



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107445140 A

(43)申请公布日 2017.12.08

(21)申请号 201710374329.8

(22)申请日 2017.05.24

(30)优先权数据

15/163,297 2016.05.24 US

(71)申请人 福特全球技术公司

地址 美国密歇根州迪尔伯恩市

(72)发明人 赵海波

帕特里克·杰姆斯·布兰查德

(74)专利代理机构 北京铭硕知识产权代理有限公司

公司 11286

代理人 王秀君 鲁恭诚

(51)Int.Cl.

C01B 32/05(2017.01)

C08K 7/18(2006.01)

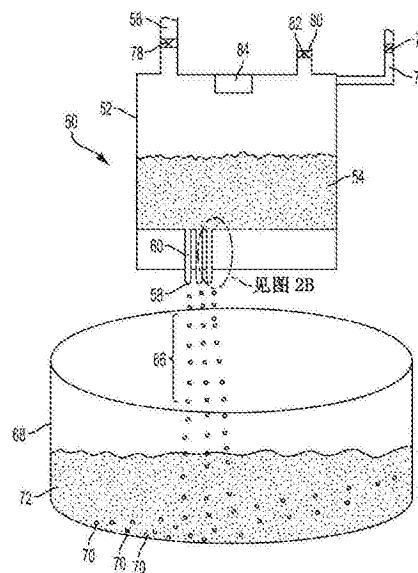
权利要求书1页 说明书7页 附图4页

(54)发明名称

碳球及其制造方法

(57)摘要

公开了碳球及其制造方法。公开了碳颗粒以及用于形成碳颗粒的方法和系统。在一个实施例中,所述系统可以包括:接纳容器,被配置为接纳液体碳前驱体;至少一个孔,位于接纳容器的底部并被构造为释放液体碳前驱体的液滴。可以在接纳容器下方放置冷却容器以接纳所述液滴,并且冷却容器被配置为容纳用于使所述液滴凝固成碳前驱体颗粒的冷却剂。所述方法可以包括:将液体碳前驱体引入到其中限定有多个孔的罐中,使得液体碳前驱体的液滴从所述孔中释放出来并在冷却容器中使液碳前驱体的液滴凝固,所述冷却容器被放置用于从所述孔接纳所述液滴。所述方法可以包括将凝固的液滴碳化以形成碳颗粒。所述颗粒可以是实心的或空心的。



1. 一种系统,包括:  
接纳容器,被构造为接纳液体碳前驱体;  
至少一个孔,位于所述接纳容器的底部并被构造为释放液体碳前驱体的液滴;和  
冷却容器,放置在接纳容器下方以接纳所述液滴并且被构造为保持用于使所述液滴凝固成碳前驱体颗粒的冷却剂。
2. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述接纳容器包括至少一个管,并且在所述至少一个管中的每个管的端部限定有所述至少一个孔中的一个孔。
3. 根据权利要求2所述的系统,其中,所述至少一个管包括主体部分和较窄的尖端部分。
4. 根据权利要求2所述的系统,其中,所述至少一个管包括被构造为接纳流体的内腔和被构造为接纳所述液体碳前驱体的外腔。
5. 根据权利要求4所述的系统,其中,所述内腔的端部延伸通过所述外腔的端部。
6. 根据权利要求4所述的系统,其中,所述至少一个管被构造为释放具有由所述流体构成的内芯的液体碳前驱体的液滴。
7. 根据权利要求6所述的系统,其中,所述流体是气体。
8. 根据权利要求6所述的系统,其中,所述流体是液体聚合物。
9. 根据权利要求6所述的系统,其中,所述内芯的直径为所述液滴的直径的至少10%。
10. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述接纳容器包括连接到加压气体源的气体入口和被构造为控制从所述加压气体源到所述接纳容器的气体流动的气体阀。
11. 根据权利要求10所述的系统,其中,所述接纳容器包括压力传感器和气体出口,所述气体出口被构造为从所述接纳容器释放气体以减小所述接纳容器中的气压。
12. 根据权利要求1所述的系统,还包括烘箱,所述烘箱被配置为将所述碳前驱体颗粒碳化成包含至少90% (重量) 的碳的碳颗粒。
13. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述至少一个孔包括至少100个孔。
14. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述至少一个孔被构造为释放直径为10 $\mu\text{m}$ 至400 $\mu\text{m}$ 的液滴。
15. 一种方法,包括:  
将液体碳前驱体引入到罐中,在所述罐中限定有多个孔,使得液体碳前驱体的液滴从所述孔释放出来;  
在冷却容器中使所述液滴凝固,所述冷却容器被放置用于从所述孔接纳所述液滴;和  
使凝固的液滴碳化以形成碳颗粒。
16. 一种复合车辆部件,包括:  
聚合物基质;和  
多个碳球,分散在整个聚合物基质中,所述碳球的直径为10 $\mu\text{m}$ 至300 $\mu\text{m}$ 并且包含至少90% (重量) 的碳。

