



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101068753 B

(45) 授权公告日 2012. 02. 29

(21) 申请号 200580041218. 0

(22) 申请日 2005. 09. 15

(30) 优先权数据

11/004, 385 2004. 12. 03 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2007. 05. 31

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2005/032887 2005. 09. 15

(87) PCT申请的公布数据

W02006/062566 EN 2006. 06. 15

(73) 专利权人 3M 创新有限公司

地址 美国明尼苏达州

(72) 发明人 哈里·J·马歇尔 马德琳·P·振八

(74) 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限

责任公司 11219

代理人 郇春艳 郭国清

(51) Int. Cl.

C03B 19/10 (2006. 01)

C03C 11/00 (2006. 01)

(56) 对比文件

US 3961978 A, 1976. 06. 08, 说明书第 1 栏第

58 行至第 64 行, 第 2 栏第 62 行至第 3 栏第 2 行.

US 4767726 A, 1988. 08. 30, 第 2 栏第 20 行至第 27 行, 第 3 栏第 14 行至第 4 栏第 31 行, 第 5 栏第 8 行至第 11 行, 第 3 栏表格 2, 第 4 栏表格 3.

审查员 刘史敏

权利要求书 1 页 说明书 8 页

(54) 发明名称

制造玻璃微泡的方法和粗产品

(57) 摘要

通过加热具有跨度小于 0.9 的粒度分布的进料形成包含玻璃微泡的粗产品。所述粗产品可具有跨度小于 0.80 的粒度分布。

1. 一种形成玻璃微泡的方法,其包括在足以将至少一部分进料转化成包含玻璃微泡的粗产品的条件下加热进料,

其中所述进料具有跨度小于 0.9 的粒度分布,所述跨度通过如下方程式表达:

$$\text{跨度} = \frac{90P - 10P}{50P}$$

其中 90P 为这样的尺寸,其中在分布中 90% 的粒子比该尺寸更小;

10P 为这样的尺寸,其中在分布中仅 10% 的粒子比该尺寸更小;

50P 为这样的尺寸,其中在分布中 50% 的粒子比该尺寸更小;以及

其中所述进料通过包含如下步骤的方法提供:

