



(19) 中華民國智慧財產局

(12) 發明說明書公開本

(11) 公開編號：TW 201819317 A

(43) 公開日：中華民國 107 (2018) 年 06 月 01 日

(21) 申請案號：106140445

(22) 申請日：中華民國 106 (2017) 年 11 月 22 日

(51) Int. Cl. :

*C03B7/00 (2006.01)**C03B7/08 (2006.01)**C03B7/06 (2006.01)*

(30) 優先權：2016/11/28

美國

62/426,895

(71) 申請人：美商康寧公司 (美國) CORNING INCORPORATED (US)

美國

(72) 發明人：德倫諾瓦司奇 克理斯杜佛威廉 DREWNOWSKI, CHRISTOPHER WILLIAM

(US)；哈汀 崔西納奈特 HARDING, TRACI NANETTE (US)；拉斯可斯基 克里

斯汀娜瑪莉 LASKOWSKI, CHRISTINA MARIE (US)；馬茲錫克 約瑟夫麥可

MATUSICK, JOSEPH MICHAEL (US)；摩根 肯尼士史班瑟 MORGAN,

KENNETH SPENCER (US)；佩爾斯 詹姆士保羅 PERIS, JAMES PAUL (US)；派

特森 艾琳莫那 PETERSON, IRENE MONA (US)；梭納 湯瑪士馬修 SONNER,

THOMAS MATTHEW (US)

(74) 代理人：李世章；彭國洋

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：38 項 圖式數：6 共 37 頁

(54) 名稱

添加式製造系統

ADDITIVE MANUFACTURING SYSTEM

(57) 摘要

一種玻璃製品製造系統，包括一坩堝，該坩堝界定一筒及一噴嘴。該筒接受一玻璃原料。一加熱器，與該噴嘴熱連通。該加熱器加熱該噴嘴內的該原料。一致動器，定位在該筒附近，且將該原料擠過該噴嘴作為經擠出的原料。

A glass article manufacturing system includes a crucible that defines a barrel and a nozzle. The barrel accepts a glass feedstock. A heater is in thermal communication with the nozzle. The heater heats the feedstock within the nozzle. An actuator is positioned proximate the barrel and extrudes the feedstock through the nozzle as extruded feedstock.

指定代表圖：

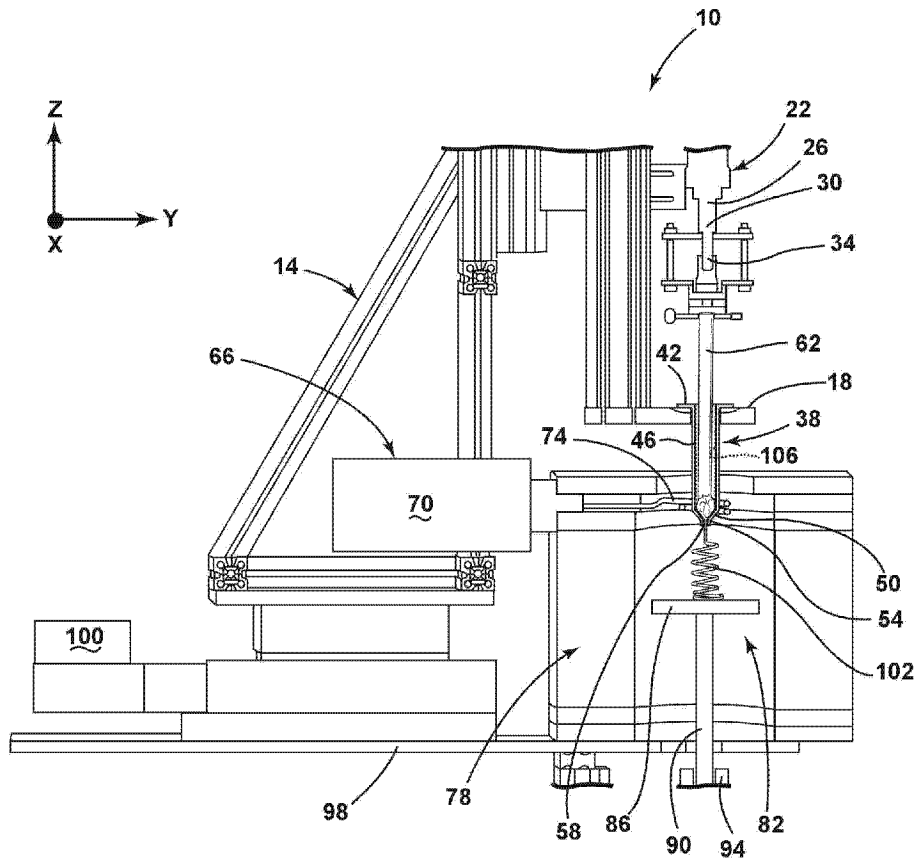


圖1B

符號簡單說明：

10 . . . 添加式製造系統

14 . . . 支撐結構

18 . . . 配接器

22 . . . 致動器

26 . . . 伺服裝置

30 . . . 荷重元

34 . . . 柱塞

38 . . . 坩堝

42 . . . 凸緣

46 . . . 筒

50 . . . 肘形節

54 . . . 噴嘴

58 . . . 孔

62 . . . 原料

66 . . . 加熱器

70 . . . 感應單元

74 . . . 感應線圈

78 . . . 爐

82 . . . 空腔

86 . . . 平台

90 . . . 支撐桿

94 . . . Z 級

98 . . . XY 級

100 . . . 控制器

102 . . . 玻璃製品

106 . . . 內表面

## 【發明說明書】

【中文發明名稱】添加式製造系統

【英文發明名稱】ADDITIVE MANUFACTURING SYSTEM

【0001】 此申請案依據專利法主張於2016年11月28日所提出之第62/426,895號美國臨時專利申請案的優先權權益，該申請案的整體內容於本文中以引用方式依附及併入本文中。