## 碳球及其制造方法

### 技术领域

[0001] 本公开涉及碳球(例如微碳球)及其制造方法。

### 背景技术

[0002] 对于车辆制造商而言,提高燃料经济性是重要目标。期望改善燃料经济性可能受燃料成本、排放标准(例如对于二氧化碳而言)、增加里程或其他原因的驱使。改善燃料经济性的一种方法是使用轻质材料来减轻车辆重量。碳产品通常是具有良好机械性能的低密度材料。目前,碳纤维通常用于诸如航天、风能、体育用品和高端车辆的应用中。与大批量车辆相比,这些应用通常产量较低且价格较高。在汽车工业中将碳产品实施到大批量非豪华车辆产生一些挑战。其中一个挑战是开发用于大批量生产的低成本加工技术。已经使用片状模塑料(SMC)工艺来制造玻璃纤维增强部件,诸如行李箱盖、发动机罩、保险杠等。然而,由于两种材料或产品类型的物理性质的差异,相同的SMC工艺可能不适用于碳产品。

### 发明内容

[0003] 在至少一个实施例中,提供一种系统。所述系统可以包括:接纳容器,被构造为接纳液体碳前驱体;至少一个孔,位于所述接纳容器的底部并被构造为释放液体碳前驱体的液滴;冷却容器,放置在接纳容器下方以接纳所述液滴并且被构造为容纳用于使所述液滴凝固成碳前驱体颗粒的冷却剂。

[0004] 所述接纳容器可包括至少一个管,并且所述至少一个管中的每个管的端部可限定有所述至少一个孔中的一个孔。所述至少一个管可包括主体部分和较窄的尖端部分。在一个实施例中,所述至少一个管可包括被构造为接纳流体的内腔和被构造为接纳所述液体碳前驱体的外腔。所述内腔的端部可延伸通过所述外腔的端部。所述至少一个管可被构造为释放具有由所述流体构成的内芯的液体碳前驱体的液滴。所述流体可以是气体或液体聚合物。在一个实施例中,所述内芯的直径为所述液滴的直径的至少10%。

[0005] 在一个实施例中,所述接纳容器包括连接到加压气体源的气体入口和被构造为控制从所述加压气体源到所述接纳容器的气体流动的气体阀。所述接纳容器可包括压力传感器和气体出口,所述气体出口被构造为从所述接纳容器释放气体以减小所述接纳容器中的气压。该系统可以包括被配置为将碳前驱体颗粒碳化成包含至少90%(重量)的碳的碳颗粒的烘箱。在一个实施例中,所述至少一个孔可以包括至少100个孔。所述至少一个孔可以被构造为释放直径为10 $\mu$ m至400 $\mu$ m的液滴。

[0006] 在至少一个实施例中,提供一种方法。所述方法可以包括:将液体碳前驱体引入到其中限定有多个孔的罐中,使得液体碳前驱体的液滴从所述孔中释放出来;在冷却容器中将液体碳前驱体的液滴凝固,所述冷却容器被放置用于从所述孔接纳所述液滴;将凝固的液滴进行碳化以形成碳颗粒。

[0007] 所述多个孔可以释放直径为10 $\mu$ m至400 $\mu$ m的液滴,并且所述碳化步骤可以包括将凝固的液滴碳化以形成直径为10 $\mu$ m至400 $\mu$ m的碳颗粒。所述多个孔中的每个孔可以限定在

管的端部,并且所述碳前驱体的液滴可以从管释放。所述方法还可以包括:将流体引入到管的内腔中并将液体碳前驱体引入到管的外腔中以形成具有碳前驱体外壳和流体内芯的液滴;将所述液滴碳化以形成具有碳外壳和充气芯的空心碳颗粒。在一个实施例中,所述方法还包括将碳颗粒包含在片状模塑料中。

[0008] 在至少一个实施例中,提供一种复合的车辆部件。所述部件可以包括:聚合物基质;多个碳球,分散在整个聚合物基质中,所述碳球的直径为 $10\mu\text{m}$ 至 $300\mu\text{m}$ 并且包括至少90%(重量)的碳。

### 附图说明

[0009] 图1A是根据实施例的实心碳颗粒或球的示意性截面图;

[0010] 图1B是根据实施例的空心碳颗粒或球的示意性截面图;