碾磨玻璃料以提供碾磨的玻璃料;和

将所述碾磨的玻璃料分级。

2. 根据权利要求 1 的方法,其中分级包括气流分级。

3. 根据权利要求 1 的方法,其中所述跨度小于 0.85。

4. 根据权利要求 1 的方法,其中所述跨度小于 0.80。

5. 根据权利要求 1 的方法,其中所述跨度小于 0.75。

6. 根据权利要求 1 的方法,其中所述跨度的范围为至少 0.7 但小于 0.9。

7. 根据权利要求 1 的方法,其中所述进料具有含量为 65 至 75wt% 范围的硅石。

8. 根据权利要求 1 的方法,其中所述进料具有含量为 0.01 至 0.65wt% 范围的硫。

9. 根据权利要求 1 的方法,其中所述粗产品具有 5 至 250 微米范围的平均粒度。

10. 根据权利要求 1 的方法,其中所述粗产品具有 30 至 110 微米范围的平均粒度。

11. 根据权利要求 1 的方法,其进一步包括从所述粗产品中分离玻璃微泡。

12. 根据权利要求 1 的方法,其中所述粗产品具有至少 70 微米的平均粒度。

13. 一种包含玻璃微泡的粗产品,其中基于重量,大部分粗产品为玻璃微泡,并且其中多数粗产品具有跨度小于 0.80 的粒度分布。

14. 根据权利要求 13 的粗产品,其中所述跨度小于 0.75。

15. 根据权利要求 13 的粗产品,其中所述跨度小于 0.70。

16. 根据权利要求 13 的粗产品,其中所述跨度小于 0.65。

17. 根据权利要求 13 的粗产品,其中所述跨度小于 0.60。

18. 根据权利要求 13 的粗产品,其中所述粗产品具有平均粒度为 5-250 微米范围的分布。

19. 根据权利要求 13 的粗产品,其中所述粗产品具有平均粒度为至少 70 微米的分布。

20. 根据权利要求 13 的粗产品,其中所述粗产品分散于聚合物材料中。

21. 根据权利要求 20 的粗产品,其中所述聚合物材料包含热塑性聚合物材料。

制造玻璃微泡的方法和粗产品

背景技术

[0001] 具有小于约 500 微米的平均直径的中空玻璃珠,通常还被称为“中空玻璃微球体”或“玻璃微泡”,其在工业中例如被广泛用作在聚合物中的添加剂,其中它们可起到改性剂、增强剂、硬化剂和 / 或填料的作用。通常理想的是,所述玻璃微泡应当是坚固的以避免在所述聚合物的进一步加工过程中,如通过高压喷雾、混炼、挤出或注射成型中,被压碎或破碎。

[0002] 玻璃微泡通常通过加热通常被称为“进料”的碾磨的玻璃料而制造,所述玻璃料包含发泡剂,例如硫或者氧和硫的化合物。得自加热步骤所形成的产品(即,“粗产品(raw product)”),通常包含玻璃微泡(包括碎裂的玻璃微泡)和实心玻璃珠的混合物,所述实心玻璃珠通常由无论何种原因而未形成玻璃微泡的碾磨的玻璃料粒子形成。

[0003] 所述研磨的玻璃料通常具有相对宽的粒度分布。在加热过程中,较大的粒子倾向于形成比均值更易碎的玻璃微泡,而较小的粒子倾向于增加所述中空玻璃珠分布的密度。在较大的玻璃微泡破碎的情况下,包含所述破碎的珠部分的玻璃珠分布的平均密度通常也上升。

发明内容

[0004] 在一个方面,本发明提供形成玻璃微泡的方法,其包括在足以将至少一部分所述进料转化成包含玻璃微泡的粗产品的条件下加热进料,其中所述的进料具有跨度小于 0.9 的粒度分布。

[0005] 在一个实施方案中,所述进料通过包含如下步骤的方法提供:

[0006] 碾磨玻璃料以提供碾磨的玻璃料;和

[0007] 将所述碾磨的玻璃料分级。

[0008] 在本发明的实施方案中,所述进料具有含量为 65 至 75wt% 范围的硅石。

[0009] 在本发明的实施方案中,所述进料具有含量为 0.01 至 0.65wt% 范围的硫。

[0010] 在另一个方面,本发明提供包含玻璃微泡的粗产品,其中基于重量,大部分粗产品包含玻璃微泡,并且其中多数粗产品具有跨度小于 0.80 的粒度分布。

[0011] 对于任何给定的加热方法,通常所形成的中空玻璃珠分布的密度与所述进料被转化成玻璃微泡的生产速率有关系。因此,为了生产低密度玻璃微泡,通常需要使用利用给定方法和装置的相对更低的物料通过速率(throughput rates)。通过使用比当前玻璃微泡工业所用的那些具有更窄粒度分布的进料,本发明通常获得至少一项如下结果:(1) 具有平均压碎强度可与更高密度分布的玻璃微泡相比的低密度分布的玻璃微泡;或(2) 生产速率增加,同时获得玻璃微泡的平均密度和 / 或压碎强度通常与利用相同加热装置和条件在更低生产速率下生产的玻璃微泡有关。

[0012] 发明详述

[0013] 玻璃料的制造可例如通过压碎和 / 或碾磨合适的玻璃状材料,通常为包含适量发泡剂的相对低熔点的硅酸盐玻璃而进行。适合于形成玻璃料的硅酸盐玻璃组合物描述于例如美国专利 2,978,340(Veatch 等人);3,030,215(Veatch 等人);3,129,086(Veatch 等