【技術領域】

【0002】 本揭示案大致關於添加式製造系統，且更具體而言是關於用於形成玻璃製品的添加式製造系統。

【先前技術】

【0003】 一般可用的添加式製造技術(例如填有玻璃粒子的樹脂的立體光刻或玻璃粒子的直接雷射燒結)可能難以產生具有極佳光學透明度的部件，因為玻璃粒子可能難以燒結到全密度。用於塑膠的一個添加式製造技術(稱為熔融沉積模製(FDM))具有將纖維而不是粉末用作原料的優點。在FDM系統中，是使用牽引輪將纖維拉到經加熱的區域中。以脆的玻璃纖維取代可撓的塑膠纖維的FDM的使用造成了斷裂的纖維。此外，不總是可能拉動所需的玻璃成分的纖維，因為可撓玻璃纖維的黏度曲線不總是與纖維牽引製程相容。常規的擠製技術亦可能同等地不適用於玻璃產品的添加式製造，因為擠製是針對較大的直徑而設計的，且可能需要太高的溫度及壓力而不能生產具有所需尺寸的玻璃珠串直徑。鋪設細的玻璃珠串的另一

方法是在底部具有孔洞的坩堝中熔化玻璃。然而，隨著玻璃液流的直徑減少，液流的穩定性亦減少，且液流可能螺旋化及皺曲。

#### 【發明內容】

【0004】 依據本揭示案的至少一個態樣，一種玻璃製品製造系統包括一坩堝，該坩堝界定一筒及一噴嘴。該筒接受一玻璃原料。一加熱器，與該噴嘴熱連通。該加熱器加熱該噴嘴內的該原料。一致動器，定位在該筒附近，且將該原料擠過該噴嘴作為經擠出的原料。

【0005】 依據本揭示案的另一態樣，一種玻璃製品製造系統包括一坩堝，該坩堝界定一噴嘴且接受一玻璃原料。一平台，定位在該噴嘴附近。一致動器，定位在該坩堝附近，且被佈置為向該原料施加壓力，使得該原料擠過該噴嘴到該平台上作為一經擠出的玻璃原料。該經擠出的玻璃原料呈現一玻璃製品的形式。

【0006】 依據本揭示案的另一態樣，一種操作一玻璃製品製造系統的方法包括以下步驟：加熱一坩堝內的一玻璃原料，該坩堝界定一噴嘴；將該玻璃原料擠過該噴嘴的一孔作為一珠串到一平台上；及在該玻璃原料被擠出時移動該平台以形成一玻璃製品。

【0007】 將由本領域中的技術人員藉由參照以下說明書、請求項及隨附的繪圖進一步了解及理解本揭示案的這些及其他特徵、優點及目標。

#### 【圖式簡單說明】

【0008】 下文是隨附繪圖中的圖式的說明。該等圖式不一定是依比例的，且為了明確及簡潔起見，可能在比例上誇張地示出或示意地示出圖式的某些特徵及某些視圖。

【0009】 圖1A是一示意圖，繪示依據一個實施例的在起動時間處的添加式製造系統；

【0010】 圖1B是一示意圖，繪示依據一個實施例的在結束時間處的添加式製造系統；

【0011】 圖2是依據一個實施例的圖1A的添加式製造系統的坩堝的示意橫截面；

【0012】 圖3是一示意圖，繪示依據另一實施例的添加式製造系統；

【0013】 圖4是依據一個實施例的用於操作添加式製造系統的方法的流程圖；

【0014】 圖5A是依據一個實施例的使用添加式製造系統來形成的玻璃製品的頂部透視圖；

【0015】 圖5B是依據一個實施例的使用添加式製造系統來形成的玻璃製品的頂部透視圖；

【0016】 圖5C是依據另一實施例的使用添加式製造系統來形成的玻璃製品的透視圖；及

【0017】 圖6是依據一個實施例的由添加式製造系統所形成的示例性玻璃製品的相片。

#### 【實施方式】

【0018】 將在以下的詳細說明中闡述本發明的額外特徵及優點，且本領域中的技術人員將藉由該說明以及請求

項及隨附的繪圖理解或藉由實行如以下說明所述的發明以及請求項及隨附的繪圖來認識該等特徵及優點。

【0019】 如本文中所使用的，用語「及/或」在用於二或更多個項目的列表中時，意指可採用所列舉的項目中的任何一者本身或可採用所列舉的項目中的二或更多者的任何組合。例如，若將合成物描述為包含成分A、B及/或C，則合成物可單獨包含A；單獨包含B；單獨包含C；包含A及B的組合；包含A及C的組合；包含B及C的組合；或包含A、B及C的組合。

【0020】 在此文件中，例如為第一及第二、頂部及底部等等的關係用語僅用來將一個實體或行動與另一實體或行動進行區隔，而不一定需要或暗示此類實體或行為之間的任何實際的此類關係或順序。

【0021】 參照圖1A-3，所描繪的是用於製作玻璃製品等元件的添加式製造系統10。系統10包括了包括配接器18的支撐結構14。在所描繪的實施例中，致動器22被定位為朝向支撐結構14的頂部。致動器22包括伺服裝置26、荷重元30及柱塞34。定位在致動器22下方的是坩堝38。坩堝38包括凸緣42、筒46、肘形節（knuckle）50、噴嘴54及孔58。

【0022】 在圖1A-3中所描繪的實施例中，可由配接器18將坩堝38固持到支撐結構14。定位在坩堝38內的是原料62。系統10更包括加熱器66。加熱器66包括感應單元

70 及感應線圈 74。爐 78 被定位在支撐結構 14 附近。爐 78 界定空腔 82，坩堝 38 延伸到該空腔 82 中。

【0023】 平台 86 定位在爐 78 的空腔 82 裡面。平台 86 由支撐桿 90 所支撐。支撐桿 90 可操作地耦接到 Z 級 (Z-stage) 94。Z 級 94 被配置為以 Z 方向在爐 78 的空腔 82 內移動平台 86。支撐結構 14 耦接到 XY 級 (XY-stage) 98。Z 級 94 及 XY 級 98 被配置為將平台 86 及坩堝 38 彼此相對移動。將了解的是，可以各種配置佈置平台 86 及爐 78，該等配置在不脫離本文中所提供的教示的情況下允許該平台及爐彼此相對移動。例如，平台 86 及 / 或爐 78 可圓形地、圓柱地或以如由笛卡耳座標或極座標所界定的類似移動方式移動。