[0011] 图2A是根据实施例的用于形成碳前驱体颗粒或球的系统的示意图;

[0012] 图2B是根据实施例的用于形成碳前驱体颗粒或球的管的放大视图;

[0013] 图3是根据实施例的用于形成空心碳前驱体颗粒或球的管的示意性截面图。

### 具体实施方式

[0014] 根据需要,在此公开本发明的详细实施例。然而,应该理解的是,所公开的实施例仅仅是本发明的示例,本发明可采用各种可替代的形式。附图不一定按比例绘制;可夸大或最小化一些特征以示出特定组件的细节。因此,在此公开的具体结构和功能性细节不应解释为限制,而仅仅作为用于教导本领域的技术人员以多种形式利用本发明的代表性基础。

[0015] 已经发现,小的碳颗粒或球可以用作复合材料中的增强体或填料。碳球可以是具有微米级尺寸/直径(例如, $1\mu\text{m}$ 至 $1000\mu\text{m}$ )的微碳球。碳球可以是实心或空心的,并且可以被包含在复合材料中(诸如SMC复合材料)。碳球可用于汽车部件,例如行李箱盖、发动机罩、保险杠等。公开了碳球以及生产碳球和空心碳球的方法。

[0016] 参照图1A和图1B,示出了碳球的示例性截面图。图1A示出了实心碳颗粒或球10,图1B示出了空心碳颗粒或球20。实心碳球10可以是实心的,使得其整体具有基本均匀的密度。术语“实心”不一定要求碳球10是无孔的。相比之下,空心碳球20可以具有外壳22和空的芯24(例如,充满空气)。外壳22可整体具有均匀的密度。芯24可以是基本上球形的并且可以位于空心碳球20的中心。

[0017] 在一个实施例中,芯24的直径可以是空心球20的直径的5%至90%或其中的任何子范围。例如,芯24的直径可以为空心碳球20的直径的10%至80%、20%至80%、20%至70%、30%至80%、30%至70%、40%至80%、40%至70%、20%至60%、30%至60%或40%至60%或其他范围。在另一实施例中,芯24的直径可以是空心碳球20的直径的至少5%,例如空心碳球20的直径的至少10%、20%、30%、40%、50%、60%或70%。

[0018] 在一个实施例中,实心碳球10的直径和/或空心碳球20的直径可以为 $5\mu\text{m}$ 至 $500\mu\text{m}$ 或其中的任何子范围。例如,直径可以为 $5\mu\text{m}$ 至 $400\mu\text{m}$ 、 $10\mu\text{m}$ 至 $400\mu\text{m}$ 、 $10\mu\text{m}$ 至 $300\mu\text{m}$ 、 $10\mu\text{m}$ 至 $200\mu\text{m}$ 、 $25\mu\text{m}$ 至 $200\mu\text{m}$ 、 $50\mu\text{m}$ 至 $300\mu\text{m}$ 、 $50\mu\text{m}$ 至 $200\mu\text{m}$ 、 $50\mu\text{m}$ 至 $150\mu\text{m}$ 、 $100\mu\text{m}$ 至 $200\mu\text{m}$ 或 $100\mu\text{m}$ 至 $150\mu\text{m}$ 。虽然碳颗粒在本文中总体上被称为球,但它们可以不是完美的球形。例如,所述颗粒可以总体上为球形的,但可以具有刻面表面(faceted surface)。所述颗粒可以是球体形或

其他形状,诸如卵形、椭圆形或泪珠状。

[0019] 参照图2A,示出了用于生产例如实心碳球(实心碳球10)的碳球的系统50。系统50包括可容纳和保持熔融的或液体的前驱体材料54的前驱体罐或容器52。前驱体材料可以从储存罐或容器(未示出)接收。储存罐可以将前驱体材料保持在其熔融温度以上以使其处于液体状态。在一个实施例中,可以加热前驱体罐52以防止前驱体材料54凝固。可以使用任何合适的方法(例如内置式加热元件(例如电阻式加热元件、感应式加热元件等)或通过施加的外部热(例如,红外线、火焰等)来进行加热。前驱体材料可以是可转化成高纯度碳(例如至少90%(重量)或95%(重量)的碳)的聚合物。在一个实施例中,前驱体材料可以是由丙烯腈制成的聚丙烯腈(PAN)。然而,前驱体材料可以包括能够转化成高纯度碳的其它前驱体,例如人造丝、聚乙烯、聚丙烯或沥青基前驱体。前驱体材料可以是纯的前驱体(例如,液体PAN),或者其可以包括前驱体和溶剂。包括溶剂可以降低将前驱体材料保持在液体状态所需的温度。