人) ;和 3, 230, 064 (Veatch 等人) ;3, 365, 315 (Beck 等人) ;和 4, 391, 646 (Howell) 中。

[0014] 尽管所述玻璃料和 / 或所述进料可具有能够形成玻璃的任何组成, 但通常, 基于总重量, 所述玻璃料包括 50-90 % 的 SiO_2 , 2-20 % 的碱金属氧化物, 1-30 % 的 B_2O_3 , 0.005-0.5 % 的硫 (例如元素硫、硫酸盐或亚硫酸盐), 0-25 % 的二价金属氧化物 (例如 CaO 、 MgO 、 BaO 、 SrO 、 ZnO 或 PbO), 0-10 % 的非 SiO_2 的四价金属氧化物 (例如 TiO_2 、 MnO_2 或 ZrO_2), 0-20 % 的三价金属氧化物 (例如 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 或 Sb_2O_3), 0-10 % 的五价原子的氧化物 (例如, P_2O_5 或 V_2O_5), 以及 0-5 % 的可起到助熔剂作用以促进所述玻璃组合物熔融的氟 (如氟化物)。其它成分对于玻璃料组合物同样有用, 并可被包含于所述玻璃料中, 用以例如使所形成的玻璃微泡赋予特定的性能或特性 (例如, 硬度或颜色)。

[0015] 在上述玻璃料组合物中, 硫 (估计与氧结合) 起到发泡剂的作用, 当加热时, 使熔融的玻璃料粒子膨胀以形成玻璃微泡。通过控制在所述进料中硫的量, 所述进料所经受的加热量和加热时长, 平均粒度, 以及粒子通过火焰被进料的速率, 可通常控制所述进料粒子的膨胀的量以提供选择密度的玻璃微泡。尽管所述玻璃料通常包括 0.005-0.7wt % 的硫, 但更通常, 所述玻璃料的硫含量为 0.01-0.64wt %, 或者甚至为 0.05-0.5wt %。

[0016] 通常将所述玻璃料碾磨, 并任选进行分级, 以产生用于形成期望尺寸的玻璃微泡的适合粒度的进料。适合于碾磨所述玻璃料的方法包括, 例如, 利用珠磨机或球磨机、立式球磨机、轧制机、盘磨机、喷磨机或其组合进行碾磨。例如, 为了制造用于形成玻璃微泡的适合粒度的进料, 可将所述玻璃料利用盘磨机粗糙地碾磨 (例如, 压碎), 以及随后利用喷磨机进行精细碾磨。

[0017] 喷磨机通常为三种类型: 螺旋式喷磨机、流化床喷磨机、和对冲式喷磨机, 尽管也可使用其它类型。

[0018] 螺旋式喷磨机包括, 例如, 以商品名为 “MICRONIZER JET MILL” 得自 Sturtevant, Inc. Hanover, Massachusetts ;商品名为 “MICRON-MASTER JET PULVERIZER” 得自 The Jet Pulverizer Co., Moorestown, New Jersey ;和商品名为 “MICRO-JET” 得自 Fluid Energy Processing and Equipment Co., Plumsteadville, Pennsylvania 的那些。在螺旋式喷磨机中, 平面的圆柱研磨腔 (flat cylindrical grinding chamber) 被喷嘴环围绕。将待研磨的材料作为粒子被喷射器引入到喷嘴环内部。被压缩流体的射流膨胀通过喷嘴并加速所述粒子, 其通过相互撞击导致尺寸下降。

[0019] 流化床喷磨机例如可得自 Netzsch Inc., Exton, Pennsylvania, 商品名为 “CGS FLUIDIZED BED JET MILL”; 和得自 Fluid Energy Processing and Equipment Co., 商品名为 “ROTO-JET”。这种类型的机器的下面部分为研磨区域。在所述研磨区域中的研磨喷嘴的环聚焦于中心点, 并且所述研磨流体使被研磨的材料粒子加速。在材料的流化床内发生尺寸降低, 并且这项技术可显著改进能量效率。

[0020] 对冲式喷磨机类似于流化床喷磨机, 不同之处在于至少两个对冲的喷嘴加速粒子, 这导致它们在中心点碰撞。对冲式喷磨机可例如商购于 CCE Technologies, Cottage Grove, Minnesota。

[0021] 有很多途径描述粒度分布的宽度。在一个方法中, 粒度分布的宽度可通过如下方程式表达:

[0022]

$$\frac{90P - 10P}{50P} = GQ = \text{跨度}$$

[0023] 其中 90P 为这样的尺寸,其中在分布中 90%的所述粒子比该尺寸更小(被称为第 90 百分点尺寸);10P 为这样的尺寸,其中在分布中仅 10%的所述粒子比该尺寸更小(被称为第 10 百分点尺寸);50P 为这样的尺寸,其中在分布中 50%的所述粒子比该尺寸更小(被称为第 50 百分点尺寸);和 GQ 代表等级商数(gradation quotient)。所述等级商数在本领域中也通常被称为术语“跨度(span)”。

[0024] 另一个常用的方法,特别是用于高斯粒度分布的方法,使用所述粒度的平均值和标准偏差描述所述分布。

[0025] 根据本发明,将所述碾磨的玻璃料分级以得到具有低于 0.9 的跨度的分布,然后将其用作用于形成玻璃微泡的进料。例如,所述进料可具有小于 0.85、0.80 或甚至小于 0.75 的跨度;所述跨度还可以为至少 0.7。为了在加热时形成玻璃微泡,所述进料通常具有平均粒度为至少 3-100 微米,更通常为至少 3-50 微米,和更通常为至少 5-25 微米。

[0026] 通过采用窄的进料分布,本发明与在本领域中用于形成玻璃微泡的现行方法相比,提供可用于生产玻璃微泡的额外程度的控制。通常,在形成玻璃微泡中的主要工艺变量为装置、硫含量,和进料速率,以及进料中值粒径。控制本发明的进料粒度分布有利地提供了额外的工艺变量,其可被改变以获得需要的结果。

[0027] 进行分级,使得所述进料的至少一部分,通常为最粗糙的分级部分,具有小于 0.9 的跨度。因此将该部分分离并用作用于生产所述玻璃微泡的进料。剩余的较精细和/或较粗糙的部分可例如被用于制造具有与现有玻璃微泡类似的物理性能的玻璃微泡或被再加工成玻璃料。

[0028] 通常,如从上述磨机获得的那样,每项技术均制造出具有粒度分布的进料。通常,由碾磨获得的进料将不会具有低于 0.9 的跨度,在这种情况下需要另外进行本发明的分级。

[0029] 用于分级所述进料的合适装置包括,例如,振动筛(包括筛子),气流分级器,和湿式分级器。也可使用其它分级所述进料的方法。

[0030] 合适的筛网包括,例如,具有根据名称为“试验目的的金属丝布和筛子的标准规程(Standard Specification for Wire Cloth and Sieves for Testing Purposes)”的 ASTM Designation:El 1-04 指定为 35 目直至至少 400 目的筛子。这些筛子可商购于例如, Newark Wire Cloth Company, Newark, New Jersey。

[0031] 合适的气流分级器包括,例如重力分级器、惯性分级器、和离心分级器。气流分级器是可容易地得自于例如如下商业来源,例如,得自 Hosokawa Micron Powder Systems, 商品名为“MICRON SEPARATOR”,“ALPINE MODEL 100 MZR”,“ALPINE TURBOPLEX ATP”,“ALPINE STRATOPLEX ASP”,或“ALPINE VENTOPLEX”;或得自 Sepor, Inc., Wilmington, California, 商品名为“GAYCO CENTRIFUGAL SEPARATOR”。

[0032] 一旦所述进料具有所期望的跨度,将其进料入热源中(例如,天然气/空气火焰,近似化学当量的)并然后冷却。当暴露于热源时,所述进料通常软化并且所述发泡剂导致至少部分软化的进料膨胀,并且在冷却后形成包含玻璃微泡的粗产品,其任选结合有碎裂的微泡玻璃碎片和/或在加热过程中没有膨胀的实心玻璃珠。通常,可以调节工艺条件,使

得基于重量的至少大部分粗产品包含玻璃微泡。更通常,至少 60、70、80、或甚至 90wt% 的粗产品包括玻璃微泡。如果需要,可例如通过使用如描述于美国专利 4,391,646 (Howell) 中的浮选技术从所述粗产品分离出至少一部分玻璃微泡。