【0024】 如下文將更詳細解釋的，添加式製造系統 10 包括控制器 100，該控制器被配置為調節由致動器 22 所施加的壓力、由加熱器 66 向坩堝 38 (且亦即向原料 62) 所提供的熱、平台 86 及坩堝 38 相對於彼此的移動以及用來形成玻璃製品 102 的爐 78 溫度。

【0025】 支撐結構 14 被配置為在操作期間將系統 10 的各種元件固持在原位。支撐結構 14 可包括直線滑件，致動器 22 及 / 或配接器 18 耦接到該直線滑件，使得可在 Z 方向上調整坩堝 38 及 / 或致動器 22。配接器 18 可包括溝槽以容許將坩堝 38 的凸緣 42 安置到配接器 18。可在配接器 18 內的凸緣 42 的兩側上包括絕緣體，同時確保將坩堝 38 正確安置在支撐結構 14 內。在某些實施例中，這些絕緣

體可為由陶瓷或聚合材料所組成的墊圈或纖維敷層以向坩堝 38 提供電氣絕緣。進一步地，絕緣體可在支撐結構 14 及坩堝 38 之間提供隔熱。

【0026】 定位在坩堝 38 上方的是致動器 22。將了解的是，致動器 22 及坩堝 38 之間的位置關係可能取決於要製作的玻璃製品 102 而改變。例如，坩堝 38 及致動器 22 可實質上定位在相同高度，使得以實質水平的方向致動原料 62。致動器 22 被配置為延伸柱塞 34 以朝向噴嘴 54 推動原料 62。例如，柱塞 34 可以抓取方式耦接到原料 62 以施加向下力。在另一示例中，柱塞 34 可壓在原料 62 的一個面上以強制原料 62 進入坩堝 38 的筒 46 中。

【0027】 依據一特定實施例，伺服裝置 26 在柱塞 34 上施加力，該柱塞接著延伸到筒 46 中。柱塞 34 可具有大約等於筒 46 的內徑的外徑。在此類示例中，柱塞 34 可「摩擦接觸 (w i p e)」筒 46 的內表面 106，使得原料 62 的所有部分被強制朝向噴嘴 54 移動。在又另一示例中，致動器 22 可包括用於向原料 62 施加向下力的輓。荷重元 30 可量測由柱塞 34 所施加的力的量。致動器 22 可向坩堝 38 內的原料 62 提供從約 0.1 磅 (0.44 N) 到約 300 磅 (1334 N) 或更多的力。將了解的是，亦可由致動器 22 向原料 62 施加高達 1000 磅 (4448 N) 的力。進一步地，施加到原料 62 的力可隨時間變化或在玻璃製品 102 的形成過程中而變化。

【0028】 依據各種示例，原料62可包括一或更多種玻璃及/或玻璃材料。原料62可被形成為桿，該桿具有大於或等於約1 mm、20 mm、30 mm、40 mm、50 mm、100 mm或大於約125 mm的直徑。對於厚度及可耐得住的壓縮力而言，桿可與絲狀體區隔，因為桿較絲狀體為粗且可耐得住更大的壓縮力。例如，在絲狀體在室溫下可為可撓的同時，原料62的桿示例可能在室溫下不是可撓的，使得從致動器22所施加的力並不造成原料62的皺曲或變形。將了解的是，可基於要製作的玻璃製品102的所需尺寸來調整原料62的桿的直徑。進一步地，原料62的直徑可與原料62的長度不同。在其他示例中，原料62可由複數個桿（例如束）、粉末、複數個絲狀體、複數個碟（例如桿的圓片或圓餅）、複數個粒子、複數個珠串及/或其組合組成。

【0029】 如上文所解釋的，原料62可由玻璃或玻璃材料所形成。原料62的玻璃或玻璃材料可包括Pyrex®、石英、矽酸鋁玻璃、鈉鈣玻璃、鋁矽酸鹽玻璃、鹼鋁矽酸鹽玻璃、硼矽酸玻璃、鹼硼矽酸玻璃、鋁硼矽酸鹽玻璃、鹼鋁硼矽酸鹽玻璃、熔融石英玻璃、耐高熱衝擊的玻璃、具有高工作溫度範圍的玻璃、有色玻璃、經摻雜的玻璃、透明玻璃、半透明玻璃、不透明玻璃及其組合。將了解的是，原料62的成分可隨著原料62的長度而改變或變化。例如，可將不同玻璃成分的多個不同桿加載到坩堝38中，使得在將原料62擠到平台86上的期間在不同點處形

成不同的玻璃成分。此類實施例在形成具有不同成分的不同區域的玻璃製品 102 時是有利的。

【0030】 依據各種實施例，原料 62 的玻璃可具有長的工作溫度範圍。玻璃的工作溫度範圍被界定為相對應於玻璃開始軟化的點到玻璃太軟而無法控制的點的溫度範圍。換言之，工作溫度範圍是原料 62 的黏度足夠低到擠出但不夠低到熔化而滴出噴嘴 54 的溫度範圍。用於原料 62 的玻璃成分的選擇是藉由選擇具有不造成令人煩惱的影響黏度的溫度改變量的黏度曲線或工作溫度範圍玻璃來引導的。進一步地，在選擇玻璃成分的期間應注意選擇具有不對於溫度改變敏感到使得大的黏度改變發生在短的溫度範圍（例如小於 100 °C、小於 50 °C、小於 10 °C）上的黏度曲線的玻璃。換言之，在針對原料 62 選擇玻璃成分時，成分不應難以加熱到流動態，但亦應不難以維持在流動態或固態下。在黏度改變上包括節點（亦即小溫度範圍上的劇烈改變）的玻璃成分可有利於系統 10 的各種開始及停止以及序列。原料 62 的工作溫度範圍可大於或等於約 100 °C、150 °C、200 °C、275 °C、300 °C、350 °C 或大於約 500 °C。