[0020] 在一个实施例中,前驱体材料54可以通过前驱体入口56引入到罐52中。入口56可以从罐或其它储存容器(未示出)接收前驱体材料54。在罐52内(例如,在罐52的底部)可以限定一个或更多个孔58。孔58可以各自形成在管、通道或移液管60的端部。管60可以至少部分地从罐52延伸出,或者可以在罐52内部并且孔58与罐52齐平或基本上齐平。虽然示出了若干管60,但是可以存在单个管60或多个管60。在一个实施例中,可以存在数十或数百个管60。例如,可以存在限定在罐52中和/或从罐52延伸的至少25个、50个、100个、250个、500个或1000个管60。

[0021] 参照图2B,示出了管60的放大视图。管60可以具有主体62和尖端64。孔58可以限定在尖端64中。在一个实施例中,尖端64可以比主体62窄。前驱体材料54可以从罐52流动通过管60的主体62并离开孔58。当前驱体材料54离开孔58(例如在尖端64处)时,其可以形成液滴66。由于表面张力,液滴66可以保持在尖端64悬挂持续一段时间。随着液滴66的生长,重力可以最终克服表面张力,并且液滴66可从孔58落下。由于表面张力(例如,每单位体积具有尽可能小的表面积的驱动力),当液滴66从所述孔下落时可以形成球或大致球形的颗粒。一旦一个液滴66形成并下落,另一个就可以开始形成。因此,离开管60的前驱体材料54可以形成液滴66串或液滴66流。

[0022] 液滴66或所产生的球形颗粒的尺寸或直径可取决于若干因素。一个因素可以是孔58的尺寸,其中液滴的尺寸大体上随着孔尺寸的增加而增加。另一个因素可以是孔和/或尖端64的形状或几何形状。例如,尖端64从主体62变窄时的角度可能影响液滴尺寸(大体上,较小直径的尖端将产生较小的表面张力和较小的液滴)。由前驱体材料54施加在孔上方的力也可能影响液滴尺寸。例如,如果罐52充满,相比于罐几乎为空的情况,可以有更多的压力施加在管60中的前驱体材料上,并且液滴66可以更快地推离孔58。而且,如果在前驱体材料54上施加额外的或外部的压力,则可以发生类似的结果(例如较小的液滴)。上述影响可以基于恒定的前驱体材料,然而,当上述因素保持恒定时,不同的前驱体材料(例如由于粘度、表面张力、密度等)也可以具有不同的液滴尺寸。在一个实施例中,液滴的尺寸和孔的几何形状之间的关系大体上可以基于以下关系来确定:

$$[0023] \quad mg = \pi d \gamma = \rho v g = \rho (4/3) \pi r^3 g$$

[0024] 在上述关系中,m是液滴的质量,g是由重力引起的重力加速度,d是孔直径, $\gamma$ 是液

体的表面张力, $\rho$ 是液体的密度, $v$ 是液滴的体积, $r$ 是液滴的半径(假设它是球)。

[0025] 可以在罐52下方放置冷却贮存器、容器或槽68以接纳落下的液滴66。如上所述,可以有一个、若干个、数百个或数千个孔58或管60从罐52释放液体前驱体材料54的液滴。冷却槽68可以被配置为在液滴66离开孔/管之后捕获或接纳液滴66,并且使液滴66冷却并凝固成固体相的球70。冷却槽68可以包括液体冷却介质72。在一个实施例中,液体冷却介质72可以是水。然而,可以使用将不会与前驱体材料54发生显著反应或(除凝固前驱体材料54之外)改变前驱体材料54的任何合适的冷却介质。例如,一些有机材料可能与前驱体材料发生反应或污染前驱体材料,因此,在一个实施例中,冷却剂可以不包括有机材料。液体冷却介质72可以处于室温或环境温度(例如约15°C至25°C)。然而,液体冷却介质72也可以高于室温,只要它比前驱体材料54的熔融温度更低即可。在一个实施例中,液体冷却介质可以保持在15°C至100°C或其中的任何子范围,诸如20°C至80°C、20°C至60°C、20°C至40°C或15°C至30°C。

[0026] 还可以使用非液体冷却介质,诸如冷却的空气/气体、干冰(例如固体二氧化碳)等。还可以通过冷却贮存器本身而使前驱体材料54凝固。例如,如果贮存器68是金属的,则可以将其冷却,使得当液滴66接触容器时,来自液滴的热被贮存器吸收。然而,这可能使液滴66变平成圆盘或“薄饼”型形状。因此,液体液滴66可以落入冷却槽68中并凝固。当凝固的液滴被冷却槽(例如在水中)接收时可保持其形状(例如,球或球体)以产生实心前驱体颗粒70。