[0033] 玻璃微泡的制备可在如描述于例如美国专利 3,230,064 (Veatch 等人) 或 3,129,086 (Veatch 等人) 中的设备上进行。其它的涉及加热条件的细节可在美国专利 3,365,315 (Beck 等人) 和 4,767,726 (Marshall) 中找到。

[0034] 根据本发明,所述粗产品通常具有 5-250 微米,更通常为 30-150 微米,更通常为 30-110 微米的平均粒度。在一些实施方案中,所述粗产品可具有至少 70 微米的平均粒度。所述粗产品的跨度小于 0.80,或在一些实施方案中,小于 0.75、0.70、0.65、或甚至小于 0.60。

[0035] 在一个实施方案中,所述玻璃微泡可具有重量比为 1.2 : 1 至 3.0 : 1 的碱土金属氧化物比碱金属氧化物,并且其中所述碱土金属氧化物和碱金属氧化物的组合重量的至少 97wt%,基于重量包含 70-80% 的 SiO_2 , 8-15% 的 CaO , 3-8% 的 Na_2O , 和 2-6% 的 B_2O_3 。

[0036] 根据本发明制备的玻璃微泡可被包含于聚合材料中,并可任选与实心玻璃珠混合。合适的聚合材料的例子包括热固性、热塑性、和弹性体的聚合材料。

[0037] 本发明的目的和优点通过如下非限制性实施例进一步说明,但在这些实施例中提及的具体材料和其量,以及其它条件和细节,不应当被解释为不适当地限制本发明。

实施例

[0038] 除非另外说明,在实施例和在本说明书其它部分中所有的份、百分比、比例等都是基于重量的,并且所有用于实施例的试剂均得自或可得自普通的化学品供应商,例如, Sigma-Aldrich Company, Saint Louis, Missouri, 或者可通过常规方法合成。

[0039] 在如下实施例中:

[0040] “硼砂”指无水硼砂; $\text{Na}_2\text{O}:2\text{B}_2\text{O}_3$, 90 % 小于 590 微米,得自 USBorax, Boron, California;

[0041] “ CaCO_3 ”指碳酸钙,97% 小于 44 微米,得自 Imerys, Sylacauga, Alabama;

[0042] “ Li_2CO_3 ”指碳酸锂;比 420 微米更细,得自 Lithium Corp. of America, Gastonia, North Carolina;

[0043] “ SiO_2 ”指二氧化硅粉,得自 US Silica, Berkeley Springs, West Virginia;

[0044] “ Na_2CO_3 ”指苏打灰,得自 FMC Corp., Greenvine, Wyoming;

[0045] “ Na_2SO_4 ”指硫酸钠,60 % 小于 74 微米,得自 Searles Valley Mineral, Trona, California;和

[0046] “ $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ ”指焦磷酸四钠,90% 小于 840 微米,得自 Astaris, St. Louis, Missouri。

[0047] 试验方法

[0048] 平均粒子密度的确定

[0049] 根据 ASTM D-2840-69 “中空微球的平均粒子真实密度 (Average True Particle Density of Hollow Microspheres)”, 将以商品名 “ACCUPYC1330PYCNOMETER” 得自 Micromeritics, Norcross, Georgia 的全自动气体置换比重瓶用于确定复合材料和玻璃残余物的密度。

[0050] 粒度的确定

[0051] 利用以商品名为“COULTER COUNTER LS-130”得自 Beckman Coulter, Fullerton, California 的粒度分析仪确定粒度分布。

[0052] 强度试验

[0053] 所述玻璃微泡的强度利用 ASTM D3102-72 ; “中空玻璃微球的流体静力学破裂强度 (Hydrostatic Collapse Strength of Hollow Glass Microspheres)”进行测量, 不同之处在于玻璃微泡的样品尺寸为 10mL, 将所述玻璃微泡分散于甘油 (20.6g) 中并用计算机软件进行自动数据整理。所报告的值 of 流体静压值, 在该压力下 10 体积% 的粗产品破裂。

