明书中以等同于对依赖于前述权利要求中的任一项做出所有实施方式的从属权利要求的方式来呈现了这些实施方式(涵盖先前呈现的实施方式),从而证明了它们可以所有可能的方式组合在一起。例如,当适用时,本公开内容由此涵盖了在段落[0012]至[00175]的实施方式与段落[0006]至[0011]的方法之间的所有可能的组合。

[0205] 权利要求的范围不应该由本公开中提供的特定实施方式和实施例来限制,而应该被给出与本公开整体上一致的最宽泛的解释。

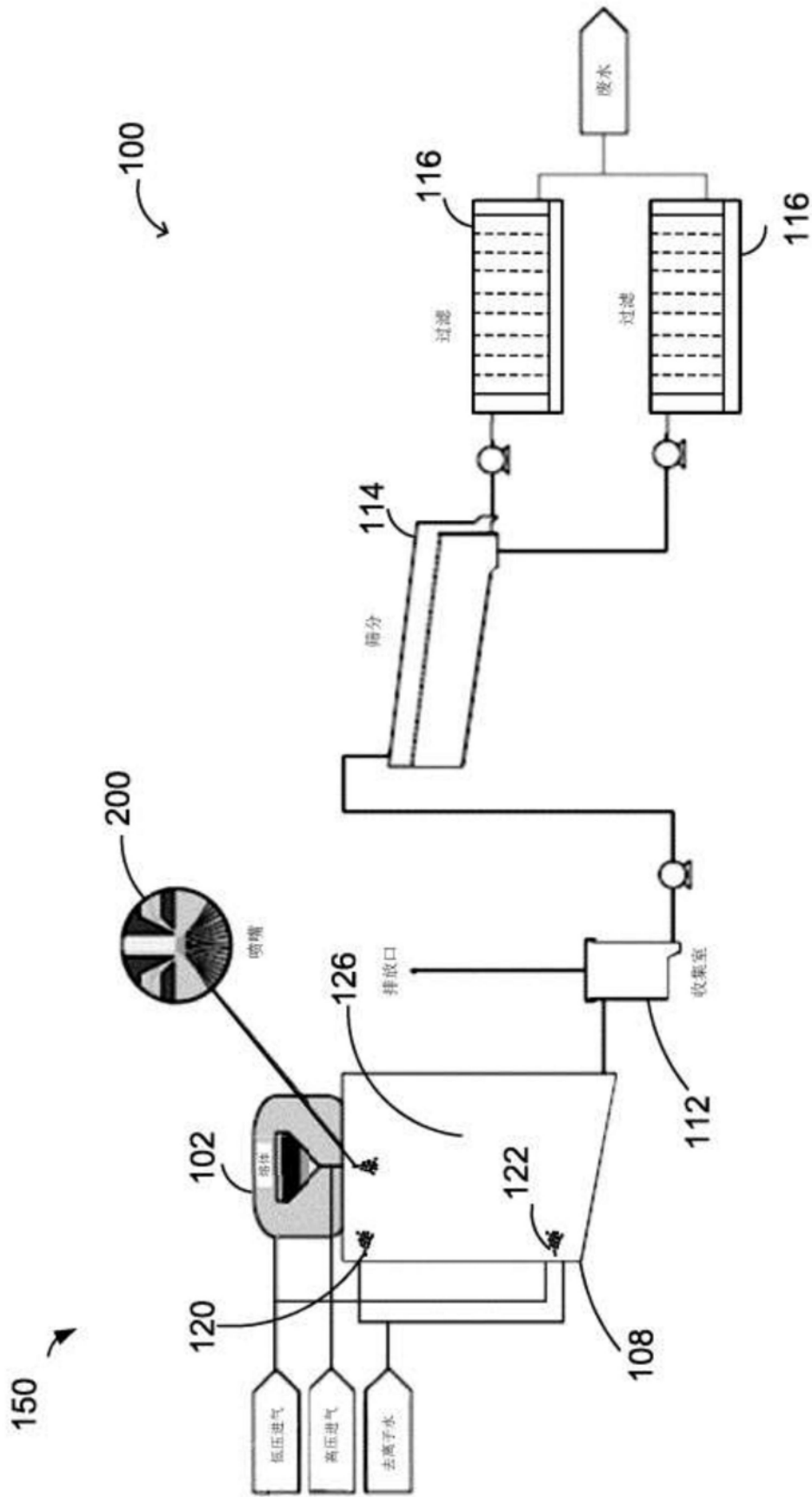


图1

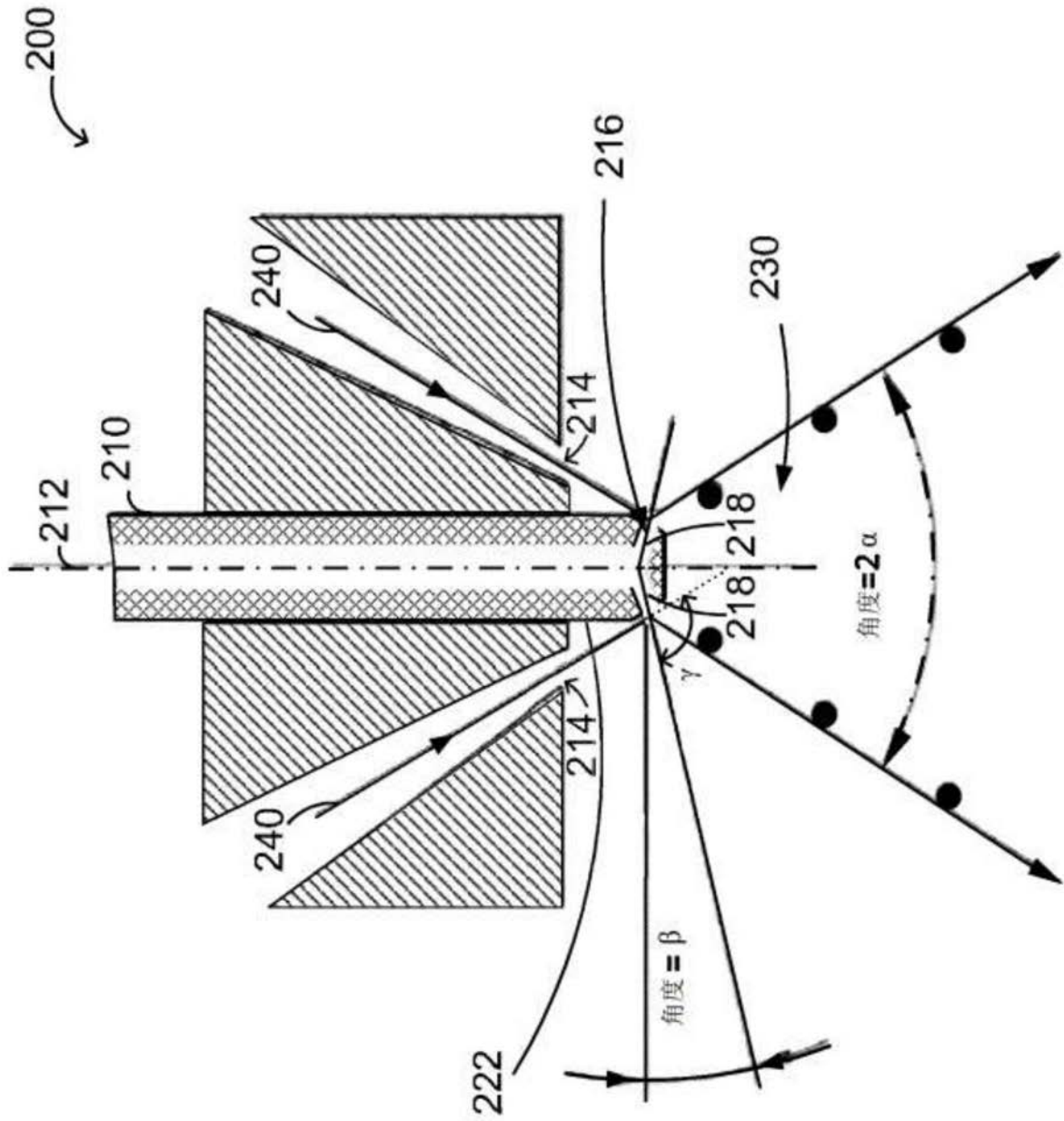


图2