[0027] 在上述实施例中,液滴66被描述为由于重力而从孔58离开或下落。在另一实施例中,液滴66可以在额外的或外部的压力下被推离孔58或被迫从孔58中排出。例如,罐52中除了环境/大气压力之外的气压可以施加到罐中的前驱体材料54,以增加液滴形成和滴落或离开的速率。通过施加额外的压力,液滴66可以比它们仅在重力作用下形成和/或下落的速度更快。此外,可以通过施加的压力来调节液滴的尺寸和/或形状。在另一实施例中,施加的压力可以足以形成连续的前驱体材料流,而不是离散的液滴。当在冷却槽中凝固时,前驱体材料流可以冷却并形成碳圆柱体。例如,前驱体材料流在凝固时可以会破裂成离散的圆柱体。圆柱体的直径可以与上述球的直径相似。圆柱体可以具有高达500 $\mu\text{m}$ 的长度,例如高达400 $\mu\text{m}$ 或高达250 $\mu\text{m}$ 。在一个实施例中,圆柱体可以具有100 $\mu\text{m}$ 至500 $\mu\text{m}$ 、200 $\mu\text{m}$ 至500 $\mu\text{m}$ 或300 $\mu\text{m}$ 至500 $\mu\text{m}$ 的长度。

[0028] 参照图2A,可以通过空气/气体供应部或入口74(例如管子、管或导管)施加额外的气压,所述入口可以包括调节器或阀76。空气供应部74可以连接到加压气体源(诸如空气或其他气体)。在一个实施例中,加压气体可以是惰性或非反应性气体,诸如氮气或氩气。也可以使用其它气体或气体混合物,只要它们不与前驱体材料54发生显著反应即可。因此,在一个实施例中,罐52可以是密封罐,使得可以保持高于环境或大气压力的气压。因此,前驱体入口56可以包括可关闭的气密阀78。

[0029] 除了空气供应部74之外,可以存在空气/气体出口80(例如管子、管或导管),其可以包括调节器或阀82。前驱体入口、空气供应部、空气出口及其相关联的阀可由控制器(未示出)操作。因此,当罐52中需要额外的前驱体时,可以打开入口56,并且当调节气压时,可以控制空气供应部和空气出口中的阀以达到所需的压力。压力传感器84可以位于罐内并连接到控制器以提供压力反馈。在一个实施例中,罐中的气压可以保持略高于大气压/环境压

力。例如,所述压力可以是大气压/环境压力的至少101%,诸如大气压/环境压力的至少105%或至少110%。在另一实施例中,所述压力可以是大气压/环境压力的101%至125%,或其中的任何子范围,诸如大气压/环境压力的101%至115%、101%至110%、105%至125%或105%至115%。

[0030] 在实心前驱体颗粒或圆柱体已经冷却和凝固之后,可以将它们从冷却槽中收出(例如通过筛选/滤除或其它方法)并通过热处理将它们转化成碳球/颗粒/圆柱体(例如,高纯度碳)。已经发现,与用于生产碳纤维类似的工艺也可以将前驱体球转化为碳球。然而,由于碳球不像纤维那样连续,因此在处理过程中在炉子或其他步骤之间运输它们可能需要额外的或不同的设备。例如,碳球可以使用在炉子或其他设备之间的移动传送带进行运输。由前驱体制备纯的或基本上纯的碳纤维是本领域已知的,将不再详细描述。通常,前驱体颗粒至高纯度碳的转化可包括氧化、碳化和(可选的)表面处理的步骤。然而,用于将前驱体转化为高纯度碳的任何方法可以与本公开兼容。在氧化步骤中可以将前驱体球插入到或供应到一个或多个烘箱。氧化温度可以在约200°C至300°C的范围内。该过程可能导致前驱体中的聚合物链交联并增加密度。在氧化之后,被氧化的球可以含有约50%至65%的碳分子,其中诸如氢、氮和氧的元素形成平衡。

[0031] 在碳化步骤中,所述球可以被再次加热,但是要在惰性或无氧气氛中进行加热。在没有氧的情况下,可以将非碳分子从所述球中去除。碳化步骤可以包括在一个或多个温度(例如第一较低温度和第二较高温度)下加热。所述温度可以在例如700°C至1500°C的范围内。在碳化期间,碳分子发生结晶,最终得到的球可以含有大于90%的碳(例如,按重量计),诸如至少95%、97%或99%。为了实现较高端的碳水平,可能需要额外的结晶步骤。