【0031】 坩堝 38 固持原料 62。如上文所解釋的，坩堝 38 包括凸緣 42、筒 46、噴嘴 54 且界定孔 58。筒 46 可具有內徑，該內徑大於或等於約 10 mm、20 mm、30 mm、34 mm、40 mm、50 mm、100 mm、200 mm 或 500 mm。筒 46 可具有厚度，該厚度大於或等於約 1 mm、2

mm、5 mm、10 mm、25 mm 或 50 mm。將了解的是，筒 46 的厚度可為用於在來自致動器 22 的壓力下及在來自加熱器 66 的溫度下支撐原料 62 的任何可實行的厚度。孔 58 可定位在坩堝 38 的底部處，使得原料 62 在被加熱時（例如熔化或以其他方式加熱到其工作溫度）可從該孔擠出。孔 58 可具有內徑，該內徑小於或等於約 500 mm、125 mm、25 mm、3 mm、1.5 mm、0.5 mm 或小於約 0.1 mm。將了解的是，可取決於玻璃製品 102 的尺寸或基於所需的擠過孔 58 的原料 62 珠串尺寸來變更孔 58 的直徑（例如較大的孔 58 用於較大的玻璃製品 102 以減少製造時間）。

**【0032】** 筒 46 的內徑（例如通往噴嘴 54 的入口）與孔 58 的內徑之間的比率可大於或等於約 1、1.5、5、10、20 或 50。噴嘴 54 可將孔 58 界定為各種形狀，包括圓形、方形、三角形、星形圖案或擠出的原料 62 的其他所需的珠串形狀。進一步地，噴嘴 54 可為動態的，使得孔 58 的尺寸及 / 或形狀可在系統 10 的製程行程的任何部分改變。例如，孔 58 可從實質圓形開始，但可在製程行程的中途改變成方形或三角形且接著可選地返回到圓形形狀。進一步地，噴嘴 54 可包括被配置為將原料 62 擠成管或其他空心結構的心軸。複數個熱電偶可經由噴嘴 54、肘形節 50 及筒 46 附接或以其他方式耦接到坩堝 38 以量測通過坩堝 38 及不同的點的原料 62 的溫度。

【0033】 坩堝38可由傳導金屬所形成，例如鉑、銻、鋼、不銹鋼及具有充分高於原料62的工作溫度範圍的熔化溫度的其他金屬。在一特定示例中，坩堝38可由80重量百分比（wt.%）的鉑及20重量百分比的銻的合金所形成。坩堝38可由具有大於原料62的軟化點的熔點的金屬所形成。亦可基於金屬與玻璃的反應性來選擇坩堝38的金屬。例如，可使用不與原料62起反應的金屬。原料62及坩堝38的材料之間的反應性可包括在原料62及坩堝38的材料之間傳導離子或元素而達到原料62及/或坩堝38不適用於其所要的用途（例如性質或特性改變了）的程度。

【0034】 附加性或替代性地，坩堝38可包括定位在筒46與原料62之間的一或更多個插入物。插入物可由與坩堝38不同的材料所形成。插入物可採取安插到坩堝38中的單獨元件的形式及/或採取坩堝38的內表面上的膜或塗覆沉積物的形式。使用此類插入物可有利於藉由分離原料62與坩堝38的材料之間的接觸來擴大化可用於坩堝38的材料（例如原本與原料62起反應的材料）。例如，坩堝38可由不銹鋼製作，而定位在坩堝38裡面上的插入物或膜可為對於原料62而言具有低反應性的鉑銻合金。亦可基於潛變抵抗性質來選擇對坩堝38所選擇的金屬。隨著坩堝38的溫度增加，坩堝38上來自致動器22的力可能造成坩堝38的應變。據此，可將在高溫下受力時具有高潛變抗性或低應變易感性的材料用於坩堝38。

【0035】 依據各種實施例，在開始系統10的製程行程時，可機械加工安插到坩堝38中的第一原料62桿，使得原料62的外表面實質匹配坩堝38的噴嘴54的內表面，使得可更高效地將熱從坩堝38傳導到原料62。如此機械加工原料62可減少開始生產玻璃製品102所需的時間量。

【0036】 如上文所解釋的，添加式製造系統10包括加熱器66。加熱器66包括感應單元70及感應線圈74。感應單元70被配置為向感應線圈74提供交流電流，使得感應線圈74可以感應方式加熱坩堝38。換言之，加熱器66與坩堝38的噴嘴54熱連通。坩堝38的熱接著被傳導到原料62以加熱原料62。可基於原料62在其被擠成玻璃製品102時所需的特性來在添加式製造10的製程行程期間變更由感應單元70所提供的電力量。感應線圈74被描繪為圍繞坩堝38的肘形節50，但將了解的是，感應線圈74可沿著坩堝38的長度定位在許多位置下。進一步地，可沿著坩堝38利用多個感應線圈74以加熱原料62的各種位置。使用感應線圈74可有利於提供近乎瞬時地控制坩堝38及原料62的溫度。將了解的是，加熱器66的感應單元70及感應線圈74可由加熱坩堝38的其他形式所替換。例如，加熱器66可與火焰加熱系統、紅外線加熱系統、電阻線圈加熱系統（例如鎳鉻合金包層）及其他形式的加熱結合使用或由上述系統替換。

【0037】 在所描繪的實施例中，爐78定位在坩堝38下方。坩堝38延伸到爐78的空腔82中。將了解的是，坩堝

38可延伸到爐78中，或孔58可與爐78的入口共面。爐78可在頂部及底部處密封以保持爐78內的加熱環境。爐78的空腔82可填有惰性氣體（例如對於原料62而言與玻璃製品102不起反應）或可填有典型的大氣氣體。爐78可將溫度保持得足夠高以將玻璃製品102退火但低於原料62的工作溫度。爐78的溫度可足夠高到將擠出的玻璃製品102保持是韌曲的，但不夠高到允許製品102垂陷。