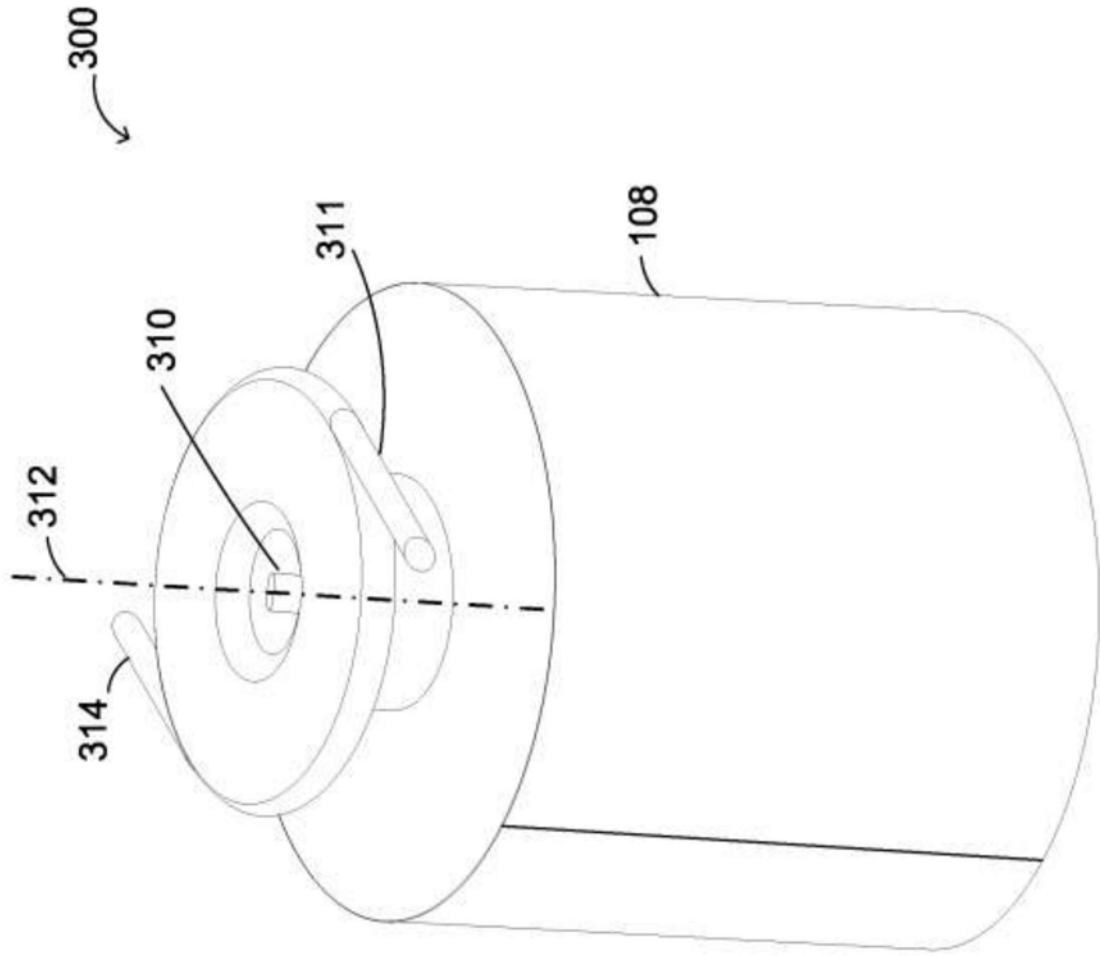


图3

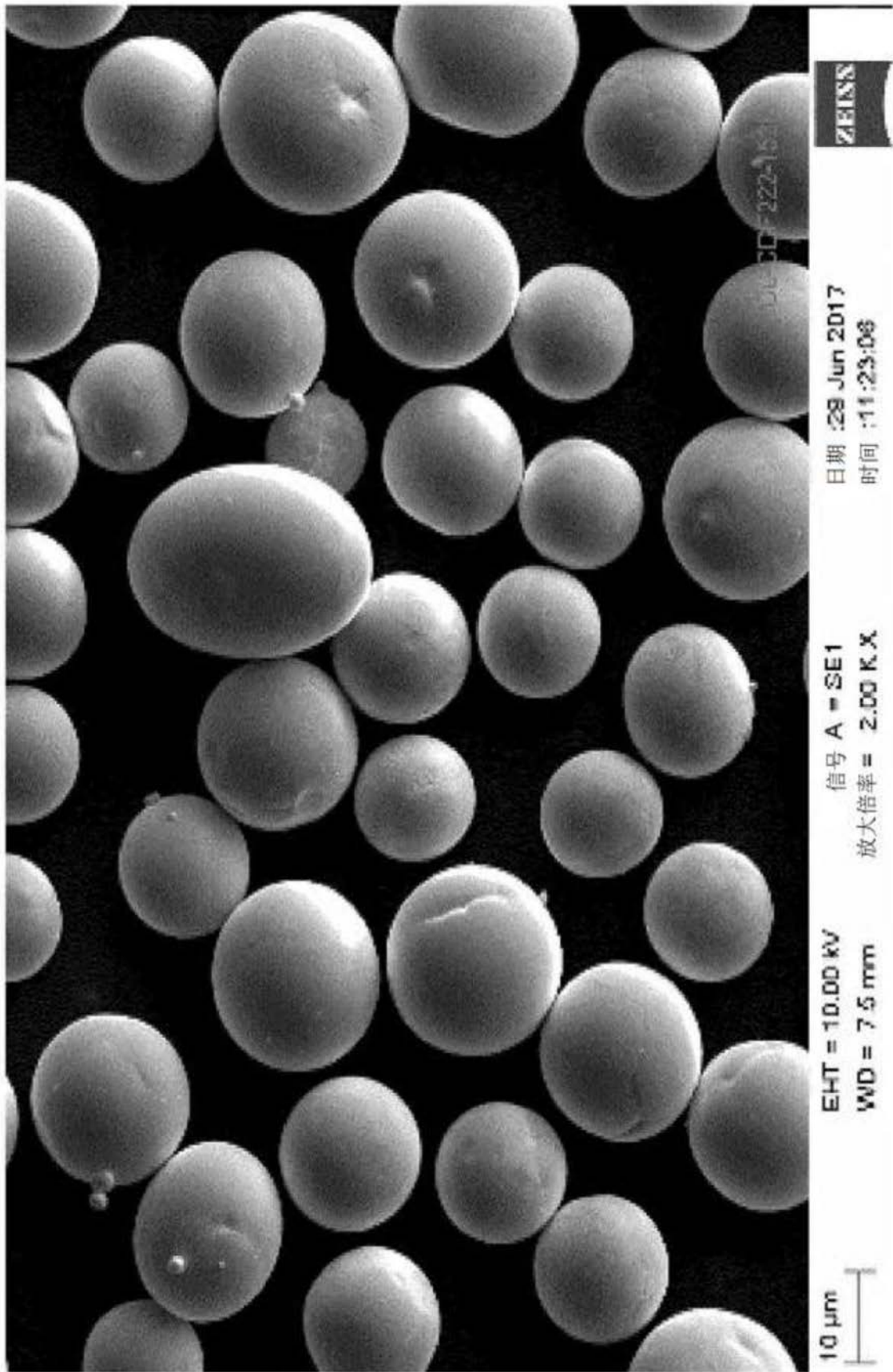