[0032] 在碳化之后,所述球可以接受与通常施加到碳纤维的涂层相同或相似的表面处理和/或涂层。表面处理可以包括将所述球暴露于电化学或电解槽,电化学或电解槽包含用于蚀刻或粗糙化每个球的表面的溶液。然后可以将涂层(通常称为覆层(sizing))施加到所述球上。覆层可以在处理和加工过程中保护碳球,使得球表面不被划伤或损坏。在施加覆层并干燥之后,可以收集碳球以便以后结合到诸如SMC部件的复合部件中。

[0033] 参照图3,示出了用于形成液体碳前驱体的液滴的管100的另一实施例。管100可以替代图2A所示的管60或与图2A所示的管60结合使用。管100可以构造用于形成空心碳球或颗粒,诸如图1B中的空心颗粒20。管100可以包括主体部分102和尖端104。管100可以包括内管部分106和外管部分108。内管部分和外管部分可以是同心的,使得内管部分106设置在外管部分内,而且内管部分和外管部分具有共同的中心轴线。因此,管100可以是双腔管或双套管。内管部分和外管部分可以被分开,使得它们形成分离的流体传送路径或通道,其中一个路径或通道在另一个路径或通道内。

[0034] 在尖端104处,内管部分和/或外管部分可以相对于它们主体部分102中的直径变窄。在至少一个实施例中,内管部分106可以在尖端104处轴向延伸超过或伸出通过外管部分108。在一个实施例中,内管部分106可构造为接纳芯流体110,并且外管部分108可构造为接纳液体碳前驱体112(例如,类似于前驱体54)。与管60类似,液体碳前驱体112可以从罐52接收。芯流体110可以是气体或液体。如果芯流体是气体,则可以是空气或其他气体,诸如氮气或氩气。在一些实施例中,所述气体可以与用于施加额外压力的气体相同或不同。如果这些气体相同,则相同的源(例如,罐)可以将气体供应到罐52和内管部分106两者。如果芯流

体是液体,则其可以是液体或熔融的聚合物,诸如聚烯烃(例如,PE、PP等)。然而,也可以使用其它聚合物。也可以使用其它液体,例如水或乙醇。芯流体110可以从在罐52内部或外部的单独的罐或供应容器接收。

[0035] 在操作中,内管部分106可以接纳芯流体110,外管部分108可以接纳液体碳前驱体112。外管部分108可围绕内管部分106,使得当两种材料/组分离开尖端104时,芯流体110形成芯114,芯被前驱体112的壳(shell)116包围或包封。如果芯流体110是诸如空气的气体,则芯114可以是空的空间(除了气体)。如果芯流体110是诸如聚合物的液体,则芯114可以是球或球形实心芯。如上所述,内管部分106可以在尖端104处延伸穿过外管部分108,如图所示。这种构造可以有助于芯114的形成,这是因为由于内管部分106的存在可以防止前驱体材料112形成实心液滴。当芯流体110流出内管部分106时,它可以占据前驱体112内的空间或者围绕其扩展前驱体112以形成空心或芯/壳液滴118。

[0036] 类似于实心液滴,芯/壳液滴118可以是球形的或类似球的(例如,球体、卵、泪滴)。液滴的表面张力可能使壳116在它们从管100落下时形成球形的或类似球的形状。类似地,芯114可以在壳116内形成球形的或类似球的形状。与实心液滴一样,芯/壳液滴118可以从管100下落并落入冷却槽68中。在冷却槽68中,前驱体材料112可以冷却并凝固以形成固体壳。如果芯流体110是液体,则其可以在冷却槽68中凝固以形成固体芯。然而,如果所述液体具有比冷却槽68的温度低的凝固点,则芯流体110可以在固体壳内保持为液体。然后可以使用上述相同的工艺将凝固的空心或芯/壳球或颗粒碳化。在碳化过程中,如果芯流体110是液体(诸如聚合物或水),则它可能被高温分解或蒸发,并且可能逸出壳。其结果是,无论所用的芯流体是什么,最终的球或颗粒可以是空心球或颗粒(例如,如图1B所示)。

[0037] 实心 and/或空心碳颗粒或球可以融入到(incorporated into)复合部件中。由于颗粒的高强度和低重量/密度,颗粒可以用作增强体和/或填料。空心颗粒作为填料可能特别有效,这是因为它们的总体密度和重量通过碳壳内的空芯而减小。所述颗粒可以融入到用于车辆的复合部件中,例如行李箱盖、发动机罩、保险杠、结构构件等。在一个实施例中,实心 and/或空心碳颗粒可以融入到SMC工艺和部件中。