[0054] 玻璃料的制备

[0055] 玻璃料 GFC-1

[0056] 通过合并如下组分制造玻璃料: SiO_2 (600.0g), $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{B}_2\text{O}_3$ (130.8g), CaCO_3 (180.0g), Na_2CO_3 (18.7g), Na_2SO_4 (20.0g), $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ (6.5g) 和 Li_2CO_3 (10.7g)。在具有 6000 克氧化铝研磨圆筒的 8.7 升罐式磨机中 (都得自 VWR Scientific, West Chester, Pennsylvania) 通过滚转 3 分钟进行混合。将批料在熔融硅石耐火材料坩埚 (N 型; 得自 DFC Ceramics, Canon City, Colorado) 中在快速恢复电加热炉中 (得自 Harper Electric, Terryville, Connecticut) 约 1290°C (2350°F) 温度下熔融 3 小时。将获得的熔融的玻璃在水中骤冷并干燥形成玻璃料 GFC-1。

[0057] 玻璃料 GFC-2 至 GFC-10 和 GF-1 至 GF-4

[0058] 根据描述用于玻璃料 GFC-1 的步骤制备玻璃料 GFC-2 至 GFC-10 和 GF-1 至 GF-4, 不同之处在于所述玻璃组成有所改变, 如表 1 (如下) 中所记载。

[0059] 表 1

[0060]

玻璃料	组分的量, 克						
	SiO ₂	Na ₂ O · 2B ₂ O ₃	Na ₂ CO ₃	CaCO ₃	Na ₂ SO ₄	Na ₄ P ₂ O ₇	Li ₂ CO ₃
GFC-2	600.0	130.8	18.7	180.0	20.0	6.5	10.7
GFC-3	600.0	130.8	18.7	180.0	20.0	6.5	10.7
GFC-4	600.0	123.9	58.5	172.9	5.0	0	0
GFC-5	600.0	123.9	58.5	172.9	5.0	0	0
GFC-6	600.0	123.9	58.5	172.9	5.0	0	0
GFC-7	600.0	130.8	18.7	180.0	20.0	6.5	10.7
GFC-8	600.0	130.8	18.7	180.0	20.0	6.5	10.7
GFC-9	600.0	123.9	58.5	172.9	5.0	0	0
GFC-10	600.0	123.9	58.5	172.9	5.0	0	0
GF-1	600.0	130.8	18.7	180.0	20.0	6.5	10.7
GF-2	600.0	123.9	58.5	172.9	5.0	0	0
GF-3	600.0	130.8	18.7	180.0	20.0	6.5	10.7
GF-4	600.0	123.9	59.6	172.9	3.5	0	0

[0061] 进料的制备

[0062] 进料 FSC-1

[0063] 将如上制备的玻璃料 GFC-1 用装备有陶瓷盘并具有 0.030 英寸 (0.762mm) 外间隙的盘磨机 (以商品名“PULVERIZING DISC MILL”得自 Bico, Inc., Burbank, California) 部分粉碎。然后将得到的碾磨的玻璃料 (约 700g 增量) 进一步在流化床喷磨机 (以商品名“ALPINE MODEL100APG”得自 Hosokawa Micron Powder Systems, Summit, New Jersey) 碾磨, 产生进料 FSC-1, 中值粒径 = 22.58 微米, 跨度 = 1.13。

[0064] 进料 FSC-3、FSC-4、FSC-6、FSC-7 和 FSC-9

[0065] 采用用于制造给料 FSC-1 的步骤, 不同之处在于使用玻璃料 GFC-3、GFC-4、GFC-6、GFC-7 和 GFC-9 替代 GFC-1, 分别得到给料 FSC-3、FSC-4、FSC-6、FSC-7 和 FSC-9, 其中中值粒径和跨度值如表 2 中报道的。

[0066] 进料 FSC-2、FSC-5、FSC-8 和 FS-1 至 FS-4

[0067] 采用进料 FSC-1 的步骤, 分别从玻璃料 GFC-2、GFC-5、GFC-8 和 GF-1 至 GF-4 产生进料 FSC-2、FSC-5、FSC-8 和 FS-1 至 FS-4, 不同之处在于碾磨后, 利用离心气流分级器 (以商品名“ALPINE CLASSIFIER MODEL 100 MZR”得自 Hosokawa Micron Powder Systems) 将每种碾磨的玻璃料分级成两部分。通常, 将粗糙部分和微细部分分离。进料 FS-1 至 FS-6 对应于粗糙部分, 给料 FSC-2、FSC-5 和 FSC-8 对应于微细部分。分级后, 将 FS-4 通过 230