图4A

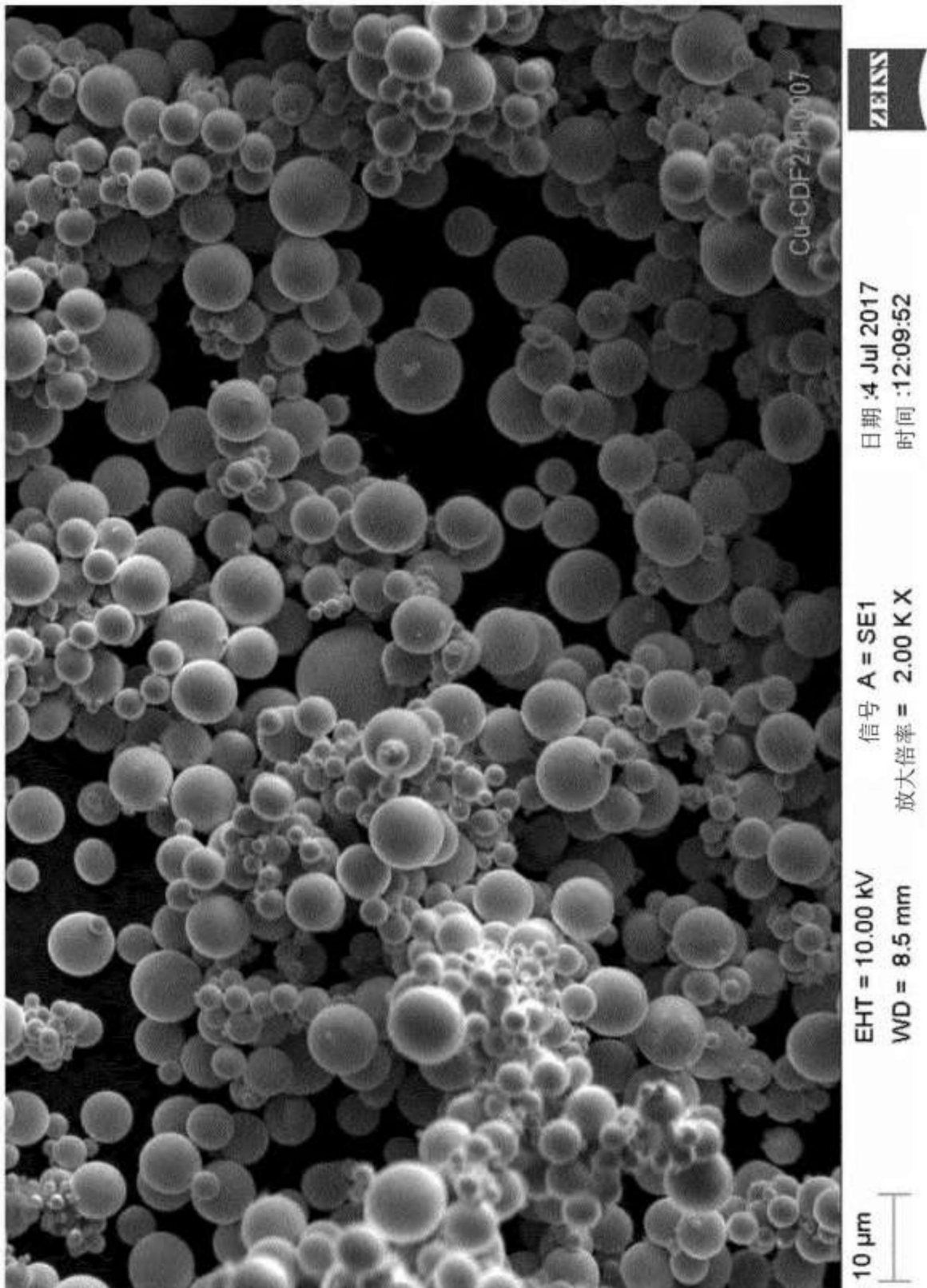


图4B