[0038] 在一个实施例中,在碳球被碳化和收集之后,它们可以被沉积、铺展或掉落到接收表面上。接收表面可以是静止的或者它可以移动。接收表面可以形成SMC工艺的一部分。例如,接收表面可以是其上施加有树脂的载体膜(例如,聚合物膜)。因此,可以将碳球沉积在树脂承载膜上,并且其上施加有树脂的第二载体膜可以施加到碳球的顶部以形成碳球增强的SMC材料。SMC材料可以被压实(例如,通过辊子)并且储存(诸如存储在卷取辊上)以供以后使用。或者,可以运输SMC材料用于即时或半即时进一步的加工,诸如模制操作。在模制操作之后,碳球可以通过分散在凝固聚合物基质内而被包含在部件(例如车辆部件)中。

[0039] 除了SMC工艺之外,所公开的碳球(实心 and/或空心)可以包括在其它复合成型工艺中(或可以用于通常在非复合工艺中形成复合材料)。例如,碳球可以包括在用于注射成型工艺的注射材料中。在一个实施例中,碳球可以包含在用于形成注射材料的固体颗粒料中。当形成颗粒料时,可以将碳球加入混合器中。另外,碳球(无论是包括在颗粒料中还是独立的碳球)可以融入到其它工艺中。例如,可以在压缩成型工艺中添加碳球。

[0040] 虽然上文描述了示例性实施例,但并非意味着这些实施例描述了本发明所有可能的形式。更确切地,说明书中使用的词语为描述性词语而非限制性词语,并且应理解的是,