【0038】 平台86定位在爐78的空腔82內。將了解的是，平台86可由任何建造面或基板所替換。如上文所解釋的，平台86定位在爐78內以接受或接收擠出的玻璃原料62。將了解的是，元件（例如機械及/或電氣部件）可放置在平台86上且接收原62，使得玻璃製品102是較大元件的子元件。支撐桿90從平台86的底部延伸通過空腔82且延伸出爐78。支撐桿90與Z級94耦接，使得可在Z方向上升起及降下平台86。進一步地，支撐結構14與XY級98耦接，使得噴嘴54及平台86可在X、Y及Z方向上彼此相對移動。依據至少一個替代性示例，支撐結構14可耦接到Z級94及XY級98，使得控制器100可調節坩堝38相對於平台86的移動。此類示例可有利於生產大的玻璃製品102（亦即使得不需要移動大的玻璃製品102）。在另一替代性示例中，平台86可耦接到Z級94及XY級98，使得控制器100可調節平台86相對於坩堝38的移動。此類示例可有利於生產較小的玻璃製品102（亦即因為相對較大的支撐結構104可保持靜止）。再進一步地，系統10

的全部或某些部分可定位在爐 78 內以供生產大的玻璃製品 102。

【0039】 依據某些實施例，加熱構件 114（圖 3）可定位在平台 86 的底部上。加熱構件 114 可延伸於平台 86 的全部或一部分上方。加熱構件 114 可被配置為加熱平台 86 的全部或僅一部分（亦即在平台 86 上形成熱及冷區）。如此，平台 86 可形成經加熱的建造面。此類熱及冷區可有利於將玻璃製品 102 製造成在其結構的整個部分中具有不同的性質。藉由加熱構件 114 來加熱平台 86 可減少在原料 62 從坩堝 38 擠出時由玻璃製品 102 所經歷的熱衝擊。使用加熱構件 114 在添加式製造系統 10 不併入爐 78（例如圖 3）的實施例或爐 78 被保持在較低溫下的實施例中可為有利的。將了解的是，在系統 10 的商用示例中，平台 86 可為運送帶或被配置為量產玻璃製品 102 的其他裝配線元件的一部分。在此類示例中，坩堝 38 可被配置為相對於平台 86 移動。

【0040】 在操作系統 10 時，控制器 100 被配置為命令致動器 22 在原料 62 上施加力以將原料 62 移動到坩堝 38 中。在坩堝 38 被加熱時，熱被傳導到原料 62。原料 62 被加熱到其工作溫度範圍內的溫度，使得原料可開始在來自致動器 22 的壓力下流過噴嘴 54 的孔 58。如此，原料 62 被擠過坩堝 38 的噴嘴 54。原料 62 可在肘形節 50 及噴嘴 54 附近被加熱，但亦可在筒 46 的任何點處被加熱。原料 62 離開噴嘴 54 成為連續的材料珠串。原料 62 接著接觸平

台 62 且開始在該原料被擠出時「固定 (set up)」或冷卻。換言之，在原料 62 接觸平台 86 時，原料 62 冷卻且增加黏度直到原料 62 固化為止。

【0041】 在原料 62 的珠串接觸平台 86 之後，平台 86 可開始使用 Z 級 94 及 / 或 X Y 級 98 以 3 維方式移動。如上文所解釋的，附加性或替代性地，坩堝 38 可相對於平台 86 移動（例如以供生產大的玻璃製品 102）。在平台 86 相對於噴嘴 54 移動時，原料 62 的珠串開始延伸通過空間（且亦即在其前行時固化）以形成玻璃製品 102。換言之，原料 62 在其擠出時固化，使得玻璃製品 102 維持由平台 86 及噴嘴 54 的相對運動所產生的形狀。在玻璃製品 102 的端點處，控制器 100 控制加熱器 66 停止加熱坩堝 38，此舉又使原料 62 回到低於其工作溫度範圍的溫度。相對快速減少原料 62 及坩堝 38 的溫度以及移除由致動器 22 所施加的力使得原料 62 由於負壓而被吸回到噴嘴 54 中。進一步地，致動器 22 可拉回原料 62 而使得原料 62 被吸回到噴嘴 54 中。此類快速的溫度變動及將原料 62 退回到噴嘴 54 中的行為可幫助開始及停止材料流，且減少或消除在製品端點處朝向噴嘴 54 延伸遠離玻璃製品 102 的「髮絲」或細材料繩。進一步地，由噴嘴 54 在行程結束時進行的快速運動（相對於所形成的玻璃製品的末端）以及溫度及壓力上的改變可從玻璃製品 102 的端點移除髮絲。控制器 100 可一齊控制致動器 22 及平台 86 以從單一的連續原料 62 珠串、從彼此相依的複數個原料 62 珠串或其組合製造

玻璃製品 102。在較熱的擠製及 / 或爐 78 的溫度下，原料 62 珠串可合併成無縫的、光學透明的、多層的結構。

【0042】 現參照圖 4，所描繪的是操作添加式製造系統 10 以生產玻璃製品 102（圖 1A）的示例性方法 130。方法 130 從將原料 62 安插到系統 10 中的坩堝 38 中的步驟 134 開始。原料 62 可同時耦接到致動器 22。接下來，執行加熱坩堝 38 內的玻璃原料 62 的步驟 138。如上文所解釋的，加熱器 66 加熱坩堝 38，該坩堝又加熱坩堝 38 內的玻璃原料 62。加熱器 66 將原料 62 加熱到足夠高的溫度，使得原料 62 是在其工作溫度範圍內。

【0043】 接下來，執行將玻璃原料 62 擠過噴嘴 54 到平台 86 上的步驟 142。在步驟 142 中，致動器 22 向原料 62 施加足夠的力，使得原料 62 被加熱到其工作溫度範圍的部分被擠過噴嘴 54 及擠到平台 86 上。原料 62 被擠成珠串。控制器 100 可控制致動器 22 以擠出單一的、連續的珠串或複數個較小的原料珠串。