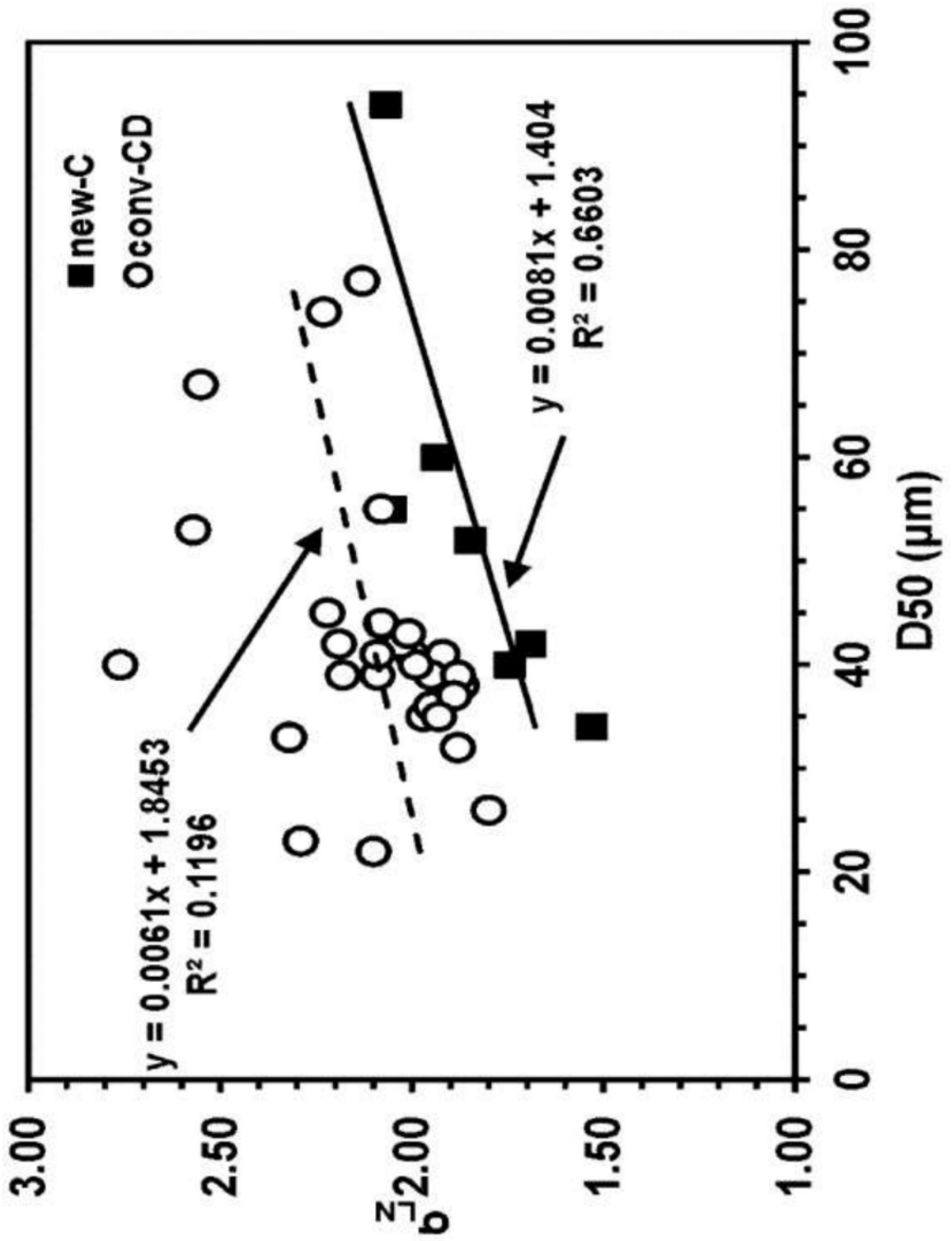


图5A

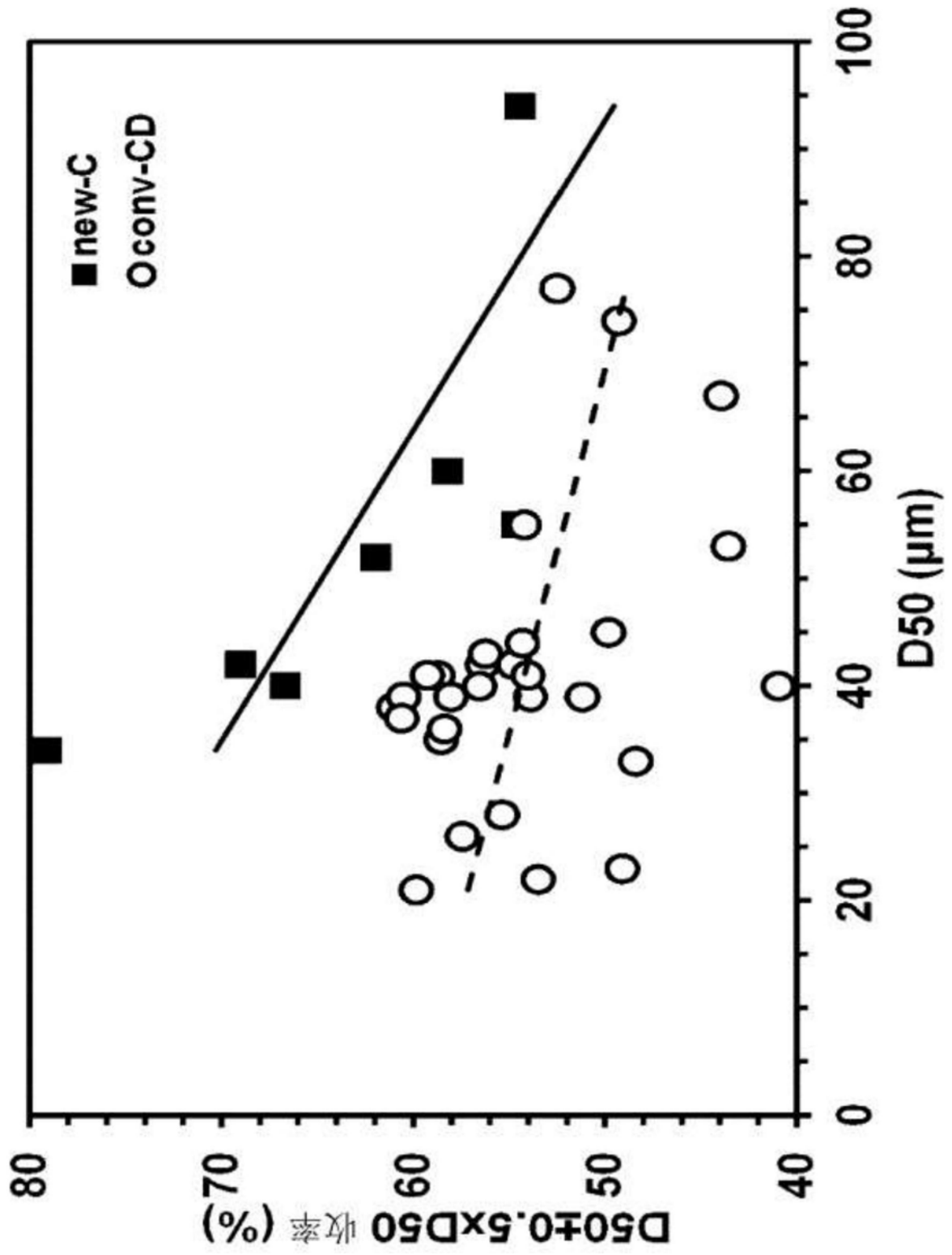


图5B