在不脱离本发明的精神和范围的情况下可做出各种改变。此外,可将各个实施的实施例的特征进行组合以形成本发明进一步的实施例。

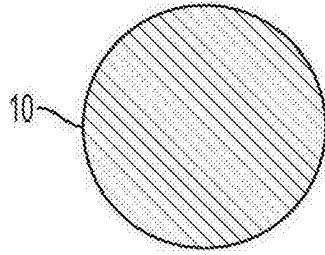


图1A

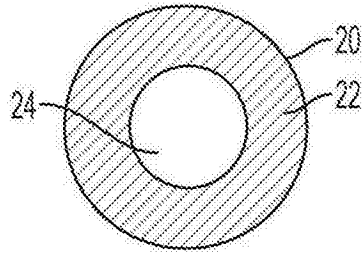


图1B

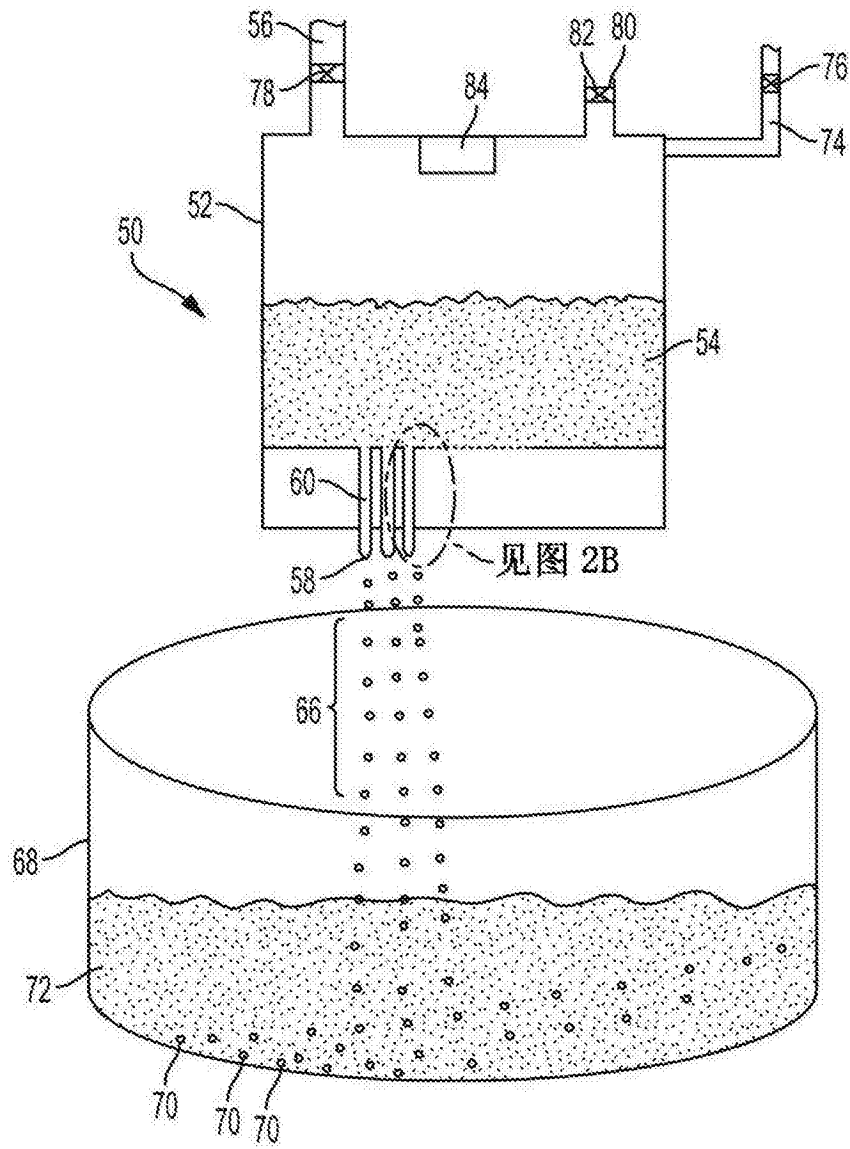


图2A

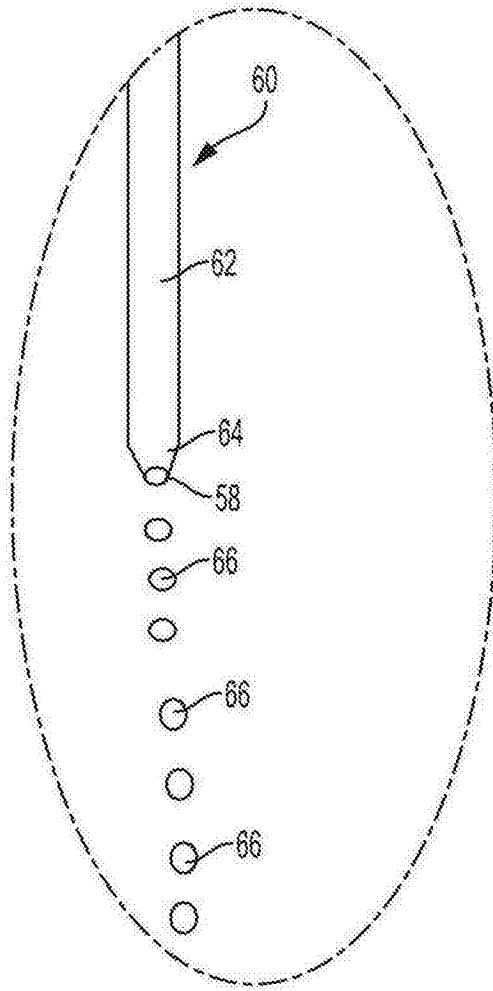


图2B

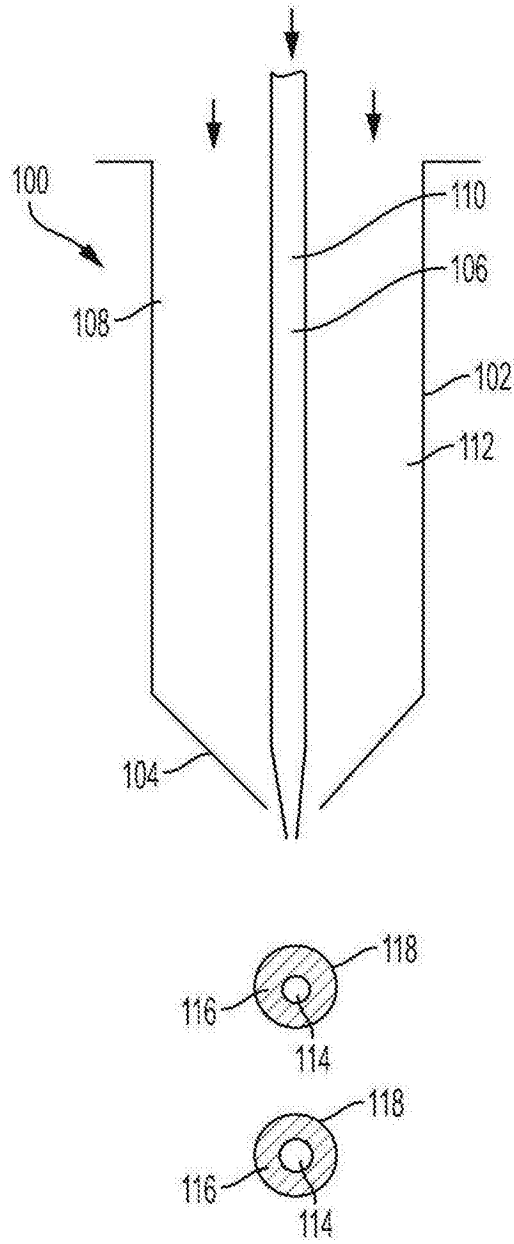


图3