【0044】 接下來，執行移動坩堝 38 及平台 86 中的至少一者的步驟 146。如上文所解釋的，控制器 100 被配置為調節坩堝 38 及 / 或平台 86 相對於彼此的位置控制。控制器 100 被配置為在從噴嘴 54 擠出原料時移動坩堝 38 及 / 或平台 86 以形成玻璃製品 102。控制器 100 控制坩堝 38 及 / 或平台 86 的位置，使得原料 62 珠串被放置在平台上以建造玻璃製品 102。在移動坩堝 38 及 / 或平台 86 的同時，控制器 100 可被配置為將噴嘴 54 拖曳通過先前所施用的原

料 6 2 珠串。可以小於或等於約被沉積的材料層的厚度的一半的深度將噴嘴 5 4 拖曳通過珠串。將噴嘴 5 4 拖曳通過平台 8 6 上的原料 6 2 珠串可有利於幫助塗抹先前放下的原料 6 2 珠串及在放在彼此頂部上的原料 6 2 珠串之間產生更佳的附著力。珠串之間較佳的附著力可造成更緊密的層疊容差。

【0045】 接下來，可執行將玻璃製品 1 0 2 退火的步驟 1 5 0。可在爐 7 8 中執行將玻璃製品 1 0 2 退火的行為，且用以將玻璃製品 1 0 2 退火的溫度及時間可由控制器 1 0 0 所調節。

【0046】 將了解的是，在不脫離本文中所提供的教示的情況下，方法 1 3 0 的步驟可以任何順序執行、可重複、可省略及 / 或可同時執行。

【0047】 現參照圖 5 A - 5 C，所描繪的是如由系統 1 0 所製造的玻璃製品 1 0 2 的各種實施例。依據各種示例，玻璃製品 1 0 2 可為實質透明及 / 或無色的。玻璃製品 1 0 2 對於可見光可具有大於約 6 0 %、7 0 %、8 0 %、9 0 % 或大於約 9 9 % 的透明度。玻璃製品 1 0 2 由一或更多個珠串所組成，該等珠串被擠製在彼此附近以形成玻璃製品 1 0 2。例如，玻璃製品 1 0 2 可包括延伸通過三維空間的單一珠串（圖 5 A 及 5 B）或堆疊在彼此之上的單一的或多個珠串（例如圖 5 C）。

【0048】 在單一珠串的示例中，玻璃製品 1 0 2 可界定基部 1 0 2 A、第一主體部分 1 0 2 B 及第二主體部分 1 0 2 C。第

一主體部分 102B 及第二主體部分 102C 可被耦接為使得第一主體部分 102B 及第二主體部分 102C 之間的自支撐角  $\alpha$  小於或等於約  $45^\circ$ 。玻璃製品 102 可具有小於約  $45^\circ$ 、 $30^\circ$ 、 $20^\circ$ 、 $10^\circ$  或小於約  $1^\circ$  的自支撐角  $\alpha$ ，該自支撐角是相對於水平的 XY 平面在 XZ 及 / 或 YZ 平面上量測的。將了解的是，自支撐角  $\alpha$  可形成為約  $0.1^\circ$  及約  $180^\circ$  之間的任何角度。為了此揭示案的目的，自支撐角  $\alpha$  是玻璃製品 102 可用以在不使用額外的支撐結構（例如被配置為支托起玻璃製品 102 的延伸部分的塔或額外模塊）的情況下支撐延伸部分的角度。換言之，自支撐角  $\alpha$  不具有延伸於第一主體部分 102B 及第二主體部分 102C 之間的支撐結構。常規的添加式製造系統通常利用一或更多種暫時性材料（*fugitive material*）來形成支撐結構。可在形成製品之後將暫時性材料蝕刻、熔化及 / 或燒掉以形成自支撐角  $\alpha$ 。本發明所揭露的系統 10 可能能夠在不使用暫時性材料及 / 或支撐結構的情況下在玻璃製品 102 中形成自支撐角  $\alpha$ 。所相信的是，此類自支撐角  $\alpha$  是可行的，因為玻璃原料 62 在其被擠到平台 86 上時就固定好了。換言之，所相信的是，原料 62 在其被擠出時充分固化以提供足夠的強度來形成自支撐角  $\alpha$ 。此類自支撐角  $\alpha$  相較於使用常規的添加式製造系統來形成的製品而言允許相當大的懸垂。進一步地，玻璃製品 102 可展現小於約  $135^\circ$ 、 $90^\circ$ 、 $45^\circ$ 、 $10^\circ$  或小於約  $1^\circ$  的彎曲或方向改變。將了解

的是，玻璃製品 102 的彎曲或方向上的改變可在約  $0.1^\circ$  及約  $359^\circ$  之間。

【0049】 在替代性示例中，玻璃製品 102 可由複數個玻璃珠串所形成，該等玻璃珠串佈置在堆疊中以形成三維的玻璃製品 102。在此類示例中，各個珠串可被融合到相鄰的珠串。將了解的是，雖然被描述為複數個珠串，玻璃製品 102 可由被折疊或引導回到自身之上的單一連續珠串所形成。珠串可在珠串的長度上或在複數個點處彼此融合。在此類示例中，玻璃製品 102 穿過經融合的珠串的堆疊可為實質透明的。如上文所解釋的，所擠出的原料 62 的珠串可流到形成於相鄰珠串之間的裂縫中，此舉可強化玻璃製品 102 的透明度（例如由於消除了珠串之間的氣隙）。進一步地，玻璃製品 102 可界定製品 102 內經由放置原料 62 珠串而形成的一或更多個空隙。如上文所解釋的，藉由在先前所放下的原料 62 珠串中定位或拖曳噴嘴 54，可相對於常規的玻璃添加式製造技術最小化玻璃製品 102 的層疊容差。玻璃製品 102 可採取各種配置。例如，玻璃製品 102 可形成玻璃封裝設備（例如用於電子設備）、流動反應器或具有共形的冷卻通道的鼻錐。玻璃製品 102 可實質或完全不含氣泡且可具有複雜的設計。如上文所解釋的，玻璃製品 102 的成分可跨堆疊（亦即在各個珠串或經堆疊的單一珠串示例中）及 / 或跨個別的珠串而有所不同。