目（美国筛目尺寸）的筛子进行筛分。

[0068] 玻璃微泡的制备

[0069] 玻璃微泡 RPC-1

[0070] 将如上制备的进料 FSC-1 通过约化学当量比例的天然气 / 空气火焰，其中计算的燃烧空气流在常温和常压下为约 25.7 升 / 分钟以及出料速率为约 2.75 磅 / 小时 (1.25kg/小时)。调节空气：天然气的比例以产生最低总产品密度。将该经火焰形成的产品通过与环境温度的空气混合而冷却并然后用旋风分离器设备从所形成的气流中分离。所得到的玻璃微泡（玻璃微泡 RPC-1）具有中值粒径为 74.8，其中跨度为 1.72。

[0071] 玻璃微泡 RPC-2 至 RPC-9 和 RP-1 至 RP-4

[0072] 根据用于制备玻璃微泡 RPC-1 的方法（如上）制备玻璃微泡 RPC-2 至 RPC-9 和 RP-1 至 RP-4，不同之处在于分别使用给料 FSC-2 至 FSC-9 和 FS-1 至 FS-4 替代进料 FSC-1，和使用报告于表 2（如下）中的气流值和出料速率值。另外，在制备 RP-4 中，所述火焰的温度通过氧的富集而得以增加。

[0073] 表 2

进料	进料粒子尺寸分布		初级产品	天然气气流，升/分钟	输出速率，磅/hr，(kg/hr)	初级产品密度 (g/mL)	初级产品标准偏差	初级产品粒子尺寸分布		强度，psi (Mpa)
	中位值尺寸，微米	跨度						中位值尺寸，微米	跨度	
FSC-1	22.58	1.72	RPC-1	25.7	2.75 (1.25)	0.125	26.10	74.79	0.93	190 (1.31)
FSC-2	12.35	1.96	RPC-2	25.7	2.68 (1.21)	0.157	17.54	51.61	0.91	233 (1.61)
FSC-3	35.43	1.81	RPC-3	25.7	2.60 (1.18)	0.161	35.2	95.30	1.01	124 (0.86)
FSC-4	25.51	1.66	RPC-4	27.6	2.80 (1.27)	0.501	16.85	42.86	1.09	11,500 (79.3)
FSC-5	14.92	1.85	RPC-5	27.6	2.80 (1.27)	0.557	12.21	28.17	1.12	16,638 (114.7)
FSC-6	38.18	1.75	RPC-6	27.6	2.72 (1.23)	0.594	23.77	57.05	1.15	9,653 (66.6)
FSC-7	10.06	1.45	RPC-7	25.7	2.70 (1.22)	0.205	14.70	33.85	1.07	300 (2.07)
FSC-8	7.19	1.52	RPC-8	25.7	2.70 (1.22)	0.245	15.93	24.20	1.56	339 (2.34)
FSC-9	10.64	1.43	RPC-9	27.6	2.70 (1.22)	0.620	10.90	17.84	1.20	22,377 (154.28)
FS-1	36.75	0.87	RP-1	25.7	2.77 (1.26)	0.099	21.20	88.18	0.62	170 (1.17)
FS-2	38.46	0.86	RP-2	27.6	2.80 (1.27)	0.412	12.21	54.30	0.58	9300 (64.12)
FS-3	14.85	0.77	RP-3	25.7	2.75 (1.25)	0.158	9.00	34.93	0.60	300 (2.07)
FS-4	74.61	0.72	RP-4	27.6	1.0 (0.45)	0.399	23.09	109.2	0.56	4436 (30.59)

[0074] 本发明的多种修改和改变可由本领域技术人员在不背离本发明的范围和主旨的情况下进行,并且应当被理解本发明不应被不恰当地限制于本文中阐明的例示性实施方案。