【0050】 可使用本文中所提供的揭示內容來獲得各種優點。首先，添加式製造系統10可生產實質透明的、不含氣泡的及具有複雜設計的玻璃製品102。第二，由於由系統10所提供的自支撐角 $\alpha$ 減小，玻璃製品102相對於常規的添加式製造技術可具有增加的懸垂。第三，使用爐78可防止玻璃製品102中熱誘發的捲曲，且可防止玻璃製品102經歷熱衝擊。第四，可在玻璃製品102中形成複雜的設計（包括管）。第五，系統10的改良的起動/停止控制造成玻璃製品102的端點處的一致性增加（例如「髮絲」的生產量減少）。髮絲的存在率的減少可允許形成美學上更令人滿意的及複雜的製品102。第六，系統10可將原料62珠串擠到現存元件上以形成該元件的玻璃部分。第七，可在製程行程的任何部分變更原料62的成分及/或性質（例如色彩、透明度、對熱衝擊的抗性等等）使得玻璃製品102的不同部分展現不同的性質。第八，因為原料62被擠出及固化，用於玻璃元件的模具及其他常規的形成技術可能不是必須的，此舉可節省製造時間及成本。第九，系統10可縮放到藉由改變坩堝38、噴嘴54及/或致動器22的尺寸來生產幾乎任何尺寸的玻璃製品102。第十，使用原料62的桿示例而不是傳統的絲狀體允許了在必須將系統10再裝填更多的原料62的時間之間有更長的操作時間。

【0051】 示例

【0052】圖6中所描繪的是使用三維玻璃列印機（例如系統10）來生產的玻璃結構（例如玻璃製品102）的相片。可見，玻璃結構是實質透明的，且由於結構的低自支撐角（例如小於約 $45^\circ$ ）而展現實質的懸垂。該結構是由通過三維空間的單一的、連續的玻璃珠串所形成的。該珠串展現了平滑的向上的曲線以向玻璃結構提供一般的「木塞螺旋鑽」形式。由列印機所使用的饋料（例如原料62）是Pyrex®玻璃。

【0053】將本領域中的技術人員及製作或使用本揭示案的彼等人將想到本揭示案的變體。例如，致動器22的柱塞34可由被配置為在原料62上施加向下力的輓所替換。在另一示例中，系統10可用來形成具有簡單的、實質二維的形狀的玻璃製品102。因此，了解到繪圖中所示的及上述的實施例僅是為了說明的目的且不是要用來限制本揭示案的範圍的，如依據專利法的原理（包括等效物原則）所解譯的，該範圍是由以下請求項所界定的。

【0054】為了此揭示案的目的，用語「耦接」（其所有形式為：耦接（couple）、耦接（coupling）、耦接（coupled）等等）一般而言意指兩個元件（電氣的或機械的）彼此直接或間接接合。此類接合可本質上是靜止的或本質上是可動的。可使用兩個元件（電氣的或機械的）及任何額外的中間構件達成此類接合，該等中間構件彼此或與該兩個元件一體地形成為單一的整體。除另有說明

外，此類接合可本質上為永久的，或可本質上是可移除的或可釋放的。

**【符號說明】**

**【 0 0 5 5 】**

1 0 添加式製造系統

1 4 支撐結構

1 8 配接器

2 2 致動器

2 6 伺服裝置

3 0 荷重元

3 4 柱塞

3 8 坩堝

4 2 凸緣

4 6 筒

5 0 肘形節

5 4 噴嘴

5 8 孔

6 2 原料

6 6 加熱器

7 0 感應單元

7 4 感應線圈

7 8 爐

8 2 空腔

8 6 平台

9 0 支撐桿

9 4 Z 級

9 8 X Y 級

1 0 0 控制器

1 0 2 玻璃製品

1 0 2 A 基部

1 0 2 B 第一主體部分

1 0 2 C 第二主體部分

1 0 6 內表面

1 1 4 加熱構件

1 3 0 方法

1 3 4 步驟

1 3 8 步驟

1 4 2 步驟

1 4 6 步驟

1 5 0 步驟

$\alpha$  自支撐角

【生物材料寄存】

【 0 0 5 6 】 國內寄存資訊 (請依寄存機構、日期、號碼順序註記)

無

【 0 0 5 7 】 國外寄存資訊 (請依寄存國家、機構、日期、號碼順序註

記)

無



201819317

## 【發明摘要】

【中文發明名稱】 添加式製造系統

【英文發明名稱】 ADDITIVE MANUFACTURING SYSTEM

【中文】

一種玻璃製品製造系統，包括一坩堝，該坩堝界定一筒及一噴嘴。該筒接受一玻璃原料。一加熱器，與該噴嘴熱連通。該加熱器加熱該噴嘴內的該原料。一致動器，定位在該筒附近，且將該原料擠過該噴嘴作為經擠出的原料。

【英文】

A glass article manufacturing system includes a crucible that defines a barrel and a nozzle. The barrel accepts a glass feedstock. A heater is in thermal communication with the nozzle. The heater heats the feedstock within the nozzle. An actuator is positioned proximate the barrel and extrudes the feedstock through the nozzle as extruded feedstock.

【指定代表圖】 第 ( 1B ) 圖。

【代表圖之符號簡單說明】

10 添加式製造系統

14 支撐結構

18 配接器

22 致動器

26 伺服裝置

30 荷重元

34 柱塞

- 3 8 坩 堝
- 4 2 凸 緣
- 4 6 筒
- 5 0 肘 形 節
- 5 4 噴 嘴
- 5 8 孔
- 6 2 原 料
- 6 6 加 熱 器
- 7 0 感 應 單 元
- 7 4 感 應 線 圈
- 7 8 爐
- 8 2 空 腔
- 8 6 平 台
- 9 0 支 撐 桿
- 9 4 Z 級
- 9 8 X Y 級
- 1 0 0 控 制 器
- 1 0 2 玻 璃 製 品
- 1 0 6 內 表 面

**【特徵化學式】**

無

## 【發明申請專利範圍】

【第1項】 一種玻璃製品製造系統，包括：

- 一坩堝，包括一筒及一噴嘴，該筒接受一玻璃原料；
- 一加熱器，與該噴嘴熱連通，該加熱器加熱該噴嘴內的該原料；及
- 一致動器，定位在該筒附近，該致動器將該原料擠過該噴嘴作為經濟出的原料。

【第2項】 如請求項1所述的系統，更包括：

- 一建造面，接收來自該噴嘴的該經濟出的原料。

【第3項】 如請求項2所述的系統，其中該建造面包括該噴嘴附近的一經加熱表面。

【第4項】 如請求項2及3中的任一者所述的系統，更包括：

- 一爐，定位在該噴嘴附近，該爐將該經濟出的原料退火。

【第5項】 如請求項2所述的系統，更包括：

- 一控制器，調節該坩堝及該建造面相對於彼此的移動。

【第6項】 如請求項1中的任何者所述的系統，其中該加熱器包括一感應線圈、一電阻線圈或其組合。

【第7項】如請求項1及2中的任一者所述的系統，其中該坩堝包括一金屬，該金屬具有大於該原料的一軟化點的一熔點。

【第8項】如請求項1所述的系統，其中該致動器包括壓動該原料的一柱塞。

【第9項】如請求項8所述的系統，其中該柱塞更被佈置為摩擦接觸（w i p e）該筒的一內表面。

【第10項】如請求項1、2及8中的任何者所述的系統，其中該玻璃原料是具有大於約1 m m的一直徑的一桿。

【第11項】如請求項1、2及8中的任何者所述的系統，其中該玻璃原料的一成分在該原料的一長度上變化。

【第12項】如請求項1及2中的任一者所述的系統，更包括：

一插入物，定位在該筒及該原料之間。

【第13項】一種玻璃製品製造系統，包括：

一坩堝，包括一噴嘴，該坩堝接受一玻璃原料；

一平台，定位在該噴嘴附近；及

一致動器，定位在該坩堝附近，且被佈置為向該原料施加壓力，使得該原料擠過該噴嘴到該平台上作為

一經擠出的玻璃原料，該經擠出的玻璃原料呈現一玻璃製品的形式。

【第14項】 如請求項13所述的系統，其中該經擠出的玻璃原料是實質透明的，且具有大於或等於100°C的一工作溫度範圍。

【第15項】 如請求項13及14中的任一者所述的系統，更包括：

一控制器，用來調節與該噴嘴熱連通的一加熱器。

【第16項】 如請求項15所述的系統，其中該控制器調節定位在該噴嘴附近的一爐以將該玻璃製品退火。

【第17項】 如請求項15所述的系統，其中該加熱器包括一感應線圈、一電阻線圈或其組合。

【第18項】 如請求項13及14中的任一者所述的系統，更包括：

一加熱構件，用來加熱該平台。

【第19項】 如請求項15所述的系統，其中該控制器調節該平台相對於該坩堝的移動。

【第20項】 如請求項15所述的系統，其中該控制器調節該坩堝相對於該平台的移動。

【第21項】 如請求項15所述的系統，其中該控制器在X、Y及Z方向上調節該平台及該噴嘴相對於彼此的移動。

【第22項】 一種操作一玻璃製品製造系統的方法，包括以下步驟：

加熱一坩堝內的一玻璃原料，該坩堝包括一噴嘴；

將該玻璃原料擠過該噴嘴的一孔作為一珠串到一平台上；及

在該玻璃原料被擠出時移動該平台以形成一玻璃製品。

【第23項】 如請求項22所述之方法，更包括以下步驟：

將該玻璃製品退火。

【第24項】 如請求項22及23中的任一者所述的方法，其中該玻璃原料是一桿。

【第25項】 如請求項22及23中的任一者所述的方法，更包括以下步驟：

將該噴嘴拖曳過該珠串。

【第26項】 如請求項22所述的方法，其中該平台是被加熱的。

【第27項】 一種由如請求項1所述的系統所形成的玻璃製品，包括：

一基部；

一第一主體部分，耦接到該基部；及

一第二主體部分，耦接到該第一基部，該第一主體部分及該第二主體部分相對於一XZ或YZ平面以小於約 $45^\circ$ 的一自支撐角耦接。

【第28項】 如請求項27所述的玻璃製品，其中該自支撐角小於約 $40^\circ$ 。

【第29項】 如請求項27及28中的任一者所述的玻璃製品，其中沒有支撐結構延伸於該第一主體部分與該第二主體部分之間。

【第30項】 如請求項27及28中的任一者所述的玻璃製品，其中該玻璃製品是實質透明的。

【第31項】 如請求項27及28中的任一者所述的玻璃製品，其中該基部、該第一主體部分及該第二主體部分是被一體界定的。

【第32項】 如請求項27及28中的任一者所述的玻璃製品，其中該玻璃製品的一成分在整個該玻璃製品中是變化的。

【第33項】 一種由如請求項22所述的方法所形成的玻璃製品，包括：

複數個玻璃珠串，佈置在一堆疊中以形成一三維物體，各個珠串被融合到一相鄰的珠串，其中該製品通過該等經融合的珠串是實質透明的。

- 【第34項】 如請求項33所述的玻璃製品，其中該玻璃珠串堆疊界定小於約 $90^\circ$ 的一彎曲。
- 【第35項】 如請求項33及34中的任一者所述的玻璃製品，其中該堆疊界定該玻璃製品內的一空隙。
- 【第36項】 如請求項33及34中的任一者的所述的玻璃製品，其中該堆疊在一XZ或YZ平面上界定相鄰珠串之間的小於或等於約 $45^\circ$ 的一自支撐角。
- 【第37項】 如請求項33及34中的任一者所述的玻璃製品，其中該玻璃製品的一成分跨該堆疊是變化的。
- 【第38項】 如請求項33及34中的任一者所述的玻璃製品，其中該玻璃製品的一成分跨至少一個珠串是變化的。













